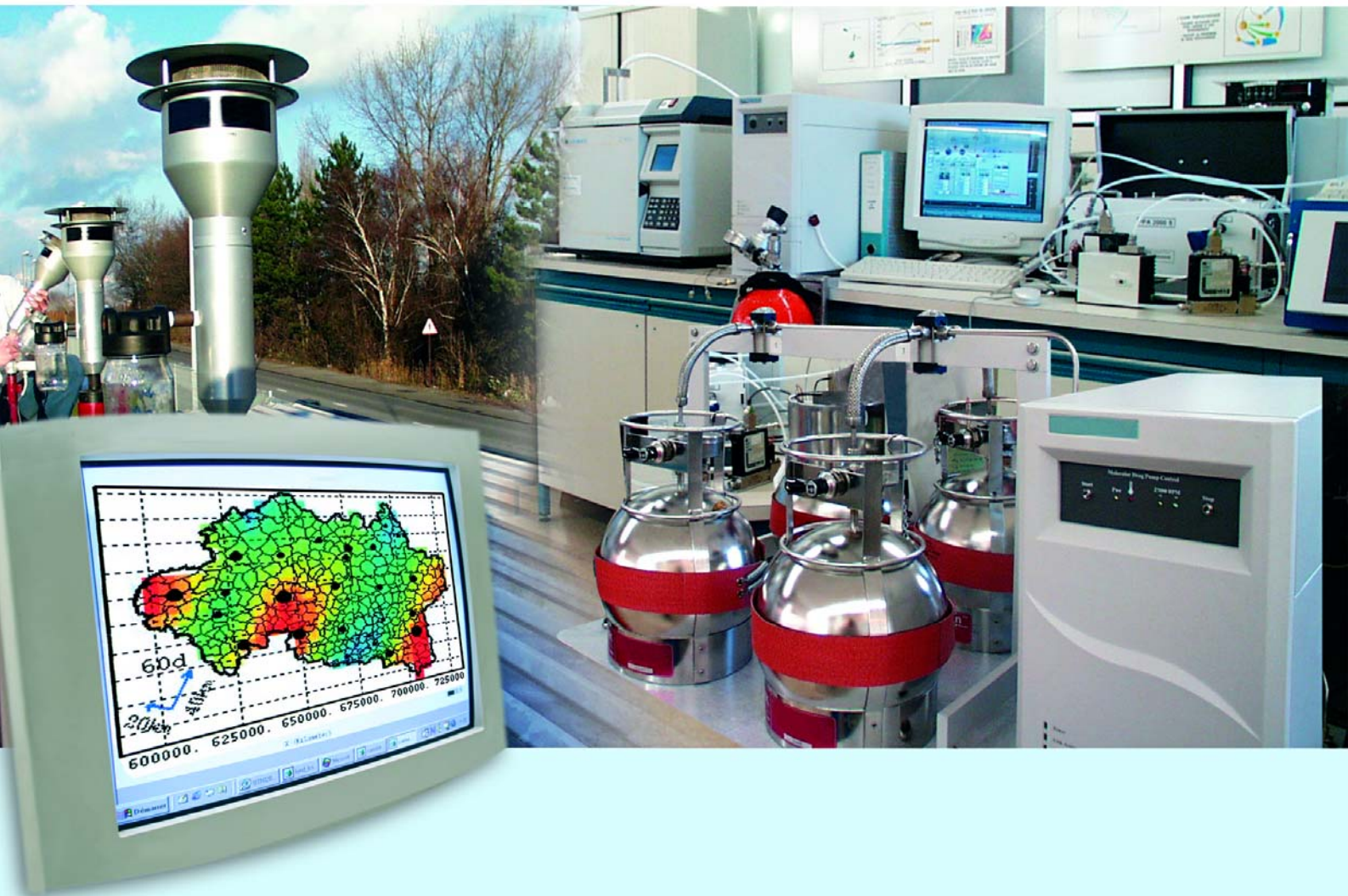




## Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Missions permanentes

**Qualité de l'air intérieur : quoi de neuf en 2005 ?**

Novembre 2005  
Convention: 05000051

Corinne MANDIN





## Qualité de l'air intérieur : quoi de neuf en 2005 ?

Laboratoire Central de Surveillance  
de la Qualité de l'Air

### Missions permanentes

Convention 05000051

Financée par la Direction des Préventions des Pollutions et des Risques  
(DPPR)

Novembre 2005

Ce document comporte 29 pages (hors couverture et annexe).

	Rédaction	Vérification	Approbation
<b>NOM</b>	Corinne MANDIN	André CICOLELLA	Martine RAMEL
<b>Qualité</b>	Ingénieur unité Évaluation des risques sanitaires Direction des Risques Chroniques	Responsable unité Évaluation des risques sanitaires Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des Risques Chroniques
<b>Visa</b>			



## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
<b>2. AVANCÉES RELATIVES À LA QAI EN FRANCE EN 2005.....</b>	<b>6</b>
2.1 Études et recherches .....	6
2.1.1 Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur .....	6
2.1.2 Travaux en Nord-Pas de Calais.....	6
2.1.3 Études conduites par les AASQA .....	7
2.1.3.1 Écoles.....	7
2.1.3.2 Enceintes ferroviaires souterraines .....	8
2.1.4 Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France.....	8
2.1.5 Travaux coordonnés par l'AFSSET .....	9
2.1.5.1 Protocole de détermination des émissions de COV par les matériaux	9
2.1.5.2 Élaboration de valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur .....	9
2.1.5.3 Qualité de l'air intérieur dans les parkings couverts .....	9
2.1.6 Travaux pour l'amélioration de la QAI.....	10
2.1.6.1 Efficacité d'un épurateur d'air .....	10
2.1.6.2 Épuration de l'air intérieur : intercomparaison de trois procédés.....	10
2.2 Actions des pouvoirs publics .....	11
2.3 Focus sur trois thématiques largement évoquées en 2005.....	12
2.3.1 Formaldéhyde.....	12
2.3.2 Émissions dans l'environnement intérieur par les produits de consommation courante .....	12
2.3.3 Qualité de l'air intérieur dans les écoles .....	14
2.4 Normalisation .....	16
2.5 Publications.....	16
2.5.1 Allergies et environnement intérieur : risques et prévention .....	16
2.5.2 Les cahiers de la QAI N°2 .....	16
2.5.3 diagnostic des installations de ventilation .....	17
<b>3. TRAVAUX MENÉS À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE ET INTERNATIONALE</b>	<b>18</b>
3.1 Publications dans la littérature scientifique internationale .....	18
3.2 Congrès international INDOOR AIR.....	20
3.3 Travaux de l'Organisation mondiale de la santé .....	22

3.4 Travaux de la Commission européenne.....	22
3.4.1 Valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur : projet INDEX .....	22
3.4.2 Émissions des matériaux et des produits : projet COSI .....	23
3.4.3 Détermination des expositions humaines intégrées : projet HEXPOC.....	23
3.4.4 Exposition des citoyens adultes au monoxyde de carbone.....	23
3.5 Travaux américains .....	24
3.6 Travaux canadiens .....	25
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>27</b>
<b>5. ACRONYMES .....</b>	<b>27</b>
<b>6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>28</b>
<b>7. LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>30</b>

## **1. INTRODUCTION**

L'amélioration de la connaissance des expositions dans les environnements intérieurs constitue l'une des huit actions prioritaires du Plan National Santé Environnement<sup>1</sup> publié en juin 2004. Ainsi, la thématique de la qualité de l'air intérieur est-elle désormais considérée comme incontournable dans le champ de la santé environnementale.

En France, le réseau pluridisciplinaire RSEIN, Recherche Santé Environnement Intérieur<sup>2</sup>, a vocation à organiser la veille scientifique sur le sujet. Il compile à cette fin l'ensemble des publications de la littérature scientifique internationale, ainsi que les travaux de littérature grise (thèse, rapports d'instituts mis en ligne sur Internet...) ou présentés à l'occasion de congrès. S'appuyant sur cette veille scientifique, le présent rapport a donc pour objectif :

- de rassembler dans un unique document un inventaire des travaux français de recherche et d'évaluation conduits en 2005, et un bilan des actions de normalisation, de réglementation et plus généralement de gestion menées simultanément en France (chapitre 2) ;
- de faire la synthèse des travaux internationaux développés en 2005, aussi bien en terme de recherche, que d'évaluation et de gestion, et d'en extraire les éléments nouveaux (chapitre 3).

**Le présent document ne prétend cependant aucunement à l'exhaustivité.**

*La liste des acronymes utilisés est fournie au chapitre 5.*

---

<sup>1</sup> qui en compte 45

<sup>2</sup> Une présentation du réseau RSEIN (objectifs et actions) est fournie en Annexe 1.

## **2. AVANCEES RELATIVES A LA QAI EN FRANCE EN 2005**

### **2.1 ÉTUDES ET RECHERCHES**

#### **2.1.1 OBSERVATOIRE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR**

En 2005, la **campagne nationale « Logements »** de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) s'est poursuivie. A terme (décembre 2005), entre 550 et 600 logements auront été investigués. Un travail de validation des données (vérification et agrégation des données brutes) est en cours et les résultats sont attendus dans le courant du 1<sup>er</sup> semestre 2006. Parallèlement, l'exploitation statistique était en phase de test sur un sous-échantillon. Cette analyse, appliquée à l'ensemble des résultats, doit permettre d'identifier les déterminants des niveaux de concentrations mesurés.

En septembre 2005, l'OQAI a mis en place un groupe de travail sur la qualité des environnements intérieurs fréquentés par les enfants (de 0 à 18 ans). Après une première phase de recensement des données disponibles et des budgets espace-temps-activités, les études à conduire par l'OQAI seront définies en janvier 2006.

Tout au long de l'année 2005, des actions d'information et de communication ont été régulièrement conduites, en particulier pour le rendu des résultats aux foyers enquêtés et la préparation de documents de vulgarisation de la thématique (en partenariat avec l'INPES) qui devraient paraître en 2006.

#### **2.1.2 TRAVAUX EN NORD-PAS DE CALAIS**

Le **programme Habit'Air Nord-Pas de Calais**, financé par la région Nord-Pas de Calais et l'ADEME, a terminé en 2005 des mesures dans 60 logements de la région répartis en 3 catégories (logements insalubres, habitations sans problème spécifié et constructions HQE, Haute Qualité Environnementale). L'étude de la qualité de l'air intérieur dans des constructions HQE sera l'une des premières réalisées en France à ce jour. L'exploitation des résultats a commencé et devrait se terminer début 2006. Une phase 2 sera initiée ensuite selon les besoins et lacunes qui auront été identifiés à l'occasion du traitement des données de la phase 1.

Également grâce à un financement de la région Nord-Pas de Calais et de la délégation régionale de l'ADEME, le Centre d'études techniques de l'équipement (CETE) Nord-Picardie a finalisé en 2005 un **outil de diagnostic de la qualité d'air intérieur des logements**. Ce module informatique comprend :

- un questionnaire complet portant sur les caractéristiques constructives du logement (organisation des locaux, structure, types de matériaux...), les équipements de ce logement (chauffage, ventilation, appareils ménagers...) ainsi que le mobilier et les revêtements utilisés ;
- un questionnaire portant sur les occupants intégrant des informations sur leur comportement dans le logement (pratique d'ouverture des fenêtres, d'entretien, de nettoyage...) et leur santé ;



- des mesures limitées de quelques paramètres physiques : température, humidité, débits de ventilation (pour les systèmes à extraction mécanique) et concentrations en dioxyde et monoxyde de carbone.

Les recommandations fournies par l'outil à l'issue de la saisie des réponses aux questionnaires peuvent correspondre à un conseil immédiat de comportement, de remplacement de composants ou de diagnostic spécialisé à faire réaliser. Cet outil sera testé sur cent logements dans le courant du premier semestre 2006.

### 2.1.3 ÉTUDES CONDUITES PAR LES AASQA

#### 2.1.3.1 ÉCOLES

Pour faire suite, d'une part aux mesures réalisées dans quelques écoles de l'agglomération strasbourgeoise à l'occasion de l'étude ISAAC et de la campagne pilote de l'OQAI, et d'autre part au classement du formaldéhyde comme cancérigène certain par le Centre international de recherche sur le cancer en juin 2004, la ville de Strasbourg a souhaité disposer d'un état des lieux complet des niveaux intérieurs de formaldéhyde dans l'ensemble des écoles (maternelles et primaires) et des lieux d'accueil de la petite enfance de la communauté urbaine. Ainsi l'**ASPA, association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace**, a réalisé 526 mesures dans ces lieux, du 17 novembre au 16 décembre 2004, puis du 4 janvier au 27 janvier 2005 (prélèvements par tubes passifs exposés 48 h) [ASPA, 2005]. Une analyse statistique a été conduite afin d'identifier les variables descriptives des locaux (environnement, équipement, travaux récents) explicitant les concentrations en formaldéhyde mesurées. Des tendances positives, non statistiquement significatives, ont été dégagées entre les teneurs intérieures en formaldéhyde et la présence de mobilier âgé de plus de 10 ans, de boiseries sur les murs et les plafonds, d'un revêtement lino-plastique.

Suite à des plaintes liées à des odeurs dans les salles de l'école maternelle de Codognan (30), **Air Languedoc-Roussillon** en partenariat avec l'École des mines d'Alès (Centre Génie de l'Environnement Industriel) a réalisé en mai 2005 des mesures dans la salle des enseignants, le hall de l'école, une salle de classe, les sanitaires des enfants et à l'extérieur de l'école [ALR, 2005]. Les mercaptans et l'hydrogène sulfuré, potentiellement à l'origine des mauvaises odeurs, ont été prélevés par barbotage et ballons-baudruches. Parallèlement, les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) et les aldéhydes ont été prélevés sur tubes passifs pendant respectivement 7 jours et 5 jours. A titre de comparaison, les BTEX ont également fait l'objet d'un prélèvement par canister pendant 3h30. Enfin, les concentrations des gaz propulseurs recherchés (n-butane, propane et isopentane) sont présentées dans le rapport (prélèvement par canister).

Dans un contexte similaire de plaintes, l'**Observatoire Régional de l'Air en Midi-Pyrénées, l'ORAMIP** a réalisé, à la demande de la municipalité, une expertise de la qualité de l'air dans les locaux de la crèche de Cugnaux (31) suite à des gênes ressenties par le personnel. 19 COV ont été mesurés [ORAMIP, 2005-a].

### 2.1.3.2 ENCEINTES FERROVIAIRES SOUTERRAINES

**L'ORAMIP** a mené en 2004 (campagne estivale) et 2005 (campagne hivernale) une première étude de la qualité de l'air dans le métro toulousain (rames, stations et locaux techniques) [ORAMIP, 2005-b].

Les principaux résultats sont les suivants :

- les concentrations en oxydes d'azote dans le métro sont légèrement supérieures à celles mesurées en extérieur l'été (stations urbaine et proximité trafic), mais inférieures à ces dernières l'hiver ;
- les concentrations en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes sont du même ordre de grandeur qu'en extérieur, à l'exception du toluène dans les rames, laissant envisager l'existence d'une source intérieure spécifique ;
- les concentrations en  $PM_{10}$  sont très largement supérieures au niveau ambiant urbain, du même ordre de grandeur que celles d'ores et déjà mesurées dans d'autres métros (français et européens) ;
- la mesure de la composition chimique des  $PM_{10}$  a permis de caractériser 35 % de la masse et indique qu'il s'agit majoritairement de fer. Cuivre, étain, antimoine, manganèse, chrome, plomb et nickel sont également détectés. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurés (6 HAP mesurés) et la silice cristalline représentent respectivement moins de 1 % de la masse des particules.

### 2.1.4 OBSERVATOIRE REGIONAL DE SANTE D'ILE-DE-FRANCE

Dans le cadre d'un stage d'élève ingénieur du Génie sanitaire de l'École nationale de la santé publique, la **faisabilité d'une étude épidémiologique liée à la qualité de l'air intérieur en Ile-de-France** a été étudiée [Host, 2005]. Après un inventaire des contaminants, de leurs sources et de leurs effets sanitaires, une hiérarchisation des priorités sur la base, d'une part de l'enjeu de santé publique et d'autre part du manque de connaissances, a permis d'identifier, dans l'ordre d'importance 1) le formaldéhyde et les moisissures/l'humidité (à égalité), 2) les particules et 3) les COV. Une priorisation au regard des spécificités franciliennes a ensuite permis de dégager la piste des moisissures et de l'humidité pour la future étude épidémiologique. En effet, le formaldéhyde et les COV sont présents dans tous les logements et ne constituent pas une problématique spécifique à l'Ile-de-France ; des études sont par ailleurs en cours, notamment celles diligentées par l'AFSSET (voir ci-après). Enfin, il apparaît que les moyens d'actions locales sont réduits s'il s'agit de renforcer la réglementation des matériaux de construction et des produits. En revanche, les contaminants biologiques sont moins bien connus du grand public et le risque associé pourrait s'avérer élevé dans la région où le parc de logements est particulièrement ancien (33 % des résidences principales datent d'avant 1949) et le taux de surpeuplement, facteur d'augmentation de l'humidité, est très supérieur à la moyenne nationale (19 % contre 11 % d'après l'INSEE). Des politiques régionales contre l'insalubrité pourront être mises en œuvre. La dernière partie des travaux conduits par l'ORS en 2005 a donc consisté à établir le protocole de la future étude épidémiologique sur les relations entre l'humidité et la santé (type d'étude, population, recueil des données sanitaires et en terme d'exposition...).

## 2.1.5 TRAVAUX COORDONNES PAR L'AFSSET

### 2.1.5.1 PROTOCOLE DE DETERMINATION DES EMISSIONS DE COV PAR LES MATERIAUX

Plusieurs pays européens proposent d'ores et déjà une classification des produits et matériaux de construction sur la base des taux d'émission de composés organiques volatils. Les normes élaborées sont pour la plupart issues du travail européen mené par l'action concertée européenne *Indoor Air Quality and its Impacts on Man* [ECA, 1997]. Certaines adaptations ont conduit à l'établissement d'autres protocoles, comme l'AgBB allemand. Ainsi, l'AFSSET pilote, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment, un travail de **mise au point d'un protocole français uniformisé pour caractériser les COV émis par les matériaux. Celui-ci devrait être rendu public courant 2006.**

### 2.1.5.2 ÉLABORATION DE VALEURS GUIDES POUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Les valeurs guides<sup>3</sup> pour la qualité de l'air intérieur (dont l'établissement est demandé par le PNSE, action 14) sont utiles à plusieurs titres :

- positionner les niveaux de concentrations mesurés dans les environnements intérieurs, qu'ils soient privés ou publics ;
- faire évoluer la réglementation en matière d'émissions par les matériaux ;
- ajuster les débits de ventilation.

De nombreux pays se sont déjà dotés de telles valeurs (depuis 1987, par exemple, pour le Canada). En décembre 2004, le Royaume-Uni a publié les valeurs guides, pour l'air intérieur, du dioxyde d'azote, du monoxyde de carbone, du formaldéhyde, du benzène et du benzo(a)pyrène [COMEAP, 2004]. En Europe, le groupe d'experts INDEX, sous l'égide de la Direction générale de la santé et de la consommation (DG-Sanco) a proposé des valeurs guides pour 13 polluants spécifiques de l'air intérieur (cf. paragraphe 3.4). En France, l'AFSSET a initié en 2005, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment, un travail pour la **construction d'une méthodologie d'élaboration de valeurs guides pour l'air intérieur et l'application de cette démarche à une dizaine de substances jugées prioritaires par le groupe de travail ad hoc. Les premières valeurs seront proposées aux tutelles de l'AFSSET courant 2006.**

### 2.1.5.3 QUALITE DE L'AIR INTERIEUR DANS LES PARKINGS COUVERTS

En vue de répondre à une saisine des ministères de l'écologie et de la santé relative à un projet de fixation de valeurs limites de concentrations en monoxyde de carbone et oxydes d'azote dans les parcs de stationnement couverts, l'AFSSET a mis en place fin 2005 un groupe de travail pour analyser ces valeurs. Les missions du groupe consisteront plus précisément en **l'inventaire des données disponibles (polluants concernés, niveaux mesurés, valeurs guides disponibles à l'étranger...)** et en **l'évaluation des risques sanitaires liés à ces expositions** sur la base, entre autres, de campagnes de mesure réalisées spécifiquement pour les besoins du traitement de la saisine. **Les résultats sont attendus courant 2006.**

---

<sup>3</sup> On parle de valeurs *guides* lorsque les limites proposées n'ont pas de caractère réglementaire.

## 2.1.6 TRAVAUX POUR L'AMELIORATION DE LA QAI

### 2.1.6.1 EFFICACITE D'UN EPURATEUR D'AIR

L'efficacité des purificateurs d'air reste largement controversée à ce jour. Si des améliorations en terme de concentrations intérieures sont notées pour certains polluants, aucune étude n'a réellement montré de façon tangible le bénéfice sanitaire de ces appareils. Parallèlement, la recrudescence de l'asthme encourage les fabricants à commercialiser des dispositifs réduisant, voire éradiquant les allergènes de l'environnement domestique.

Dans le cadre d'un stage de 5<sup>ème</sup> année de médecine à l'Hôpital Universitaire de Strasbourg (N. Schneider), l'efficacité, en terme de décroissance des concentrations en allergènes, d'un **purificateur d'air réduisant le niveau de contamination ambiant en allergène de chat** a été testée. Pour ce faire, une atmosphère riche en *Felis domesticus* (Fel d 1, auquel plus de la moitié des personnes allergiques au chat est sensibilisée) a été créée dans une pièce expérimentale, par nébulisation d'une solution allergénique. Des mesures des concentrations en Fel d 1 (méthode ELISA ; limite de détection à 0,73 ng/m<sup>3</sup>) ont été réalisées 30 minutes, 1 heure puis 2 heures après la nébulisation. Huit et dix essais ont respectivement été conduits en l'absence et en présence du purificateur d'air. Les résultats montrent une décroissance significativement plus rapide des concentrations en Fel d 1 avec le purificateur. Comme le soulignent les auteurs, il reste à :

- vérifier cette performance en situation réelle, les concentrations générées par la nébulisation (de l'ordre de 500 ng/m<sup>3</sup>) étant bien supérieures à celles mesurées classiquement aux domiciles des propriétaires de chat (de 2 à 20 ng/m<sup>3</sup>) et les allergènes étant sous forme de gouttelettes, ce qui n'est pas le cas dans la réalité ;
- démontrer une corrélation avec l'amélioration des symptômes cliniques chez les patients sensibilisés au Fel d 1.

### 2.1.6.2 ÉPURATION DE L'AIR INTERIEUR : INTERCOMPARAISON DE TROIS PROCÉDES

Une thèse de doctorat intitulée « Définition d'une méthodologie d'évaluation des procédés d'élimination des composés organiques volatils (COV) de l'air intérieur » a été soutenue en décembre 2004 à l'École des Mines de Nantes [Bulteau, 2004]. Cette thèse, réalisée au Centre scientifique et technique du bâtiment, avait pour objectif d'approfondir les connaissances sur les procédés d'élimination des COV, à des concentrations se rapprochant de celles rencontrées dans l'air intérieur, en vue d'établir une méthodologie d'évaluation de leur efficacité. **Trois procédés de traitement d'air ont été étudiés** grâce à des essais en chambres expérimentales : l'adsorption sur charbon actif, l'oxydation photocatalytique (avec du dioxyde de titane) et le traitement de l'air par les plantes d'intérieur. L'influence de différents paramètres sur l'efficacité de ces procédés a été évaluée en réacteur discontinu et continu, selon une approche cinétique.

Concernant le traitement de l'air par les plantes, les travaux se poursuivent, en partenariat avec la Faculté de pharmacie de Lille (programme Phyt'Air).

## 2.2 ACTIONS DES POUVOIRS PUBLICS

**La Direction générale de la santé** (Sous-direction de la gestion des risques et des milieux) est co-pilote de l'action 14 du PNSE, spécifiquement dédiée à la QAI. Afin de mieux identifier les besoins de ses services déconcentrés, la DGS a transmis le 23 juillet 2004 aux préfets de région et de département et aux directeurs des Services Communaux d'Hygiène et de Sécurité (SCHS) une circulaire relative à **un questionnaire d'enquête sur les plaintes concernant la qualité de l'air intérieur** (circulaire N°DGS/SD7C/2004/354). Ce questionnaire visait à réaliser un bilan national des plaintes (hors cadre juridique) reçues par les services déconcentrés, bilan à la fois qualitatif (motifs invoqués) et quantitatif. La seconde partie du questionnaire était destinée à dresser un état des lieux des réponses fournies et des difficultés rencontrées pour formuler ces réponses. Les principaux résultats de cette enquête ont été publiés en mars 2005. Il ressort que :

- quasiment tous les services reçoivent des plaintes liées à la QAI et disposent d'un registre de recueil des plaintes ;
- l'humidité est le principal motif évoqué de plainte. Viennent ensuite les problèmes de ventilation. Des plaintes liées au voisinage (activités agricoles et commerciales) sont aussi rapportées ;
- les troubles respiratoires et le malaise général sont les symptômes les plus fréquemment mentionnés ;
- le manque de moyens et d'outils scientifiques, réglementaires et techniques est très souvent rapporté. La clarification de la répartition des compétences des différents services de l'État est clairement demandée. Des actions d'information et de sensibilisation du grand public, mais également des maires, des bailleurs sociaux, des associations, ainsi que des actions de formation du personnel des services sont vivement souhaitées.

**Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France** (CSHPF) publie régulièrement des avis et/ou travaux relatifs à la qualité de l'air intérieur. En 2005, ils ont concernés le **monoxyde de carbone** (CO). En effet, même si les mécanismes et les effets des intoxications au CO sont parfaitement connus, ces intoxications restent encore très fréquentes et occasionnent annuellement près de 300 morts et 6 000 hospitalisations en France. Les experts s'accordent à dire que leur incidence est vraisemblablement sous évaluée. Ainsi, la réduction de 30 % de la mortalité par intoxication oxycarbonée d'ici à 2008 est l'un des objectifs du Plan National Santé Environnement. Parallèlement au dispositif de surveillance assuré par l'Institut de veille sanitaire (InVS), un groupe de travail a été constitué au sein du CSHPF en décembre 2001 afin d'élaborer un référentiel de prise en charge des intoxications oxycarbonées aiguës (intoxications sub-aiguës et chroniques, notamment via le tabagisme, exclues du champ de l'étude). Le rapport final des travaux a été publié en mars 2005 [CSHPF, 2005]. Dans une première partie consacrée au repérage des intoxications, les données physiopathologiques de base, les données épidémiologiques de la littérature internationale, les signes cliniques, ainsi que les cas particuliers des enfants, des femmes enceintes et des expositions professionnelles sont rapportés. La seconde partie du rapport est consacrée au traitement des intoxications oxycarbonées : conditions de recours à l'oxygénothérapie hyperbare, organisation du suivi des victimes. Enfin les moyens de prévention, ainsi que le système de surveillance de l'InVS sont rappelés.

## 2.3 FOCUS SUR TROIS THEMATIQUES LARGEMENT EVOQUEES EN 2005

### 2.3.1 FORMALDEHYDE

Suite à la re-classification du formaldéhyde par le Centre international de recherche sur le cancer en juin 2004<sup>4</sup>, les Autorités françaises ont saisi leurs agences pour conduire des évaluations de risque sanitaire lié aux expositions de la population générale via l'air, l'alimentation et les produits de santé. Ces travaux sont actuellement en cours et devraient être rendus publics en 2006. S'agissant des expositions via l'air (extérieur et intérieur), une première évaluation des risques sanitaires associés avait conduit en 2004 à des indices de risque et excès de risque individuel supérieurs aux valeurs repères de risque, mettant en évidence par là, la nécessité d'approfondir la détermination des expositions des populations [Mandin, 2004]. Cette évaluation était notamment basée sur l'hypothèse d'effets cancérogènes sans seuil et l'utilisation de l'excès de risque unitaire de l'US-EPA, données de base dont les fondements sont actuellement en discussion. En outre, des données récentes publiées dans la littérature sur le formaldéhyde (travaux de Rumchev *et al.* par exemple), ainsi que les résultats de la campagne « Logements » de l'OQAI, sont autant d'éléments qui permettront de consolider la caractérisation des expositions et des risques sanitaires.

### 2.3.2 ÉMISSIONS DANS L'ENVIRONNEMENT INTERIEUR PAR LES PRODUITS DE CONSOMMATION COURANTE

La problématique des émissions dans l'environnement par les produits de consommation courante du type désodorisants, insecticides, bougies et encens... a été médiatisée fin 2004 par des associations européennes de consommateurs. Contrairement aux matériaux qui disposent de procédures d'évaluation de leurs émissions (cf. paragraphe 2.1.5.1), les produits de consommation courante ne sont pas caractérisés en terme d'émissions de COV à défaut de protocole.

**D'un point de vue sanitaire, les effets liés aux expositions à ces produits sont très peu renseignés.** Peu de publications sont recensées [Anderson, 1998 ; Wolkoff, 1998 ; Weegels, 2001 ; Nazaroff, 2004]. Deux articles de la littérature scientifique récente<sup>5</sup> traitent directement des effets sur la santé des émissions de COV associées à l'utilisation de produits de consommation [Farrow, 2004 ; Sherriff, 2005]. Les deux articles sont issus des travaux d'une même équipe et présentent des résultats obtenus à partir des données de l'étude de cohorte de nouveau-nés ALSPAC (*Avon Longitudinal Study of Parents and Children*) qui a impliqué 14 541 femmes enceintes et 13 971 nourrissons nés entre avril 1991 et décembre 1992. Dans 170 logements de la cohorte, les niveaux élevés de COV mesurés sont liés à l'utilisation fréquente de désodorisants, d'aérosols et de nettoyants pour moquette. L'analyse des symptômes corrélés aux fortes concentrations intérieures en COV montre que l'utilisation fréquente des désodorisants et des aérosols serait associée à des symptômes à la fois chez les nourrissons (diarrhée, vomissement, douleurs d'oreilles) et chez les femmes après la naissance (maux de tête et dépression, 8 et 21 mois après) [Farrow, 2003].

---

<sup>4</sup> désormais cancérogène certain pour l'homme (Groupe 1).

<sup>5</sup> Ces deux articles ont fait l'objet d'une analyse critique dans le bulletin RSEIN N°12 (juin 2005).

Par ailleurs, l'étude de la relation entre l'usage de produits ménagers par des femmes enceintes et les sifflements persistants chez leurs enfants a été investiguée [Sherriff, 2005]. Les mères ont répondu à un questionnaire relatif à l'utilisation de 11 produits susceptibles de dégager des COV et des aldéhydes (désinfectants, eau de javel, aérosols, désodorisants, lave-vitres, produits pour moquette, peintures et vernis, white-spirit, pesticides, décapants et produits de nettoyage à sec). Le codage de la fréquence d'utilisation, de 0 (jamais) à 3 (tous les jours), a permis la construction d'un indice d'exposition chimique dont la relation statistique avec les sifflements du jeune enfant a été étudiée. L'indice élevé (90<sup>ème</sup> percentile) serait associé à un risque accru d'apparition de sifflements persistants chez l'enfant.

Le besoin d'études sur les substances émises, les modalités d'exposition de la population générale et des personnes sensibles, et les effets sanitaires corrélés est donc évidemment. En 2005, les Autorités ont été sensibilisées à cette thématique et des travaux devraient voir le jour en 2006. On peut toutefois mentionner, au titre des initiatives françaises sur le sujet, le mémoire consacré à **l'évaluation des risques sanitaires associés à l'utilisation de désodorisants d'intérieur** réalisé dans le cadre des ateliers « Santé – Environnement » de la promotion 2005 de la filière du Génie sanitaire de l'École nationale de la santé publique [Cofrier, 2005]. Sur la base des données quantitatives disponibles dans la littérature scientifique récente (principalement étude du BEUC -Bureau européen des unions de consommateurs-, publiée en 2005, et étude de l'US-EPA de 2001) et de l'attribution de score en fonction des concentrations mesurées et de la fréquence de détection, un choix de substances à étudier pour différents types de désodorisants a été réalisé. Benzène, styrène, toluène, limonène, formaldéhyde, diéthylphtalate, particules et plomb ont été retenus. Les résultats de la campagne pilote de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur relatif à l'utilisation des désodorisants d'ambiance ont été utilisés pour construire les scénarios d'exposition. Sur la base des données utilisées et des budgets espace-temps retenus, il apparaît que les quotients de danger et excès de risque se situent au niveau des valeurs repères de risque. Ceci appelle la poursuite des études, notamment l'acquisition de données quantitatives plus récentes et fiables.

### 2.3.3 QUALITE DE L'AIR INTERIEUR DANS LES ECOLES

**La qualité de l'air intérieur dans les écoles constitue une problématique tout à fait spécifique.** Les composés détectés n'y sont pas nécessairement différents de ceux présents dans les autres environnements clos. En revanche, les concentrations peuvent y être plus élevées du fait, par exemple, de la présence de plus de mobilier ou bien de l'utilisation quotidienne de fournitures scolaires (colles, feutres, peintures...) et de produits d'entretien. Par ailleurs, à surface égale, on estime que les écoles présentent, en général, quatre fois plus d'occupants que les bureaux, ce qui influence nécessairement l'environnement intérieur, ne serait-ce que par l'augmentation de l'humidité relative. Paradoxalement, les dispositifs de ventilation sont, soit inadaptés (du fait, parfois, des modifications rapides des structures pour faire face à l'augmentation du nombre d'élèves), soit mal entretenus (les élèves étant moins enclins à se plaindre que les salariés de bureaux en cas de dysfonctionnement), soit inexistantes (si seule une ventilation par ouvrant est alors possible, celle-ci n'est parfois pas effective pour des raisons de sécurité et/ou d'économie d'énergie). Enfin et surtout, les écoles sont occupées par une population sensible, les jeunes enfants, ce qui confère à la problématique une dimension toute particulière<sup>6</sup>.

La veille scientifique menée par le réseau RSEIN depuis 2001 a permis de recenser de nombreux travaux de recherche relatifs à la qualité de l'air intérieur dans les écoles menés dans les pays nord-américains et européens. Parmi les études disponibles, certaines soulignent notamment la baisse des capacités d'apprentissage et un absentéisme manifeste liés à une qualité de l'air intérieur dégradée. Parallèlement, ces pays mènent des actions de sensibilisation des gestionnaires, des professeurs d'écoles et des parents d'élèves, et ont publié des guides de gestion visant à garantir un air intérieur sain dans les écoles. En France, la manifestation de troubles de santé non spécifiques (maux de tête, nausées, vertiges...) dans des écoles ces dernières années a conduit à s'interroger sur la possible contribution de la qualité de l'air intérieur. Parallèlement, les études françaises menées sur le sujet ont mis en évidence des niveaux de pollution intérieure dans les écoles non négligeables et des systèmes de ventilation souvent défectueux, voire inexistantes. Ce constat a motivé le réseau RSEIN à organiser un colloque sur ce thème le 4 juillet 2005 pour faire le point sur les connaissances françaises disponibles et inviter des chercheurs étrangers à présenter leurs travaux et les actions de gestion mises en œuvre dans leur pays. Cette journée scientifique qui s'est tenue au Ministère de l'écologie et du développement durable a accueilli quelques 200 personnes, attestant de l'intérêt porté à la thématique.

Des exposés et débats du colloque du 4 juillet, il ressort que **les études, étrangères et françaises, convergent toutes vers le constat d'une ventilation défectueuse**, et ainsi d'une qualité de l'air intérieur dégradée. Les études françaises conduites à ce jour sont dans la lignée des travaux menés en Angleterre, aux Pays-Bas et au Danemark en terme de nombres d'écoles investiguées et de paramètres suivis.

---

<sup>6</sup> Pour approfondir le sujet, le lecteur est invité à consulter l'étude des spécificités de la problématique de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et des implications en terme d'évaluation et de gestion des risques sanitaires conduite dans le cadre d'un mémoire d'élève ingénieur du Génie sanitaire de l'École nationale de la santé publique [Jédor, 2005].



La campagne pilote de l'OQAI dans 9 écoles, ainsi que les campagnes françaises de grande ampleur (étude ISAAC dans 108 écoles (401 classes) de 6 villes françaises ; étude ASPA déjà évoquée dans 111 écoles (384 salles de classe) de la communauté urbaine de Strasbourg), permettent ou vont permettre de tirer de premiers enseignements intéressants quant aux déterminants de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et aux effets potentiels sur la santé, respiratoire notamment, des écoliers. Si les exposés ont quasiment tous plus ou moins évoqué le rôle de la ventilation (dont l'un même spécifiquement dédié au guide « Ventilation dans les écoles » publié par le CETIAT), les sources de pollution intérieure dans les écoles ont paradoxalement été nettement moins abordées. Il n'en demeure pas moins que l'on retiendra la contribution d'une part du mobilier, des produits d'entretien et des feutres, marqueurs et colles mise en évidence par les études conduites au LHVP au début des années 1990, et d'autre part de la pollution extérieure (travaux du LHVP et études dans 8 écoles de l'agglomération rochelaise par le LEPTAB). Par ailleurs, le dernier exposé de la journée a traité plus généralement de la question d'environnement intérieur dans les écoles, englobant ainsi les aspects de température, bruit, luminosité qui sont également d'importance pour garantir un cadre d'apprentissage et d'épanouissement le plus favorable qui soit pour les enfants. A noter enfin que les contaminations biologiques (moisissures et allergènes principalement), qui sont largement étudiées et rapportées dans la littérature scientifique internationale relative à la qualité de l'air intérieur dans les écoles, ont été très peu abordées tout au long de cette journée. Ce colloque a ainsi permis de faire le point sur les données françaises disponibles et de poser les bases d'une réflexion qui va se poursuivre dans les prochains mois et dont les actions concrètes sont déjà initiées.

Pour terminer sur le sujet, on peut citer les études conduites en 2005 :

- l'étude de l'ASPA, évoquée plus haut, sur le formaldéhyde spécifiquement (voir paragraphe 2.1.3) ;
- une étude de Air Languedoc Roussillon suite à des plaintes dans une école maternelle (voir paragraphe 2.1.3) ;
- une étude de l'Institut de veille sanitaire qui s'est intéressée aux quatre cas de cancers perçus comme étant survenus au sein de l'école Bignon (Mortagne-au-Perche) [InVS, 2005]. Les cas ont été décrits (type, âge de survenue) et comparés entre eux ainsi qu'aux pathologies les plus fréquemment observées par le registre lorrain des cancers de l'enfant. Le nombre de cas incidents dans l'école Bignon entre septembre 1973 et juillet 2003 a été comparé à un nombre attendu de cas sous forme d'un ratio standardisé d'incidence (SIR). Une investigation du contexte environnemental a été menée afin de rechercher dans l'environnement des cas une exposition plausible à un facteur de risque cancérigène. Le signalement correspondait à trois types de cancers différents pour lesquels il n'existe aucun facteur de risque établi et commun. Les trois formes de cancers signalés sont relativement fréquemment observées et les âges de survenue étaient cohérents avec les données du registre lorrain utilisé. De ces investigations, en l'absence d'une exposition précisément identifiée à un cancérogène, la Cellule inter-régionale d'épidémiologie a conclu que l'observation des 4 cas relevait de fluctuations naturelles de l'incidence des cancers et ne constituait pas un agrégat associé à une cause environnementale.

## 2.4 NORMALISATION

La norme **NF ISO 16000-6** « Air intérieur - Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA<sup>®</sup>, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS/FID » a été publiée. Cette norme s'applique dans l'air intérieur ou pour l'air prélevé dans des chambres ou des cellules d'essai. Elle est valable pour le mesurage des COV non polaires ou légèrement polaires dans une plage de concentrations allant des ng/m<sup>3</sup> à plusieurs mg/m<sup>3</sup>. Certains composés très volatils ou semi-volatils peuvent également être analysés par cette méthode.

## 2.5 PUBLICATIONS

### 2.5.1 ALLERGIES ET ENVIRONNEMENT INTERIEUR : RISQUES ET PREVENTION

Les maladies allergiques constituent une part importante des maladies contemporaines directement associées à l'évolution des modes de vie des dernières décennies. La recherche des déterminants de l'apparition et de l'accentuation de ces pathologies fait l'objet de très nombreux travaux et publications dans la littérature scientifique. L'ouvrage de De Blay *et al.* rappelle l'historique de l'augmentation de la prévalence des maladies allergiques et fait le point sur les facteurs de l'environnement intérieur et les effets sanitaires associés. Les méthodes pour rendre son habitat à moindre risque, en particulier pour les allergiques, sont également abordées dans ce livre.

→ **Allergies et environnement intérieur : risques et prévention**, De Blay F., Lieutier-Colas F. et Lefèvre-Balleydier A., Éditions Lavoisier, 134 pages

### 2.5.2 LES CAHIERS DE LA QAI N°2

Dans le cadre du salon POLLUTEC, s'est tenu le 1<sup>er</sup> décembre 2004 le colloque « La qualité de l'air intérieur, enjeu essentiel de santé environnementale », à l'initiative de l'ADEME, du CSTB et de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur. Le thème retenu pour cette seconde édition de la manifestation était la prévention sanitaire et la construction. Plus d'une vingtaine de professionnels sont intervenus tout au long de cette journée pour présenter l'état des lieux de la prise en compte de la QAI dans le domaine du bâtiment, l'approche constructive européenne sur le sujet, et enfin les instruments financiers et les leviers du développement durable disponibles à ce jour. En outre, au lendemain de la publication du Plan National Santé Environnement, les acteurs institutionnels présents ont largement positionné la problématique de la QAI au sein des enjeux de ce plan. L'ensemble de ces contributions a été rassemblé dans le second tome des "Cahiers de la qualité de l'air intérieur", paru en novembre 2005.

→ **Les Cahiers de la qualité de l'air intérieur N°2**, Europe et Environnement, 141 pages

### 2.5.3 DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS DE VENTILATION

Les campagnes d'investigation de la qualité de l'air intérieur mettent très souvent en lumière, outre des sources endogènes de pollution, une inefficacité de la ventilation des locaux accentuant la dégradation de la QAI. Or en France, à ce jour, il n'existe pas d'obligations de contrôle des installations à l'instar d'autres pays comme la Suède. Le guide DIAGVENT destiné aux bureaux d'étude et de contrôle, experts, services techniques, installateurs et sociétés de maintenance, présente une méthode de diagnostic des installations de ventilation mécanique. Cet outil de diagnostic comporte 3 volets :

- DIAGVENT 1 : diagnostic simplifié basé sur un examen visuel ;
- DIAGVENT 2 : diagnostic approfondi complétant l'audit sur site par des mesures de performance des systèmes (débits, pression, consommation électrique...) ;
- DIAGVENT 3 : examen spécifique suite à un dysfonctionnement des installations ou consécutif à une plainte des occupants ou usagers.

Le guide fournit en outre la liste du matériel nécessaire et celle des organismes spécialisés qui peuvent être sollicités, les fiches types à remplir pour les deux premiers niveaux de diagnostic et les valeurs réglementaires des débits d'air en résidentiel et en tertiaire (locaux à pollution spécifique ou non) valables dans l'attente de la révision de la réglementation.

→ **Diagnostic des installations de ventilation dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, Guide pratique DIAGVENT**, Pierre-Jean VIALLE (CETIAT) et Pierre BARLES (PBC), avec la collaboration de l'ADEME et de AERECO, ALDES, ANJOS, FRANCE AIR, 40 pages

### **3. TRAVAUX MENES A L'ECHELLE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE**

#### **3.1 PUBLICATIONS DANS LA LITTERATURE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE**

Comme les années précédentes<sup>7</sup>, il ressort de la veille scientifique menée par le réseau RSEIN un nombre toujours croissant de publications. Quelques éléments marquants des travaux analysés en 2005 par le réseau RSEIN sont rapportés ci-après.

**La pollution particulaire** intérieure est très complexe. En effet, il n'est pas aisé d'en discriminer les sources, aussi bien extérieures qu'intérieures. Or, de ces sources dépendent la taille des particules et leur composition chimique, autrement dit leurs effets sanitaires potentiels. Les études sont donc nombreuses qui visent à :

- d'une part, étudier la contribution de l'air extérieur en mesurant notamment le soufre élémentaire (traceur de la pollution particulaire ambiante) et selon la perméabilité du bâtiment et les dispositifs de ventilation. Les ratios intérieur/extérieur calculés sont cependant très souvent difficilement extrapolables à d'autres situations : autres lieux géographiques, conditions météorologiques, modes de ventilation... [Cyrus, 2004 ; Hänninen, 2004] ;
- d'autre part, identifier les sources propres à l'habitat et leurs facteurs d'émission selon les classes granulométriques (PM<sub>2,5</sub> et ultra-fines, par exemple) [Afshari, 2005].

En terme de substances mesurées, l'examen des publications confirme l'intérêt croissant pour les composés organiques semi-volatils (pesticides, phtalates, polychlorobiphényles, retardateurs de flamme bromés<sup>8</sup>...). Utilisés en tant que plastifiants dans une large gamme de composés en PVC rencontrés dans les bâtiments, les esters de l'acide phtalique, plus communément appelés phtalates, peuvent contaminer l'air intérieur des habitations. Certains sont des tératogènes connus et leur activité œstrogénique a été récemment documentée. Jusqu'à présent, l'ingestion a été largement considérée comme la voie prépondérante d'exposition, et l'exposition par voie respiratoire, notamment dans les milieux intérieurs, a été peu documentée [Otake, 2004]. Elle mériterait d'être plus approfondie, les phtalates étant utilisés dans de nombreux produits domestiques, non seulement comme plastifiants mais aussi comme agents adhésifs ou retardateurs de flamme.

---

<sup>7</sup> La veille RSEIN est menée depuis avril 2001.

<sup>8</sup> Sur le sujet des retardateurs de flamme bromés, le lecteur est invité à consulter également le mémoire d'élèves ingénieurs du génie sanitaire de l'École nationale de la santé publique réalisé en 2005 sur le sujet [Delahaye, 2005].

Les polychlorobiphényles, ou PCB, sont des composés organiques persistants dont les propriétés toxiques sont aujourd'hui bien documentées. Principalement utilisés dans les années 1970 dans des matériaux « fermés » (transformateurs électriques, condensateurs...), les PCB ont également été employés dans divers systèmes « ouverts »<sup>9</sup>, notamment dans la construction des bâtiments où ils étaient intégrés dans les matériaux d'étanchéité, de calfeutrage ou de colmatage. Si la production de PCB est interdite aux États-Unis depuis 1977, des PCB sont détectés dans des calfeutrages de bâtiments américains [Herrick, 2004]. Globalement, très peu d'études se sont penchées sur la présence actuelle des PCB dans les immeubles et sur l'exposition potentielle de leurs occupants.

S'agissant des effets sanitaires, on peut d'une part évoquer les travaux d'une équipe suédoise [Bornehag, 2004]. Leur étude épidémiologique, de type cas-témoins, a permis d'investiguer les associations potentielles entre la présence de phtalates dans les poussières de l'habitat et divers symptômes allergiques persistants chez les enfants. En 2001-2002, 198 enfants présentant des symptômes allergiques (asthme, eczéma, rhinites) et 202 témoins, tous âgés de 3 à 8 ans, ont participé à cette étude au cours de laquelle des poussières ont été collectées dans les chambres des enfants à l'aide d'un aspirateur et recueillies sur filtre. Les mesures micro-environnementales montrent que le composé présentant les concentrations dans les poussières les plus élevées est le DEHP (di-(2-éthylhexyl) phtalate ; médiane = 0,770 mg/g de poussière). De cette étude, il ressort qu'aux teneurs habituellement rencontrées dans les poussières domestiques **certains phtalates sont associés à divers symptômes allergiques persistants chez les enfants** : pas d'association pour le DnBP (di-n-butyl phtalate), rhinites et eczéma pour le BBzP (butylbenzyl phtalate), asthme pour le DEHP.

D'autre part, en 2005, deux méta-analyses d'études cas-témoins sur **l'exposition résidentielle au radon et le risque de cancer du poumon** ont été publiées [Darby, 2005 ; Krewsky, 2005]. Individuellement, aucune des nombreuses études en population générale n'était d'ampleur suffisante pour produire des excès de risques significatifs. L'ensemble des données a été ré-analysé, ce qui conduit, après ajustement sur le tabagisme, à renforcer les preuves d'une association entre radon résidentiel et cancer du poumon : la relation dose-réponse semble être linéaire et sans seuil de dose, l'augmentation de risque de cancer du poumon étant de 16 % par 100 Bq/m<sup>3</sup>. En Europe, le radon serait alors responsable de 9 % des morts par cancer du poumon.

Dans le domaine des techniques de remédiation de la pollution de l'air intérieur, **la photocatalyse** prend une importance croissante. En effet, parmi toutes les techniques qui peuvent être envisagées pour éliminer les polluants gazeux présents dans l'air extérieur ou intérieur, la photocatalyse (ou oxydation photocatalytique) constitue indéniablement la piste la plus prometteuse pour les années à venir. Elle consiste à décomposer les composés organiques volatils en vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) et dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à la surface d'un matériau semi-conducteur (du dioxyde de titane TiO<sub>2</sub> le plus souvent), irradié par un rayonnement ultra-violet.

---

<sup>9</sup> Les PCB peuvent s'en échapper progressivement et être retrouvés dans leur environnement de proximité.

Simple sur le principe, le processus d'oxydation photocatalytique met toutefois en jeu une succession de phénomènes physico-chimiques complexes, souvent à l'origine de la formation de polluants secondaires (formaldéhyde par ex.), ce qui rend difficile l'évaluation des performances et des bénéfices de la technique dans des conditions représentatives des ambiances intérieures (concentrations en polluants faibles et variables dans le temps, humidité fluctuante...) [Ao, 2004].

### 3.2 CONGRES INTERNATIONAL INDOOR AIR

La conférence *Indoor Air* fait partie, avec *Healthy Buildings*, des conférences internationales majeures relatives à la qualité de l'air intérieur. Lors de la dixième édition de la manifestation, qui s'est tenue à Pékin du 4 au 9 septembre dernier, plus de 900 communications orales et écrites ont été présentées (pour moitié par la communauté scientifique asiatique, notamment chinoise).

Un très grand nombre des études présentées n'avait pas de caractère réellement novateur dans le sens où elles étaient consacrées à la mesure, généralement dans un nombre limité de logements, des COV et aldéhydes/cétones dans l'air intérieur, sans qu'il y ait d'exploitation ultérieure en terme de caractérisation des expositions humaines en découlant, d'évaluation des risques sanitaires pour les populations et d'identification des priorités de gestion (seuls quelques rares travaux sur chacun de ces thèmes). Des thématiques potentiellement d'intérêt, comme celles des pesticides, des particules ultra-fines ou de la contribution des produits de consommation courante à la dégradation de la QAI n'ont été que très ponctuellement traitées. Le sujet des réactions chimiques de l'air intérieur a fait l'objet d'intéressantes présentations et même d'un forum, mais toujours dans le champ « ozone et terpènes ».

S'agissant plus particulièrement du formaldéhyde, un grand nombre de travaux y a été consacré tant en termes de métrologie, de niveaux mesurés, que de toxicologie expérimentale et d'évaluation de risques sanitaires. Cependant, l'intérêt porté à cette substance apparaît très variable selon les pays (ce qui est par ailleurs également observé pour d'autres substances).

Concernant les lieux de vie étudiés, on a pu noter des présentations en nombre significatif sur la qualité de l'air intérieur dans les transports (habitacles automobiles -un forum a en outre été organisé sur le sujet- et cabines d'avions).

En terme d'effets sanitaires, le syndrome des bâtiments malsains a fait l'objet de plusieurs sessions parallèles, laissant peu de place aux autres types d'effets (un forum consacré aux allergies et à la part attribuable aux expositions en intérieur est toutefois à mentionner). On constate que, sur le sujet des impacts sur la santé et le confort, la très grande majorité des études aborde la problématique par l'étude de la perception de la qualité de l'air et des pertes de productivité (nombre de jours d'absentéisme au travail, coûts des frais médicaux...) et de performance (saisie informatique ralentie par ex.). Les travaux portant sur la qualité de l'air intérieur dans les écoles par exemple, rapportent assez peu de données descriptives des niveaux de concentrations intérieures, mais quasi exclusivement les corrélations mises en évidence entre des taux de CO<sub>2</sub> ou des températures élevés et la diminution des capacités scolaires évaluées au travers d'exercices de logique, de lecture et de calculs ou bien du suivi des notes, ou même de l'observation des comportements des élèves par les professeurs.

Quelques travaux plus originaux peuvent être cités comme l'évaluation des concentrations en composés organiques semi-volatils dans l'air ambiant d'une pièce à partir des mesures de ces mêmes composés dans les poussières, l'étude de la conduite et la comparaison des conclusions des expertises de qualité de l'air intérieur, la construction d'indicateurs de la QAI, l'étude du rôle des facteurs socio-économiques dans le syndrome des bâtiments malsains. Sur ce dernier sujet des aspects sociétaux, on peut signaler la tenue d'un forum spécifique dédié à l'éducation et la communication à mettre en place sur la thématique de la QAI.

S'agissant des aspects ventilation et traitement de l'air, il y a eu peu de communications sur les filtres de ventilation. On peut toutefois rapporter 2 études sur l'absorption de l'ozone par des filtres (neufs et usagés) de ventilation générale, ayant montré pour la première, que des filtres usagés ayant accumulé de la poussière peuvent arrêter (par réactions chimiques) 10 à 14 % de l'ozone présent en amont et pour la seconde, l'influence du type de poussière déposée sur le filtre sur la capacité de rétention de l'ozone, et les réactions chimiques induites favorisant la formation de produits, en faible quantité, comme le formaldéhyde. L'efficacité (mesurée *in situ*) des filtres vis-à-vis des microorganismes est la même que celle mesurée vis-à-vis de particules inertes de même diamètre.

Sur le thème des épurateurs d'air, deux forums y ont été plus particulièrement consacrés. Le premier a traité principalement des techniques filtrantes utilisables (en particulier l'utilisation grandissante de la photocatalyse). Le deuxième forum, ainsi qu'une grande partie des présentations orales et des posters, étaient consacrés aux essais des épurateurs d'air et à la détermination de leurs performances et des risques de génération d'ozone (épurateurs électrostatiques, UV, ozoneurs, ioniseurs). Ainsi a-t-il été beaucoup question au cours des discussions de la méthode dite du « CADR » (*Clean Air Delivery Rate* : débit d'air épuré), décrite dans la norme américaine ANSI/AHAM AC-1-2002, avec laquelle on mesure l'aptitude de l'épurateur en essais à épurer une chambre expérimentale préalablement polluée. Aux États-Unis, une association de constructeurs d'épurateurs d'air (AHAM : *Association of Home Appliance Manufacturers*) a développé un programme de certification volontaire des appareils. Ce sujet a été discuté au cours du deuxième forum où il a été question de l'information des consommateurs sur les techniques filtrantes utilisées et sur les performances réelles des épurateurs.

La photocatalyse, peu abordée lors de la précédente conférence *Indoor Air* en 2002, a été très largement évoquée. Il s'agit d'une évolution importante par rapport à l'édition précédente. La plupart des présentations était en lien avec l'élimination de polluants organiques de l'air, peu d'entre elles traitaient de l'élimination des polluants biologiques. Les travaux présentés n'évoquent malheureusement pas tous le problème des intermédiaires de réaction, limite essentielle de la photocatalyse. L'une des études les plus intéressantes est sans doute celle qui a montré les problèmes de l'utilisation de la photocatalyse pour l'épuration de l'air de cabines d'avions, car l'élimination de polluants comme le toluène et l'éthanol a eu pour effet négatif de produire du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde.

Enfin, de nombreuses présentations, dont une en session plénière, ont traité de la problématique spécifique et non moins importante de la QAI dans les pays en voie de développement (forte pollution des habitats en raison de la présence de poêle à bois à l'évacuation des fumées mal conçue, voire inexistante).

### 3.3 TRAVAUX DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a une approche très globale de la notion d'environnement intérieur, qui inclut, outre la qualité de l'air, d'autres éléments que sont, par exemple, le bruit, les accidents domestiques, la perception de l'habitat... Le document paru en février 2005 [OMS, 2005] fait la synthèse de tous ces **déterminants de la santé liés au logement au sens large**, et liste, pour chacun d'eux, les moyens d'action et les bénéfices sanitaires attendus. Il apparaît que l'amélioration des conditions de logement a un effet évident sur la santé mentale. S'agissant de la santé physique, le bénéfice sanitaire est réel pour les populations sensibles que sont les enfants et les personnes âgées. Pour les autres groupes de population, les connaissances sont insuffisantes pour quantifier les gains sanitaires et identifier les pistes d'actions les plus efficaces. Les priorités d'action varient aussi notablement en fonction de paramètres locaux comme le climat, le niveau socio-économique, ce qui rend difficile toute hiérarchisation des déterminants de la santé associés au logement et toute généralisation, à l'échelle européenne, des actions privilégiées à conduire.

### 3.4 TRAVAUX DE LA COMMISSION EUROPEENNE

Depuis plusieurs années, les travaux menés par des groupes d'experts au sein de projets financés par la Commission européenne sont particulièrement nombreux et riches dans le domaine de la qualité de l'air intérieur. Les résumés des travaux des projets ayant abouti en 2005 sont présentés ci-après.

#### 3.4.1 VALEURS GUIDES POUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR : PROJET INDEX

Le projet INDEX (*Indoor Exposure*) était piloté par le JRC, centre commun de recherche de l'Union européenne, et visait à élaborer des valeurs limites pour les polluants dont la présence est avérée dans les environnements clos et qui présentent des effets sanitaires connus. Le CSTB représentait la France dans ce projet, dont les résultats des travaux sont parus début 2005 [INDEX, 2005].

Après une première phase de hiérarchisation des polluants de l'air intérieur à partir des données de la littérature scientifique, 12 substances chimiques ont été retenues et classées en 3 catégories :

- substances hautement prioritaires : formaldéhyde, monoxyde de carbone, benzène, dioxyde d'azote et naphthalène ;
- substances moins prioritaires : acétaldéhyde, toluène, xylènes et styrène ;
- substances nécessitant l'approfondissement des recherches en terme de relation dose-réponse et d'exposition : ammoniac, limonène et  $\alpha$ -pinène.

La quantification des risques sanitaires liés à l'inhalation de ces 12 substances a été conduite selon la démarche en 4 étapes : recherche des dangers, identification des relations dose-réponse, caractérisation des expositions et quantification des risques sanitaires. La phase de détermination des expositions des populations (à l'extérieur et en intérieur) a été exclusivement basée sur des données européennes récentes, toutes compilées dans le rapport final. A l'issue de cette évaluation des risques, **des recommandations en terme de valeurs guides d'exposition ont été proposées par le groupe.**



### 3.4.2 ÉMISSIONS DES MATERIAUX ET DES PRODUITS : PROJET COSI

Les objectifs du projet COSI étaient 1) de compiler des données d'émission des matériaux et produits pour avoir un premier aperçu global des informations disponibles, 2) d'obtenir des données de base pour alimenter les modèles développés par la Commission européenne et 3) d'identifier les manques et donc les besoins de recherche. L'étude s'est focalisée sur le **formaldéhyde, le monoxyde de carbone, le benzène, le dioxyde d'azote et l'acétaldéhyde**, polluants jugés prioritaires par le projet INDEX. Les facteurs d'émission (FE) de ces substances par les **matériaux, les appareils de combustion, les appareils électroniques (photocopieurs et imprimantes) et d'autres sources comme les textiles** ont été recherchés dans la littérature scientifique internationale [COSI, 2005]. D'après les auteurs, les FE collectés permettent de fournir un ordre de grandeur satisfaisant pour apprécier la capacité d'émission. En revanche, la caractérisation des expositions humaines par des modèles prédictifs alimentés par ces FE nécessite au préalable l'acquisition de données complémentaires plus précises. Les auteurs notent également l'existence de sources fortement émettrices, mais peu présentes dans les habitats européens, tandis que des sources moins émettrices sont très largement utilisées. **L'inventaire européen de ces sources mérite d'être complété.**

### 3.4.3 DETERMINATION DES EXPOSITIONS HUMAINES INTEGRES : PROJET HEXPOC

Le projet HEXPOC est né du constat de la faiblesse du nombre d'études européennes s'intéressant aux expositions globales (multi-sources, multi-voies) à l'instar des vastes études américaines telles que l'étude NHEXAS (*National Human Exposure Assessment Survey*). Les auteurs ont donc conduit, pour plusieurs substances, une **évaluation des expositions globales par inhalation, contact cutané et ingestion** [HEXPOC, 2005]. Comme pour le projet COSI, l'étude HEXPOC s'est focalisée sur le **formaldéhyde, le monoxyde de carbone (CO), le benzène, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et l'acétaldéhyde**. Pour le benzène, le CO et le NO<sub>2</sub>, la principale voie d'exposition est l'inhalation. Pour l'acétaldéhyde, il s'agit de l'ingestion (aliments et boissons). Enfin, élément plus surprenant, pour le formaldéhyde, la principale voie d'exposition est soit le tabagisme, soit l'ingestion (aliments et boissons), l'inhalation étant importante mais secondaire. Les auteurs ont souligné l'ancienneté des données disponibles pour la contamination des aliments.

### 3.4.4 EXPOSITION DES CITADINS ADULTES AU MONOXYDE DE CARBONE

De Bruin *et al.* ont traité les données spécifiques au monoxyde de carbone (CO) à Milan extraites du corpus de résultats de **l'étude multicentrique EXPOLIS** conduite dans 6 villes européennes en 1997 et 1998. Le rapport du groupe d'experts compile ainsi l'ensemble des concentrations en CO dans les différents micro-environnements milanais et les sources associées (gazinières, tabagisme, trafic automobile...) [De Bruin, 2005]. Les expositions journalières issues des mesures sont quantifiées et comparées à ces mêmes expositions prédites par un modèle. Cette comparaison met en exergue une concordance plutôt bonne des deux séries de valeurs et une sur-estimation du modèle uniquement pour les concentrations supérieures au 80<sup>ème</sup> percentile.

### 3.5 TRAVAUX AMERICAINS

La problématique est largement couverte aux États-Unis et il apparaît difficile de rapporter toutes les actions menées à travers le pays en 2005. Seuls quelques travaux et publications marquants sont rapportés ici pour l'intérêt qu'ils présentent.

**L'Agence américaine de la protection de l'environnement (US-EPA)** a publié en 2005 un rapport relatif à sa **stratégie de recherche dans le domaine de l'environnement intérieur** [US-EPA, 2005]. Les principaux éléments en terme de perspectives de recherche peuvent succinctement être résumés comme suit :

- pollution chimique : améliorer la connaissance des niveaux moyens de concentrations (banque de données), des niveaux élevés et des situations qui y conduisent, des dispositifs de prélèvement individuels ou dédiés spécifiquement aux environnements intérieurs, les expositions aux mélanges et les effets sanitaires corrélés ;
- biocontamination : améliorer la connaissance des effets sanitaires liés 1) aux moisissures (recherche de biomarqueurs), aux mycotoxines et aux allergènes de rats, souris et lapins, 2) aux expositions les premières années de la vie ; identifier des seuils de sensibilisation ;
- particules : améliorer la connaissance de la contribution des sources (extérieures et intérieures), de la composition chimique et de la granulométrie des poussières intérieures, des effets sanitaires associés ;
- QAI et productivité : identifier les déterminants de l'environnement intérieur susceptibles d'affecter la productivité ; développer des méthodes de construction d'indices de QAI ;
- santé publique : quantifier l'impact sanitaire des pathologies corrélées à une dégradation de la QAI ;
- bâtiments : développer les bonnes pratiques de design et construction de bâtiments sains ; améliorer les techniques limitant la pénétration du radon et des autres contaminants volatils du sol ;
- ventilation : améliorer la connaissance des systèmes de ventilation et de leurs performances ; caractériser la relation entre la ventilation et les pathologies des environnements clos ;
- matériaux : comparer et évaluer les différentes méthodes de caractérisation des émissions ; proposer un protocole de choix des matériaux de construction ;
- technologies : améliorer les dispositifs de contrôle des sources et de traitement d'air.

**Les épurateurs d'air** font l'objet de questionnements quant à leur réel bénéfice sanitaire, comme déjà évoqué précédemment. Peu de publications sont par ailleurs disponibles. L'**Agence californienne de l'environnement** (Cal-EPA) a mis à jour en février 2005 une note à destination du grand public relative aux appareils de traitement de l'air [Cal-EPA, 2005]. Il est vrai qu'outre-Atlantique ce type de dispositifs fait l'objet d'intenses campagnes publicitaires propices à une réelle confusion sur la pertinence du recours à de tels systèmes. La note de Cal-EPA fournit des éléments sur le dimensionnement de l'appareil à prévoir en fonction des besoins. Les générateurs d'ozone, les hottes aspirantes de cuisine, les épurateurs de table et les plantes d'intérieur sont clairement présentés comme étant inefficaces pour éliminer les polluants présents dans le logement.

### 3.6 TRAVAUX CANADIENS

Seuls quelques travaux canadiens sont rapportés pour l'intérêt qu'ils présentent.

La **qualité de l'air intérieur dans les patinoires** fait l'objet de nombreuses études canadiennes ces dernières années. Un rapport publié en février 2005, présente le bilan des mesures de monoxyde de carbone et de dioxyde d'azote dans 58 patinoires pour la saison 2003-2004 [St-Amand, 2005].

**Un guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements de santé et les bâtiments sociaux** a été publié en avril 2005 [IRSST, 2005]. Ce guide, fruit du travail d'un groupe de partenaires des services de santé du Québec, se veut être un outil de référence et de gestion afin de permettre une prise en charge efficace de la qualité de l'air intérieur à toutes les étapes du cycle de vie d'un bâtiment et de ses systèmes. Il est destiné aux gestionnaires et au personnel de ces établissements.

Comme déjà évoqué précédemment, **Santé Canada** s'est doté très tôt, dès 1987, de **valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur**. Celles proposées pour le **formaldéhyde** en 1987 ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ont fait l'objet d'une révision en 2005 à la lumière des études toxicologiques et épidémiologiques récentes. Ces dernières ont systématiquement montré des effets allergiques et respiratoires associés à l'exposition prolongée au formaldéhyde à des concentrations inférieures à  $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Une étude spécifiquement consacrée aux enfants permet de proposer des gammes de concentrations corrélées ou non à des effets sanitaires : de 10 à  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (pas d'effet observé), de 30 à  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (pas d'effet observé), de 50 à  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (augmentation non significative du risque d'asthme) et au-delà de  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (risque significativement accru de l'asthme).

Sur cette base, Santé Canada propose les valeurs guides suivantes :

- pour l'exposition à court terme (1 heure) :  $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ;
- pour l'exposition à long terme (moyenne sur 8 heures) :  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Enfin, s'agissant des effets cancérogènes, les études confirment le potentiel cancérogène du formaldéhyde inhalé. Cependant, aux concentrations suffisamment faibles pour ne provoquer ni irritations, ni réponse inflammatoire, ce risque de cancer apparaît négligeable [Santé Canada, 2005].

**L'introduction des émissions polluantes d'une cheminée par les prises d'air neuf d'un bâtiment** est un danger réel dont il convient de tenir compte à l'occasion d'audits de la qualité de l'air intérieur ou lors de la conception des

immeubles. Le risque est particulièrement élevé en milieu urbain compte tenu de la densité du bâti. Une équipe mixte de **l'Institut québécois de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)** et de **l'Université de Concordia** à Montréal a confronté des mesures de terrain aux résultats donnés par les tests en soufflerie et par les modèles numériques développés par l'ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*). Ces travaux, publiés en juillet 2005 [Stathopoulos, 2005], fournissent de nouvelles données sur l'influence de divers paramètres sur la dispersion des panaches de fumée des cheminées. Ils précisent le degré de fiabilité des tests en soufflerie et posent également les limites des modèles de l'ASHRAE. Enfin, s'agissant directement de la gestion de l'impact possible sur la qualité de l'air intérieur, les auteurs fournissent des recommandations relatives au positionnement et à la hauteur des cheminées.

## **4. CONCLUSION**

En 2005 à nouveau, le constat que l'on peut dresser est identique à celui des deux précédentes années, à savoir que les avancées des connaissances dans le domaine de la qualité de l'air intérieur ont été significatives. S'agissant de la France plus précisément, les travaux sont nombreux et surtout prometteurs pour 2006 qui devrait voir publier les résultats de la campagne nationale « Logements » de l'OQAI et aboutir des expertises importantes conduites par l'AFSSET comme l'élaboration des valeurs guides dédiées à l'air intérieur. Le grand public est de plus en plus sensibilisé et demandeur. Les actions de communication et de sensibilisation (y compris à destination des acteurs de santé et des professionnels du bâtiment et de la construction) sont à promouvoir en parallèle pour que l'acquisition de connaissances scientifiques puisse être traduite en termes de recommandations au travers d'un message clair, cohérent (au regard des autres problématiques environnementales) et fondé, donc crédible.

## **5. ACRONYMES**

**AASQA** : Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

**AFSSET** : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (ex-AFSSE)

**ASPA** : Association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace

**CSHPF** : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

**CETIAT** : Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques

**COV** : Composés Organiques Volatils

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**INPES** : Institut National pour la Promotion de l'Éducation à la Santé

**InVS** : Institut de Veille Sanitaire

**ISAAC** : *International Study of Asthma and Allergies in Childhood*

**LHVP** : Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

**LEPTAB** : Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**OQAI** : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

**ORS** : Observatoire Régional de Santé

**PNSE** : Plan National Santé Environnement

**QAI** : Qualité de l'Air Intérieur

**RSEIN** : Recherche Santé Environnement Intérieur

## **6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**Afshari A., Matson U. and Ekberg L.E. (2005)** Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full-scale chamber, *Indoor air*, 15(2): 141-150

**ALR (2005)** Air intérieur, École maternelle de Codognan (30), Air Languedoc-Roussillon. <http://www.air-lr.asso.fr/publications/fichiers/238.pdf>

**Anderson R.C. and Anderson J.H. (1998)** Toxic effect of air freshener emissions, *Archives of Environmental Health*, 52(6): 433-441

**Ao C.H., Lee S.C., Yu J.Z., Xu J.H. (2004)** Photodegradation of formaldehyde by photocatalyst TiO<sub>2</sub>: effects on the presence of NO, SO<sub>2</sub> and VOCs, *Applied Catalysis B: Environmental*, 54: 41-50

**ASPA (2005)** Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesurés, ASPA référence 05061301. <http://www.atmo-alsace.net/>

**Bornehag C.G., Sundell J. et al. (2004)** The association between asthma and allergic symptoms in children and phthalates in house dust: A nested case-control study, *Environmental Health Perspectives*, 112(14): 1393-1397

**Bulteau G. (2004)** Définition d'une méthodologie d'évaluation des procédés d'élimination des composés organiques volatils de l'air intérieur, Thèse de doctorat, Université de Nantes

**Cal-EPA (2005)** Air cleaning devices for the home, California environmental Protection Agency, Air Resources Board, updated February 2005, 8 p. <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/acdsumm.pdf>

**Coftier A., Galland C. et Saint-Ouen M. (2005)** Évaluation des Risques Sanitaires liés à l'utilisation des désodorisants d'intérieur en France, École nationale de la santé publique, promotion IGS 2004/2005, 58 p.

**COMEAP (2004)** Guidance on the Effects on Health of Indoor Air Pollutants, Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, Department of Health, 55 p. <http://www.advisorybodies.doh.gov.uk/>

**COSI (2005)** Characterization Of Indoor Sources (COSI), Emissions of chemical substances from materials and products, de Bruin Y.B. et al., EUR 21500 EN. 90 p. [http://www.jrc.cec.eu.int/pce/pdf/report\\_COSI\\_Dec\\_2004.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/pdf/report_COSI_Dec_2004.pdf)

**CSHPF (2005)** Repérer et traiter les intoxications oxycarbonées, Conseil supérieur d'hygiène publique de France, Groupe des experts chargé d'élaborer les référentiels de la prise en charge des intoxications oxycarbonées, 71 p.

**Cyrys J., Pitz M., Bischof W. et al. (2004)** Relationship between indoor and outdoor levels of fine particles mass, particle number concentrations and black smoke under different ventilation conditions, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(4): 275-28

**Darby S., Hill D., Auvinen A. et al. (2005)** Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies, *British Medical Journal*, 330(7485): 223-226

**de Bruin Y.B. et al. (2005)** Exposure of an Urban Adult Population to Carbon Monoxide, Joint Research Centre, Institute for Health & Consumer Protection, European Commission, EUR 21502 EN. 112 p.

[http://www.jrc.cec.eu.int/pce/pdf/report\\_COexp\\_Dec\\_2004.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/pdf/report_COexp_Dec_2004.pdf)

**Delahaye E., Herrera M. et Oudot C. (2005)** Évaluation et gestion des risques liés à l'exposition aux substances ignifuges bromées, École nationale de la santé publique, promotion IGS 2004/2005, 60 p.

**ECA (1997)** Evaluation of VOC Emissions from Building Products, Solid Flooring Materials, ECA, Indoor Air Quality and its Impacts on Man, Report N°18, EUR 17334 EN

**Farrow A., Taylor H., Northstone K. et al. (2003)** Symptoms of mothers and infants related to volatile organic compounds in household products, *Archives Environmental Health*, 58: 633-641

**Hänninen O.O., Lebret E., Ilacqua V. et al. (2004)** Infiltration of ambient PM<sub>2.5</sub> and level of indoor generated non-ETS PM<sub>2.5</sub> in residence of four European cities, *Atmospheric Environment*, 38(37): 6411-6423

**Herrick R.F., McClean M.D., Meeker J.D. et al. (2004)** An unrecognized source of PCB contamination in schools and other buildings, *Environmental Health Perspectives*, 112(10): 1051-1053

**HEXPOC (2005)** HEXPOC, Human Exposure Characterization of chemical substances; quantification of exposure routes, de Bruin Y.B. et al., EUR 21501 EN. 126 p. [http://www.jrc.cec.eu.int/pce/pdf/report\\_HEXPOC\\_Dec\\_2004.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/pdf/report_HEXPOC_Dec_2004.pdf)

**Host S., Lefranc A. et al. (2005)** Qualité de l'air intérieur : état des connaissances, Observatoire régional de santé d'Ile-de-France, 108 p. [http://www.ors-idf.org/etudes/Pdf/4\\_pages2002/rapport\\_pollairint.pdf](http://www.ors-idf.org/etudes/Pdf/4_pages2002/rapport_pollairint.pdf)

**INDEX (2005)** Final Report, The INDEX Project, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU, Kotzias D et al., Joint Research Centre, Institute for Health & Consumer Protection, Physical & Chemical Exposure Limit, European Commission. 338 p. <http://www.jrc.cec.eu.int/pce/>

**InVS (2005)** Investigation d'une suspicion d'agrégat de cancers, École Bignon, Mortagne-au-Perche (61), Guillois-Bécel Y., Gagnière B., Institut de veille sanitaire [http://www.invs.sante.fr/publications/2005/suspicion\\_cancers\\_bignon/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2005/suspicion_cancers_bignon/index.html)

**IRSST (2005)** La qualité de l'air intérieur dans les établissements du réseau de la santé et des services sociaux, Québec, 148 p. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-410.pdf>

**Jédor B. (2005)** Qualité de l'air intérieur dans les écoles maternelles et primaires : spécificités de la problématique et implications en terme d'évaluation et de gestion des risques sanitaires, mémoire du Génie sanitaire, promotion 2004/2005, École nationale de la santé publique.

**Krewski D., Lubin J.H. et al. (2005)** Residential radon and risk of lung cancer - A combined analysis of 7 north American case-control studies, *Epidemiology* 16(2): 137-145

**Mandin C. (2004)** Exposition de la population française au bruit de fond du formaldéhyde et risques sanitaires associés. INERIS. <http://www.ineris.fr>

**Nazaroff W.W. and Weschler C.J. (2004)** Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants, Atmospheric Environment, 38: 2841-2865

**OMS (2005)** Is housing improvement a potential health improvement strategy ?, Health Evidence Network, Regional Office for Europe, World Health Organization, 27 p. <http://www.euro.who.int/document/E85725.pdf>

**ORAMIP (2005-a)** Évaluation des concentrations en aldéhydes et composés organiques volatils au sein de la crèche de Cugnaux. [http://www.oramip.org/html/pdf/143\\_stations.pdf](http://www.oramip.org/html/pdf/143_stations.pdf)

**ORAMIP (2005-b)** Qualité de l'air dans le métro toulousain. [http://www.oramip.org/html/pdf/141\\_stations.pdf](http://www.oramip.org/html/pdf/141_stations.pdf)

**Otake T., Yoshinga J., Yanagisawa Y. (2004)** Exposure to phthalates esters from indoor environment, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 14(7): 524-528

**Santé Canada (2005)** Proposition de valeurs guides pour le formaldéhyde dans l'air intérieur résidentiel, ISBN 0-662-74773-9, 37 p. <http://www.hc-sc.gc.ca/>

**St-Amand A., Lefebvre L., Asselin S. (2005)** Évaluation de la qualité de l'air dans les arénas de l'île de Montréal. Saison 2003-2004, ISBN 2-89494-439-X, 13 p. <http://www.santepub-mtl.qc.ca/Publication/pdfenvironnement/arenas2004.pdf>

**Sherriff A., Farrow A., Golding J. et al. (2005)** Frequent use of chemical household products is associated with persistent wheezing in pre-school age children, Thorax, 60: 45-49

**Stathopoulos T., Lazure L., Saathoff P. et Gupta A. (2005)** Influence de la hauteur et de l'emplacement des cheminées et des édicules sur la contamination des prises d'air neuf : étude en laboratoire et in situ, IRSST, R-391, 185 p. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PublRSST/R-391.pdf>

**US-EPA (2005)** Program Needs for Indoor Environments Research (PNIER), US Environmental Protection Agency, 402-B-05-001. 60 p. <http://www.epa.gov/iaq/pubs/pnier.pdf>

**Weegels M.F. and Van Veen M.P. (2001)** Variation of consumer contact with household products: A preliminary investigation, Risk Analysis, 21(3): 499-511

**Wolkoff P., Schneifer T., Kildeso J. et al. (1998)** Risk in cleaning: chemical and physical exposure, The Science of the Total Environment, 215: 135-156

## **7. LISTE DES ANNEXES**

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
Annexe 1	Présentation du réseau RSEIN	1



## ANNEXE 1 : Présentation du réseau RSEIN

Le réseau RSEIN (Recherche Santé Environnement INTérieur), mis en place en 2001 à l'initiative de l'INERIS et du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), rassemble les experts français ayant des activités de recherche dans le domaine de la qualité de l'environnement intérieur. A ce jour, il est constitué d'une trentaine d'acteurs français de cette thématique, dont un représentant des AASQA (ATMO Poitou Charentes). En relation étroite avec l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, le réseau RSEIN joue un rôle de veille et d'information scientifique et technique. Ces deux entités agissent en synergie et sont ainsi pleinement complémentaires.

Avec le soutien financier du Ministère de l'écologie et du développement durable et de la Direction générale de la santé, le réseau RSEIN assure une veille scientifique active sur le sujet. Cette veille a pour objectifs d'accroître la visibilité de la thématique en France, de favoriser la communication entre chercheurs, évaluateurs des risques sanitaires et gestionnaires et d'identifier tout problème émergent en terme de risques sanitaires liés à l'environnement intérieur.

Les objectifs précédemment cités passent par les réalisations suivantes :

- la publication d'un bulletin trimestriel de veille scientifique qui rassemble d'une part des synthèses et analyses critiques des travaux récents menés par la communauté scientifique internationale, et d'autre part, des informations relatives aux politiques publiques, à la réglementation et la normalisation, aux congrès, publications et sites Internet d'intérêt. La diffusion du bulletin se fait exclusivement par mailing électronique (pas d'édition papier) et le bulletin est téléchargeable sur les sites Internet du réseau RSEIN, de l'INERIS et de l'Observatoire de la QAI ;
- l'animation d'un site Internet (<http://rsein.ineris.fr>)<sup>10</sup> par la mise en ligne en plus du bulletin de veille, des listes d'articles scientifiques recueillis par la veille scientifique et d'informations diverses (actualités des congrès, des publications, des nouveaux liens web intéressants...);
- l'organisation de journées scientifiques. En 2003, une journée s'était tenue sur la pollution particulaire et l'air intérieur<sup>11</sup>. Le 4 juillet 2005, une journée sur le thème de la qualité de l'air intérieur dans les écoles a été organisée en partenariat avec l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, grâce à un financement de l'ADEME<sup>11</sup>. Les différents travaux présentés à cette occasion sont présentés au paragraphe 2.3.3.

**Depuis 2005, le réseau RSEIN réalise la rubrique « Environnement intérieur, qualité de l'air et santé » dans la revue *Pollution Atmosphérique*. Les synthèses thématiques publiées en 2005 traitent de la qualité de l'air intérieur dans les écoles (N°185), des émissions des produits de consommation courante et des matériaux (N°186) et du radon (N°187).**

---

<sup>10</sup> Un lien est permis à partir du site web du LCSQA vers le site du réseau RSEIN.

<sup>11</sup> Présentations téléchargeables sur le site web du réseau RSEIN.