



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Etude n°18 - Missions diverses du LCSQA

(Rapport 2/2)

Mission permanente du LCSQA Qualité de l'air intérieur : quoi de neuf en 2004 ?

Novembre 2004
Convention : 04000087

Corinne MANDIN





Mission permanente du LCSQA

« Qualité de l'air intérieur : quoi de neuf en 2004 ? »

Rapport final

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

Convention n°04000087

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

Etude 18 – Rapport 2/2

NOVEMBRE 2004

CORINNE MANDIN

Ce document comporte 19 pages (hors couverture et annexe).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Corinne MANDIN	Martine RAMEL	André CICOLELLA
Qualité	Ingénieur Unité ERS Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA Direction des Risques Chroniques	Responsable Unité ERS Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	3
2. LES ENSEIGNEMENTS DE LA VEILLE SCIENTIFIQUE REALISEE PAR LE RESEAU RSEIN	4
2.1 Présentation du réseau RSEIN	4
2.2 Enseignements de la veille scientifique relative à la QAI	5
3. RECHERCHE : AVANCEES RELATIVES A LA QAI EN FRANCE.....	6
3.1 Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur	6
3.2 Programme Habit'Air	6
3.3 La QAI dans le programme de recherche PRIMEQUAL.....	6
3.4 Quelques thèses.....	8
4. GESTION : EVOLUTION DES POLITIQUES PUBLIQUES ET DE LA REGLEMENTATION EN FRANCE EN 2004	9
4.1 La place de la QAI dans le Plan National Santé Environnement.....	9
4.2 Évolution de la réglementation	10
4.3 Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.....	12
4.4 Actions publiques pour la lutte contre le saturnisme infantile.....	12
5. PUBLICATIONS.....	13
5.1 Le Guide de l'Habitat Sain, 2 ^{ème} édition	13
5.2 Les cahiers de la QAI N°1	13
5.3 L'air, sous la direction de Denis Charpin	13
6. TRAVAUX MENES A L'ECHELLE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE	14
6.1 Travaux de l'Organisation Mondiale de la Santé.....	14
6.2 Travaux européens	15
6.3 Travaux américains	15
6.4 Congrès international de l'ISEA	16
7. CONCLUSION.....	18
8. REFERENCES	19

1. INTRODUCTION

A l'heure où en France, la problématique de la qualité de l'air intérieur suscite de plus en plus d'intérêt et où la première campagne nationale de l'Observatoire français de la Qualité de l'Air Intérieur a atteint la mi-parcours de son objectif de 700 logements enquêtés, il apparaît intéressant :

- de rassembler dans un même document un inventaire des travaux français de recherche et d'évaluation, et un bilan des actions de gestion menées simultanément par les pouvoirs publics ;
- de suivre parallèlement les travaux rapportés dans la littérature scientifique internationale, aussi bien en terme de recherche, que d'évaluation et de gestion, et d'en extraire les éléments nouveaux.

C'est l'objectif du présent document qui reprend les travaux de l'année 2004. En effet, cette dernière a vu se confirmer la place croissante qu'occupe désormais la qualité de l'air intérieur dans la recherche, dans l'opinion publique (sensibilisation alimentée par les campagnes très médiatisées de l'UFC¹) et dans la prise en compte par les politiques publiques (Plan National Santé Environnement). Les éléments jugés marquants ou intéressants pour les acteurs du domaine sont ainsi compilés.

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

L'acronyme QAI largement utilisé dans ce document renvoie à la Qualité de l'Air Intérieur.

¹ UFC : Union Française des Consommateurs, qui publie le magazine Que choisir ?

2. LES ENSEIGNEMENTS DE LA VEILLE SCIENTIFIQUE REALISEE PAR LE RESEAU RSEIN

2.1 PRESENTATION DU RESEAU 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), a vocation à rassembler 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'Ecologie 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, 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>)² 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...).

Le réseau RSEIN a également vocation à organiser des journées scientifiques annuelles. En 2003, une journée s'était tenue sur la pollution particulaire et l'air intérieur³. Le 4 juillet 2005, une journée sur le thème de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et crèches est d'ores et déjà prévue grâce à un financement de l'ADEME.

² Un lien est permis à partir du site web du LCSQA vers le site du réseau RSEIN.

³ Présentations Power Point des conférenciers en lien sur le site web du réseau RSEIN.

2.2 ENSEIGNEMENTS DE LA VEILLE SCIENTIFIQUE RELATIVE A LA QAI

Comme les années précédentes⁴, il ressort de la veille scientifique menée par le réseau RSEIN un nombre toujours croissant et une très grande richesse des publications scientifiques. Celles-ci proviennent d'équipes de recherche présentes partout dans le monde, avec des spécificités régionales naturellement (études de la QAI dans les bâtiments climatisés à Singapour, impacts des modes de cuisson traditionnels en Chine, QAI dans les logements préfabriqués de plus en plus nombreux aux Etats-Unis, ...). Les publications françaises dans les revues internationales restent peu nombreuses. En terme de substances mesurées, on peut noter l'intérêt croissant pour les composés organiques semi-volatils (pesticides, retardateurs de flamme émis par exemple par les équipements bureautiques [Bako-Biro, 2004] [Afshari, 2004], hydrocarbures aromatiques polycycliques, ...). La fumée de tabac environnementale, même si elle peut paraître déjà bien connue, fait l'objet d'un nombre de publications non négligeable. Les métaux restent encore très peu étudiés.

Concernant les lieux de vie investigués, ceux-ci sont extrêmement divers, mais la plupart des études demeurent toujours celles menées dans les logements, les bureaux et les écoles [Shendell, 2004] [Wady, 2004] [Herrick, 2004]. Pour les autres micro-environnements, des données existent, mais ne sont pas très nombreuses.

Pour ce qui relève des effets sanitaires, les pathologies respiratoires (sifflement des enfants par exemple, corrélé à des expositions intérieures aux polluants des appareils de chauffage en bas âge) et de type allergique (asthme principalement) restent les plus rapportées dans la littérature [Gustafsson, 2004]. Les impacts sanitaires liés aux expositions aux substances cancérogènes sont à ce jour peu quantifiés : seul un rapport publié par l'Etat de Californie (voir chapitre 6.3) propose une quantification des cas de cancer supplémentaires attribuables à des expositions intérieures.

Pour terminer, il convient de rapporter les travaux de plus en plus nombreux menés pour quantifier les impacts de la dégradation de la qualité de l'air intérieur sur la productivité au travail (nombre de jours d'absence, perte d'efficacité pour des tâches courantes de calcul ou de frappe sur ordinateur, ...).

Pour le lecteur souhaitant approfondir les points évoqués précédemment, le supplément 2004 de la revue *Indoor Air* publiée par l'*International Society of Indoor Air Quality* (ISIAQ), propose des articles de synthèse très complets (références fournies au chapitre 8).

⁴ La veille RSEIN est menée depuis avril 2001.

3. RECHERCHE : AVANCEES RELATIVES A LA QAI EN FRANCE

3.1 OBSERVATOIRE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

L'année 2004 a permis la finalisation des outils et procédures de la campagne nationale : guide à destination des techniciens enquêteurs, optimisation de la récupération des flux d'informations et de la base de données, déploiement en région, ...

L'année 2004 a surtout permis l'avancement conséquent de la campagne nationale : une quarantaine de polluants sont mesurés et des données relatives à l'habitat et aux habitudes de vie de ses occupants sont collectées dans plus de 700 logements français tirés au sort pour fournir un échantillon représentatif du parc de logements français⁵. Cette campagne nationale, qui est en cours depuis le 1^{er} octobre 2003, se poursuivra jusqu'à fin 2005. En l'attente des données complètes, donc représentatives, aucun résultat intermédiaire n'est fourni par le CSTB, qui est l'opérateur de l'observatoire.

Des études et recherches sont également menées en parallèle : développement des méthodes d'échantillonnage passif des COV dans l'air intérieur, méthodes d'estimation des expositions, méthodes d'évaluation du renouvellement d'air et des risques de condensation, hiérarchisation des polluants de l'air intérieur (poursuite du travail entrepris en 2002 par l'intégration de nouveaux polluants).

3.2 PROGRAMME HABIT'AIR

Grâce à des financements de la Région Nord Pas de Calais et de l'ADEME, des mesures seront réalisées, dans le cadre du programme Habit'Air, dans une soixantaine de logements de la région répartis en 3 catégories (logements insalubres, habitations sans problème spécifié et constructions HQE, Haute Qualité Environnementale). Cette étude, pour laquelle 2004 a été l'année de lancement et de recherche des participants, viendra compléter la campagne nationale de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur. Différents types de logements seront comparés, ce qui apportera un éclairage nouveau. En outre, l'étude de la qualité de l'air intérieur dans des constructions HQE sera l'une des premières (si ce n'est la première) réalisées en France à ce jour.

3.3 LA QAI DANS LE PROGRAMME DE RECHERCHE PRIMEQUAL

Le programme PRIMEQUAL est un programme de recherche interdisciplinaire financé par les ministères de l'écologie et de la recherche, visant à l'étude de la pollution atmosphérique à l'échelle locale. Depuis plusieurs années, il finance des sujets très variés et comprend quelques projets relatifs à la qualité de l'air intérieur.

⁵ Le descriptif précis de la campagne nationale (paramètres mesurés notamment) est fourni sur le site web : <http://www.air-interieur.org>

3.3.1 Exposition aux aldéhydes et rôle dans l'asthme

Les Hôpitaux Universitaires de Strasbourg mènent des travaux au laboratoire de pneumo-allergologie pour caractériser les expositions aux aldéhydes et leur rôle dans l'asthme. Cette étude est divisée en 3 parties :

- une campagne de mesures des aldéhydes au domicile de 300 personnes (150 asthmatiques et 150 sujets "sains"), ainsi que dans les micro-environnements qu'ils fréquentent ;
- 6 séries d'exposition au formaldéhyde (à des concentrations de 60 à 600 μm^3) de 30 volontaires en chambre d'exposition (7 m^3) ;
- une étude clinique visant à mettre en évidence le rôle de co-facteur potentiel du formaldéhyde dans la réponse bronchique à l'allergène.

A l'heure où l'Organisation Mondiale de la Santé vient de classer en juin 2004 le formaldéhyde cancérigène de classe 1 (cancérogénicité avérée pour l'homme), il apparaît effectivement indispensable d'acquérir de nouvelles données quant aux expositions au formaldéhyde de la population française et à leurs effets sanitaires, notamment leur contribution à l'exacerbation et à l'aggravation de l'asthme.

3.3.2 Ozone, air intérieur et santé

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) développe un programme de recherche dédié à l'étude du comportement de l'ozone dans les environnements intérieurs et à l'étude plus particulièrement des interactions entre l'ozone et les surfaces intérieures. Le travail d'une thèse, terminée en 2004, reposait d'une part sur des expériences sur banc d'essai dans le but de comprendre les mécanismes réactionnels, et d'autre part, sur des mesures *in situ* (dans la maison expérimentale MARIA du CSTB) pour caractériser l'impact de l'ozone sur les concentrations en COV dans l'air intérieur. Ces travaux s'inscrivent complètement dans la tendance des publications récentes ayant pour objectif de décrire les pollutions secondaires de l'air intérieur. En effet, si des concentrations nulles sont mesurées dans l'intérieur, cela ne traduit pas la non-pénétration de ce polluant dans les habitats, mais plutôt le fait que celui-ci est très réactif et donne naissance rapidement à des composés secondaires gazeux ou particulaires après réaction avec les matériaux ou d'autres polluants de l'air intérieur comme les terpènes, émis par les produits d'entretien (les terpènes contribuent au parfum de ces produits). Alors que la pollution photochimique à l'ozone focalise tout particulièrement l'attention des acteurs français de la qualité de l'air, ces travaux apportent des éléments nouveaux à la problématique de l'ozone. Il n'en demeure pas moins que les recommandations en cas de pic de pollution à l'ozone restent bien de rester chez soi, et tout particulièrement pour les personnes sensibles (enfants et personnes âgées).

3.3.3 Echantillonnage passif des éthers de glycol

L'Ecole des Mines de Douai a débuté en 2004 le programme de recherche mis en œuvre pour l'échantillonnage passif des éthers de glycol dans l'air intérieur (tube à diffusion Radiello). Dans une 1^{ère} phase, des tests en chambre d'exposition seront conduits afin de tester les paramètres de sensibilité, les incertitudes de mesures et les conditions de conservation des échantillons. Dans une 2^{nde} phase, ces tubes seront testés dans le cadre de la campagne Habit'Air évoquée précédemment (chapitre 3.2).

3.4 QUELQUES THESES

Une thèse de doctorat relative à l'appréciation de **l'efficacité de la ventilation pour l'étude de la qualité de l'air intérieur** a été soutenue au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment le 22 octobre dernier par Jean-Jacques Ake Akoua. Cette thèse a principalement étudié l'influence de la ventilation sur la qualité de l'air dans les locaux. En effet, un système de ventilation assure efficacement un air intérieur de qualité s'il permet d'éliminer les polluants intérieurs et s'il garantit un apport d'air neuf satisfaisant. Dans le cadre de cette thèse, l'efficacité de la ventilation a été analysé en environnement réel contrairement à la majorité des travaux de recherches qui étudie ce concept dans des cellules d'essais où toutes les conditions limites thermoaérauliques sont imposées. Le premier objectif de la thèse était de comparer les résultats numériques (codes CFD) et les données de terrain afin de vérifier la bonne cohérence des deux et d'identifier les paramètres déterminants pour les codes de calcul. Il a été ainsi noté l'influence de la perméabilité du bâti, alors que parallèlement, il est difficile d'identifier dans un bâtiment réel les défauts d'étanchéité et leurs débits d'infiltration d'air respectifs. Dans un tel cas, un modèle simplifié a été proposé pour tenir compte de cette perméabilité dans les prédictions numériques de distributions de polluants dans les locaux ventilés. Dans un deuxième temps, une analyse critique des indices d'appréciation de l'efficacité d'élimination de polluants a été réalisée. Il a ainsi été montré que l'indice d'appréciation de l'efficacité d'élimination de polluants ε_C recommandé par l'Agence Internationale de l'Énergie, n'est pas adapté pour comparer l'efficacité de systèmes ayant des débits de ventilation différents. Pour de tels cas, une nouvelle formulation de cet indice a été proposée. Par ailleurs, à l'heure où les questions d'efficacité énergétique des bâtiments sont très souvent évoquées, une analyse couplée de ce nouvel indice et du rapport du débit de ventilation a permis d'apprécier l'efficacité d'élimination de polluants en tenant compte de l'impact énergétique de la ventilation. Enfin, puisque le choix de l'indice d'appréciation de l'efficacité de la ventilation dépend également de la nature du polluant considéré et de sa concentration, un outil d'aide à la décision pratique d'utilisation a été proposé pour simplifier la comparaison de l'efficacité d'élimination de polluants des systèmes de ventilation.

Dans un domaine tout à fait différent, une autre thèse du CSTB (département climatologie, aérodynamique, pollution et épuration, de l'antenne de Nantes), soutenue par Gaëlle Bulteau, s'est intéressée aux **facultés d'épuration des plantes présentes dans les environnements clos**. Cette thèse soutenue en décembre voit son travail se poursuivre en partenariat avec la faculté de pharmacie de Lille.

4. GESTION : EVOLUTION DES POLITIQUES PUBLIQUES ET DE LA REGLEMENTATION EN FRANCE EN 2004

4.1 LA PLACE DE LA QAI DANS LE PLAN NATIONAL SANTE ENVIRONNEMENT

Le Plan National Santé Environnement (PNSE) français 2004-2008 a été rendu public en juin 2004. Trois objectifs prioritaires sont mis en avant par ce premier plan français cosigné par les ministères de la santé, de l'écologie, du travail et de la recherche :

- garantir un air et une eau de bonne qualité ;
- prévenir les pathologies d'origine environnementale, notamment les cancers ;
- mieux informer le public et protéger les populations sensibles (enfants et femmes enceintes).

Le PNSE 2004-2008 est structuré en 5 parties, rappelant le contexte de l'élaboration du PNSE, le diagnostic de la commission d'orientation constituée à cette occasion, les principes et la structure du plan et présentant les **45 actions, dont 12 prioritaires**, et le suivi de leur mise en œuvre. **Un certain nombre des actions présentées concernent plus particulièrement la qualité de l'environnement intérieur**, à savoir :

- “réduire de 30% la mortalité par intoxication au monoxyde de carbone”, cause d'environ 300 décès et 6 000 intoxications annuellement en France, par la mise en œuvre d'un nouveau système de surveillance, par un cadre réglementaire fixant les exigences à respecter (décret à paraître en 2005) et par un renforcement de l'information et de la prévention ;
- “mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur (QAI) et renforcer la réglementation” par la pérennisation des travaux de l'observatoire de la qualité de l'air intérieur qui serviront de base à la promulgation de mesures de prévention, à l'établissement d'indices de la QAI et à la création d'un espace de communication dédié au bâtiment et à la QAI (*action considérée comme prioritaire*) ;
- “mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction” en cohérence avec les actions européennes en cours et compilées dans une base de données (action considérée comme prioritaire ; taux d'étiquetage de 50% à atteindre d'ici 2010) ;
- “améliorer l'information des acquéreurs et des futurs locataires de biens immobiliers sur leurs principales caractéristiques techniques”, notamment par la création d'un document unique regroupant tous les diagnostics réalisés, dont les procédures seront par ailleurs homogénéisées ;
- “réduire l'exposition au radon dans les bâtiments à usage d'habitation et mieux évaluer le risque” dans la continuité des actions entreprises depuis 1998 dans les établissements recevant du public pour réduire les expositions sous le seuil réglementaire de 400 Bq/m³ ;
- “limiter l'exposition de la population aux fibres minérales artificielles” en interdisant la mise sur le marché de celles classées cancérigènes par le Centre International de Recherche sur le Cancer ;

- “protéger la santé des populations vivant en habitat insalubre” par la suppression ou la réhabilitation de 20 000 logements insalubres par an, dont le nombre total en France se situe entre 400 000 et 600 000 ;
- “améliorer la prévention du saturnisme infantile”, entre autres par des expertises plomb systématiques lors de la vente ou de la mise en location de logements construits avant 1949 et lors d’enquêtes d’insalubrité, et par des actions auprès des propriétaires d’habitats où subsistent des peintures au plomb.

D’autres actions concernent plus ou moins la qualité de l’environnement intérieur comme l’amélioration de l’information sur la prévention de l’asthme et des allergies passant notamment par le développement du métier de conseiller en environnement intérieur, et la mise en place d’indicateurs de qualité pour les bâtiments accueillant des enfants. De manière générale, l’approfondissement des connaissances relatives aux effets sanitaires des substances chimiques, le développement des potentiels de recherche et d’expertise, l’amélioration des systèmes de veille, de formation et de communication contribueront également au développement de la thématique de l’environnement intérieur.

Le texte intégral du PNSE 2004-2008 est téléchargeable sur les sites Internet des Ministères engagés.

4.2 ÉVOLUTION DE LA REGLEMENTATION

4.2.1 Radon

Le cadre réglementaire relatif au risque lié à la présence de radon dans les bâtiments est en pleine évolution. La publication de deux textes dans le courant de l’été 2004 est ainsi à signaler : **arrêté du 22 juillet 2004** relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public (Journal Officiel du 11 août 2004) et **arrêté du 20 août 2004** portant agrément d’organismes habilités à procéder aux mesures d’activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public (Journal Officiel du 28 août 2004).

Avec la publication de l’arrêté du 22 juillet 2004, la Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection achève le nouveau cadre réglementaire réservé à la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public. Cet arrêté précise les zones géographiques (31 départements classés prioritaires) et les lieux ouverts au public (les établissements d’enseignement, les établissements sanitaires et sociaux qui hébergent des personnes, les établissements thermaux, les établissements pénitentiaires) pour lesquels les mesures de radon sont rendues obligatoires. Ces obligations concernent les propriétaires des établissements visés qui doivent faire appel pour réaliser les mesures à des organismes agréés ou à l’Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN).

La liste de ces organismes agréés a été publiée dans l'arrêté du 20 août 2004 portant agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public. Les propriétaires ont 2 ans pour faire réaliser les mesures à compter du 11 août 2004 (date de publication de l'arrêté du 22 juillet). Ces mesures devront ensuite être répétées tous les 10 ans. Toutes les mesures de radon doivent être réalisées selon les normes AFNOR en vigueur (avis du 22 juillet pris en application de l'article 6 de l'arrêté du 22 juillet 2004). Lorsque les résultats dépassent 400 Bq/m³, le propriétaire met en œuvre en premier lieu des "actions simples" sur le bâtiment pour réduire l'exposition des personnes au radon (par exemple : rétablissement des voies d'aération naturelle, aération par ouverture des fenêtres). Si ces actions ne sont suffisantes, le propriétaire devra faire réaliser des travaux plus conséquents sur la base d'un diagnostic du bâtiment (inspection méthodique du bâtiment pour définir les causes de la présence de radon dans le bâtiment).

Un avis, qui sera également publié au Journal Officiel est en cours de finalisation pour définir les actions simples et le diagnostic du bâtiment.

4.2.2 Santé publique

La loi du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique (loi N°2004-806 parue au Journal Officiel du 11 août 2004⁶) précise au chapitre III "Santé et Environnement" les exigences concernant le plomb (articles 72 à 78 : diagnostic du saturnisme infantile, travaux à exiger dans l'habitat si nécessaire, contrôle des mesures, constat de risque d'exposition au plomb joint à toute promesse de vente d'un logement construit avant le 1^{er} janvier 1949, dispositions pour l'hébergement temporaire, etc...).

Parmi les 100 objectifs de santé publique fixés par la loi, dont 8 "Santé et Environnement", on trouve **3 objectifs propres à la problématique Bâtiment Santé** :

- **Objectif 18** : réduire de 50% la prévalence des enfants ayant une plombémie supérieure à 100 µg/L, passer de 2% en 1996 à 1% en 2008 (1 indicateur = nombre d'enfants de 1 à 6 ans ayant une plombémie supérieure à 100 µg/L en population générale et dans les groupes à risque) ;
- **Objectif 19** : réduire les expositions au radon en dessous de 400 Bq/m³ (valeur guide de l'Union Européenne) dans tous les établissements d'enseignement et tous les établissements sanitaires et sociaux (1 indicateur = cartographie des expositions au radon) ;
- **Objectif 23** : réduire de 30% la mortalité par intoxication au monoxyde de carbone (3 indicateurs = nombre annuel de décès par intoxication, nombre d'intoxications signalées et nombre de personnes traitées à l'oxygène hyperbare en caisson ayant des antécédents d'intoxication au monoxyde de carbone).

⁶ Le texte de la loi est téléchargeable sur le site Internet : <http://www.journal-officiel.gouv.fr>

4.3 AVIS DU CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE

La section "Milieux de vie" du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) émet régulièrement des avis relatifs à la qualité des environnements intérieurs⁷ sur la base de l'expertise menée dans le groupe "Bâtiment Santé" piloté par la Direction Générale de la Santé. En 2004, cette section a émis un avis le 5 février concernant la protection de la population contre **les risques pour la santé de l'exposition aux fibres minérales artificielles siliceuses**⁸. Cet avis fait notamment suite à l'arrêté du 3 janvier 2003 transposant la directive 2001/41/CE et interdisant la mise sur le marché et l'importation à destination du public des fibres céramiques réfractaires (préparations en contenant seulement). Il s'appuie par ailleurs sur les résultats de la récente réévaluation (2002) des effets cancérigènes des fibres minérales artificielles par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). La difficulté à identifier les expositions et co-expositions des utilisateurs (occupants des locaux, à l'exception des travailleurs, exposés de manière passive ou active lors de travaux de rénovation) rend très complexe l'évaluation du potentiel cancérigène des fibres minérales artificielles pour l'homme, donc impossible leur classement et leur éventuelle limitation de mise sur le marché. Cependant, selon le CIRC, il existe, chez l'animal, des preuves suffisantes de cancérigénicité des fibres céramiques réfractaires et de certaines microfibrilles de verre (les fibres de type E et Glass-475). Le CSHPF recommande ainsi d'une part d'étendre l'interdiction de mise sur le marché et d'importation à destination du public des préparations contenant des fibres céramiques réfractaires à tout produit en contenant, et d'autre part d'interdire la mise sur le marché et l'importation à destination du public des microfibrilles de verre de type E et Glass-475. L'avis stipule également la nécessité immédiate d'identifier les applications passées et actuelles des fibres céramiques réfractaires et des microfibrilles de verre de type E et Glass-475, afin, en fonction notamment du vieillissement des matériaux fibreux en contenant, d'évaluer les expositions des populations. Ceci permettra de mettre en œuvre les mesures appropriées à la prévention et tout particulièrement un dispositif d'information de la population.

4.4 ACTIONS PUBLIQUES POUR LA LUTTE CONTRE LE SATURNISME INFANTILE

La lutte contre le saturnisme infantile fait partie des priorités d'action en santé environnementale que fixent le plan national Santé Environnement 2004-2008 et la loi de santé publique évoqués tous deux précédemment (respectivement chapitres 4.1 et 4.2.2). Même si le saturnisme infantile, qui touche près de 85 000 enfants de 1 à 6 ans en France (expertise collective de l'INSERM de 1999), n'est pas uniquement dû aux expositions dans les environnements intérieurs, ces derniers y contribuent notablement. Le rapport préparé par l'Inspection Générale des Affaires Sanitaires et Sociales et le Conseil National des Ponts et Chaussées, paru en mars 2004, fait un point complet sur la problématique en France. Ce document propose d'une part une synthèse des principaux éléments de la problématique du saturnisme lié à l'habitat (sources d'intoxication, voies d'exposition, effets sanitaires, typologie des enfants concernés, stratégies de dépistage, traitements, dispositif national, cadre juridique) et d'autre part une évaluation des actions de lutte conduites à Paris (acteurs, spécificité, évolution, difficultés).

⁷ Plusieurs avis de 2001 et 2003 concernent par exemple la qualité de l'air intérieur dans les enceintes ferroviaires souterraines.

⁸ Avis du CSHPF consultable sur le site Internet : <http://www.sante.gouv.fr/>

5. PUBLICATIONS

5.1 LE GUIDE DE L'HABITAT SAIN, 2^{EME} EDITION

Fort du succès de sa 1^{ère} édition en avril 2002, le “Guide de l’habitat sain” entièrement revu, actualisé et enrichi de 130 pages supplémentaires vient de paraître. Devenu une véritable référence, le guide constitue une mine d’informations indispensables pour une construction et/ou un entretien sains et intelligents des bâtiments : implantation, sol, qualité de l’eau et de l’air, conception, matériaux, fluides, équipements, revêtements, peintures, éclairage, ... Cette deuxième édition rapporte et commente les dernières réglementations, les premiers avis du Comité Environnement et Santé des Avis Techniques évaluant les produits de construction, les actions engagées par le Plan National Santé Environnement et par l’Organisation Mondiale de la Santé (conférence de juin 2004 à Budapest, symposium “Habitat et santé” de fin septembre 2004 à Vilnius, étude LARES).

Le guide de l’habitat sain, Drs Suzanne et Pierre DEOUX, MEDIECO Éditions ; Octobre 2004 – 537 pages⁹

5.2 LES CAHIERS DE LA QAI N°1

Dans le cadre du salon POLLUTECH, s’est tenu le 3 décembre 2003 le colloque “La qualité de l’air intérieur, enjeu essentiel de santé environnemental”, à l’initiative de l’ADEME, du CSTB et de l’Observatoire de la Qualité de l’Air Intérieur. Plus d’une vingtaine de scientifiques et de professionnels sont intervenus tout au long de cette journée pour présenter les enjeux de la thématique, la mobilisation des acteurs, la place de la problématique dans le secteur tertiaire, et enfin, la prise en compte de la QAI* dans l’évaluation globale des expositions humaines à la pollution atmosphérique. L’ensemble de ces contributions a été rassemblé dans le premier tome des “Cahiers de la qualité de l’air intérieur”.

Les Cahiers de la qualité de l’air intérieur N°1, Europe et Environnement ; Octobre 2004 –172 pages

5.3 L’AIR ET LA SANTE, SOUS LA DIRECTION DE DENIS CHARPIN

Un ouvrage très complet est paru en mai 2004 sur les effets sanitaires de la pollution de l’air. Plusieurs chapitres sont spécifiquement dédiés à l’air intérieur : sont successivement traités les pollutions chimiques et microbiologiques, puis les effets sur le système respiratoire, ainsi que le *sick building syndrome*.

L’air et la santé, sous la direction de Denis Charpin, Éditions Médecine-Sciences Flammarion ; Mai 2004 – 305 pages

⁹ Plus d’informations sur le site web : <http://www.medieco.info>

6. TRAVAUX MENES A L'ECHELLE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE

6.1 TRAVAUX DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

La problématique de l'habitat, pour laquelle l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) travaille depuis plusieurs années, a été largement évoquée lors de la conférence de Budapest de juin 2004. Cette dernière a constitué un des événements majeurs de l'année pour la problématique Santé Environnement. L'OMS a en effet initié une série de conférences interministérielles sur la santé environnementale qui rassemblent les ministres de la santé et de l'environnement des 52 pays de la zone européenne de l'OMS, mais également des organisations intergouvernementales ou non gouvernementales et des syndicats. Après Francfort en 1989, Helsinki en 1994 et Londres en 1999, la 4^{ème} conférence du cycle s'est tenue à Budapest du 23 au 25 juin 2004 sur le thème "Un futur pour nos enfants".

D'une part, le document préparatoire de cette conférence fournit une vision globale très complète sur l'état des connaissances autour de la relation "Habitat – Santé" en tentant de répondre à la question "Qu'est-ce qu'un habitat favorable à la santé ?" [OMS, 2004]. L'impact de l'habitat sur la santé mentale intégrant les dimensions sociales, culturelles et individuelles, le bruit, la qualité de l'air intérieur, les accidents domestiques, l'accessibilité au logement, la relation entre l'habitat et la prévalence de l'obésité, la présence de moisissures, le confort thermique, la consommation énergétique, l'insécurité, l'environnement résidentiel y sont abordés et montrent les très nombreux aspects qu'englobe la notion d'environnement intérieur et qui rendent complexe la hiérarchisation des risques liés à l'habitat en terme de santé publique. Le document préparatoire rapporte par ailleurs les premiers résultats de l'enquête LARES (*Large Analysis and Review of European housing and health Status*) réalisée par l'OMS dans 8 villes européennes auprès de 8 519 résidents de 3 373 ménages visant à évaluer le parc de logements existant (constitution d'une base de données) et la perception de l'habitat par ses occupants afin d'identifier les priorités sanitaires.

D'autre part, dans la déclaration finale de la conférence de Budapest présentant le plan européen d'action en Santé Environnement pour les enfants, on compte, parmi les quatre priorités régionales, la réduction des pathologies respiratoires dues aux pollutions extérieure et intérieure (*Priority Goal III*).

6.2 TRAVAUX EUROPEENS

De nombreux pays de l'Union Européenne (UE), y compris parmi les nouveaux membres de l'UE, mènent des actions de recherche et de gestion propres à la qualité de l'air intérieur et il n'est pas possible de recenser tous les travaux menés en 2004. Cependant, il apparaît intéressant de faire référence au **projet INDEX qui vise à proposer des valeurs de référence pour la qualité de l'air intérieur**. En effet, la réflexion autour de l'élaboration de valeurs guides pour la QAI est menée par de nombreux pays et fait souvent l'objet de controverses. Des valeurs guides sont déjà disponibles dans plusieurs pays (Allemagne, Canada, Japon pour ne citer que quelques exemples). Au niveau de la Communauté Européenne, le projet INDEX (*Indoor Exposure*) piloté par le JRC, centre commun de recherche de Ispra, Italie, vise à élaborer des **valeurs limites pour 13 polluants** dont la présence est avérée dans les environnements clos et présentant des effets sanitaires connus¹⁰. Le CSTB représente la France dans ce projet, dont les résultats des travaux sont prévus pour début 2005.

6.3 TRAVAUX AMERICAINS

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

L'Etat de Californie est le plus proactif dans le domaine de la qualité de l'air intérieur. A la demande de l'assemblée de l'Etat, le bureau de l'air de l'antenne californienne de l'US-EPA a rédigé une **synthèse des connaissances scientifiques relatives à la qualité de l'air intérieur** : polluants et leurs sources, effets sanitaires potentiels et coûts sanitaires associés, réglementations existantes, moyens d'amélioration de la QAI dans les écoles, habitations et locaux de travail non industriels. Avant soumission définitive aux instances législatives, le projet de rapport est mis en ligne sur Internet pour consultation des experts et du public. Si le rapport ne rapporte globalement pas de faits nouveaux, il fournit toutefois :

- une quantification des cas de cancers supplémentaires (230 cas) apparaissant annuellement en Californie et directement imputables aux cancérogènes émis dans l'air intérieur par les produits de construction, d'ameublement et de consommation, estimation très rarement fournie dans la littérature scientifique ;
- l'estimation, reconnue grossière, des coûts annuels "quantifiables" (la pollution particulaire n'est ainsi, par exemple, pas intégrée en l'absence de données chiffrées relatives à son impact sanitaire) liés à la pollution de l'air intérieur dus aux morts prématurées, aux frais médicaux et à la perte de productivité des travailleurs. Pour la Californie, ces coûts s'élèveraient à 35 milliards de dollars, dont 25 milliards liés au tabagisme ;

¹⁰ Les polluants sont classés en 2 groupes : 1- polluants prioritaires (benzène, formaldéhyde, acétaldéhyde, CO et NO₂) et 2- polluants pour lesquels il convient d'acquérir des données complémentaires (xylènes (m-p et o), naphthalène, styrène, toluène, α -pinène, d-limonène, NH₃).

- une proposition de programme d'action en 10 points afin que des mesures à la hauteur des enjeux sanitaires que représente la problématique de la QAI soient mises en œuvre. Sont entre autres proposés l'établissement de valeurs limites d'émission (matériaux, mobilier, appareils de combustion), l'élaboration de valeurs limites dans les environnements intérieurs, des amendements au code de la construction, le développement de l'information au grand public, de la formation de professionnels, de la recherche et de l'innovation technologique dans le domaine de la ventilation et du traitement de l'air.

Par ailleurs, la polémique sur les relations entre humidité des habitats et impacts sanitaires est particulièrement virulente aux Etats-Unis. Les valeurs guides disponibles à ce jour dans plusieurs Etats concernent précisément les moisissures (concentrations limites en CFU, colonie formant unité, ou bien évaluation de la surface recouverte par des moisissures). Un rapport très attendu de l'institut américain de médecine (IOM, *Institute of Medicine*) est paru en mai 2004 [IOM, 2004]. Cet ouvrage examine l'ensemble des données disponibles dans la littérature scientifique et tente d'en extraire des **relations dose-réponse entre l'humidité des ambiances intérieures et les troubles des voies respiratoires supérieures**. En outre, le rôle de l'humidité dans la croissance des moisissures et autres agents biologiques et son rôle vis-à-vis des émissions de substances chimiques est explicité, ainsi que les moyens de remédier à ces contaminations de l'environnement intérieur.

6.4 CONGRES INTERNATIONAL DE L'ISEA

Les deux conférences internationales de référence pour l'air intérieur sont *Indoor Air* et *Healthy Buildings*. Or, aucune des deux ne s'est tenue en 2004. Il n'en demeure pas moins que la problématique de la QAI a été largement abordée dans le cadre d'autres congrès internationaux, parmi lesquels celui de l'ISEA qui +-mérite une attention tout particulière.

La conférence annuelle de l'*International Society for Exposure Analysis* (ISEA) rassemble de 300 à 400 personnes de tous les domaines concernés par la caractérisation des expositions humaines. La 14^{ème} édition, qui s'est tenue à Philadelphie du 17 au 21 octobre, a confirmé la place croissante occupée par l'environnement intérieur dans cette discipline désormais reconnue qu'est l'expologie. Sur douze sessions (présentations orales ou posters), neuf ont consacré 1 ou 2 ateliers (sur 4 par session) à l'environnement intérieur et aux expositions résidentielles. Les expositions aux produits de consommation jusqu'à présent peu investiguées ont été plutôt bien évoquées : expositions aux composés émis par les bombes aérosols et les produits d'entretien notamment. Des modèles multimédia d'exposition sont le plus souvent proposés pour caractériser ces expositions. La seule approche expérimentale présentée a été celle du RIVM, institut de santé environnementale des Pays-Bas, qui a mis au point des dispositifs *in vitro* visant à simuler la libération par la salive lors de la succion d'objets ou l'assimilation par l'appareil gastro-intestinal de substances telles que le plomb des peintures, les phtalates d'objets en PVC ou les colorants des textiles.

Concernant l'environnement intérieur plus généralement, on peut noter que les expositions aux pesticides dans les habitations riveraines de zones agricoles où sont pratiqués des épandages terrestres ou aériens font partie d'un des domaines de l'expologie les plus représentés lors de la conférence. Six exposés ont abordé les expositions au tabagisme passif. Trois exposés ont décrit la mesure des niveaux intérieurs de COV dans différents micro-environnements : habitations, magasins divers et moyens de transport, dont l'un s'est attaché à décrire la contribution du garage attenant à la maison. Deux exposés ont traité de la problématique des retardateurs de flamme et de leur persistance : le tris(2,3-dibromopropyl)phosphate n'est plus utilisé aux États-Unis. Son usage dans les textiles synthétiques (pyjamas par exemple) a été interdit en 1977. Cependant, il est toujours détecté dans les poussières de maisons américaines. Une étude suédoise a rapporté les résultats de mesures dans les poussières de 390 habitations de six phtalates. Les expositions à ces derniers constituent un réel problème de santé publique et pourraient être, selon les auteurs, une des explications plausibles à l'augmentation récente de la prévalence de l'asthme. Les pollutions physiques n'ont fait l'objet que d'un unique poster rapportant la mesure des expositions à des rayonnements non ionisants dans un hôpital roumain. De même, les expositions aux biocontaminants ont été assez peu abordées (2 études rapportant les mesures des niveaux intérieurs en endotoxines). Pour terminer avec les substances et leurs sources, un atelier complet et plusieurs autres présentations orales ont été dédiés à la pollution des ambiances intérieures imputable aux appareils de chauffage et de cuisson pour cause d'émissions de poussières, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote, rappelant parallèlement que cette problématique est particulièrement aiguë dans les pays en voie de développement pour lesquels la qualité de l'air intérieur peut représenter un réel problème de santé publique.

La compréhension des relations air extérieur / air intérieur a également fait l'objet de nombreuses présentations, relatives aux poussières principalement (PM_{10} et $PM_{2,5}$; seulement un poster sur les particules ultrafines) et ce dans le but, entre autres, de déterminer l'incertitude associée à la seule prise en compte des concentrations ambiantes extérieures dans les études épidémiologiques. La détermination de la pénétration des $PM_{2,5}$ dans les ambiances intérieures passe par des méthodes plus ou moins sophistiquées (mesure du taux de renouvellement d'air, mesure des particules de sulfate, bon traceur de la pollution particulaire extérieure, modèles numériques, ...). Une étude des relations extérieur - intérieur a concerné les composés carbonylés. Pour ces derniers, l'étude RIOPA (244 maisons texanes investiguées) a étudié leur taux de pénétration (voisin de 1 pour tous les composés) et la part de la contribution extérieure aux concentrations intérieures : moins de 20% pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, de 40 à 60% pour les autres aldéhydes et cétones.

Par ailleurs, plusieurs exposés ont été consacrés aux aspects de gestion (réduction des expositions résidentielles). Différentes méthodes d'intervention, ainsi que la mesure de leur efficacité (démontrée), ont été présentées : changement des matelas, fourniture d'aspirateurs, réparation des infiltrations d'eau, filtration d'air sur charbon actif, information et sensibilisation. Une étude sur l'efficacité des purificateurs d'air est en revanche très critique vis-à-vis des 2 types d'appareils testés qui s'avèrent peu performants pour piéger le formaldéhyde et qui, pour les autres polluants piégés, font apparaître un relargage de ceux-ci dès que la température et l'humidité relative de la pièce augmentent. En lien avec la gestion et la priorisation des actions, une approche originale a été présentée proposant une méthode de classement des microenvironnements intérieurs à investiguer au regard des risques sanitaires potentiels. Cette hiérarchisation tient compte des connaissances du parc immobilier (âge des bâtiments, taux de renouvellement d'air, ...), des populations (densité de l'habitat, taux d'occupation de différentes pièces ou lieux, budgets espace-temps) et des sources potentielles propres à chaque pièce ou lieu. Enfin, un dernier point relatif à la connaissance des expositions des enfants : l'utilisation de la vidéo a fait l'objet de plusieurs études présentées.

7. CONCLUSION

En conclusion, on ne peut que constater la place non négligeable qu'a occupé la thématique de la qualité de l'air intérieur dans le vaste champ de la problématique Santé Environnement en 2004. L'effort d'acquisition de données tant en terme de niveaux d'exposition des populations, que d'effets sanitaires associés à ces expositions, reste néanmoins à poursuivre. Ces données sont fondamentales et doivent permettre *in fine* de hiérarchiser les risques sanitaires afin d'identifier précisément la contribution de l'air intérieur aux impacts sanitaires globaux des expositions environnementales de la population française.

Dans la mesure où les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air sont plus particulièrement susceptibles d'être sollicitées pour des mesures de qualité d'air intérieur des espaces publics, un travail a été engagé dans le cadre des missions permanentes du LCSQA pour faire un état des lieux des pratiques dans les autres pays, identifier les spécificités de la problématique et réfléchir à l'élaboration de stratégie d'échantillonnage dans ces milieux permettant d'être représentatif des expositions des populations. Une 1^{ère} note relative à ce travail est jointe en annexe.

8. RÉFÉRENCES

Bako-Biro Z., Wargocki P. et al. (2004) Effects of pollution from personal computers on perceived air quality, SBS symptoms and productivity in offices. *Indoor Air*, 14(3): 178-87

Cal-EPA (2004) Indoor Air Pollution in California, Report to the California Legislature, California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Draft for Public Review ; June 2004 – 196 pages. <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/ab1173/ab1173.htm>

Gustafsson D. (2004) Effect of indoor environmental factors on development of atopic symptoms in children followed up to 4 years of age. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 18(1): 17-25.

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

IOM (2004) Damp Indoor Spaces and Health, Committee on Damp Indoor Spaces and Health, Board of Health Promotion and Disease Prevention, Institute of Medicine – May 2004, 380 pages. <http://www.nap.edu/catalog/11011.html>

OMS (2004) Review of evidence on housing and health, Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23 – 25 June 2004, document référencé EUR/04/5046267/BD/1 ; April 2004 – 24 pages. <http://www.euro.who.int/budapest2004>

Rousseau-Giral A.C., Tricard D., Crepey G. (2004) Lutte contre le saturnisme infantile lié à l'habitat indigne, Analyse du dispositif dans trois départements d'Ile-de-France ; Mars 2004 – 166 pages. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr>

Shendell et al. (2004) Air concentrations of VOCs in portable and traditional classrooms: Results of a pilot study in Los Angeles County. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(1): 44-59

Wady et al. (2004) Heterogeneity in microbial exposure in schools in Sweden, Poland and Jordan revealed by analysis of chemical markers. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(4): 293-299

Articles de synthèse du volume 14 supplément 7 de la revue *Indoor Air* :

- Bornehag C.G. et al., Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects
- Clausen G., Ventilation filters and indoor air quality: a review of research from the International Centre for Indoor Environment and Energy
- Nazaroff W.W., Indoor particle dynamics
- Olesen B. W., International standards for the indoor environment
- Sundell J., On the history of indoor air quality and health
- Wargocki P., Sensory pollution sources in buildings
- Weschler C.J., Chemical reactions among indoor pollutants: what we've learned in the new millennium.
- Wyon D.P., The effects of indoor air quality on performance and productivity

ANNEXE :**Note relative à la détermination des expositions
dans les établissements recevant du public (ERP)**

La littérature scientifique relative à la qualité de l'air intérieur (QAI) atteste d'un grand nombre d'investigations menées dans des typologies variées de locaux. Les stratégies d'échantillonnage peuvent s'avérer donc très différentes en fonction du lieu, de ses occupants et des expositions que l'on souhaite caractériser. Parallèlement, la demande en France s'accroît du fait de la sensibilisation grandissante vis-à-vis de la problématique de la QAI. En conséquence, il apparaît intéressant de faire l'état des lieux des données disponibles en vue d'en dégager des stratégies adéquates de campagnes de mesures. Cette annexe rapporte les enseignements d'un premier travail grossier d'analyse de la littérature scientifique disponible.

A l'exception des écoles et bureaux, et des transports publics, que l'on choisit d'exclure du champ des établissements recevant du public pris en compte dans le cadre de ce travail, les micro-environnements investigués sont les suivants :

- les restaurants : la très grande majorité des études s'attache principalement à mesurer les polluants de la fumée de tabac environnementale présents dans ces lieux, à identifier les traceurs de cette dernière (y compris les biomarqueurs : mesure de la cotinine urinaire notamment) et à décrire l'efficacité des systèmes de ventilation mis en place pour séparer les zones fumeurs, des espaces non-fumeurs [Bohanon, 2003] ;
- les centres commerciaux et magasins. Très peu de travaux sont réalisés dans ce domaine au regard de l'ensemble des études d'investigations de la qualité de l'air intérieur [Li, 2001]. Les études multicentriques, du même type que celle de l'Observatoire français de la QAI, menées aux Etats-Unis (étude NHEXAS¹¹), en Angleterre (étude du *British Research Establishment*) et en Allemagne (*German Environmental Survey*, GerES) s'intéressent aux logements principalement et en définitive très peu aux espaces publics, qui certes, en terme de budget espace temps, contribuent peu aux expositions globales, mais dont la fréquentation pourrait, pour certains polluants, être le déterminant des expositions (cas du perchloroéthylène émis par les pressings). Les quelques études disponibles fournissent les résultats de mesure du CO₂, du formaldéhyde, des poussières et de la flore fongique et bactérienne essentiellement ;
- les parkings souterrains. Les polluants mesurés y sont peu nombreux : CO le plus souvent, et l'objectif des études reste principalement la caractérisation de la ventilation de ces espaces souterrains [Wong, 2002] ;
- les piscines. Les études récentes attirent l'attention sur les risques sanitaires liés à l'exposition aux produits dérivés de la chloration des eaux, et ce non seulement pour les travailleurs, mais également pour les enfants. Les dérivés chlorés pourraient en effet jouer un rôle dans l'incidence croissante de l'asthme et des allergies [Chu, 2002] ;

¹¹ NHEXAS : National Human Exposure Assessment Survey, étude pilotée par l'US-EPA

- les patinoires. Les études sont essentiellement canadiennes du fait de la pratique très courante du hockey sur glace. Les polluants majeurs sont ceux des gaz d'échappement des engins à moteur à combustion (essence, gazole ou propane) utilisés pour le surfacage de la glace : monoxyde de carbone et oxydes d'azote [Pelham, 2002] [Guo, 2004]. Les effets de l'intoxication oxycarbonée sont connus et largement décrits, mais ils sont aggravés lors d'efforts et exercices violents tels que hockey, course de vitesse et patinage artistique pour lesquels la respiration est accélérée jusqu'à dix fois. En France, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a rendu un avis le 1^{er} juillet 1993 relatif aux mesures de prévention contre ce type d'intoxications dans les patinoires. Cet avis interdit l'utilisation de surfaceuses à moteur thermique alimenté par un combustible liquide, n'autorise l'utilisation de surfaceuses à moteur thermique alimenté au GPL que sous certaines conditions et préconise l'utilisation de surfaceuses à moteur électrique. Il se peut donc que la problématique soit différente dans les patinoires françaises ;
- les hôpitaux. Cette problématique est éminemment spécifique et concerne plus les risques infectieux (infections nosocomiales) que les expositions aux polluants chimiques [Cole, 1998]. Il apparaît difficile d'intervenir dans ce champ d'espace clos dans la mesure où cela fait appel à des compétences et acteurs déjà bien identifiés ;
- les musées. Des études paraissent régulièrement et depuis un certain temps, mais la problématique a été initialement posée en terme de conservation des pièces de musées, plus qu'en terme de qualité d'air intérieur inhalé par les visiteurs ou les gardiens [Camuffo, 2001].

Pour compléter cette liste de lieux publics, on peut juste citer les mesures réalisées dans des cinémas anglais [Kim, 2001].

De ces études, il ressort que la stratégie à mettre en œuvre passe par l'identification précise des polluants à mesurer. En fonction du type de micro-environnement, les substances pertinentes s'avèrent en effet très spécifiques. En revanche, sauf dans les lieux complexes du type galerie marchande, la stratégie de mesure et de prélèvement n'apparaît pas spécifique du lieu.

Références bibliographiques :

- Bohanon H.R. et al. (2003)** An international survey of indoor air quality, ventilation, and smoking activity in restaurants: a pilot study, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 13(5) 378-392
- Camuffo D. et al. (2001)** Environmental monitoring in four European museums, *Atmospheric Environment*, 35, Suppl. 1, 127-140
- Chu H., Nieuwenhuijsen M.J. (2002)** Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools ; *Occupational and Environmental Medicine*, 59(4), 243 – 247
- Cole E. et al. (1998)** Characterization of infectious aerosols in health care facilities: An aid to effective engineering controls and preventive strategies. *American Journal of Infection Control* 26(4): 453-464.
- Guo H. et al. (2004)** Indoor air quality in ice skating rinks in Hong Kong, *Environmental Research*, 94(3), 327-335
- Kim Y.M., Harrad S., Harrison R.M. (2001)** Concentrations and Sources of VOCs in Urban Domestic and Public Microenvironments, *Environmental Science and Technology*, 35, 997-1004
- Li W.-M., Lee S.C., Chan L.Y. (2001)** Indoor air quality at nine shopping malls in Hong Kong, *The Science of the Total Environment*, 273(1-3), 27-40
- Pelham T.W., Holt L.E., Moss M.A. (2002)** Exposure to carbon monoxide and nitrogen dioxide in enclosed ice arenas ; *Occupational and Environmental Medicine*, 59(4), 224-233
- Wong Y. (2002)** Assessment of the Air Quality in Indoor Car Parks, *Indoor + Built Environment*, 11(3), 134-145