



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



Missions permanentes

**Qualité de l'air intérieur : quoi de neuf en 2006 ?**

Décembre 2006

*Version finale*

Corinne Mandin





Ministère de l'Ecologie  
et du Développement Durable

## PREAMBULE

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

**Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air est constitué de laboratoires de l'Ecole des Mines de Douai, de l'INERIS et du LNE. Il mène depuis 1991 des études et des recherches finalisées à la demande du Ministère chargé de l'environnement, sous la coordination technique de l'ADEME et en concertation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par la Direction des Préventions des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France en apportant un appui scientifique et technique aux AASQA.**

**L'objectif principal du LCSQA est de participer à l'amélioration de la qualité des mesures effectuées dans l'air ambiant, depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au traitement des données issues des mesures. Cette action est menée dans le cadre des réglementations nationales et européennes mais aussi dans un cadre plus prospectif destiné à fournir aux AASQA de nouveaux outils permettant d'anticiper les évolutions futures.**



Ministère de l'Ecologie  
et du Développement Durable

## Qualité de l'air intérieur : quoi de neuf en 2006 ?

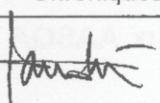
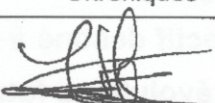
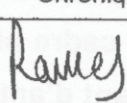
Laboratoire Central de Surveillance  
de la Qualité de l'Air

### Missions permanentes

Programme financé par la  
Direction des Préventions des Pollutions et des Risques (DPPR)

Décembre 2006

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

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Corinne MANDIN	Luc MOSQUERON	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur Unité Évaluation des risques sanitaires  Direction des Risques Chroniques	Ingénieur Unité Évaluation des risques sanitaires  Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS  Direction des Risques Chroniques
Visa			

## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>2. AVANCÉES RELATIVES À LA QUALITÉ DE L’AIR INTÉRIEUR (QAI) EN FRANCE EN 2006 .....</b>	<b>6</b>
2.1 Études et recherches.....	6
2.1.1 État de la pollution dans les logements français : publication des résultats de la campagne nationale « Logements » de l’Observatoire de la qualité de l’air intérieur .....	6
2.1.2 Qualité de l’air intérieur dans les logements : des données complémentaires dans la région Nord-Pas de Calais .....	8
2.1.3 Travaux des Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l’air (AASQA).....	8
2.1.4 Travaux de l’Institut de veille sanitaire (InVS) .....	9
2.1.5 Travaux de l’Agence française de sécurité sanitaire de l’environnement et du travail (AFSSET) .....	10
2.1.6 Thèses soutenues en 2006.....	10
2.1.6.1 Ozone et qualité de l’air intérieur : interactions avec les produits de construction et de décoration.....	10
2.1.6.2 Évaluation de l'exposition d'enfants franciliens aux biocides dans l'environnement intérieur, cas des organophosphorés .....	12
2.1.6.3 Impact des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur des patients sujets à l'asthme .....	13
2.1.6.4 Impact de la combustion résidentielle de bois sur la qualité de l’air intérieur.....	14
2.2 Actions des pouvoirs publics .....	14
2.2.1 Réglementation .....	14
2.2.2 Plan radon .....	15
2.2.3 Évaluation de la réglementation amiante .....	16
2.2.4 Avis du Conseil supérieur d’hygiène publique de France (CSHPPF).....	16
2.3 Normalisation .....	17

<b>3. TRAVAUX MENÉS EN 2006 À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE ET INTERNATIONALE .....</b>	<b>19</b>
3.1 Congrès international Healthy Buildings, Lisbonne, 4-8 juin 2006 .....	19
3.2 Travaux de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) .....	20
3.3 Travaux de la Commission européenne .....	21
3.4 Travaux américains .....	22
3.4.1 Qualité de l'air intérieur dans les écoles .....	22
3.4.2 Émissions des matériaux et des produits de consommation courante ....	22
3.4.3 Réactions chimiques dans l'air intérieur .....	23
3.4.4 Purificateurs d'air intérieur à l'ozone .....	24
3.5 Travaux canadiens .....	25
3.5.1 Établissement de valeurs guides de qualité d'air intérieur .....	25
3.5.2 Synthèses bibliographiques .....	25
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>27</b>
<b>5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>28</b>
<b>6. LISTE DES ANNEXES .....</b>	<b>29</b>

## LISTE DES ACRONYMES

- AASQA** : Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l’Air
- ADEME** : Agence De l’Environnement et de la Maîtrise de l’Énergie
- AFSSET** : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l’Environnement et du Travail
- CSHPF** : Conseil Supérieur d’Hygiène Publique de France
- CSTB** : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
- CO** : monoxyde de carbone
- COV** : Composés Organiques Volatils
- HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- InVS** : Institut de Veille Sanitaire
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- OQAI** : Observatoire de la Qualité de l’Air Intérieur
- PM<sub>10/2,5/1</sub>** : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10/2,5/1 µm
- PNSE** : Plan National Santé Environnement
- QAI** : Qualité de l’Air Intérieur
- RSEIN** : Recherche Santé Environnement Intérieur

## **1. INTRODUCTION**

L'année 2006 a constitué un tournant pour la thématique de l'air intérieur en France. En effet, le premier état des lieux de la qualité de l'air des logements français a été rendu public par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) en novembre 2006. Première référence disponible sur la pollution dans le parc de logements de France métropolitaine, cette campagne nationale documente les concentrations intérieures d'une trentaine de polluants chimiques, physiques et microbiologiques. Les résultats confirment qu'il existe une pollution spécifique à l'intérieur des logements due, d'une part, à la présence de certains polluants non détectés à l'extérieur, et d'autre part, au fait que les concentrations intérieures de certaines substances sont parfois largement supérieures à celles mesurées en extérieur.

Parallèlement, d'autres études ont été conduites en France, dans les logements ou dans d'autres lieux de vie. **Le présent rapport vise à faire la synthèse des travaux français menés ou publiés en 2006 et à rapporter les principaux enseignements des études réalisées dans les autres pays.** Il s'appuie principalement sur la veille scientifique mise en place en 2001 par le réseau RSEIN, Recherche Santé Environnement Intérieur, animé et coordonné par l'INERIS. Ce réseau pluridisciplinaire, qui bénéficie des soutiens du Ministère de l'écologie et du développement durable, de la Direction générale de la santé et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), a vocation à assurer la veille scientifique dans le domaine de l'environnement intérieur. À cette fin, il compile 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. Ce rapport propose la synthèse de l'ensemble des articles et documents collectés et analysés en 2006 par le réseau RSEIN<sup>1</sup>.

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

---

<sup>1</sup> Ce travail de veille est aussi publié chaque trimestre dans le bulletin *Info Santé Environnement Intérieur*, téléchargeable librement sur le site Internet du réseau RSEIN : <http://rsein.ineris.fr>

## **2. AVANCEES RELATIVES A LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR (QAI) EN FRANCE EN 2006**

### **2.1 ÉTUDES ET RECHERCHES**

#### **2.1.1 ÉTAT DE LA POLLUTION DANS LES LOGEMENTS FRANÇAIS : PUBLICATION DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE NATIONALE « LOGEMENTS » DE L'OBSERVATOIRE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR**

Mis en place officiellement en juillet 2001 par les ministères en charge de la construction, de la santé et de l'écologie, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et l'Agence nationale de l'habitat (ANAH), l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a présenté en novembre 2006 les résultats de la première campagne nationale sur la qualité de l'air dans les logements en France [OQAI, 2006-a]. Un total de **567 logements tirés au sort** (soit 1 612 individus enquêtés), représentatifs de la situation des 24 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale, a été investigué pendant la période 2003-2005.

**Une trentaine de polluants chimiques, physiques et microbiologiques**, sélectionnés après un travail de hiérarchisation sanitaire des substances et agents (dangerosité, notamment potentiel cancérigène, et fréquence de détection dans les environnements intérieurs), ont fait l'objet de mesures dans différentes pièces du logement, y compris le garage attenant, pendant une durée d'une semaine (mesures automatiques en continu, prélèvements actifs ou passifs) : monoxyde de carbone, composés organiques volatils, particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), radon, allergènes de chien, de chat, d'acariens, rayonnement gamma, dioxyde de carbone, température et humidité relative. Parallèlement, des paramètres propres au bâti (date de construction, nature des matériaux et des revêtements, environnement extérieur...) et aux occupants (temps de présence dans le logement, activités, habitudes de ventilation, santé respiratoire...) ont été collectés et vont être exploités à compter de 2007 pour les nombreuses études découlant de cet état des lieux de la pollution intérieure.

**Les concentrations mesurées dans les logements français sont fournies en Annexe 1.** Elles sont représentatives de la QAI dans l'ensemble des résidences de France métropolitaine continentale puisqu'un redressement de l'échantillon a été réalisé. Ce redressement a consisté à rétablir, sur l'échantillon des 567 logements investigués, les distributions de variables connues sur la totalité des résidences principales par un jeu de pondération (en nombre de résidences principales). Pour ce faire, sept variables ont été prises en compte : type de logement, période de construction, statut d'occupation du logement, région d'échantillonnage des communes, tranche de taille d'unité urbaine, zone climatique d'hiver et zone de confort d'été.



Si l'exploitation des résultats est toujours en cours, **de premiers constats** peuvent cependant être dressés. Tout d'abord, la majorité des polluants sont observés dans l'ensemble des logements du parc, reflétant la présence des multiples sources de pollution (matériaux, revêtements, équipements, mobilier, produits d'usage courant, activités humaines, environnement extérieur...). La répartition de la pollution n'est cependant pas homogène. Selon le polluant, de 5 à 30 % des logements montrent des valeurs nettement plus élevées que les concentrations trouvées en moyenne dans le parc. Près d'un logement sur dix présente même des concentrations très élevées pour plusieurs composés organiques volatils simultanément. À l'inverse, 45 % des logements ont des niveaux de concentrations très faibles pour l'ensemble de ces composés. Les allergènes sont également diversement répartis dans le parc, avec une prédominance toutefois des allergènes d'acariens. Par ailleurs, l'air des garages attenants aux logements et communicant avec ceux-ci apparaît nettement plus pollué que celui des logements.

Les **utilisations futures de ces résultats** sont très nombreuses. En premier lieu, ils vont servir aux Pouvoirs publics pour la mise en place de recommandations et /ou de réglementations pour l'amélioration de la qualité de l'air dans les logements. Ils seront notamment utiles pour la mise en perspective des futures valeurs guides de QAI en cours de construction sous l'égide de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) et du CSTB. Par ailleurs, l'analyse des corrélations entre les paramètres du bâti, son environnement, les habitudes de vie des occupants et les concentrations intérieures mesurées devrait permettre d'identifier les déterminants des concentrations de chacune des substances recherchées, permettant *in fine* le raffinement des actions de gestion pour l'amélioration de la QAI. Ces résultats vont également contribuer à améliorer l'évaluation des expositions humaines aux substances chimiques et des risques sanitaires associés ; ils sont déjà utilisés pour ce qui concerne le formaldéhyde dans le cadre d'une saisine de l'AFSSET. De façon plus ponctuelle, ces résultats doivent servir de référence pour situer les concentrations mesurées dans des environnements intérieurs à la suite de plaintes dans lesquelles la qualité de l'air intérieur est mise en cause.

À noter par ailleurs que l'OQAI a également publié en novembre 2006 un rapport faisant l'inventaire des données disponibles sur **la qualité de l'air intérieur dans les lieux de vie fréquentés par les enfants**. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du programme d'actions relatif à la pollution de l'air dans les locaux collectifs fréquentés par les enfants, débuté en 2006. En complément du recensement des niveaux de concentrations intérieures dans les lieux de garde, de vie scolaire, de séjour et de loisirs, les éléments disponibles sur les typologies constructives de ces lieux de vie et les budgets espaces-temps-activités des enfants âgés de 0 à 18 ans ont été collectés. Ce travail a permis de définir et hiérarchiser les actions à poursuivre en 2006-2007 pour l'étude de ces lieux de vie [OQAI, 2006-b].

### 2.1.2 QUALITE DE L'AIR INTERIEUR DANS LES LOGEMENTS : DES DONNEES COMPLEMENTAIRES DANS LA REGION NORD-PAS DE CALAIS

HABIT'AIR Nord-Pas de Calais est un programme d'étude réalisé à l'initiative du Conseil régional du Nord-Pas de Calais, de la délégation régionale de l'ADEME et du Comité départemental pour l'habitat rural du Pas-de-Calais (CDHR62), visant à caractériser la qualité de l'air intérieur de différents logements de la région. La phase 1 du programme (mars 2003 – mars 2006) a consisté en la caractérisation de la QAI dans **60 logements répartis en trois catégories** :

- logements potentiellement à problème : insalubrité, risque monoxyde de carbone... ;
- logements sans problème spécifié : habitat collectif et maisons individuelles ;
- constructions Haute Qualité Environnementale®.

Les protocoles de prélèvement et d'analyse utilisés sont similaires à ceux mis en œuvre par l'OQAI lors de sa campagne nationale « Logements ». S'agissant des composés recherchés, outre ceux mesurés dans les logements par l'OQAI, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les pesticides, les levures et les fibres minérales artificielles ont été mesurés.

L'état de la pollution dans ces logements, sans distinction de leur catégorie, a été publié en septembre 2006 [HABITAIR NPC, 2006]. De l'analyse réalisée, il ne ressort pas de spécificité régionale au regard des données nationales de l'OQAI.

### 2.1.3 TRAVAUX DES ASSOCIATIONS AGREEES POUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR (AASQA)

Les travaux relatifs à la QAI menés et/ou publiés par les AASQA en 2006 concernent, comme au cours des années précédentes, des **environnements clos très variés**.

ATMO Nord - Pas de Calais a réalisé entre le 15 novembre 2005 et le 15 janvier 2006 des mesures de la **qualité de l'air dans les halls des gares lilloises** [ATMO NPC, 2006]. L'objectif principal étant d'évaluer la contribution des émissions liées aux trafics ferroviaire et routier, aux chauffages urbains et aux établissements industriels, les polluants retenus pour l'étude étaient le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les particules, le monoxyde de carbone, les métaux lourds, les HAP, les COV et les aldéhydes. Des mesures automatiques, ainsi que des mesures par prélèvement actif ou passif, ont été mises en œuvre en différents points de chacune des gares Lille Flandres et Lille Europe. L'impact de la circulation des locomotives Diesel a clairement été mis en évidence, la contribution du trafic automobile étant par ailleurs également très importante.

En mars, puis juin 2006, des mesures de concentrations intérieures en **formaldéhyde** ont été réalisées par l'ASPA dans une **bibliothèque strasbourgeoise** au moyen de tubes passifs exposés 48 heures (3 points de mesure dans la salle principale pour chacune des deux campagnes) [ASPA, 2006]. Les résultats indiquent des concentrations intérieures en formaldéhyde bien supérieures (plus de 100 µg/m<sup>3</sup>) aux concentrations habituellement rencontrées dans les écoles ou les logements français (voisines de 20 µg/m<sup>3</sup>).

L'étude conduite par ATMO Poitou-Charentes en novembre - décembre 2005 avait pour objectif l'analyse de la **qualité de l'air à l'intérieur d'un parking** clos à étages de la ville de Poitiers (700 places, 1 800 véhicules/jour) [ATMO PC, 2006]. Cette campagne a été motivée par la réparation du système de ventilation mécanique, en dysfonctionnement lors des premières mesures de 2004. Dans un premier temps, la répartition spatiale en fonction des étages (6 niveaux intérieurs) et pour un même étage a été étudiée pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et le benzène, au moyen de capteurs passifs. Puis, des analyseurs automatiques ont permis le suivi en continu, durant 1 mois, des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone et des particules (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) au 1<sup>er</sup> étage. Les résultats montrent, entre autres, que les valeurs de qualité de l'air recommandées par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) en 1998 pour les parcs de stationnement couverts de plus de 500 places, ne sont pas dépassées pour le CO quel que soit le pas de temps, mais qu'elles le sont pour le NO<sub>2</sub> sur 15 minutes (recommandation égale à 800 µg/m<sup>3</sup>).

***On peut signaler que les études relatives à la qualité de l'air intérieur menées par les AASQA depuis 2000 ont fait l'objet d'une analyse synthétique publiée dans la revue Pollution Atmosphérique [Révélat, 2006].***

#### 2.1.4 TRAVAUX DE L'INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE (INVS)

L'Institut de veille sanitaire a publié en 2006 une étude visant à estimer le **nombre de décès par cancer du poumon attribuables au radon résidentiel en Corse** [InVS, 2006-a]. La caractérisation de l'exposition a été basée sur une campagne de mesures dans l'habitat réalisée en 1995 et 1996. La moyenne des mesures retenues est de 197 Bq/m<sup>3</sup>, le niveau moyen observé en France étant de 91 Bq/m<sup>3</sup>. Après redressement sur la géologie, la saison de mesure et le type d'habitat, la moyenne est de 134 Bq/m<sup>3</sup>. Parallèlement, le modèle de risque retenu a permis d'établir un risque relatif moyenné sur la vie entière pour l'ensemble de la population. Deux hypothèses sur le type d'interactions des effets du tabac et du radon ont été testées (interactions submultiplicative et multiplicative). Les résultats indiquent que 21,5 à 28,0 % des décès par cancer du poumon seraient attribuables au radon sur l'ensemble de la population corse (entre 33 et 44 décès par an). La part attribuable aux concentrations supérieures à 400 Bq/m<sup>3</sup> serait comprise entre 30 % et 48 %. Cette étude qui fournit d'ores et déjà des éléments intéressants, ouvre également des perspectives d'approfondissement des travaux. En effet, pour une meilleure estimation des niveaux de radon, donc de leur impact, une campagne sur l'effet saison en Corse est nécessaire. En outre, il conviendrait de compléter les mesures en logement collectif. Enfin, en raison de la forte interaction des effets du tabac et du radon, une estimation précise des habitudes tabagiques en Corse apparaît primordiale pour compléter l'interprétation de cette étude.

Par ailleurs, l'InVS a publié en août 2006 l'ensemble des investigations épidémiologiques et environnementales (environnement intérieur et extérieur) menées dans le cadre de la manifestation de troubles sanitaires, de type irritations des muqueuses et de la peau, à la mairie de Villejuif (94) en 2004 et 2005 [InVS, 2006-b]. Cette étude fait ressortir les facteurs habituellement associés au **syndrome des bâtiments malsains**, que sont une ventilation insuffisante, une humidité faible et des conditions de travail difficiles.

## 2.1.5 TRAVAUX DE L'AGENCE FRANÇAISE DE SECURITE SANITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (AFSSET)

En partenariat avec le CSTB, et s'appuyant sur un groupe de travail associant notamment l'OQAI, le Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA) et l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), l'AFSSET a mis au point une **méthode d'évaluation en vue de mesurer les émissions de COV et de formaldéhyde par des échantillons de produits de construction solides** (revêtements de sols, murs et plafonds notamment) et de les comparer à des critères sanitaires préalablement établis [AFSSET, 2006].

La démarche appliquée dans ce protocole s'apparente largement à des méthodes reconnues au niveau européen, telles que celles proposées en 1997 par l'*European Collaborative Action* (ECA) et en Allemagne en 2003-2005 dans le cadre du protocole AgBB (*Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten*, directement dérivé du protocole ECA). L'application de ce protocole, déjà testé sur divers produits de construction solides, permet d'identifier les matériaux de construction jugés faiblement émetteurs de COV et de formaldéhyde, et d'envisager ainsi un étiquetage selon des critères sanitaires des matériaux de construction solides.

Le rapport d'expertise disponible sur le site Internet de l'AFSSET indique qu'une réflexion similaire sera menée par l'Agence afin de transposer le protocole pour considérer d'autres sources potentielles de COV dans les environnements intérieurs, comme les produits liquides (peintures, vernis, cires...), ainsi que les produits de décoration et d'équipement.

*À noter que les autres études évoquées dans le bilan 2005 relatives au formaldéhyde, à l'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur et à la construction de valeurs de gestion de qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts sont toujours en cours et n'ont pas fait l'objet de publications par l'Agence à la date de décembre 2006.*

## 2.1.6 THESEES SOUTENUES EN 2006

Ce chapitre ne prétend pas rapporter l'ensemble des travaux de doctorat conduits en 2006 sur le thème de la qualité de l'air intérieur. Il rapporte des études marquantes et portées à la connaissance du réseau RSEIN.

### 2.1.6.1 OZONE ET QUALITE DE L'AIR INTERIEUR : INTERACTIONS AVEC LES PRODUITS DE CONSTRUCTION ET DE DECORATION

L'impact de l'ozone sur la qualité de l'air intérieur a été étudié par une double approche permettant, d'une part, d'étudier **le transfert de l'ozone de l'extérieur vers l'intérieur et son comportement *in situ***, notamment en période de pics de pollution photochimique, et d'autre part, de mieux comprendre les **mécanismes réactionnels de disparition de l'ozone au contact des surfaces intérieures** et d'identifier **les produits de réaction**.

Un outil innovant a été mis au point afin d'étudier dans des conditions contrôlées les mécanismes d'interaction entre l'ozone et seize matériaux fréquemment rencontrés dans les environnements intérieurs. Pour tous les matériaux testés, une disparition d'ozone significative, comprise entre 8 % pour une peinture glycérophtalique et 89 % pour un lambris en pin brut, a été observée. Des vitesses apparentes de dépôt de l'ozone sur les matériaux variant de 0,003 à 0,158  $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$  ont été calculées. Les émissions de tous les matériaux testés sont modifiées en présence d'ozone : certains composés sont détectés en concentrations inférieures (styrène, alcènes  $\text{C}_{12}$ ), tandis que d'autres sont retrouvés en concentrations nettement supérieures, notamment des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, benzaldéhyde, aldéhydes linéaire  $\text{C}_5$  à  $\text{C}_{10}$ ), des cétones et des acides carboxyliques. A partir d'essais spécifiques sur des lambris en pin, la prédominance des mécanismes de réaction en phase hétérogène dans la disparition d'ozone a été mise en évidence. La contribution des réactions en phase homogène ne dépasse en effet pas 5 à 20 %.

L'impact de la pollution photochimique sur la qualité de l'air intérieur a été étudié durant les étés 2003 et 2004 dans la maison expérimentale MARIA du CSTB, en se rapprochant le plus possible de la réalité, tout en conservant la maîtrise de certains paramètres expérimentaux (taux de renouvellement d'air, modification des surfaces intérieures). À l'issue des différentes campagnes, il apparaît que la pollution extérieure ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  et  $\text{O}_3$ ) est complètement transférée dans la pièce par le système de ventilation. Près de 80 % à 95 % de l'ozone est éliminé à l'intérieur de la pièce, témoignant ainsi de la présence d'importants puits d'ozone. Des sous-produits réactionnels ont été identifiés, en particulier le formaldéhyde, l'hexaldéhyde, le benzaldéhyde et le nonanal. Une prédominance de la réactivité en phase hétérogène sur les réactions en phase gazeuse a été notée, bien que des réactions d'ozonolyse d' $\alpha$ -pinène aient été observées dans la pièce. Les variations quotidiennes des concentrations intérieures d'ozone et de certains composés (formaldéhyde, hexaldéhyde) soulignent le rôle de la réactivité chimique et des paramètres environnementaux (surtout la température) sur les émissions des matériaux, et donc sur leurs concentrations intérieures.

Une première approche de modélisation de ces phénomènes a ensuite été effectuée. Un modèle simple de prédiction des concentrations intérieures d'oxydes d'azote et d'ozone a été mis au point sur la base des concentrations extérieures et intégrant la réactivité en phases homogène et hétérogène. Le comportement des trois polluants dans la pièce est bien reproduit par le modèle. Les concentrations intérieures de  $\text{NO}_2$  sont surestimées par le modèle, probablement du fait de l'absence de prise en compte du dépôt de  $\text{NO}_2$  sur les surfaces intérieures. Un très bon accord entre les concentrations intérieures d'ozone et de  $\text{NO}$  et les concentrations mesurées a été obtenu.

Ce travail rappelle l'importance de la prise en compte des phénomènes de réactivité chimique dans la gestion de la qualité de l'air intérieur. En effet, les sous-produits réactionnels identifiés (notamment les aldéhydes) sont pour la plupart plus odorants, irritants, voire toxiques que leurs précurseurs.

*Ce travail de recherche a été effectué par Mélanie NICOLAS au Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), en partenariat avec l'Université Paris VII. Il a bénéficié du soutien de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).*

### 2.1.6.2 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION D'ENFANTS FRANCILIENS AUX BIOCIDES DANS L'ENVIRONNEMENT INTERIEUR, CAS DES ORGANOPHOSPHORES

L'utilisation des pesticides, en agriculture, dans les différentes industries et par les particuliers dans les logements et les jardins, n'est pas sans conséquence pour les êtres vivants et les milieux écologiques. Or, l'exposition non alimentaire des populations est méconnue, notamment en France. Dans ce contexte, **la pollution de l'environnement intérieur, la contamination cutanée par les pesticides, ainsi que la dose interne d'exposition aux insecticides organophosphorés (OPs) d'une population infantine francilienne ont été étudiées.**

Les outils d'évaluation (questionnaires, prélèvements de résidus présents dans l'air intérieur et de résidus cutanés manuportés, recueils d'urines pour doser les métabolites urinaires) ont été mis au point et validés auprès d'une population de 41 adultes franciliens, professionnels et particuliers, dans le cadre d'une étude pilote. Des composés insecticides, herbicides ou fongicides ont été sélectionnés, en fonction de leurs utilisations, de leur toxicité et de leur rémanence.

Ces outils, optimisés à l'issue de la phase de faisabilité, ont ensuite été appliqués à une population infantine francilienne. L'étude a été menée chez 73 enfants vivant en pavillon et 57 enfants vivant en appartement, âgés de 6 à 7 ans, scolarisés en écoles élémentaires de trois zones d'Ile-de-France. Outre les prélèvements décrits précédemment et les questionnaires, un prélèvement de poussières de sols a été effectué chez 50 % des enfants recrutés. Un jardin et un chien et/ou un chat étaient présents dans 55,5 % et 29 % des foyers, respectivement. Au moins un produit pesticide était présent dans 94 % des foyers, la majorité étant constituée par les insecticides. Durant l'année précédant l'enquête, 87 % des familles ont déclaré avoir utilisé au moins un pesticide, le plus souvent un insecticide. Plus d'un quart des familles a rapporté l'intervention d'un professionnel de la désinsectisation au domicile. Le lindane, l'alpha-HCH et le propoxur sont les pesticides les plus fréquemment retrouvés dans l'air (dans 88 %, 49 % et 44 % des logements, respectivement). Les niveaux d'OPs dans l'air et sur les mains sont significativement corrélés, mais aucune corrélation n'a été retrouvée avec les niveaux de métabolites urinaires. Les niveaux de propoxur dans l'air et sur les mains sont également significativement corrélés. Le type de logement et son ancienneté sont des facteurs influençant les concentrations aériennes en lindane et en alpha-HCH. La présence d'un jardin ou d'une cour paysagée influence de façon significative les concentrations d'insecticides OPs dans l'air. La saison, le type de logement ainsi que la présence de plantes à l'intérieur du domicile sont significativement associés aux niveaux de résidus cutanés d'insecticides OPs. Le traitement anti-termite est significativement associé à des niveaux plus élevés de dialkylphosphates urinaires. Le fait d'habiter en maison est associé à des concentrations plus importantes d'isopropoxyphénol, métabolite urinaire du carbamate propoxur.

La méthodologie mise en œuvre a permis de documenter l'exposition non alimentaire aux pesticides d'une population d'enfants en Ile-de-France. L'étude des facteurs influençant ces expositions permet de suggérer de nouvelles pistes à explorer, afin de mieux connaître les populations à risque de surexposition.

*Cette thèse, soutenue par Ghislaine BOUVIER, est le fruit d'un partenariat entre l'INERIS et la Faculté de Pharmacie de Paris V. Elle a bénéficié du soutien financier du Ministère de l'écologie et du développement durable, de l'ADEME et de l'AFSSET.*

### 2.1.6.3 IMPACT DES TENEURS EN ALDEHYDES MESUREES DANS L'AIR INTERIEUR ET EXTERIEUR SUR DES PATIENTS SUJETS A L'ASTHME

Les concentrations d'aldéhydes dans l'air ont été quantifiées (prélèvement actif sur cartouche DNPH et analyse par HPLC/UV) dans **divers environnements du Bas-Rhin (extérieur et intérieurs)** [Marchand et al., 2006]. Une **étude cas/témoin** incluant une population asthmatique a été réalisée dans 162 logements. Enfin, une **chambre d'exposition standardisée au formaldéhyde** a été développée et utilisée lors d'une étude clinique sur l'influence du formaldéhyde sur la réponse bronchique aux allergènes d'acariens.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence que le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont les deux principaux aldéhydes présents en environnement extérieur et intérieur ; dans l'environnement domestique, l'hexanal est également à prendre en compte. Les concentrations mesurées montrent que l'air extérieur et des lieux comme la gare, l'aéroport, ainsi que l'habitacle de voiture à l'arrêt ou en circulation dans un trafic fluide sont des environnements avec des taux moyens de formaldéhyde et d'acétaldéhyde n'excédant pas respectivement 20 et 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En revanche, des environnements tels qu'un parking souterrain, des habitacles de voitures se déplaçant dans un trafic dense, ainsi que des bibliothèques montrent des taux plus élevés d'aldéhydes pouvant atteindre 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le formaldéhyde et 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'acétaldéhyde. Les ratios intérieur/extérieur des concentrations en formaldéhyde et acétaldéhyde confirment l'existence de sources à l'intérieur même des logements.

L'étude transversale chez les patients asthmatiques et les témoins appariés sur le sexe, l'âge, le type d'habitat et la localisation géographique, a permis de constater que les concentrations en formaldéhyde sont similaires chez les asthmatiques et les témoins (respectivement 32,6 et 31,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En revanche, les analyses statistiques réalisées sur la population asthmatique ont permis d'observer un lien entre l'exposition à des taux plus élevés de formaldéhyde à leur domicile et une sévérité plus importante de l'asthme. De même, une prévalence plus importante des symptômes oculaires chez les asthmatiques semblerait être liée à des taux plus élevés de formaldéhyde, principalement pour des concentrations supérieures à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les patients allergiques et asthmatiques seraient particulièrement sensibles à l'exposition au formaldéhyde à des taux supérieurs ou égaux à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Grâce au développement d'une chambre d'exposition standardisée au formaldéhyde, le protocole de recherche biomédicale a permis d'apprécier l'effet de l'inhalation de ce composé chez 19 patients asthmatiques, allergiques aux acariens, non-fumeurs et non exposés professionnellement au formaldéhyde. Les résultats indiquent qu'une exposition à une concentration en formaldéhyde légèrement inférieure à la valeur guide de l'OMS fixée à 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 30 minutes a un effet potentialisateur tant sur la réponse bronchique immédiate, que tardive lors de l'exposition aux allergènes.

*Cette thèse, soutenue par Caroline MARCHAND, a été effectuée au Centre de Géochimie de la Surface de Strasbourg, dans l'équipe de Physico-Chimie de l'Atmosphère. Elle a été réalisée en collaboration avec les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg. Ces travaux ont reçu le soutien du PRIMEQUAL (Programme de Recherche Interorganisme pour une MEilleure Qualité de l'Air à l'échelle Locale 2002), de l'ADEME et de la Région Alsace.*

#### 2.1.6.4 IMPACT DE LA COMBUSTION RESIDENTIELLE DE BOIS SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

À l'heure de l'économie des combustibles fossiles et de la recherche de sources d'énergie alternatives et renouvelables, la valorisation de la biomasse (biocarburants, bois - énergie...) est largement mise en avant. D'après l'ADEME, depuis quelques années, la vente d'appareils de chauffage domestique au bois augmente de manière significative, principalement les foyers fermés et inserts, les ventes de cheminées à foyers ouverts restant en revanche stables. Si l'impact sur la QAI de la combustion de biomasse est largement documenté dans les pays en voie de développement, il l'est nettement moins dans nos pays industrialisés. Ainsi, ce travail de thèse avait pour principal objectif l'évaluation de l'impact des émissions de COV dues à la combustion du bois, notamment dans les atmosphères intérieures.

Les caractéristiques des émissions de foyers individuels à bois ont été étudiées dans deux maisons, l'une en zone péri - urbaine équipée d'un foyer fermé et l'autre en zone rurale, disposant d'une cheminée ouverte. Les COV ont fait l'objet d'un prélèvement continu, dans la pièce de l'habitation accueillant le foyer, pendant 24 heures (changement automatique de la cartouche TENAX toutes les heures). L'évolution journalière des concentrations intérieures en COV et la nature de ceux-ci ont ainsi pu être étudiées et comparées selon les 2 types de foyer étudiés. Le foyer ouvert est, comme attendu, plus préjudiciable pour la QAI conduisant, par exemple, à une concentration journalière moyenne en benzène atteignant  $29,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (vs.  $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  avec le foyer fermé).

*Cette thèse a été préparée par Aurélie ROUVIERE au sein du GRECA, Groupe de Recherche sur l'Environnement et la Chimie atmosphérique, à l'Université Joseph FOURIER, Grenoble.*

## 2.2 ACTIONS DES POUVOIRS PUBLICS

### 2.2.1 REGLEMENTATION

**Les actions réglementaires de l'année 2006 sont surtout marquées par la promulgation de la loi interdisant le tabagisme dans les lieux collectifs.** Le décret n° 2006-1386 du 15 novembre 2006 fixant les conditions d'application de l'interdiction de fumer dans les lieux affectés à un usage collectif marque ainsi un tournant dans la lutte contre le tabagisme en France. À compter du 1<sup>er</sup> février 2007, en dehors des lieux aménagés dédiés, il est interdit de fumer dans tous les lieux fermés et couverts qui accueillent du public ou qui constituent des lieux de travail, dans les moyens de transport collectifs, dans les espaces non couverts des écoles, collèges, lycées et établissements destinés à l'accueil, à la formation ou à l'hébergement des mineurs. Les bars et débits de boisson, casinos, cercles de jeu, débits de tabac, discothèques, hôtels et restaurants ont cependant jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2008 pour mettre en place cette interdiction et les dispositions de ce décret.



Les autres actions 2006 concernent des thématiques « habituelles » (intoxications oxycarbonées, plomb, amiante), en cohérence avec les orientations du Plan National Santé Environnement.

Publiée le 15 octobre 2006, la circulaire interministérielle DGS/SD7C/DDSC/SDGR n°2006-380 du 4 septembre 2006, relative à la **prévention des intoxications collectives au monoxyde de carbone dans les lieux de culte** et aux mesures à mettre en œuvre, vise à réduire les intoxications au CO dans ces environnements. En effet, en 2005, dix situations d'intoxication oxycarbonée ont été rapportées par l'Institut de veille sanitaire dans des églises, notamment lors de manifestations (cérémonies religieuses ou concerts) ayant entraîné le chauffage prolongé des bâtiments par des appareils de type panneaux radiants à gaz. Un entretien régulier des appareils de chauffage doit être assuré, et les dispositifs de ventilation maintenus en bon état de fonctionnement. L'utilisation de panneaux radiants à gaz en dehors de la présence de public est interdite. Enfin, il est recommandé d'installer un détecteur de CO, fixe ou portable. Par ailleurs, de façon plus générale, les actions et supports de communication relative aux risques d'intoxications oxycarbonées pour la saison hivernale en cours ont été définis par la circulaire interministérielle N°DGS/SD7C/DDSC/SDGR/2006/418 du 25 septembre 2006 relative à la campagne 2006-2007 de prévention et d'information sur le risque d'intoxication au monoxyde de carbone.

Enfin, les critères de certification des compétences des personnes physiques opérateurs des **constats de risque d'exposition au plomb** ou agréées pour réaliser des diagnostics plomb dans les immeubles d'habitation, ainsi que les critères de certification des compétences des personnes physiques opérateurs de **repérage et de diagnostic amiante** dans les immeubles bâtis sont définis dans les deux arrêtés du 21 novembre 2006. Les critères d'accréditation des organismes certificateurs y figurent également.

## 2.2.2 PLAN RADON

En lien direct avec le PNSE, un **plan d'actions interministériel sur la gestion du risque lié au radon** a été rendu public en mars 2006 par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Ce plan a été établi en concertation avec la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGHUC) et avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), de l'InVS et du CSTB. Il prévoit :

- la poursuite des campagnes de mesure du radon réalisées depuis 2004 par les organismes agréés par l'ASN, dans les établissements recevant du public ;
- concernant l'habitat neuf, le lancement d'études destinées à promouvoir de nouvelles règles de construction ;
- pour les logements existants, l'étude de la faisabilité de l'intégration de la mesure du radon dans le dossier sanitaire exigé lors des transactions immobilières ;
- la réalisation d'actions d'information en direction des professionnels du bâtiment et d'actions de diffusion des connaissances sur les expositions et le risque lié au radon.

Ce plan sera mis à jour chaque année compte tenu des actions réalisées et des nouvelles dispositions, dans un souci d'information continue du public.

### 2.2.3 ÉVALUATION DE LA RÉGLEMENTATION AMIANTE

A la demande des ministres de l'intérieur, du logement et de la santé, une **mission d'évaluation de la gestion des risques liés à l'amiante dans les bâtiments** a été constituée en décembre 2005. Elle avait plus particulièrement pour rôle de dresser un bilan de la mise en œuvre de la réglementation et de proposer, le cas échéant, des extensions éventuelles de son champ d'application ou de sa portée. Le rapport de la mission a été publié en avril 2006 [IGA, 2006]. La première partie est consacrée à ce bilan et son analyse, à l'identification des points forts et des points faibles de la réglementation, ainsi qu'à la situation de la France dans le contexte européen. La seconde partie rassemble les recommandations de la mission pour l'évolution de la réglementation, l'amélioration des contrôles, la gestion à long terme des risques liés à l'amiante résiduelle et l'information des populations sur les risques subsistants et sur les mesures de prévention et de protection.

### 2.2.4 AVIS DU CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE (CSHPF)

Comme chaque année, et avant sa disparition au profit du Haut Conseil de Santé Publique, le CSHPF (section « Milieux de vie ») a été actif dans le domaine de l'air intérieur, au travers de deux actions principalement.

D'une part, le CSHPF a rendu le 27 septembre 2006 son **avis relatif à la qualité de l'air dans les modes de transport**<sup>2</sup>. Cet avis rapporte les principales conclusions du rapport du groupe de travail « Air et transports » (rapport à paraître en 2007) relatives aux transports de surface d'une part, et aux transports ferroviaires souterrains d'autre part. Considérant que, malgré les temps d'exposition des populations relativement courts, la contribution des modes de transport à l'exposition totale aux polluants atmosphériques n'est pas négligeable, le CSHPF recommande l'adoption d'un certain nombre de mesures pour ces deux catégories de transport, dans le but de réduire à la fois les émissions et les expositions des usagers. Des orientations en matière de suivi de certains polluants sont également formulées.

D'autre part, le CSHPF a également publié en septembre 2006 un rapport très complet de revue des connaissances relatives aux **moisissures dans les environnements intérieurs** [CSHPF, 2006]. Après un recensement de ces dernières et une présentation des composantes de la problématique de l'humidité, les techniques d'échantillonnage et d'analyse actuellement disponibles sont inventoriées, mettant en évidence la complexité et l'hétérogénéité de celles-ci. Une harmonisation des méthodes est proposée. L'état des connaissances relatives aux effets sur la santé respiratoire est rapporté, et le cas particulier de l'insalubrité fait l'objet d'un chapitre spécifique. Le rapport se termine par des recommandations. Un questionnaire environnemental de diagnostic est fourni en annexe.

---

<sup>2</sup> Avis consultable sur le site web <http://www.sante.gouv.fr>

## 2.3 NORMALISATION

L'année 2006 a été particulièrement riche en publication de normes.

Tout d'abord, la norme expérimentale XP X43-407 « **Qualité de l'air, Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels, Bâtiments à usage d'enseignement** » a été publiée en mars 2006. Elle fournit la démarche à suivre dans un contexte de plaintes des occupants des locaux scolaires ou bien en vue d'un audit du bon état des locaux du point de vue de la santé et du confort de ses usagers. Ainsi, sont fournis les éléments relatifs :

- à l'enquête *in situ*, préalable à toute campagne de mesure pour appréhender le bâtiment, son environnement et ses équipements ;
- à la stratégie d'échantillonnage à mettre en œuvre pour la mesure des agents physiques, chimiques et/ou biologiques ;
- au rapport d'essai afférent à l'audit.

Les annexes fournissent les valeurs réglementaires et les valeurs guides relatives à la qualité de l'air intérieur, la fiche type enquête et des informations sur la ventilation et le traitement de l'air. Cette norme vient compléter une série de normes AFNOR d'audit de la QAI dans différents types de locaux (habitations, bureaux, transports, piscines).

Par ailleurs, la série ISO 16000 (X43-404) a notamment été complétée de six nouvelles normes :

- NF ISO 16000-4 « **Air intérieur, Partie 4 : dosage du formaldéhyde – Méthode par échantillonnage diffusif** ». Elle décrit la méthode d'échantillonnage diffusif du formaldéhyde dans l'air intérieur sur adsorbant imprégné de 2,4-dinitrophényl-hydrazine (DNPH), puis l'analyse en phase liquide à haute performance (HPLC) après désorption par un solvant. Elle est adaptée à la mesure de concentrations allant de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à  $1 \text{mg}/\text{m}^3$  pour une période d'échantillonnage comprise entre 24 et 72 heures. Enfin, elle convient à des atmosphères dont l'humidité relative ne dépasse pas 80 % et où la vitesse de l'air est de l'ordre de 0,02 m/s ;
- NF EN ISO 16000-1 (X43-404-1) : « **Air intérieur – Partie 1 : Aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage** ». Cette stratégie s'applique à un large panel d'environnements intérieurs : logements, lieux de travail à pollution non spécifique (ne faisant donc pas l'objet de suivi de la QAI), bâtiments publics comme les hôpitaux, les écoles, les salles de sport, les restaurants et les bars, les théâtres et les cinémas, par exemple ;
- NF EN ISO 16000-2 (X43-404-2) : « **Air intérieur – Partie 2 : Stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde** ». Cette stratégie est en partie définie pour permettre une comparaison des concentrations mesurées avec la valeur guide de l'OMS proposée en 2000, pour une exposition de 30 minutes, afin de protéger des effets d'irritation des voies respiratoires ;

- NF EN ISO 16000-9 (X43-404-9) : « **Air intérieur – Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission** ». Elle définit les spécifications et exigences de ce type de chambre, les conditions d'essai et le calcul du débit d'émission spécifique par unité de surface. Même si une norme précédente (EN 717-1:2004) est dédiée spécifiquement aux émissions de formaldéhyde par les panneaux à base de bois, l'ISO 16000-9 s'applique également à la détermination du taux d'émission de formaldéhyde par ces mêmes panneaux et par les autres produits de construction ;
- NF EN ISO 16000-10 (X43-404-10) : « **Air intérieur – Partie 10 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission** ». Elle constitue le pendant de la norme précédente pour les cellules d'essai d'émission ;
- NF EN ISO 16000-11(X43-404-11) : « **Air intérieur – Partie 11 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Échantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai** ». En lien direct avec les deux précédentes normes, elle décrit les modalités de préparation des éprouvettes d'essai des produits liquides, des produits solides et des produits combinés (un vernis sur un panneau de bois ou un revêtement et l'adhésif qui le fixe, par exemple).

### 3. TRAVAUX MENES EN 2006 A L'ECHELLE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE

#### 3.1 CONGRES INTERNATIONAL HEALTHY BUILDINGS, LISBONNE, 4-8 JUIN 2006

La conférence *Healthy Buildings* a lieu tous les 3 ans et représente, avec *Indoor Air*, l'une des manifestations internationales majeures dans le champ de la qualité de l'air intérieur. Quelques éléments marquants et nouveaux en sont rapportés ci-après ; compte tenu du très grand nombre d'exposés, ils ne prétendent pas être représentatifs de l'ensemble des thèmes abordés lors de la conférence.

Tout comme à l'occasion de *Indoor Air 2005*, de nombreux exposés ont été consacrés aux **réactions chimiques dans l'air intérieur** (impliquant quasi systématiquement l'ozone) et aux traitements de l'air (purificateurs, filtres...). Par ailleurs, une journée entière a été dédiée à la problématique de la QAI dans les écoles et crèches et a rassemblé de nombreux participants.

S'agissant des **émissions des matériaux**, la thématique nouvelle de l'impact des biomatériaux sur la QAI est apparue. Un réel besoin de recherche se fait sentir. Outre ce thème novateur, les sessions sur les matériaux ont été marquées par l'incontournable débat sur les relations entre chercheurs et praticiens. Alors que les mesures d'émission en COV par les matériaux de construction se multiplient partout dans le monde (nombre d'exposés relatant d'ailleurs ces mesures), aucune démarche pour la certification des matériaux ne fait encore l'objet d'un consensus. Une alternative basée sur la modélisation et la connaissance des mécanismes physico-chimiques qui gouvernent le processus d'émission, plutôt que sur la mesure des taux d'émission qui ne valent que pour les conditions environnementales d'essai (température, humidité, ventilation...) a été avancée, mais n'a pas fait l'objet d'un consensus.

Les exposés traitant des aspects sanitaires (**épidémiologie** principalement) ont, de façon assez classique, tenté de mieux comprendre la contribution des expositions dans l'environnement intérieur aux pathologies comme l'asthme, les allergies, les troubles respiratoires. La théorie hygiéniste a parfois été remise en cause et la contribution des expositions de l'enfant aux composés chimiques présents dans les poussières de maison comme les phtalates mise en avant.

Les conférences dédiées à **l'évaluation des risques sanitaires** ont plutôt souligné les difficultés inhérentes à la démarche appliquée à la QAI. La complexité provient en effet de la grande variété des environnements intérieurs, tant en terme d'utilisation et de typologie du bâti que des populations et des climats.

Un nombre important d'exposés et de workshops a été consacré aux politiques de **gestion** à mettre en place. La question de la pertinence de l'élaboration de valeurs guides dédiées à la QAI a été largement discutée et n'a pas fait consensus. Les incitations financières du type diminution des taxes, des montants d'assurance et des taux d'intérêt, dans le cadre de l'amélioration de l'environnement intérieur au sens large (aspects énergétiques inclus) ont été abordées par plusieurs intervenants. L'approche coûts/bénéfices est souvent utilisée dans ce contexte.

La problématique de la réglementation sur le **tabagisme** reste d'actualité. Si l'interdiction de fumer dans les lieux publics, y compris restaurants et cafés, ne fait plus débat, c'est à présent le tabagisme dans les logements où vivent de jeunes enfants qui fait l'objet de désaccords.

Plusieurs exposés ont été consacrés au phénomène de *fuel poverty*, ou **précarité énergétique**, lié à une surmortalité hivernale selon des travaux britanniques. Cependant, les auteurs soulignent la difficulté à déterminer la part attribuable à l'habitat, par rapport à la contribution d'autres facteurs de confusion (revenus des foyers, incidences de certaines pathologies en hiver...).

En lien direct avec l'actualité, une session plénière a été consacrée au **virus influenza** et à sa transmission à l'intérieur des bâtiments dans un contexte pandémique. La transmission par gouttelettes fines fait toujours débat parmi les scientifiques, malgré quelques études chez l'homme de transmission dans les avions et des travaux, souvent anciens, conduits chez les animaux. Des recommandations concernant la ventilation dans certains lieux recevant du public peuvent néanmoins être proposées (apporter le maximum d'air neuf, installer des traitements UV...). Concernant les traitements de l'air, la recherche doit être poursuivie.

Enfin, la nécessité d'avoir une **approche globale de la problématique du bâtiment**, en cohérence avec les grands enjeux en matière de construction que sont la maîtrise de l'énergie (plan climat) et le développement durable, rend la gestion d'autant plus délicate, les moyens et finalités semblant divergents. Des interventions ont néanmoins montré qu'il était possible d'améliorer simultanément la thermique et la QAI en ayant recours à des installations performantes de ventilation lors des rénovations. La nouvelle réglementation thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments dans un contexte de lutte contre le changement climatique ont ainsi souvent été évoquées, ce qui est nouveau.

### 3.2 TRAVAUX DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE (OMS)

Parmi les travaux de l'OMS poursuivis en 2006, deux éléments marquants sont à retenir concernant l'air intérieur : d'une part l'initiation d'un processus d'élaboration de lignes directrices ou valeurs guides pour la QAI, et la classification des fumées de combustion de biomasse d'autre part.

Si les valeurs guides de qualité d'air que propose l'OMS depuis 1987 s'appliquent indifféremment à tous les environnements, il s'avère qu'à ce jour elles sont plutôt utilisées pour l'air ambiant extérieur. En conséquence, l'OMS a initié une réflexion sur l'approche spécifique à proposer dans le contexte d'élaboration de **valeurs guides dédiées au management de la qualité de l'air intérieur**. Un rapport a été publié à l'issue de la première conférence internationale organisée par l'OMS sur le sujet en octobre 2006 [WHO, 2006]. Il présente, pour chacun des 3 groupes de polluants identifiés (substances chimiques, agents biologiques et polluants émis par la combustion de biomasse), la synthèse des éléments justifiant la pertinence d'élaborer des valeurs guides « air intérieur », les formats adéquats pour celles-ci (valeurs numériques, recommandations qualitatives...) et le plan d'actions élaboré. Une fois les financements acquis pour la conduite de ces travaux (recherche en cours pendant une période de 6 mois), l'OMS se donne 18 mois pour l'élaboration des futures « guidelines ».

Dans un communiqué du 29 novembre 2006<sup>3</sup>, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), organisme dépendant de l'OMS, rapporte les conclusions de l'un de ses groupes de travail pour l'élaboration des monographies relatives aux **émissions dans l'air intérieur liées à la combustion domestique pour la cuisine et le chauffage**. Après analyse des nombreuses publications scientifiques, le groupe de travail conclut que les émissions liées à la combustion de charbon dans les habitations sont cancérogènes chez l'homme (groupe 1 de la classification du CIRC). Le groupe conclut également que les émissions générées par la combustion de biomasse (en particulier le bois) sont probablement cancérogènes chez l'homme (groupe 2A), de même que la friture à des températures élevées quelle que soit l'huile utilisée (230°C). Les femmes et les enfants, qui restent à la maison durant une grande partie de la journée, sont les plus exposés. Au global, c'est plus de la moitié de l'humanité qui est touchée.

### 3.3 TRAVAUX DE LA COMMISSION EUROPEENNE

Les travaux conduits par la Commission européenne ou par le centre commun de recherche de Ispra (JRC, *Joint Research Centre*) sont à l'image de quelques-unes des préoccupations actuelles dans le champ de la QAI, à savoir les émissions par les matériaux et l'identification des déterminants de la pollution intérieure.

Dans le cadre de la Directive européenne « Produits de construction » (89/106/EEC), l'exigence essentielle N°3 « Hygiène, santé et environnement » appelle à la caractérisation des émissions de substances gazeuses, particulaires ou radioactives des produits mis sur le marché communautaire. Cependant, du fait du manque de méthodes harmonisées au niveau européen permettant l'évaluation de ces caractéristiques, cette exigence n'est actuellement pas prise en compte dans le marquage CE des produits. Des travaux en vue de l'harmonisation de ces méthodes ont démarré en 2003 sous l'égide de la Commission européenne. Dans ce cadre, un premier rapport de l'*European Collaborative Action* a été publié afin de dresser un **inventaire des dispositifs nationaux pour la détermination des émissions des matériaux dans l'air intérieur** [ECA, 2006]. Outre le contenu technique de chaque dispositif, l'historique, le contexte réglementaire et le statut légal de chacun d'eux sont également décrits. Un tableau synthétique d'intercomparaison est fourni : produits couverts, substances recherchées, références normatives, nombre d'essais requis, évaluation des odeurs, prise en compte des cancérogènes et des composés non analysés, contrôles qualité, coûts...

Le JRC a réalisé et publié en 2006 une revue bibliographique des **modèles numériques développés pour identifier et hiérarchiser la contribution des sources extérieures et intérieures aux expositions personnelles des populations aux polluants atmosphériques** [JRC, 2006]. Pour chacune des techniques recensées (analyse factorielle, bilan massique, analyse en composante principale, factorisation de matrice positive ou algorithmes Unmix), les avantages et limites sont décrits. Les applications aux cas des particules et des COV sont plus particulièrement examinées.

---

<sup>3</sup> [http://www.iarc.fr/ENG/Press\\_Releases/pr172a.html](http://www.iarc.fr/ENG/Press_Releases/pr172a.html)

### 3.4 TRAVAUX AMERICAINS

Quelques publications majeures des thèmes phares des recherches américaines sont rapportées ci-après. Elles confirment la vision globale et transversale d'ores et déjà inhérente aux études américaines : qualité de l'air intérieur et impact sur la productivité, amélioration de la ventilation et économie d'énergie, qualité de l'air intérieur et répercussions juridiques et économiques...

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

La qualité de l'air intérieur dans les écoles fait partie des thèmes largement étudiés aux États-Unis et faisant l'objet de nombreuses publications.

Les rapports finaux du programme californien K-12 ont été publiés en 2006<sup>4</sup>. Ce vaste projet financé par la Commission Énergie de l'État de Californie dans le cadre du programme PIER (*Public Interest Energy Research*) est dédié à l'étude des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air dans les écoles garantissant un air intérieur de bonne qualité tout en veillant à limiter les coûts énergétiques.

Le *National Research Council* a publié fin 2006 une revue exhaustive des impacts de tous les paramètres du bâti (présence de moisissures et agents infectieux, ventilation, sources d'émissions de polluants, luminosité, bruit) sur les performances des élèves, leur état de santé, ainsi que celui de leurs professeurs [NRC, 2006]. Un ensemble de recommandations en découle pour les écoles « écologiques ».

En 2006, l'US-EPA a mis en ligne<sup>5</sup> le logiciel SAVES, *School Advanced Ventilation Engineering Software*. À l'attention des architectes, ingénieurs, gestionnaires des bâtiments scolaires, il permet de dimensionner les équipements de ventilation et d'optimiser leur utilisation. Cet outil intègre également deux autres logiciels : EFAST d'une part, qui permet un design des installations tenant compte des coûts associés, et IHAT d'autre part, qui permet la caractérisation et la gestion des problèmes d'humidité dans les bâtiments.

Les travaux américains sur le sujet traitent également des aspects juridiques : l'Institut du droit environnemental (ELI) a mis à jour, en 2006, son inventaire des textes de loi s'appliquant dans le domaine de la QAI dans les établissements scolaires [ELI, 2006].

#### 3.4.2 ÉMISSIONS DES MATERIAUX ET DES PRODUITS DE CONSOMMATION COURANTE

La caractérisation des émissions des matériaux est d'actualité dans tous les pays. Aux États-Unis, l'État de Californie a publié en novembre 2006 les protocoles pour la caractérisation des émissions de COV par un ensemble de mobilier de bureau<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> Rapports téléchargeables sur le site web : <http://www.archenergy.com/ieq-k12/>

<sup>5</sup> <http://www.epa.gov/iaq/schooldesign/saves.html>

<sup>6</sup> Ces travaux californiens sont à consulter sur le site : <http://www.cal-iaq.org>



Cette approche est nouvelle car elle ne s'intéresse pas uniquement à un panneau de meuble, mais à un ensemble de meubles dans une pièce en situation réelle d'occupation par un employé.

Toujours en Californie, une étude très originale a permis de suivre la QAI pendant 12 mois dans 5 immeubles de bureaux neufs occupés dès leur livraison<sup>6</sup>. Ce complexe tertiaire a été construit selon une politique de développement durable et des critères de haute qualité environnementale et sanitaire du bâti (« *sustainable buildings* »), intégrant notamment la pose de matériaux et l'utilisation de produits dont les caractéristiques émissives avaient été préalablement testées. Les objectifs de l'étude étaient de comparer les concentrations intérieures en COV mesurées avec celles de bureaux « classiques », d'analyser dans quelle mesure les facteurs d'émission déterminés par les tests expérimentaux en chambre sont corrélés à ces concentrations et de suivre l'évolution temporelle de ces dernières. Parmi les très nombreux résultats, on retiendra que les concentrations intérieures en COV sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans d'autres échantillons de bureaux américains. Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde apparaissent toujours comme étant les polluants aux teneurs intérieures les plus élevées.

Les produits de consommation courante font depuis peu, et dans une moindre mesure, l'objet de travaux quant à leur potentiel émissif dans l'environnement intérieur. Le *National Institute of Standards and Technology* (NIST) a publié en novembre 2006 un inventaire des émissions de substances chimiques par les produits de consommation courante et les appareils de combustion, notamment de cuisson [NIST, 2006].

### 3.4.3 REACTIONS CHIMIQUES DANS L'AIR INTERIEUR

Le sujet émergent des réactions chimiques secondaires impliquant les polluants de l'air intérieur suscite de nombreuses études américaines visant à identifier les composés potentiellement formés et à mieux comprendre le rôle de ces réactions dans la dégradation de la QAI.

Le bureau de l'air de l'Agence californienne de l'environnement (Cal-EPA) a publié en avril 2006 un document de synthèse sur les réactions chimiques des polluants de l'air intérieur réalisé par les équipes de recherche de l'Université de Californie et du *Lawrence Berkeley National Laboratory* [Cal-EPA, 2006-a]. Le rapport traite plus particulièrement des réactions entre l'ozone et les composés émis par les nettoyeurs et les désodorisants d'intérieur. Les résultats de l'ensemble des tests conduits dans des chambres expérimentales sont rapportés. Les produits secondaires formés par ces réactions sont à la fois les composés gazeux et particulaires. La mise en perspective des tests en chambre par rapport à la réalité des environnements intérieurs est discutée. Sept scénarios d'exposition (enfants et adultes) sont proposés. Il en ressort que les expositions au formaldéhyde, au 2-butoxyéthanol et aux PM<sub>1</sub>, dans le cadre d'un usage normal, ne sont pas négligeables, mais elles ne seraient potentiellement problématiques, d'un point de vue sanitaire, que dans des conditions extrêmes, mais plausibles (nettoyage intensif dans une petite pièce, par exemple).

### 3.4.4 PURIFICATEURS D'AIR INTERIEUR A L'OZONE

Le sujet des épurateurs d'air fait partie des thèmes largement investigués et médiatisés aux États-Unis en 2006. À nouveau, l'État de Californie a été le plus productif dans le domaine, aussi bien en termes d'évaluation, que de gestion et d'avancées réglementaires.

Le bureau de l'air de l'Agence californienne de l'environnement (Cal-EPA) a rendu public le 5 mai 2006 les résultats des tests de 4 dispositifs de « purification d'air » à l'ozone [Cal-EPA, 2006-b]. Face au développement commercial important de ces appareils, Cal-EPA a souhaité déterminer les concentrations en ozone générées dans les environnements clos équipés de tels « purificateurs ». Des tests dans une pièce meublée où les conditions environnementales (température, humidité relative et taux de renouvellement d'air) sont maîtrisées et similaires à celles des habitations, ont été conduits pour quatre produits du marché. Il apparaît que leur utilisation normale (en conformité avec les prescriptions du fabricant) conduit à des concentrations intérieures en ozone qui dépassent les valeurs limites de qualité de l'air en vigueur en Californie (90 ppb en moyenne horaire et 70 ppb en moyenne sur 8 heures). Les auteurs du rapport précisent en outre que l'ozone n'a pas d'effets sur la plupart des polluants de l'air intérieur, qu'il détruit les moisissures uniquement à de fortes concentrations et qu'il permet, en contradiction avec l'objectif affiché, des réactions secondaires conduisant à la formation de nouveaux polluants comme le formaldéhyde ou les particules ultrafines. Les auteurs demandent à ce que des actions soient mises en œuvre en l'absence de dispositions réglementaires ou de normes. Enfin, il est intéressant de signaler que Cal-EPA a également publié une fiche d'informations et de recommandations à destination du grand public sur ce sujet.

Ces travaux se sont poursuivis par une enquête sur l'utilisation de tels dispositifs par le grand public en Californie. Une enquête téléphonique auprès de 2 019 adultes a permis de dénombrer la proportion de foyers disposant d'un tel équipement, les raisons ayant motivé cet achat et les conditions d'utilisation. Ainsi, 2 % des californiens possèdent chez eux un purificateur d'air émettant directement de l'ozone, et 8 % un appareil générant la formation d'ozone en sous-produit. Ceci représente un total de 828 000 californiens exposés à des concentrations en ozone potentiellement non négligeables à domicile.

À l'issue de ces travaux mettant en évidence l'impact négatif des dispositifs de « purification d'air » fonctionnant à l'ozone sur la QAI et la santé respiratoire des occupants des locaux, le Gouvernement de Californie a voté le 29 septembre 2006 un projet d'amendement à son code de santé publique relatif à ce type de purificateurs d'air intérieur (California Assembly Bill 2276, 2006, Pavley). Ce texte fixe une valeur limite à 50 ppb d'ozone dans l'air véhiculé par l'appareil (cette concentration ne doit pas non plus être atteinte, à 25°C, dans la pièce où est placé l'appareil) et stipule que d'ici le 31 décembre 2008 soient mises en place des procédures standardisées pour la vérification du respect de cette valeur limite chez les fabricants et à tout moment lors de l'utilisation de l'appareil, ainsi que des procédures d'accréditation de laboratoires vérificateurs. Un étiquetage sur l'appareil devra certifier le respect de la valeur limite. Les appareils ne satisfaisant pas à cette valeur limite seront interdits.

## 3.5 TRAVAUX CANADIENS

### 3.5.1 ÉTABLISSEMENT DE VALEURS GUIDES DE QUALITE D'AIR INTERIEUR

En 2005, Santé Canada avait mis à jour les valeurs guides de QAI pour le formaldéhyde<sup>7</sup>. En 2006, les travaux de mise à jour se sont poursuivis en s'intéressant au **radon**.

Si la relation de causalité entre les expositions résidentielles au radon et le cancer du poumon est à présent établie, il reste désormais à mettre en place les actions de gestion qui s'imposent. Pour ce faire, Santé Canada a mis à jour, en mars 2006, les valeurs guides pour le radon dans l'air intérieur des logements et des lieux publics [Santé Canada, 2006]. À des concentrations supérieures à 800 Bq/m<sup>3</sup>, des mesures correctives doivent être prises immédiatement et effectives dans un délai de un an. De telles mesures doivent être également prises dès que la concentration moyenne de radon dépasse 200 Bq/m<sup>3</sup>; le temps de mise en œuvre est alors à calculer pour que l'exposition excédentaire cumulative annuelle ne dépasse pas 600 Bq/m<sup>3</sup>. Lorsque des mesures correctives sont mises en œuvre, la teneur en radon doit être réduite au plus bas niveau qui puisse être raisonnablement atteint (principe ALARA). Les situations où, après mesures correctives, la teneur en radon reste supérieure à 200 Bq/m<sup>3</sup> doivent être étudiées au cas par cas.

À noter qu'une synthèse sur la problématique du radon dans l'environnement intérieur (effets sur la santé, mesures, remédiation, politiques publiques) a été publiée par l'Institut de santé publique du Québec début 2006 [BISE, 2006].

### 3.5.2 SYNTHESES BIBLIOGRAPHIQUES

Dans un contexte de renforcement de la loi relative à la lutte contre le tabagisme par l'interdiction de fumer dans les lieux publics, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) a dressé et publié en mai 2006 un bilan des connaissances scientifiques disponibles sur **les effets sanitaires du tabagisme passif**, en particulier chez les travailleurs de la restauration et de l'hôtellerie [INSPQ, 2006-a]. Les effets cancérigènes, les effets sur les systèmes respiratoire, cardiovasculaire et reproductif, ainsi que les effets sur le fœtus et la santé périnatale sont décrits. En outre, l'historique et les analyses coûts-bénéfices des réglementations anti-tabac sont rapportés. Les retours d'expérience d'initiatives nord-américaines (villes de Ottawa et New-York par exemple) sont décrits afin d'en dégager les conditions de réussite de la mise en œuvre des politiques de restriction de l'usage du tabac.

---

<sup>7</sup> Les premières valeurs guides de QAI canadiennes ont été publiées en 1987.

Par ailleurs, l'INSPQ a publié en juillet 2006 un rapport complet sur **la ventilation des logements et la santé** [INSPQ, 2006-b]. Après la description des principes techniques de la ventilation et le rappel de la réglementation en vigueur au Canada et au Québec, une revue exhaustive des études relatives aux effets de la ventilation des bâtiments d'habitation sur la santé respiratoire des occupants est fournie ; 75 études ont répondu aux critères d'inclusion à l'analyse approfondie. Le recensement des études sur les liens directs et indirects (concentration en allergènes d'acariens, en moisissures, en COV) de la ventilation sur la santé est enrichi de l'examen des travaux consacrés aux bâtiments publics et aux immeubles de bureaux. Les effets néfastes de la ventilation (défiance de la maintenance notamment) sont également répertoriés. Cette revue bibliographique montre que les études ayant examiné le lien direct ventilation – santé tendent à démontrer une tendance à la diminution des symptômes respiratoires et d'allergie des enfants avec l'amélioration de la ventilation, sans que pour autant un seuil minimal de taux de renouvellement d'air ne puisse être établi formellement. En deçà de  $0,5 \text{ h}^{-1}$ , un lien avec des effets sur la santé respiratoire est suggéré par les études. S'agissant des études indirectes, les auteurs estiment que les relations entre la ventilation et les concentrations intérieures en COV ou en moisissures sont trop peu documentées et que la relation avec l'asthme (relation ventilation / acariens / asthme) a été traitée uniquement dans les pays scandinaves et mériterait d'être étudiée dans d'autres pays.

## **4. CONCLUSION**

L'année 2006 a été, à l'instar des années précédentes, une année riche en études permettant de mieux documenter la pollution intérieure et de mieux comprendre ses déterminants et les expositions humaines associées.

En France, la publication des résultats de la campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur ouvre des perspectives importantes, tant en termes de recherche, que de mesures de gestion et de recommandations à mettre en œuvre. De façon générale, les besoins de recherche sont encore très importants compte tenu de toutes les composantes de la problématique. Néanmoins des actions de gestion peuvent d'ores et déjà être mises en place et l'ont été en 2006.

Au niveau international, **des axes communs de recherche et d'action** font jour ou se confirment par rapport aux années précédentes : on peut citer les émissions des matériaux de construction et de décoration, et dans une moindre mesure des produits de consommation courante, ainsi que les réactions chimiques secondaires mises en jeu dans l'environnement intérieur et pouvant générer des composés secondaires tout aussi préjudiciables pour la santé des occupants que les polluants primaires. L'élaboration de valeurs guides de QAI, bien que controversée, car ne répondant pas à tous les besoins de gestion et dont la mise en œuvre effective apparaît difficile dans l'ensemble des environnements clos fréquentés au quotidien, se poursuit (Canada) ou se met en place auprès d'instances internationales, comme l'Organisation mondiale de la santé.

**La place de la qualité de l'air intérieur dans des problématiques plus globales** aux enjeux sanitaires, économiques et sociaux importants, comme celles du bâtiment durable, de la performance énergétique des bâtiments (liée directement au changement climatique) ou de la précarité énergétique, est désormais évidente et de plus en plus souvent évoquée.

## **5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**AFSSET (2006)** Risques sanitaires liés aux émissions de composés organiques volatils par les produits de construction et d'aménagement intérieur, Procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de composés organiques volatils et de formaldéhyde et de critères sanitaires, Contribution à l'Action 15 du Plan national santé environnement, Saisine AFSSET N°2004/011. <http://www.afsset.fr/>

**ASPA (2006)** Suivi de la qualité de l'air en atmosphère intérieure dans les locaux de l'INSA - Bibliothèque, Mesures du 27 au 29 mars et du 14 au 16 juin 2006 ; ASPA 06063001-I-D. <http://www.atmo-alsace.net/>

**ATMO NPC (2006)** Campagnes de mesures de la qualité de l'air, Étude réalisée à l'intérieur et aux abords des gares de Lille du 15/11/2005 au 15/01/2006, ATMO Nord-Pas de Calais, rapport référencé N°03-2006-IC

**ATMO PC (2006)** Étude de la qualité de l'air à l'intérieur du Parking Carnot à Poitiers, Résultats de l'étude menée en 2005, Comparaison avec 2004, Révélat E., ATMO Poitou-Charentes, rapport référencé DI 05-010. <http://www.atmo-poitou-charentes.org/>

**BISE (2006)** Le radon dans l'environnement intérieur – État de la situation au Québec, Bulletin d'information en santé environnementale, Volume 17(1). <http://www.inspq.qc.ca/pdf/bulletins/bise/bise-17-1.pdf>

**Cal-EPA (2006-a)** Indoor Air Chemistry: Cleaning Agents, Ozone and Toxic Air Contaminants, Final Report: contract N° 01-336, Nazaroff W.W., Coleman K., Destailhats H., Hodgson A.T., Liu D.L., Lunden M.M., Singer B.C. and Weschler C.J. <http://www.arb.ca.gov/research/abstracts/01-336.htm>

**Cal-EPA (2006-b)** Evaluation of Ozone Emissions From Portable Indoor « Air Cleaners » That Intentionally Generate Ozone, Staff Technical Report to the California Air Resources Board, California Environmental Protection Agency. <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/ozone.htm>

**CSHPF (2006)** Contaminations fongiques des environnements intérieurs, Diagnostic, Effets sur la santé respiratoire, Conduites à tenir, Conseil supérieur d'hygiène publique de France, Groupe de travail « Moisissures dans l'habitat ». <http://www.sante.gouv.fr>

**ECA (2006)** Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU, Inventory of existing schemes, Report N°24, European Collaborative Action, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, European Commission, EUR 21891. [http://www.inive.org/medias/ECA/ECA\\_Report24.pdf](http://www.inive.org/medias/ECA/ECA_Report24.pdf)

**ELI (2006)** Environmental Law Institute Database of State Indoor Air Quality Laws, Database Excerpt: IAQ in Schools. Updated, Environmental Law Institute, Washington, DC. [http://www.elistore.org/reports\\_detail.asp?ID=11108](http://www.elistore.org/reports_detail.asp?ID=11108)

**HABITAIR NPC (2006)** Connaissance de la qualité de l'air intérieur en région Nord – Pas de Calais, Phase 1 du programme HABIT'AIR Nord-Pas de Calais, Comité départemental d'habitat et d'aménagement rural du Nord-Pas de Calais, CDHR-62. <http://www.lairvudelinterieur.fr>

**IGA (2006)** Bilan de la réglementation « amiante dans les bâtiments », rapport N° 2006 047, Inspection générale de l'administration, Inspection générale des affaires sociales et Conseil général des ponts et chaussées

**INSPQ (2006-a)** La fumée de tabac secondaire, Effets sur la santé et politiques de contrôle de l'usage du tabac dans les lieux publics, Guérin D., Guyon L., Fournier M. *et al.*, Institut national de santé publique du Québec, ISBN 2-550-47278-0. <http://www.inspq.qc.ca>

**INSPQ (2006-b)** La ventilation des bâtiments d'habitation : impacts sur la santé respiratoire des occupants, Lajoie P., Leclerc J-M. et Schnebelen M., Institut national de santé publique du Québec, ISBN 2-550-47398-1. <http://www.inspq.qc.ca>

**InVS (2006-a)** Le radon en Corse. <http://www.invs.sante.fr>

**InVS (2006-b)** Une épidémie de syndromes des bâtiments malsains parmi le personnel de la mairie de Villejuif (2004-2005), Rapport d'investigation, DDASS du Val-de-Marne, CIRE Ile-de-France, Mairie de Paris et Institut de veille sanitaire. <http://www.invs.sante.fr>

**JRC (2006)** A review of Source Apportionment Techniques and Marker Substances Available for Identification of Personal Exposure, Indoor and Outdoor Sources of Chemicals, EUR 22349 EN.

[http://www.jrc.cec.eu.int/pce/documentation/eur\\_reports/EUR\\_22349\\_EN\\_2006.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/documentation/eur_reports/EUR_22349_EN_2006.pdf)

**Marchand C., Bulliot B., Le Calvé S. et Mirabel P. (2006)** Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg, France, Atmospheric Environment, 40: 1336-1345

**NIST (2006)** National Institute of Standards and Technology, Database Tools for Modeling Emissions and Control of Air Pollutants from Consumer Products, Cooking, and Combustion, Howard-Reed C., Polidoro B. and Gaithersburg M.D. <http://www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis/>

**NRC (2006)** Green schools: Attributes for Health and Learning, Committee to Review and Assess the Health and Productivity Benefits of Green Schools, National Research Council, ISBN 978-0-309-10286-5. <http://www.nap.edu/catalog/11756.html>

**OQAI (2006-a)** Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français, Rapport final référencé DDD/SB-2006-57, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Kirchner S., Arenes J-F., Cochet C. *et al.* <http://www.air-interieur.org>

**OQAI (2006-b)** Lieux de vie fréquentés par les enfants : typologie et qualité de l'air intérieur, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Jédor B., Ribéron J., Mandin C., Derbez M. et Kirchner S., Rapport référencé DDD/SB 2006-56. <http://www.air-interieur.org>

**Révélât E. (2006)** Contribution des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air à une meilleure connaissance de la qualité de l'air intérieur, Pollution Atmosphérique N°192

**Santé Canada (2006)** Rapport sur l'élaboration d'une nouvelle ligne directrice canadienne sur le radon préparé par le groupe de travail sur le radon, présenté au comité de radioprotection fédéral-provincial-territorial, rev. 2006-03-10.

**WHO (2006)** Development of WHO guidelines on indoor air quality, Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 23-24 October 2006, World Health Organization, Regional Office for Europe .

[http://www.euro.who.int/Document/AIQ/IAQ\\_mtgrep\\_Bonn\\_Oct06.pdf](http://www.euro.who.int/Document/AIQ/IAQ_mtgrep_Bonn_Oct06.pdf)

## **6. LISTE DES ANNEXES**

<b>Repère</b>	<b>Désignation</b>	<b>Nombre de pages</b>
Annexe 1	Synthèse des résultats de la campagne nationale « Logement » de l'OQAI, 2003-2005 [OQAI, 2006]	3





**ANNEXE 1 :**  
**Synthèse des résultats de la campagne nationale « Logement » de  
l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur**

Ces travaux sont extraits du rapport de l'OQAI : « Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français, Rapport final référencé DDD/SB-2006-57, Kirchner S., Arenes J-F., Cochet C. *et al.*, Novembre 2006, 165 pages », consultable en intégralité sur le site web de l'OQAI : <http://www.air-interieur.org>

• **Composés organiques volatils (COV)**

	Lieu	% de données pondérées < limite de détection	Médiane <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	P95 <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	% ratios C <sub>int</sub> /C <sub>ext</sub> <sup>3</sup> ≥ 1
Acétaldéhyde	Int	0,0	<b>11,6</b> [10,8-12,3]	30,0 [26,7-35,1]	99,6
	ext	1,1	<b>1,3</b> [1,2-1,3]	3,0 [2,6-3,1]	
Acroléine	Int	0,6	<b>1,1</b> [1,0-1,2]	3,4 [2,9-3,8]	98,1
	ext	18,1	< LQ (=0,3)	0,5 [0,4-0,6]	
Formaldéhyde	Int	0,0	<b>19,6</b> [18,4-21,0]	46,6 [40,8-55,1]	100,0
	ext	0,5	<b>1,9</b> [1,8-2,0]	3,6 [3,4-4,2]	
Hexaldéhyde	Int	0,0	<b>13,6</b> [12,6-14,7]	50,1 [37,6-55,4]	100,0
	ext	18,6	<b>0,5</b> [0,4-0,5]	1,4 [1,1-1,7]	
Benzène	Int	1,4	<b>2,1</b> [1,9-2,2]	7,2 [6,3-9,4]	90,9
	ext	6,5	< LQ (=1,1)	2,9 [2,5-3,4]	
	garage	0,8	<b>4,4</b> [3,5-6,4]	18,6 [12,6-21,6]	
1,4-dichlorobenzène	Int	1,9	<b>4,2</b> [3,7-4,8]	150,0 [96,5-341,0]	95,6
	ext	5,7	<b>1,8</b> [1,6-1,9]	4,3 [3,5-5,5]	
	garage	6,9	<b>2,2</b> [1,8-2,5]	18,1 [8,0-40,0]	
Ethylbenzène	Int	0,3	<b>2,3</b> [2,1-2,5]	15,0 [9,2-18,2]	95,5
	ext	6,2	<b>1,0</b> [1,0-1,1]	2,6 [2,3-3,0]	
	garage	1,2	<b>18,0</b> [13,9-26,4]	137,0 [109,0-155,0]	
n-Décane	Int	0,7	<b>5,3</b> [4,8-6,2]	53,0 [38,6-83,9]	94,4
	ext	4,1	<b>1,9</b> [1,8-2,1]	6,4 [5,3-9,8]	
	garage	0,0	<b>10,8</b> [7,3-14,0]	213,0 [88,3-257,0]	
n-Undécane	Int	0,6	<b>6,2</b> [5,6-7,1]	72,4 [45,2-93,2]	94,1
	ext	12,5	<b>1,8</b> [1,6-2,0]	7,0 [5,5-9,5]	
	garage	1,0	<b>8,6</b> [5,6-11,0]	106,0 [65,7-115,0]	
Styrène	Int	1,9	<b>1,0</b> [0,9-1,0]	2,7 [2,2-3,1]	95,2
	ext	8,6	<b>0,4</b> [0,3-0,4]	0,7 [0,7-0,8]	
	garage	2,8	<b>1,2</b> [0,9-1,6]	9,3 [4,6-11,4]	
Tétrachloro éthylène	Int	15,7	<b>1,4</b> [1,2-1,6]	7,3 [6,0-11,5]	77,1
	ext	21,4	< LQ (=1,2)	3,9 [2,7-4,3]	
	garage	41,0	< LQ (=1,2)	2,5 [1,5-4,9]	
Toluène	Int	0,0	<b>12,2</b> [11,4-13,7]	82,9 [57,7-115,0]	96,2
	ext	0,5	<b>3,5</b> [3,3-3,8]	12,9 [10,8-14,8]	
	garage	0,0	<b>110,4</b> [67,6-157,0]	677,0 [426,0-789,0]	

<sup>1</sup> 50% des logements ont des teneurs inférieures ou supérieures à cette valeur

<sup>2</sup> 95% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur

<sup>3</sup> Ratio C<sub>int</sub>/C<sub>ext</sub> = rapport de la concentration intérieure sur la concentration extérieure

	Lieu	% de données pondérées < limite de détection	Médiane (µg/m <sup>3</sup> )	P95 (µg/m <sup>3</sup> )	% ratios C <sub>int</sub> /C <sub>ext</sub> ≥ 1
Trichloroéthylène	Int	17,1	1,0 [<LQ-1,1]	7,3 [5,1-16,1]	68,4
	ext	23,0	< LQ (=1,0)	2,3 [1,8-2,8]	
	garage	38,8	< LQ (=1,0)	12,8 [1,7-29,3]	
1,2,4-triméthylbenzène	Int	0,5	4,1 [3,7-4,4]	21,2 [15,7-25,7]	95,9
	ext	1,9	1,4 [1,3-1,4]	4,1 [3,6-5,3]	
	garage	0,0	18,7 [13,2-29,2]	149,0 [110,0-164,0]	
m/p-Xylène	Int	0,0	5,6 [5,1-6,0]	39,7 [27,1-56,4]	92,5
	ext	3,7	2,4 [2,3-2,7]	7,1 [6,1-8,3]	
	garage	1,2	58,9 [38,5-81,2]	454,0 [321,0-530,0]	
o-Xylène	int	0,1	2,3 [2,1-2,5]	14,6 [10,5-19,5]	92,1
	ext	4,6	1,1 [1,0-1,2]	2,7 [2,4-3,2]	
	garage	1,2	20,8 [14,2-27,9]	166,0 [121,0-188,0]	
2-butoxyéthanol	Int	17,0	1,6 [<LQ-1,8]	10,3 [7,0-12,7]	82,6
	ext	91,3	< LD (=0,4)	< LQ (=1,5)	
	garage	58,2	< LD (=0,4)	2,7 [2,0-4,5]	
2-butoxyéthylacétate	Int	97,7	< LD (=0,3)	< LD (=0,3)	2,5
	ext	97,9	< LD (=0,3)	< LD (=0,3)	
	garage	98,3	< LD (=0,3)	< LD (=0,3)	
1-méthoxy-2-propanol	Int	15,1	1,9 [<LQ-2,3]	17,5 [13,1-20,4]	84,4
	ext	94,3	< LD (=0,5)	< LQ (=1,8)	
	garage	51,2	< LD (=0,5)	9,1 [2,4-13,0]	
1-méthoxy-2-propylacétate	Int	77,3	< LD (=0,7)	2,3 [<LQ-2,8]	22,1
	ext	97,0	< LD (=0,7)	< LD (=0,7)	
	garage	90,6	< LD (=0,7)	< LQ (=2,2)	

- **Monoxyde de carbone**

	Lieu	Médiane (ppm)	P95 (ppm)
moyenne glissante sur 15 minutes	Pièces principales	2,9 [1,9-2,9]	15,3 [12,4-22,0]
	Autres pièces	6,0 [4,8-7,0]	37,2 [22,3-54,4]
	Annexes	3,8 [1,7-5,3]	53,1 [28,2-94,4]
moyenne glissante sur 30 minutes	Pièces principales	2,7 [2,1-3,0]	14,3 [11,4-19,1]
	Autres pièces	4,9 [3,9-5,9]	27,4 [18,3-49,2]
	Annexes	3,3 [1,5-4,9]	36,2 [21,7-78,0]
moyenne glissante sur 1 heure	Pièces principales	2,0 [1,6-15,2]	13,1 [9,5-15,2]
	Autres pièces	3,9 [3,0-4,7]	21,1 [14,4-36,3]
	Annexes	3,0 [0,9-3,8]	30,2 [18,0-67,4]
moyenne glissante sur 8 heures	Pièces principales	0,5 [0,4-0,9]	6,3 [4,8-8,1]
	Autres pièces	1,3 [0,9-1,9]	9,5 [5,0-19,2]
	Annexes	0,7 [0,1-1,3]	10,5 [5,2-13,9]

Pièces principales : chambre, salon, séjour, bureau, studio, cuisine américaine ;

Autres pièces : cuisine, salle de bain, WC, circulations intérieures du logement ;

Annexes : cave, chaufferie, débarras, véranda, buanderie, garage communiquant avec le logement.

- Composés biologiques :

	Limite de quantification (LQ)	Lieu	% données pondérées < LQ	Médiane	P95
allergènes de chats Fel d 1	0,18 ng/m <sup>3</sup>	séjour	74,6	< LQ	2,7 ng/m <sup>3</sup> [1,3-5,8]
allergènes de chiens Can f 1	1,02 ng/m <sup>3</sup>	séjour	90,7	< LQ	1,6 ng/m <sup>3</sup> [1,1-2,5]
allergènes d'acariens Der f 1	0,01 µg/g	matelas	3,1	<b>2,2 µg/g</b> [1,3-3,7]	83,6 µg/g [46,4-103,0]
allergènes d'acariens Der p 1	0,02 µg/g	matelas	7,9	<b>1,6 µg/g</b> [1,2-2,1]	36,2 µg/g [23,1-41,5]

- Paramètres physiques :

	Unité	Lieu	Médiane	P95
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Séjour	<b>31,3</b> [28,2-34,4]	182,0 [119,0-214,0]
PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Séjour	<b>19,1</b> [17,2-20,7]	132,0 [88,3-174,0]
Radon	Bq/m <sup>3</sup>	Pièces de sommeil	<b>31,0</b> (avec et sans correction des variations saisonnières)	220 avec correction des variations saisonnières (225 sans correction)
		Autres pièces	<b>33,0</b> (avec et sans correction des variations saisonnières)	194 avec correction des variations saisonnières (214 sans correction)
Gamma	µSv/h	Séjour	<b>0,062</b> [0,058-0,064]	0,122 [0,109-0,125]