



## Qualité de l'air intérieur dans les écoles : résultats, avancées et perspectives

Un taux d'occupation élevé, un mobilier dense, une utilisation de divers produits pour les activités et le nettoyage fréquent des locaux ont des répercussions sur la qualité de l'air dans les écoles, souvent aggravées lorsque le renouvellement d'air est insuffisant. Outre des conséquences sur l'état de santé des enfants liées à la présence de certains polluants, des troubles de l'apprentissage sont également suspectés d'être en lien avec une qualité de l'air et de confort dégradée dans les salles de classe. Depuis 2006, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) mène un programme de recherche entièrement dédié au développement des connaissances sur la qualité de l'air et le confort dans les lieux de vie fréquentés par les enfants, en particulier les écoles.

A l'occasion du lancement d'une campagne nationale dans 300 écoles du territoire métropolitain, l'OQAI a fait le point sur les résultats déjà disponibles de son programme sur les écoles, le 13 juin 2013, lors d'un atelier public à Paris.

### SOMMAIRE

#### ÉTUDE 1

Zoom sur les composés organiques semi-volatils

#### ÉTUDE 2

Fournitures scolaires, produits d'entretien dans les écoles : quelles émissions de polluants dans l'air intérieur ?

#### ÉTUDE 3

SINPHONIE, une première en Europe : qualité de l'air intérieur et santé des écoliers et des enseignants

#### ÉTUDE 4

Campagne nationale de l'OQAI dans les écoles : 600 salles de classe étudiées en France entre 2013 et 2016

## ÉTUDE 1

# ZOOM SUR LES COMPOSÉS ORGANIQUES SEMI-VOLATILS

En préparation de la campagne nationale de mesure de la qualité de l'air et du confort dans les écoles, l'OQAI a confié en 2010 à l'Ecole des hautes études en santé publique (EHESP, UMR INSERM 1085) un développement méthodologique pour mesurer les composés semi-volatils (COSV) dans les écoles maternelles et élémentaires. **Objectif : optimiser les protocoles de mesure de ces composés dans les écoles et approfondir les connaissances sur ces substances encore peu étudiées.**



Prélèvement des poussières du sol

Les composés organiques semi-volatils (COSV) sont des substances qui, à température ambiante, sont présentes dans l'air sous formes gazeuse et particulaire, mais également dans les poussières sédimentées au sol ou sur le mobilier. Ils font l'objet d'un nombre croissant d'études dans le monde.

Les COSV proviennent par exemple des matériaux plastiques (phtalates), des ordinateurs et des textiles d'ameublement (retardateurs de flamme polybromés notamment), des détergents (muscs de synthèse) ou des traitements insecticides (pyréthrinoïdes). Ils peuvent aussi être utilisés dans des objets du quotidien ayant des propriétés antiadhésives ou antisalissures par exemple (perfluorés). Certains, comme les polychlorobiphényles (PCB), ne sont aujourd'hui plus autorisés, mais ils peuvent encore être émis par des joints d'étanchéité utilisés dans les années 70 et encore en place dans les bâtiments.



Cartouche de prélèvement de COSV dans l'air

Une liste de 55 molécules prioritaires a été établie sur la base de la toxicité des substances et des niveaux de contamination déjà mesurés en France ou dans d'autres pays européens. Des protocoles de prélèvements et d'analyses dans l'air et les poussières sédimentées ont été élaborés par l'EHESP, puis testés dans 90 classes de 30 écoles volontaires d'Ille-et-Vilaine.

Le recrutement des écoles, les enquêtes de terrain et les prélèvements ont été réalisés d'octobre 2009 à juin 2010. Le recueil des poussières sédimentées sur le sol a été réalisé par deux méthodes de prélèvement, qui ont été comparées : le **prélèvement par lingette** (concentration exprimée en ng/m<sup>2</sup> de surface au sol) et le **prélèvement par aspirateur** sur une surface délimitée (concentration exprimée en ng/g de poussière, pouvant aussi être exprimée en ng/m<sup>2</sup> de surface).

Cette étude a aussi été l'occasion d'acquérir les premières données sur ces substances dans l'air et dans les poussières des écoles. Il ressort ainsi que sur les 55 composés sélectionnés :

■ **8 composés** sont quantifiables dans les trois types d'échantillons (air, poussières essuyées et poussières aspirées) : BBP, DBP, DEHP, DEP, DiBP, DiNP<sup>(1)</sup>, galaxolide et tonalide ;

■ **26 composés** sont quantifiables dans l'air ou dans les poussières : 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, trans-chlordane, aldrine, endrine, alpha-HCH, gamma-HCH (lindane), dichlorvos, diazinon, perméthrine, oxadiazon, tributylphosphate, DMP<sup>(1)</sup>,

(1) BBP : benzylbutylphthalate ; DBP : di-n-butylphthalate ; DEHP : di-2-éthylhexylphthalate ; DEP : diéthylphthalate ; DiBP : di-iso-butylphthalate ; DiNP : di-iso-nonylphthalate ; DMP : diméthylphthalate ; DMEP : bis(2-méthoxyéthyl)phthalate



acénaphthène, anthracène, benzo(a)pyrène, phénanthrène, pyrène, fluoranthène, fluorène, PCB 28, PCB 31, PCB 52, PCB 77, PCB 101 et PCB 180 ;

■ **11 composés** sont peu quantifiés : dieldrine, alpha-endosulfan, chlorpyrifos éthyl, cyperméthrine, DMEP<sup>(1)</sup>, PCB 105, PCB 118, PCB 138, PCB 153, BDE 99 et BDE 100. Dans la majorité des cas, leurs concentrations sont inférieures au seuil de quantification pour les trois types d'échantillons (air, poussières essuyées et poussières aspirées) ;

■ **10 composés** n'ont jamais été quantifiés pour les trois types d'échantillons (air, poussières essuyées et poussières aspirées) : cis-chlordane, heptachlore, métolachlore, atrazine, cyfluthrine, deltaméthrine, tétraméthrine, PCB 126, BDE 85 et BDE 119.

Les composés présentant les plus fortes concentrations quel que soit le milieu de prélèvement (air ou poussières) sont **6 phtalates** (BBP, DBP, DEHP, DEP, DiBP et DiNP) et dans une moindre mesure **2 muscs** (galaxolide et tonalide). **Les phtalates** les plus volatils, comme le DBP et le DEP, sont présents à des concentrations plus élevées dans l'air que des phtalates moins volatils, comme le DEHP ou le BBP qui sont plus abondants dans les poussières. Le DEHP est le composé majoritairement mesuré dans les poussières, à des concentrations très élevées, similaires à celles retrouvées dans des écoles danoises. Ces concentrations pourraient être associées à la présence importante de sols plastifiés dans les 30 écoles investiguées (48 % des salles de classe). Enfin, le DiBP est un composé retrouvé assez abondamment à la fois dans l'air et dans les poussières. Peu de données dans la littérature existent sur ce composé.

**Les muscs** sont plus fréquemment retrouvés dans l'air que dans la poussière, comme déjà observé en Allemagne. A ce jour, il existe peu de données concernant ces composés dans l'air comme dans la poussière.



Dispositif de prélèvement des COSV dans l'air.

**Le pyrène et le benzo(a)pyrène** sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques les plus souvent observés dans la poussière car ils sont peu volatils. Leurs concentrations sont globalement proches de celles observées dans des crèches ou des maisons au Danemark. Leur principal déterminant dans les écoles est la proximité du trafic routier.

**Sur les 23 pesticides** recherchés, seuls l'alpha-HCH et le lindane sont quantifiables dans l'air, et seuls la perméthrine et le lindane le sont dans la poussière.

Les **composés bromés (BDE)** sont soit non quantifiés, soit difficilement quantifiables dans l'air comme dans la poussière. Enfin, en ce qui concerne les **PCB**, la majorité des congénères sont difficilement quantifiables dans l'air et les poussières. Seuls les congénères 28, 31 et 52 sont quantifiés dans l'air et le PCB 101 l'est à la fois dans l'air et dans les poussières.

**Ces résultats confirment la présence de nombreux COSV dans l'air et les poussières des écoles maternelles et élémentaires. Ils appellent à l'acquisition de données sur un plus grand nombre d'échantillons afin d'évaluer les expositions, puis les risques sanitaires potentiels. C'est l'un des objectifs de la campagne nationale de l'OQAI dans les écoles.**

■ Pour plus d'informations : télécharger le rapport d'étude sur le site de l'OQAI (<http://www.oqai.fr>)



## ÉTUDE 2



© Monregard - Fotolia

# FOURNITURES SCOLAIRES, PRODUITS D'ENTRETIEN DANS LES ÉCOLES : QUELLES ÉMISSIONS DE POLLUANTS DANS L'AIR INTÉRIEUR ?

L'impact des fournitures scolaires et des produits d'entretien sur la pollution de l'air des salles de classe n'avait encore jamais été étudié. L'OQAI a, pour la première fois, évalué les émissions de composés organiques volatils (COV) et d'aldéhydes de quelques fournitures et produits d'entretien.

Les produits ont été sélectionnés suite à un inventaire réalisé dans une école de Seine-et-Marne. 22 produits ont été retenus *in fine* afin d'être évalués en chambre d'essai d'émission : **18 fournitures scolaires et 4 produits d'entretien.**

En l'absence de protocole pour évaluer les émissions de composés organiques volatils émis par ces produits, ceux-ci ont été testés dans les laboratoires du CSTB à partir d'une procédure établie pour les matériaux de construction et produits de décoration (norme ISO 16000-9), adaptée aux produits testés.

Les essais ont été réalisés dans des chambres d'émission selon la norme ISO 16000-9, sous conditions contrôlées de température, d'humidité relative et de taux de renouvellement d'air.



© OQAI

Afin d'approfondir les travaux, l'OQAI a associé le Comité de coordination de toxicovigilance (CCTV), et plus particulièrement le groupe « substances chimiques » que coordonne l'ANSES, afin d'acquies des données complémentaires sur les compositions complètes des 18 fournitures scolaires et des 4 produits ménagers sélectionnés.

**Les résultats des tests d'émission montrent que de nombreux COV sont émis**, qu'ils sont très variés selon les produits testés et qu'un certain nombre d'entre eux ne peuvent être identifiés précisément avec les techniques analytiques disponibles. Des émissions de composés toxiques comme le benzène et l'hexane ont été mesurées, à des niveaux cependant faibles. D'autres COV moins toxiques ont été mesurés en concentrations élevées dans les émissions : n-butanol, propylène glycol, 2-éthylhexanol, 2-butoxyéthanol, méthylisobutylcétone (MIBK), par exemple. Certaines fournitures scolaires testées, comme la peinture acrylique, l'encre de Chine, le feutre effaçable à sec, la gouache liquide et la peinture vitrail, appellent à la prudence car des émissions en COV et/ou en aldéhydes élevées ont été mesurées.

Concernant l'étude des compositions, les données de 6 produits sur les 22 testés ne sont pas disponibles du fait de l'absence de réponse des fabricants ou des difficultés à identifier les interlocuteurs. En l'absence de réponse du fabricant, la consultation des fiches de données de sécurité peut permettre d'apporter des éléments sur la composition. Toutefois ces fiches n'apportent pas d'informations exhaustives sur la composition de l'article ou du produit, et ne sont pas toutes de qualité équivalente. **Ces résultats montrent la nécessité d'améliorer l'accès à l'information relative aux compositions des produits susceptibles d'émettre des substances dans les environnements intérieurs.**

L'analyse des compositions a montré la présence très fréquente d'isothiazolinones dans les fournitures scolaires, non mesurées dans les émissions car non volatiles. Les isothiazolinones sont des conservateurs présents dans d'autres types de produits de consommation (lingettes par exemple) et dans les cosmétiques. Les phénomènes de sensibilisation à ces substances peuvent être à l'origine de symptômes allergiques cutanés chez les jeunes enfants, amplifiés par l'utilisation simultanée de plusieurs produits en contenant.

Pour certaines des fournitures testées, des concentrations en formaldéhyde mesurées lors des essais d'émission en l'absence de formaldéhyde ou de libérateurs de formaldéhyde dans la préparation, pourraient résulter de la réactivité chimique entre les substances émises, aboutissant à la formation de composés secondaires dont le formaldéhyde.

Cette étude a fourni un premier éclairage sur quelques fournitures scolaires et produits d'entretien. Elle appelle à la poursuite des travaux dans ce domaine : élaboration de protocoles dédiés pour la caractérisation des émissions, documentation plus complète des types de fournitures, des durées et des fréquences d'utilisation dans les établissements, mise en place éventuellement d'un étiquetage des produits permettant un choix éclairé des utilisateurs dans un contexte où les informations tant sur les compositions que sur les émissions sont rares et peu accessibles pour le grand public.

■ Pour plus d'informations: télécharger le rapport d'étude sur les sites de l'OQAI ([www.oqai.fr](http://www.oqai.fr)) et du CCTV ([www.centres-antipoison.net/CCTV/index.html](http://www.centres-antipoison.net/CCTV/index.html)).

## ÉTUDE 3

# SINPHONIE, UNE PREMIÈRE EN EUROPE : QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR ET SANTÉ DES ÉCOLIERS ET DES ENSEIGNANTS

Le projet SINPHONIE, financé par le Parlement européen (Contrat SANCO/2009/C4/04), est une première en son genre. Il vise à étudier les relations entre l'environnement scolaire et la santé. Il a permis la mesure des principaux polluants de l'air intérieur des salles de classe de 112 crèches et écoles de 23 pays européens, ainsi que la collecte d'informations sur la santé et l'apprentissage selon des protocoles standardisés. Coordonné par le *Regional Environmental Center* en Hongrie et la Faculté d'ingénierie de Porto, il a impliqué 37 partenaires de toute l'Europe, dont le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et l'Université Pierre et Marie Curie pour la France.

Durant l'hiver 2011-2012, pendant une semaine, du lundi matin au vendredi soir, **les dispositifs de mesure ont été mis en place dans trois salles de classe par école, ainsi que dans la cour de l'école** pour certains paramètres. Les aldéhydes et les composés organiques volatils (formaldéhyde, benzène, naphthalène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, limonène, alpha-pinène), l'ozone, le dioxyde d'azote, les particules PM<sub>2,5</sub> et le radon ont été mesurés dans l'air. A noter que le prélèvement pour le radon a duré quatre semaines. Les poussières au sol et sur le mobilier ont été aspirées pour mesurer les allergènes de chat, de chien, de cheval et d'acariens. En outre, un système de collecteur passif pour la récupération des poussières sédimentables a été disposé dans les classes pendant quatre semaines pour y rechercher les endotoxines et les moisissures. Enfin, les paramètres d'ambiance ont été mesurés en continu : température, humidité relative et concentrations en CO<sub>2</sub> pour évaluer le confinement de l'air. Le monoxyde de carbone a également été mesuré en continu pendant la semaine de mesure.

En parallèle, **des questionnaires relatifs à la santé de l'enfant et à son environnement** ont été complétés par les enfants, leurs parents et les enseignants. L'absentéisme durant tout l'hiver 2011-2012 a été relevé. De plus, **les enfants des classes instrumentées ont réalisé deux tests de logique et de calcul mental**, à deux moments d'une même journée, en début de matinée et en fin d'après-midi. Enfin, **des questionnaires descriptifs des bâtiments et des classes instrumentées** ont été complétés par les techniciens enquêteurs. Dans certains pays, des tests cliniques non invasifs ont été réalisés auprès des enfants : tests respiratoires et allergiques et mesure du monoxyde d'azote dans l'air exhalé.



© Blend Images - Fotolia

Dans certains pays (dont la France), des **études de cas** ont été menées. Elles ont visé par exemple à étudier la variabilité saisonnière des concentrations intérieures dans les classes (mesures reproduites en saison estivale), l'influence de différentes stratégies d'aération / de ventilation sur la qualité de l'air intérieur, les émissions du mobilier scolaire, l'efficacité de certains matériaux épurateurs, etc.

En France, cinq écoles de Seine-et-Marne ont été volontaires pour participer à ce projet original et ambitieux.

Les résultats du projet SINPHONIE ont été présentés au parlement européen le 23 avril 2013, accompagnés d'une évaluation des risques sanitaires, d'une liste de recommandations pour les pouvoirs publics et d'une brochure de bonnes pratiques à destination des gestionnaires des bâtiments scolaires et des enseignants.

## ÉTUDE 4

# CAMPAGNE NATIONALE DE L'OQAI DANS LES ÉCOLES : 600 SALLES DE CLASSE ÉTUDIÉES EN FRANCE ENTRE 2013 ET 2016

La campagne nationale dans les écoles maternelles et élémentaires lancée en juin 2013, vise à approfondir la connaissance des niveaux d'exposition des enfants aux polluants de l'air et des poussières dans les salles de classe et de repos : particules (masse et nombre), composés organiques volatils et semi-volatils, aldéhydes, plomb et plusieurs autres métaux, agents biologiques (allergènes d'animaux et moisissures). Le confinement des salles de classe ainsi que le confort thermique, acoustique et visuel des occupants sont également mesurés. Chaque enquête dure cinq jours, du lundi au vendredi.



La campagne est coordonnée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), opérateur de l'OQAI, et s'appuie sur de nombreuses équipes d'opérateurs formés spécifiquement et réparties dans toute la France, ainsi que sur une dizaine de laboratoires.

Cette étude nationale vise 300 écoles maternelles et élémentaires tirées au sort. La méthode de tirage choisie est un sondage à trois degrés, stratifié sur la zone climatique, le type d'écoles - maternelle ou élémentaire - et le type d'environ-

nement - urbain ou rural -. Le dernier niveau correspond au tirage au sort de deux classes par établissement. La base de sondage a été construite à partir du fichier fourni par le ministère de l'Éducation nationale recensant les établissements scolaires à la rentrée 2009-2010. Elle comprend les écoles privées comme publiques. *In fine*, l'échantillon enquêté est représentatif du parc d'écoles françaises métropolitaines continentales.

**La collecte des données est effectuée de 2013 à 2016. Les résultats des questionnaires d'enquête et des analyses sont intégrés au fil de l'eau dans une interface web sécurisée qui en vérifie automatiquement la qualité (complétude, cohérence, etc.). Les données ainsi rassemblées fourniront un socle d'éléments utiles pour l'évaluation et la gestion des risques sanitaires dans ces lieux de vie.**

■ Visionner le film présentant la campagne sur le site de l'OQAI ([www.oqai.fr](http://www.oqai.fr))

## ZOOM

# DE LA RECHERCHE À LA GESTION : mise en place d'une surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches

Suite à la campagne pilote coordonnée par le Ministère en charge de l'Ecologie entre 2009 et 2011 dans 310 écoles et crèches, le décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 instaure la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans certains lieux clos ouverts au public. Cette surveillance devra être réalisée tous les 7 ans par des organismes accrédités, voire tous les 2 ans en cas de dépassement des valeurs limites. Les résultats de cette surveillance seront rendus publics par le propriétaire ou l'exploitant des locaux qui devra rechercher les sources de pollution et prévenir le préfet en cas de dépassement des valeurs limites.

Certaines personnes étant plus sensibles que d'autres à une qualité d'air dégradée – enfants, femmes enceintes, personnes âgées ou malades – la surveillance de la qualité de l'air intérieur sera obligatoire dans les établissements susceptibles de recevoir ces publics.

L'entrée en vigueur de cette obligation est progressive :

- **1<sup>er</sup> janvier 2015 pour les 9 000 crèches et les 17 000 écoles maternelles ;**
- **1<sup>er</sup> janvier 2018 pour les 38 000 écoles élémentaires ;**
- **1<sup>er</sup> janvier 2020 pour les 17 000 collèges et lycées et les centres de loisirs ;**
- **1<sup>er</sup> janvier 2023 pour les autres établissements (hôpitaux, piscines...).**



Le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 précise les conditions de la surveillance de la qualité de l'air dans les établissements scolaires et les crèches. Trois substances, jugées prioritaires dans l'air intérieur, sont mesurées : le formaldéhyde, le benzène et le dioxyde de carbone, indicateur du confinement. Une évaluation des moyens d'aération est également réalisée.

L'arrêté du 24 février 2012 précise les conditions d'accréditation des organismes chargés de réaliser la campagne de mesure de substances polluantes et/ou l'évaluation des moyens d'aération des bâtiments. A ce jour, une quarantaine d'organismes ont déposé une demande d'accréditation au Comité français d'accréditation (COFRAC) et dix-huit d'entre eux sont déjà accrédités.

La France est le premier pays à mettre en place une surveillance systématique et obligatoire de la qualité de l'air dans les établissements recevant un public sensible.

- Toutes les informations sur le site du ministère : [www.developpement-durable.gouv.fr/Surveillance-de-la-qualite-de-l-1,12027.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Surveillance-de-la-qualite-de-l-1,12027.html)



*Tubes passifs  
pour la mesure  
du benzène et du  
formaldéhyde ;  
appareil de mesure  
du confinement  
de l'air de la classe.*



L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a été créé en juillet 2001. Il est missionné par les ministères en charge du Logement, de l'Écologie et de la Santé, dans le cadre d'une convention entre ces trois ministères, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES).



Plus d'informations sur le site de l'OQAI : [www.oqai.fr](http://www.oqai.fr)