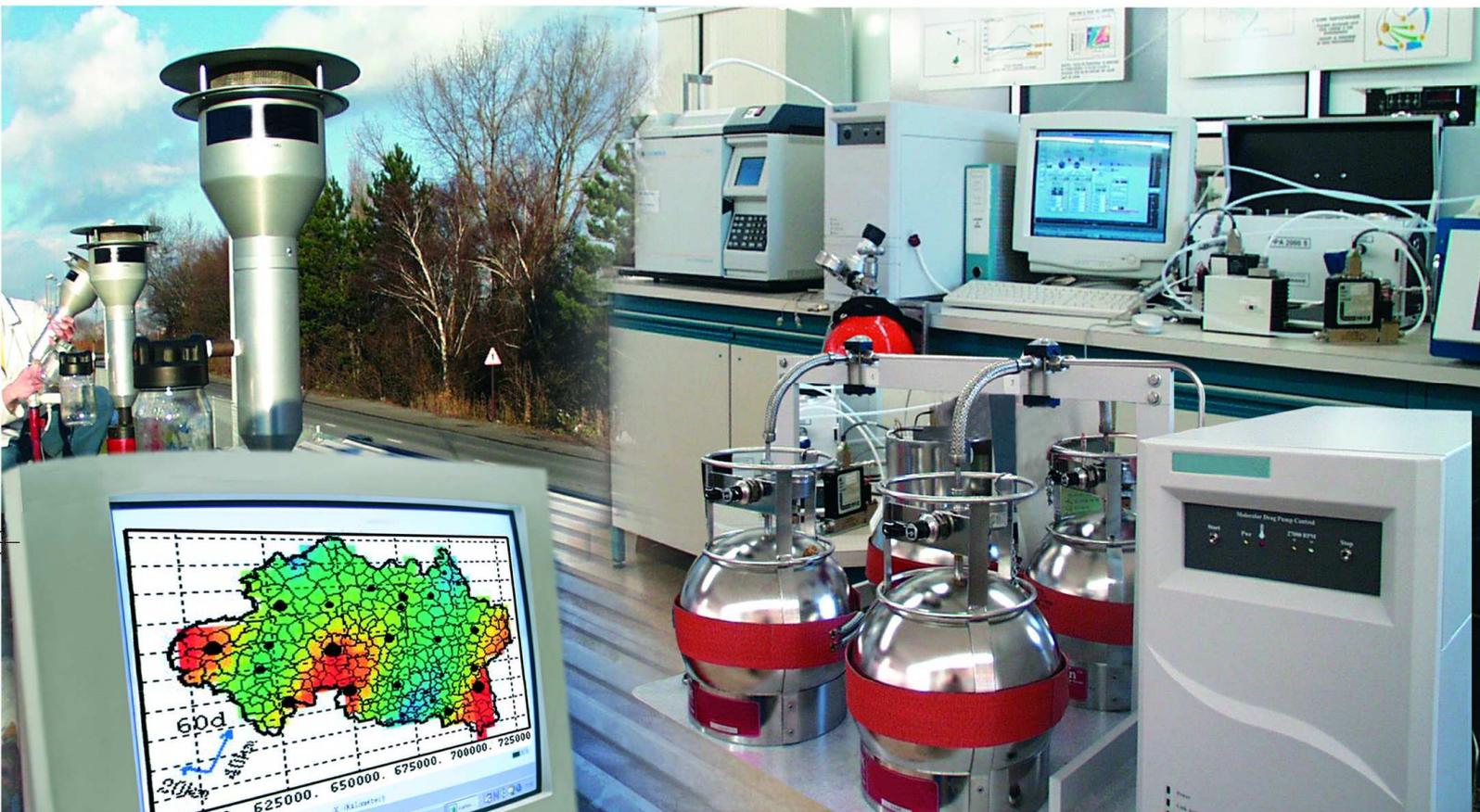




## Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air



Air intérieur

**Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles**

Décembre 2009

Programme 2009

J. LARBRE, C. MARCHAND







## 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. Ces travaux en matière de pollution atmosphérique supportés financièrement par la Direction Générale de l'Energie et du Climat du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer sont réalisés avec le souci constant d'améliorer le dispositif de surveillance de la qualité de l'air en France, coordonné au plan technique par l'ADEME, 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.**





# Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles

Laboratoire Central de Surveillance  
de la Qualité de l'Air

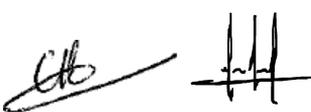
## Air intérieur

Programme financé par la  
Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGECC)

2009

J. LARBRE, C. MARCHAND, F. GODEFROY

Ce document comporte 49 pages (hors couverture et annexes)

	Rédaction	Vérification	Approbation
<b>NOM</b>	Juliette LARBRE Caroline MARCHAND	Céline BOUDET Marc DURIF	Martine RAMEL
<b>Qualité</b>	Ingénieur de l'Unité ISAE Ingénieur de l'Unité MILI Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité ISAE Responsable de l'Unité MILI Direction des Risques Chroniques	Responsable LCSQA/INERIS Direction des risques Chroniques
<b>Visa</b>			



# TABLE DES MATIÈRES

<b>RESUME</b> .....	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>9</b>
<b>2. BILAN DES ETUDES EN AIR INTERIEUR DEPUIS 2007</b> .....	<b>9</b>
2.1 Actions des pouvoirs publics .....	9
2.2 Études et recherche .....	13
2.2.1 les travaux de l'OQAI.....	13
2.2.2 les travaux de l'AFSSET .....	16
2.2.3 les travaux du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP).....	18
2.2.4 les travaux de l'INERIS.....	19
2.2.5 les travaux des associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) .....	23
2.3 Normalisation .....	29
2.4 Travaux menés à l'échelle européenne et internationale depuis 2007.....	29
2.4.1 Les congrès .....	29
2.4.1.1 Congrès international Healthy Buildings, Syracuse, NY, 13-17 sept 2009 .....	29
2.4.1.2 Indoor Air en 2008.....	33
2.4.1.3 5th Warwick Healthy Housing, Université de Warwick, Coventry, 17-19 mars 2008 .....	39
2.4.2 Travaux de l'OMS .....	40
2.4.3 les études menées en Europe et en Amérique du Nord .....	40
<b>3. INSTRUMENTS DISPONIBLES POUR LA METROLOGIE EN AIR INTERIEUR</b> .....	<b>42</b>
3.1 Champ d'application de la veille .....	43
3.2 Synthèse des appareils recensés .....	43
3.2.1 Nouveaux appareils mis sur le marché en 2009.....	43
3.2.1.1 Nouveaux dispositifs .....	43
3.2.1.2 Dispositifs antérieurs ayant connu une évolution en 2009 .....	44
3.2.2 Complément du bilan réalisé en 2008 .....	47
3.3 Conclusion & perspectives .....	48
<b>4. LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>49</b>



## **RESUME**

L'intérêt croissant porté désormais à la qualité de l'air intérieur (QAI) débouche sur un nombre de plus en plus important d'études, de projets de recherche et en conséquence de publications, tant en France que dans les autres pays européens. Par ailleurs, de nombreux fabricants mettent au point des appareils de mesure adaptés aux paramètres et contraintes propres aux environnements clos (bruit et encombrement notamment).

La veille scientifique et métrologique présentée dans ce rapport permet de suivre au fil des ans l'évolution des études et des techniques.

### ***Veille scientifique***

Depuis 2007, les pouvoirs publics ont lancé de nombreuses actions visant à mieux connaître la composition de l'air intérieur aussi bien dans les lieux recevant du public (campagne de mesure dans les écoles et crèches) que dans le milieu résidentiel (plan radon, les habitations à proximité des pressings...). Le ministère en charge de l'écologie travaille également à appliquer les actions cibles « air intérieur » issues du Grenelle de l'environnement et du Plan Santé-Environnement II (PNSE II).

Le présent rapport liste également les nombreuses actions entreprises par les instituts et agences françaises afin de soutenir les mesures du Grenelle et du PNSE II.

Depuis 2007, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) a continué de travailler sur les données recueillies lors de la campagne logement afin de comprendre et d'évaluer les disparités entre les logements en termes de niveaux de pollution de l'air intérieur. Le champ des environnements à étudier s'est élargi aux bureaux avec une campagne pilote de mesure en 2009.

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) dans le cadre d'un groupe de travail sur les valeurs guides l'air intérieur a publié 5 nouvelles valeurs guides concernant le monoxyde de carbone, le formaldéhyde, le benzène, le naphthalène et le trichloroéthylène. Un nouveau groupe de travail débutant ses travaux en 2010 doivent poursuivre la publication de valeurs guides en suivant une liste de substances identifiées comme prioritaires.

En 2009, l'AFSSET a également publié un rapport de mise à jour pour le protocole de mesure des émissions des produits de construction et de décoration.

En s'appuyant sur les travaux de l'AFSSET, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) émet des avis sur des valeurs de gestion à suivre par les responsables des établissements recevant du public afin de les guider dans les actions à entreprendre en cas de dépassement de certains seuil dans les espaces clos.

Entre 2007 et 2009, l'INERIS a publié plusieurs rapport ayant trait à l'impact sur la qualité de l'air intérieur de certaines activités comme les pressings « à sec » en centre urbain, les stations-service au pied des immeubles ou encore le chauffage au bois en milieu résidentiel.

En 2009, l'INERIS et le CSTB ont signé une convention permettant la mise en place d'une cellule de gestion des crises « air intérieur » ayant pour vocation de répondre aux appels des établissements publics et de les guider dans les démarches à mettre en place en cas de crise.

Les AASQA ont également menées de nombreuses campagnes de mesure de la qualité de l'air intérieur, seules certaines études sont présentées dans ce rapport. Un focus a été rédigé sur les actions menées dans les transports en commun (train, métro, bus...).

Dans ce rapport, il est également fait mention des normes publiées en lien avec l'air intérieur : méthodologie de mesure et d'échantillonnage, surveillance des appareils au gaz dans les bâtiments ou encore les bilans énergétiques.

Enfin, les résumés de plusieurs conférences internationales (Indoor Air 2008, Healthy Buildings 2009 et 5th Warwick Healthy Housing) sont reportés ainsi que le résumé du rapport de l'INERIS sur la mise à jour pour l'OQAI des études étrangères menées sur l'air intérieur dans les logements, les bureaux ou les lieux recevant des enfants.

### **Veille scientifique**

Concernant ce volet, seuls les appareils destinés, en première intention, à des mesures en air intérieur, hors lieux à pollution spécifique (hygiène professionnelle), ont été recensés ; les exigences en termes de limite de détection étant sensiblement différentes. N'ont également été recensés que ceux qui se sont avérés les plus pertinents par rapport aux critères jugés importants, lors de l'enquête menée en 2008 sur l'évaluation des performances métrologiques des appareils de mesure spécifiques de l'air intérieur, dans le choix d'un appareil de suivi de la qualité de l'air intérieur [INERIS-DRC-08-94300-15173A] : faible bruit, possibilité de suivi sur plusieurs heures et de laisser l'appareil sur site, précision (< ppb), autonomie, mobilité (< 5 kg), rapidité d'installation.

Pour chaque appareil, l'ensemble de ses caractéristiques techniques (limite de détection, de quantification, poids, type d'alimentation, possibilité de stockage des données, etc.) ainsi que son prix sont renseignés, dans la mesure des informations disponibles.

Au bilan, huit appareils ont été recensés pour une mise sur le marché en 2009.

Parmi eux, cinq sont effectivement de nouveaux instruments : il s'agit des analyseurs développés par 2B Technologies, dédiés à la mesure de l'ozone (modèle 202) et des oxydes d'azote (combinaison des modèles 400 et 401), de l'analyseur personnel de fumées noires (MicroAeth AE51) développé par MAGEE Scientific ainsi que des modèles EMV-3 et EMV-4 développés par Quest Technologies, dédiés à la mesure des particules et de certains gaz spécifiques.

En complément de ces nouveaux instruments, trois autres appareils ont été commercialisés en 2009 sous une nouvelle version, intégrant des améliorations aux dispositifs existants. Il s'agit :

- des capteurs électrochimiques (O<sub>3</sub> et NO<sub>2</sub>) Observ'Air développés par Cairpol, avec la mise en place d'un filtre pour limiter les phénomènes d'interférence ;
- du formaldemeter htV-m développé par PPM technology, dédié à la détection du formaldéhyde et qui intègre à présent un système d'enregistrement des données ;
- du préleveur SyPAC développé par TERA Environnement, sous sa version II. Ce nouveau modèle intègre de nombreuses améliorations (logiciel, performance des pompes, sonde de température intégrée, sorties numériques, ...)

Afin de pouvoir garder l'historique des appareils recensés au fil des ans (commercialisation toujours effective, prix à jour, nouveaux appareils) et de rendre cette veille plus interactive, il est envisagé, en 2010, de compiler les tableaux de synthèse réalisés les années précédentes et que cette synthèse soit accessible sur le site internet du LCSQA.

## **1. INTRODUCTION**

L'intérêt croissant porté désormais à la qualité de l'air intérieur (QAI) débouche sur un nombre de plus en plus important d'études, de projets de recherche et en conséquence de publications, tant en France que dans les autres pays européens. Par ailleurs, de nombreux fabricants mettent au point des appareils de mesure adaptés aux paramètres et contraintes propres aux environnements clos (bruit et encombrement notamment).

L'objectif de ce document est d'une part, de fournir un aperçu des rapports, des études et des événements centrés sur la thématique de l'air intérieur. La veille présentée ci-après rapporte les principales études menées entre 2007 et 2009.

Par ailleurs, l'objectif de ce document est de réaliser une veille des nouveaux appareils de mesures mis sur le marché à un niveau national et international, dédiés à la QAI, ainsi que de compléter le bilan des appareils disponibles pour la mesure en air intérieur qui avait été réalisé en 2008 [INERIS-DRC-08-94300-15173A].

## **2. BILAN DES ETUDES EN AIR INTERIEUR DEPUIS 2007**

Sur la base et en complément de la veille scientifique que réalise le réseau scientifique RSEIN (Recherche santé environnement intérieur), que coordonne l'INERIS, une revue de synthèse des principales publications et des événements de 2007 à 2009 est proposée. Cette revue vise à être la plus complète possible mais ne prétend pas à l'exhaustivité.

### **2.1 ACTIONS DES POUVOIRS PUBLICS**

#### **✓ PLAN D'ACTIONS INTERMINISTERIEL POUR LA GESTION DU RISQUE LIE AU RADON (2005-2008)**

Une campagne de mesure du radon dans les établissements recevant du public (ERP) lancée en 1999 a permis de faire des dépistages dans plus de 13 000 établissements, en particulier des établissements scolaires. Ces mesures ont permis de classer les établissements : 8 % sont situés entre 400 et 1000 Bq/m<sup>3</sup> et 4 % dépassent 1000 Bq/m<sup>3</sup>. Cette campagne avait été précédée par une autre campagne de mesure réalisée conjointement par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et les Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (DDASS) dans l'habitat. Cette campagne a permis de mieux connaître l'exposition au radon en France : la moyenne arithmétique des mesures de radon dans l'habitat français est égale à 90 Bq/m<sup>3</sup> et les moyennes par département vont de 22 Bq/m<sup>3</sup> (Paris) à 264 Bq/m<sup>3</sup> (Lozère). Ces résultats indiquent que le radon peut être mesuré en quantité très variable selon les régions.

La gestion du risque lié au radon fait partie du plan national « santé – environnement » (PNSE), publié par le Gouvernement en juin 2004 et mentionné dans le rapport annexé à la loi du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique. En effet, la commission d'orientation du PNSE a identifié huit enjeux prioritaires dont le deuxième est de « prévenir les cancers en relation avec les expositions environnementales », avec le radon parmi les « principaux facteurs d'exposition à traiter ».

Par ailleurs, le radon fait partie des objectifs de santé portant sur la santé environnementale retenus par la loi n°2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique.

Aussi, un plan d'actions a été élaboré par l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire), en collaboration avec la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction (DGUHC), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), l'Institut de veille sanitaire (InVS) et le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ; trois axes ont été retenus :

- 1- Construire une nouvelle politique pour la gestion du risque lié au radon dans l'habitat et les constructions neuves;
- 2- Accompagner et contrôler la mise en œuvre de la réglementation pour la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public;
- 3- Améliorer et diffuser les connaissances sur les expositions et le risque lié au radon.

Pour plusieurs des actions, il a été décidé de s'appuyer sur des initiatives régionales, prises notamment dans le cadre de l'élaboration de plans régionaux « santé-environnement » (PRSE), permettant ainsi de renforcer les compétences des acteurs locaux existants, de faire émerger de nouveaux acteurs et de favoriser la mise en commun de ces compétences.

✓ **LOI DE RESPONSABILITE ENVIRONNEMENTALE 2008**

Déposé en avril 2007 par la Ministre de l'écologie de l'époque Nelly Olin puis adopté par le Sénat en mai dernier, le projet de loi sur la responsabilité environnementale a été adopté par l'Assemblée Nationale. Au final, la loi se compose d'une quinzaine d'articles qui reprennent notamment les grands principes de la directive européenne n°2004/35/CE du 21 avril 2004 dont elle est la transposition. Elle vise à prévenir, réparer ou compenser les dommages écologiques graves causés à la qualité des eaux de surface et souterraines, à l'état des sols ainsi qu'aux espèces et habitats naturels protégés.

Le projet de loi s'appuie sur le principe « pollueur- payeur » et prévoit que l'exploitant d'une activité professionnelle, reconnu responsable de tels dommages, doit désormais financer les mesures de prévention ou de réparation des dégâts, lesquelles étaient jusque-là à la charge de l'État, donc des contribuables.

✓ **LOI N°2009-967 DE PROGRAMMATION RELATIVE A LA MISE EN ŒUVRE DU GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT (2009)**

Cette loi, dite Grenelle 1, traduit en objectifs législatifs les conclusions du Grenelle de l'environnement. Lancé en mai 2007, le processus du Grenelle de l'environnement avait associé des représentants des collectivités et des élus, des associations de défense de l'environnement, des syndicats, des secteurs professionnels et de l'État à la définition d'un programme d'action.

Parmi les grands principes résolument engagés par la loi figurent la reconnaissance renforcée de l'urgence écologique et la nécessité d'une diminution des consommations en énergie, eau et autres ressources naturelles, ou encore la nécessité de préserver les paysages.

De même, les députés ont acté la nécessité d'une gouvernance à long terme, avec institutionnalisation par la loi du comité de suivi du Grenelle de l'environnement ainsi qu'une gouvernance locale adaptée pour les territoires d'Outre-mer.

La thématique de l'air intérieur est abordée dans l'article 40 de cette loi dans le chapitre sur l'environnement et la santé. Y sont présentées les volontés relatives à l'émission des produits de construction et d'ameublement ainsi que l'extension à d'autres produits de consommation courante, la surveillance des lieux recevant du public et la mise en place d'un réseau d'acteurs de proximité que sont les conseillers en environnement intérieur (CEI).

En ce qui concerne les matériaux de construction, l'article 40 de la loi propose de soumettre les produits de construction et d'ameublement ainsi que les revêtements muraux et de sol, les peintures et vernis et l'ensemble des produits ayant pour objet ou pour effet d'émettre des substances dans l'air ambiant à un étiquetage obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2012, notamment sur leurs émissions et contenus en polluants volatils, et d'interdire dans ces produits les substances classées cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR) de catégories 1 et 2 au sens de la réglementation européenne.

Suite à la promulgation de cette loi, la poursuite des travaux s'est mise en place avec la mise en œuvre du projet de loi « Grenelle 2 ».

#### ✓ **PLAN NATIONAL SANTE-ENVIRONNEMENT II (2009-2013)**

Ce deuxième plan national santé environnement décline les engagements du Grenelle de l'environnement, en matière de santé environnement. Il a pour ambition de donner une vue globale des principaux enjeux et de hiérarchiser les actions à mener pour la période 2009-2013.

Les enjeux du PNSE II sont centrés sur les impacts de la dégradation de l'environnement sur la santé humaine : réduire les expositions responsables de pathologies à fort impact sur la santé ; réduire les inégalités environnementales.

Les actions pour la qualité de l'air intérieur ont pour objectif d'améliorer celle-ci dans les bâtiments et d'accompagner les efforts d'amélioration de la performance énergétique :

- Action 7 : limiter les sources de pollution à l'intérieur des bâtiments. Cette action se traduit par l'interdiction des substances CMR dans les matériaux, par un étiquetage obligatoire des matériaux relatif à leur émission au 1<sup>er</sup> janvier 2011, ainsi que par l'identification des déterminants de l'air intérieur ;
- Action 8 : aérer, ventiler et climatiser sainement. Elle consiste à développer des outils d'aide pour les maîtres d'ouvrage, à faire des recommandations pour les stratégies d'aération lors des rénovations, à former les professionnels du bâtiment et à vérifier les performances des nouvelles technologies sur la qualité de l'air ;
- Action 9 : mieux gérer la qualité de l'air intérieur dans les lieux publics. Lancement d'une campagne de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et les crèches (300 d'ici à 2012) et renforcement de la réglementation sur les piscines couvertes d'ici 2011 ;
- Action 10 : réduire les expositions liées à l'amiante en révisant les seuils de déclenchement des opérations de désamiantage et en révisant les VLEP pour intégrer les fibres fines ;
- Action 20 : réduire les expositions dans les lieux recevant des enfants. Cette action est en lien direct avec l'action 9 avec une obligation d'utilisation de matériaux peu émissifs (2013) et une limite de seuil acoustique inférieur à 35 dB(A). cette action prévoit également un recensement des lieux recevant des enfants et implantés sur des sites pollués afin d'évaluer le risque et de mettre en œuvre des mesures de gestion.

#### ✓ **ARRETE CMR DANS LES MATERIAUX (2009)**

L'arrêté du 28 mai 2009 modifie l'arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2.

Cet arrêté prévoit que les produits de construction et de décoration ne peuvent être mis sur le marché que s'ils émettent moins de 1 µg/m<sup>3</sup> pour chacune des substances visées à l'annexe I de l'arrêté : Trichloréthylène, Benzène, Phtalate de bis(2-éthylhexyle), Phtalate de dibutyle.

Cette limite est considérée comme respectée si la valeur de 1 µg/m<sup>3</sup> n'est pas dépassée à 28 jours de conditionnement dans la chambre ou la cellule d'essai d'émission. Les mesures doivent être réalisées selon les normes correspondantes :

- NF ISO 16000-6 : Air intérieur - Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS/FID (AFNOR, 2005) ;
- NF EN ISO 16000-9 : 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 ;
- NF EN ISO 16000-10 : Air intérieur - Partie 10 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement - Cellule d'essai d'émission ;
- NF EN ISO 16000-11 : 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.

Les produits sont évalués dans le scénario le plus proche de leurs conditions d'usage prévues.

Ces dispositions entrent en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2010.

#### ✓ **LANCEMENT DE LA CAMPAGNE NATIONALE DANS LES CRECHES ET ECOLES (2009)**

Le projet de loi portant engagement national pour l'environnement dit "Grenelle 2" prévoit la surveillance périodique de la qualité de l'air dans certains établissements recevant du public (notamment les écoles et crèches) à la charge des gestionnaires des établissements. Cette obligation pourrait entrer en vigueur en 2012 ou 2013.

Afin de définir les modalités de la surveillance obligatoire, une campagne pilote nationale a été lancée le 11 septembre 2009, par Chantal Jouanno, Secrétaire d'État à l'Écologie. Cette campagne est financée par le ministère de l'Écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer (MEEDDM) et menée en partenariat avec les ministères chargés de la santé, de l'éducation nationale et de la famille. Au total, 300 établissements répartis sur l'ensemble du territoire seront concernés entre 2009 et 2011 (phase I : 2009-2010 ; phase 2 : 2010-2011, dont les modalités exactes restent à définir mais qui intégrera le retour d'expérience de la phase I).

Lors de cette campagne, deux polluants prioritaires sont concernés : le formaldéhyde et le benzène. Par ailleurs, les mesures portent également sur le confinement - déterminé notamment à partir du taux de concentration en CO<sub>2</sub> dans l'espace clos. Enfin, un pré-diagnostic de chaque établissement est réalisé par un expert du bâtiment, afin de disposer d'une description précise du bâtiment et de son environnement proche (ventilation, systèmes de chauffage, revêtements et mobiliers ...).

La réalisation des mesures est assurée par les Associations agréées de surveillance de qualité de l'air (AASQA)<sup>1</sup> sur la base de protocoles méthodologiques élaborés en 2008 par le LCSQA<sup>2</sup>, pour le formaldéhyde et le benzène, et par le CSTB pour le confinement<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Les analyses ont été confiées au Laboratoire Interrégional de Chimie, basé en Alsace, pour le formaldéhyde et à Atmo Picardie pour le benzène.

<sup>2</sup> 2008. Rapport LCSQA CSTB-EMD-INERIS-DRC-08-94298-15176A : Élaboration de protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du monoxyde de carbone dans l'air des lieux clos ouverts au public (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/elaboration-de-protocoles-de-surveillance-du-formaldehyde>).

<sup>3</sup> 2009. CSTB DESE – SB N°2009-028 : Protocole de surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'accueil de la petite enfance et d'enseignement du premier degré, *campagne 2009 – 2010*.

L'exploitation nationale des résultats relatifs au confinement et aux pré-diagnostic est confiée au CSTB et celle des résultats de mesure du formaldéhyde et du benzène est confiée à l'INERIS, dans le cadre de ses missions au sein du LCSQA. Cette exploitation aura pour but, non seulement, de renseigner sur un plan national les niveaux de concentrations rencontrés dans les écoles et crèches mais aussi d'optimiser la méthodologie mise en œuvre, dans la perspective d'une future surveillance à caractère réglementaire.

## 2.2 ÉTUDES ET RECHERCHE

### 2.2.1 LES TRAVAUX DE L'OQAI

#### ✓ CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS

Après la publication fin 2006 de l'état de la pollution intérieure dans **les logements** (campagne nationale sur un échantillon représentatif du parc français de résidences principales en 2003-2005), l'OQAI a poursuivi, entre 2007 et 2009, l'exploitation des nombreuses données acquises.

- Un descriptif de **l'état de la ventilation** dans les logements français a été réalisé, à partir des différents paramètres mesurés : concentrations en CO<sub>2</sub> dans la chambre permettant de calculer un taux de renouvellement d'air, débits d'air extrait aux bouches existantes, descriptif qualitatif des systèmes en place et des habitudes d'ouverture des fenêtres. Les résultats montrent que la part la plus ancienne du parc de logements, non soumise aux exigences réglementaires instaurant le principe de la ventilation générale et permanente, représente encore la moitié des constructions. Les logements plus récents montrent une moindre dispersion des débits de renouvellement d'air grâce aux systèmes mécanisés, mais ces derniers accusent fréquemment des dysfonctionnements, ce qui limite fortement leur fiabilité. De plus, le comportement des occupants apparaît comme jouant un rôle déterminant dans l'aération des logements au travers de stratégies spontanées d'ouverture des fenêtres et des portes, y compris en période de chauffage. Le rapport descriptif de la ventilation dans le parc de logements français a été publié sur le site web de l'OQAI en août 2009.
- Différentes typologies ont été établies : **typologies de logements** (identification de 6 classes de bâtiments présentant des caractéristiques homogènes), **typologies d'habitudes** (répartition des foyers en 9 classes selon la fréquence des activités de bricolage et de nettoyage, le tabagisme, l'utilisation de cosmétiques et de désodorisants, la présence de plantes et d'animaux domestiques), **typologies de ménages** (classification en 7 groupes selon la structure du ménage et ses ressources) et **typologie de la pollution intérieure**. Cette dernière, réalisée en collaboration avec l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a permis d'établir quatre profils de logements au regard de leur pollution intérieure en COV et aldéhydes. Ainsi, 10 % des logements sont multi pollués ; ils présentent simultanément 7 composés à de très fortes concentrations (concentration médiane respective 2 à 20 fois supérieure à celle de l'échantillon total). 24 % des logements sont mono pollués, à savoir associés à de très fortes concentrations pour un composé seulement (niveau médian de 5 à 400 fois supérieur à celui de l'échantillon total).

Il s'agit, selon les logements, des polluants suivants : 1,4-dichlorobenzène, n-undécane, styrène, 1-méthoxy-2-propanol, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 2-butoxyéthanol ou formaldéhyde. Les niveaux de concentration sont comparables à ceux de l'échantillon complet pour les autres composés. 27 % des logements dits moyennement pollués montrent des concentrations de 1,5 à 2,5 fois supérieures aux médianes de l'échantillon total pour 4 à 7 composés simultanément.

Enfin, 40 % des logements présentent des concentrations inférieures ou égales aux niveaux médians de l'échantillon total pour quasiment l'ensemble des composés ; ils sont considérés comme faiblement pollués.

Au final, ces quatre typologies vont être croisées au moyen d'analyses statistiques multidimensionnelles conduites par le LOCEAN (Laboratoire d'océanographie et du climat, expérimentation et approches numériques, Université Pierre et Marie Curie, Paris) pour identifier les déterminants et situations conduisant aux différentes configurations de pollution des logements.

- Un travail spécifique a concerné **l'humidité et la contamination par les moisissures**. Il montre que 38 % des logements français présentent des traces visibles d'humidité (condensation, humidité persistante, salpêtre, revêtement décollé). Par ailleurs, 36 % des logements ont des moisissures dans la pièce considérée, sur la base de l'indice chimique de contamination fongique, tandis que 14 % des logements présentent des moisissures visibles. Ceci montre que l'examen visuel de la présence de moisi est insuffisant pour repérer une contamination fongique.

#### ✓ LIEUX DE VIE FREQUENTES PAR LES ENFANTS

Parallèlement à l'analyse des données « logements », l'OQAI a renforcé son programme de recherche dans les **lieux de vie fréquentés par les enfants**.

L'une des études conduites est celle dite « d'intervention », qui visait à étudier la pollution intérieure de façon approfondie et les stratégies d'aération dans plusieurs établissements d'accueil de la petite enfance et d'enseignement. Elle a été conduite entre novembre 2007 et février 2008 dans deux crèches collectives, une école maternelle, une école élémentaire, un collège et un lycée, ces lieux étant le plus souvent dépourvus de système mécanique de ventilation.

Sur le plan de l'aération, il s'agissait de déterminer si la **visualisation du confinement de l'air** par la personne en charge des enfants pouvait changer son comportement par rapport à l'ouverture des fenêtres.

Ainsi deux phases d'étude d'une durée de trois semaines chacune se sont succédées : une phase de référence sans indication du confinement de l'air, puis une phase de connaissance avec visualisation. Cette dernière consistait en un dispositif équipé de diodes lumineuses tricolores : voyant vert, ambiance non confinée, il convient de maintenir les ouvrants fermés ; voyant orange, l'ambiance est légèrement confinée et il est utile d'ouvrir les fenêtres pour réduire le confinement ; voyant rouge, il faut ouvrir les fenêtres pour augmenter le renouvellement d'air de la pièce. À *posteriori*, un niveau de confinement de chaque pièce en situation d'occupation compris entre 0 et 5 a été élaboré à partir des mesures de CO<sub>2</sub>, de manière à tenir compte de la fréquence et de l'intensité du confinement (Indice de CONfinement d'air dans les Écoles, ICONÉ). La note 0 correspond au confinement nul, situation la plus favorable, et la note 5 au confinement extrême, situation la plus défavorable. L'étude a montré un changement de comportement vis-à-vis de l'ouverture des fenêtres entre les phases de référence et de connaissance, conduisant à une réduction significative des niveaux de confinement et à la mise en place de stratégies d'aération différentes d'un enseignant à l'autre (aération pendant les cours ou les interours, ouverture des portes intérieures...). De plus, cette réduction du niveau de confinement a conduit à une diminution des concentrations intérieures de certains polluants. S'agissant de la pollution intérieure, de nombreux paramètres ont été suivis, notamment la pollution particulaire par un compteur optique permettant le comptage des particules de diamètre compris entre 300 nm et 20 µm, les COV totaux en continu, les aldéhydes par des prélèvements passifs d'une semaine et actifs sur des pas de temps de 30 minutes.

Par ailleurs, des outils innovants d'inventaires moléculaires, basés sur l'ADN des micro-organismes, ont été déployés. Ils fournissent une vision qualitative et quantitative de la microflore aéroportée dans l'air intérieur. Ils ont montré la présence dans l'air de la crèche d'une grande diversité d'espèces bactériennes pathogènes, notamment celles impliquées dans les pathologies du jeune enfant (otite, méningite). Le film « De l'air pour nos enfants », visionnable sur le site web de l'OQAI, illustre ces travaux.

#### ✓ CAMPAGNE NATIONALE BUREAUX

En 2009, l'OQAI, en partenariat avec Air & Bio et avec l'appui d'un groupe de travail *ad hoc*, a défini les contours de la future **campagne nationale « Bureaux »**. Les protocoles de mesure et les questionnaires ont été testés lors d'une étude pilote conduite dans un immeuble de bureaux parisien en juin 2009. Cette dernière s'est tenue en deux phases :

- la phase 1 a duré une journée. Mise en œuvre par trois enquêteurs, elle comporte un descriptif des éléments techniques du bâtiment, de ses équipements, de son environnement et des composantes de sa performance énergétique, obtenus par questionnaires ; un descriptif de la perception du confort et de la santé des occupants par un auto-questionnaire ; des mesurages environnementaux dans cinq bureaux choisis au hasard (ou postes de travail pour le cas d'espaces ouverts) et en un point extérieur de référence. Sont mesurés sur la journée : les concentrations en COV, aldéhydes et particules ultrafines, la température, l'humidité relative et les concentrations en CO<sub>2</sub> ;
- la phase 2 s'est échelonnée sur une semaine complète. Des mesures approfondies ont été réalisées dans cinq bureaux (ou postes de travail) par immeuble. Les paramètres suivants ont été mesurés : concentrations en PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> et particules ultrafines, fibres minérales artificielles et amiante pour le cas où l'enquête en phase 1 a permis d'en identifier la présence, COV et aldéhydes, ozone, allergènes d'acariens, de chat et de chien, endotoxines, flore fongique et flore bactérienne, paramètres relatifs à la ventilation (concentration en CO<sub>2</sub>, débits d'air extrait), confort thermique, acoustique et éclairage.

#### ✓ INDICATEURS DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Un programme de travail de l'OQAI est plus spécifiquement dédié à la **gestion** et vise à établir des **indices de pollution intérieure** simples, faciles à mettre en œuvre et compréhensibles par tous. En 2008, l'OQAI a proposé de premiers indicateurs de pollution pour les établissements scolaires et les logements. En lien avec cette action, une thèse est menée en partenariat avec l'INERIS par Jean-Baptiste MASSON afin de définir des indicateurs de la pollution de l'air intérieur. Ces travaux de recherche sont menés à partir des données recueillies lors de la campagne logement qui seront couplées à des données INSEE dans le but de spatialiser et de cartographier, en type de pollution, les logements français.

Le travail mené sur les stratégies d'aération dans les établissements d'enseignement et de la petite enfance (cf. description précédemment) a permis la création de l'**indice de confinement ICONE** et le développement d'un nouveau dispositif dénommé **Lum'Air** intégrant les diodes lumineuses et le calcul simultané de ICONE.

Pour les logements, un **indice de contamination fongique** a été proposé. Il est basé sur la présence de COV microbiens émis par le métabolisme des moisissures et l'absence d'autres de ces COV. Ces COV traceurs sont prélevés de la même manière que pour une quantification des concentrations intérieures, à savoir sur un tube à diffusion passive ou par un prélèvement actif sur un adsorbant de type Tenax. Cet indice chimique a comme objectif de remédier au fait que l'analyse visuelle des traces de moisissures ne permet de détecter ni une contamination « cachée », par exemple lorsqu'une moisissure se développe derrière une cloison, dans la structure du bâtiment ou dans des filtres de ventilation, ni une contamination récente pour laquelle les premiers signes de développement ne sont pas encore marqués.

Pour plus d'informations : <http://www.air-interieur.org>

## 2.2.2 LES TRAVAUX DE L'AFSSET

### ✓ RECOMMANDATIONS POUR LA QUALITE DE L'AIR DANS LES PARCS DE STATIONNEMENT COUVERTS (2007)

Le 1<sup>er</sup> janvier 2005 le régime déclaratif relatif aux parcs de stationnement couverts a été supprimé (décret n°2004-645 du 30 juin 2004 modifiant la nomenclature des installations classées). Cette mesure a été le premier volet d'une transition réglementaire : les parcs de stationnement couverts sont en effet sortis du champ réglementaire des installations classées, pour devenir des Établissements Recevant du Public de type Parcs de Stationnement, exception faite de ceux qui relèvent du Code du Travail ou de la réglementation habitation.

C'est dans ce contexte que des travaux d'expertise relatifs aux parcs de stationnement couverts et au risque potentiel pour la santé lié à la qualité de l'air dans ces enceintes, ont été confiés à l'Afsset.

Les réflexions du groupe de travail se sont articulées autour de l'existence de telles valeurs dans d'autres pays, quels sont les polluants présents et quels seraient alors les plus pertinents pour une gestion des risques sanitaires, quels sont ceux présentant un danger et comment calculer la valeur cible, pourrait-on faire la surveillance à partir d'une seule substance ?

Il ressort qu'aucune gestion n'est faite pour les parkings souterrains dans les autres pays. Les polluants retenus pour la gestion du risque sont le CO, le NO<sub>2</sub>, les PM<sub>10</sub> et le benzène : des valeurs cibles sont proposées dans le rapport. L'expertise montre également que le NO est un bon traceur de la pollution du parking. Des valeurs de gestion relatives à la concentration du NO sont données au regard des concentrations des autres polluants.

Pour plus d'informations : <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=722&parentid=424>.

### ✓ ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES A LA PRESENCE DE FORMALDEHYDE EN AIR INTERIEUR ET EXTERIEUR (2008)

L'Afsset a été saisie le 24 novembre 2004 par les Ministères de la santé et de l'écologie pour procéder en particulier à une évaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs.

Les étapes de l'étude ont été les suivantes :

- Analyse des données toxicologiques ;
- Identification des produits concernés par la présence de formaldéhyde ;
- Exposition au formaldéhyde ;
- Évaluation du risque global pour la population générale et les travailleurs ;
- Identification des produits de substitution au formaldéhyde.

Les rapports concernant le choix des VTR ainsi que l'évaluation des risques sont publiés sur le site de l'AFSSET (<http://www.afsset.fr/index.php?pageid=727&parentid=424>).

Les conclusions quant à l'évaluation de risque menée sont contrastées : dans les logements, les personnes peuvent effectivement être soumises à des concentrations dépassant le seuil d'apparition d'irritation. Toutefois, la fréquence et la sévérité des effets ne sont pas connues. Dans les écoles et les crèches, le risque est à prendre en compte dans l'accumulation d'exposition au formaldéhyde. Dans les bureaux et les lieux de loisir, très peu de données sont disponibles et ne permettent pas de conclure. Enfin, en ce qui concerne les effets cancérogènes, les concentrations maximales estimées restent largement inférieures aux seuils considérés comme protecteurs de l'apparition de cancer du nasopharynx.

L'AFSSET émet également un certain nombre de recommandations afin d'améliorer les connaissances sur la caractérisation du danger du formaldéhyde, d'améliorer les connaissances sur les sources et les niveaux d'exposition au formaldéhyde pour la population générale et de réduire les expositions.

#### ✓ ÉLABORATION DES VALEURS GUIDE DE L'AIR INTERIEUR (VGAI)

Afin de définir une méthodologie d'élaboration de valeurs guides pour l'air intérieur dans le cadre d'une expertise collective, un groupe de travail pluridisciplinaire a démarré ses travaux en 2005.

Ces travaux ont ainsi permis d'identifier une liste de substances pour lesquelles l'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur a été jugée prioritaire. Il s'agit des substances suivantes : formaldéhyde, monoxyde de carbone (CO), benzène, trichloroéthylène, particules de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>), naphthalène, tétrachloroéthylène, phtalate de di(2-éthylhexyle) (DEHP), dioxyde d'azote, acétaldéhyde, ammoniac et radon

À ce jour, plusieurs VGAI ont d'ores et déjà été proposées :

- **CO** (2007) : VGAI court terme : 10  $\text{mg.m}^{-3}$  pour une exposition de 8 h, 30  $\text{mg.m}^{-3}$  pour une exposition d'1 h, 60  $\text{mg.m}^{-3}$  pour une exposition de 30 min, 100  $\text{mg.m}^{-3}$  pour une exposition de 15 min ;
- **Formaldéhyde** (2007) : VGAI court terme : 50  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition de 2h, VGAI long terme : 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition supérieure à un an ;
- **Benzène** (2008) : VGAI court terme : 30  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition d'une journée à 14 jours - VGAI intermédiaire : 20  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition de plus de deux semaines à un an - VGAI long terme : 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition supérieure à un an, 0,2  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de  $10^{-6}$ , 2  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de  $10^{-5}$  ;
- **Naphtalène** (2009) : VGAI long terme : 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition supérieure à un an ;
- **Trichloroéthylène** (2009) : VGAI intermédiaire : 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition entre deux semaines et un an, VGAI long terme : 2  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de  $10^{-6}$ , 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de  $10^{-5}$ .

Le groupe de travail poursuit ses travaux pour proposer dans les mois et les années à venir des valeurs guides de qualité d'air intérieur pour les autres substances considérées comme prioritaires (liste ci-dessus). Le rapport et l'avis de l'AFSSET pour les particules devrait sortir dans le premier trimestre 2010. Le deuxième groupe de travail débutera ces travaux en janvier 2010.

Pour plus d'informations : <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=829&parentid=424>.

✓ **COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS ET ENVIRONNEMENT INTERIEUR - PROCEDURE DE QUALIFICATION DES EMISSIONS DE COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS PAR LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET PRODUITS DE DECORATION (2009)**

En France, l'une des douze actions prioritaires du Plan National Santé Environnement (PNSE I) pour la période 2004-2008 prévoyait de « Mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits et matériaux de construction ». L'ambition ainsi annoncée était de parvenir, à l'horizon 2010, à ce que 50 % des produits de construction mis sur le marché disposent d'un étiquetage informant l'utilisateur sur leurs émissions de composés volatils. Cette volonté est retranscrite dans l'action 40 de la loi Grenelle 1.

Une première phase d'expertise a été réalisée entre 2004 et 2006. Elle portait sur l'élaboration d'une procédure de qualification des produits de construction solides sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires.

Une seconde phase d'expertise a été menée de 2007 à 2009 afin de mettre à jour la méthodologie présentée dans le précédent rapport et de l'étendre aux matériaux de construction liquides et aux produits de décoration.

La procédure de qualification des matériaux de construction ou de décoration repose sur la réalisation d'essais normalisés pour mesurer à différents pas de temps les émissions dans des conditions conventionnelles reflétant l'usage prévu du produit testé. Ces résultats d'essais permettent par la suite de calculer, de façon simplifiée, les concentrations d'exposition dans une pièce de référence à l'intérieur de laquelle le produit aurait été appliqué ou utilisé. Ces essais sont réalisés suivant les normes existantes de la série NF ISO 16000. La qualification des produits de construction consiste alors à comparer les concentrations ainsi déterminées aux concentrations limites définies qui s'appuient principalement sur des considérations sanitaires.

Les composés émis lors des tests à 3 jours et à 28 jours sont à rechercher parmi une liste de 165 substances. Le produit ne doit pas contenir de substances CMR de catégorie 1 et 2 (cancérogène, mutagène, reprotoxique) et les produits sensibilisants doivent être mentionnés. La mesure des COV totaux ne doit en aucun cas excéder 10 000 µg/m<sup>3</sup>. Pour le test d'émission à 28 jours des analyses complémentaires sont à fournir individuellement par polluant mesuré avec également des limites d'émission individuelles et groupées.

Pour plus d'informations : <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=714&parentid=424>.

### **2.2.3 LES TRAVAUX DU HAUT CONSEIL DE LA SANTE PUBLIQUE (HCSP)**

Le Haut Conseil de la Santé Publique est une instance d'expertise qui reprend en les élargissant les missions du Conseil supérieur d'hygiène publique de France et celles du Haut Comité de la santé publique.

La commission spécialisée Risques liés à l'environnement du HCSP a été saisie par la direction générale de la santé afin d'éclairer les gestionnaires du risque sur les niveaux de concentration de certains polluants de l'air des espaces clos à partir desquels des actions sont à entreprendre.

La saisine précise que les propositions du HCSP devront prendre en compte des considérations pratiques, réglementaires, juridiques, économiques et sociologiques.

Deux rapports sont publiés :

- Le premier est un document cadre exposant les principes communs qui guideront ces propositions de valeurs, appelées « valeurs repères d'aide à la gestion », pour différents polluants de l'air intérieur.

- Le second concerne l'application de ce cadre méthodologique à un premier polluant, le **formaldéhyde** (2009).

Ces rapports sont téléchargeables sur le site du HCSP, rubrique « Avis et Rapports » dans la section Environnement : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/accueil?ae=accueil>

Le rapport sur le formaldéhyde fait suite à la publication des valeurs guides de l'AFSSET, valeurs basées sur des effets sanitaires en deçà desquelles aucun effet n'est attendu même dans les populations sensibles. Cette valeur guide de l'air intérieur, comme citée précédemment, a été fixée à 10 µg/m<sup>3</sup> pour le long terme et à 50 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition de 2 heures.

Le HCSP a fixé 4 valeurs de gestion :

- **10 µg/m<sup>3</sup>** : valeur cible à atteindre dans les 10 ans ;
- **30 µg/m<sup>3</sup>** : valeur repère de la qualité de l'air en dessous de laquelle aucune mesure de gestion n'est à envisager ;
- **50 µg/m<sup>3</sup>** : valeur d'information et de recommandation au-delà de laquelle il faudra dans un délai de quelques mois, identifier la ou les source(s) et mettre en œuvre les actions appropriées ;
- **100 µg/m<sup>3</sup>** : valeur d'action rapide avec mise en œuvre d'une solution dans le mois suivant la mesure afin de redescendre à une concentration inférieure à 30 µg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas des bâtiments neufs livrés à partir de 2012, ceux-ci devront présenter des teneurs moyennes inférieures à 10 µg/m<sup>3</sup> avant livraison aux occupants. Il en est de même pour ceux faisant l'objet d'opérations de rénovation de grande ampleur.

Les travaux du HCSP sur les Valeurs de gestion pour l'air intérieur vont se poursuivre en s'appuyant sur les valeurs guides proposées par l'AFSSET.

## 2.2.4 LES TRAVAUX DE L'INERIS

- ✓ **CONVENTION INERIS – CSTB D'UNE CELLULE DE GESTION DE CRISES « AIR INTERIEUR » (2009)**

Le 6 juillet 2009, l'INERIS et le CSTB ont signé une convention de collaboration de trois ans pour créer une cellule d'appui à la gestion des situations d'urgence concernant l'air intérieur.

Ce dispositif s'inscrit dans les orientations du Grenelle de l'environnement et répond aux objectifs du second Plan National Santé Environnement en matière de qualité d'air intérieur. Il tient compte des travaux conduits par la Direction Générale de la Santé depuis 2008, auxquels participent le CSTB et l'INERIS, pour la définition de modes d'intervention face à des situations sanitaires ou environnementales complexes dans les bâtiments.

L'objectif de la cellule d'appui est d'apporter un appui rapide aux autorités nationales, territoriales et municipales en charge des établissements publics recevant du public (établissements d'enseignement, établissements de soins, etc.) confrontés à ces situations, pour lesquelles les premières réactions sont déterminantes.

- ✓ **LES CAMPAGNES DE MESURES A PROXIMITE DES PRESSINGS EN MILIEU URBAIN (2005-2009)**

Lors de diverses campagnes réalisées par l'INERIS depuis 2002, différents niveaux d'équipement ont été intégrés lors des choix des pressings<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Chiappini L. 2009. "Évaluation de l'exposition des populations aux émissions de tétrachloroéthylène par une installation française de nettoyage à sec". Rapport pour le MEEDDM:

Il ressort de ces mesures que les concentrations de PCE obtenues dans l'air intérieur des appartements situés au 1<sup>er</sup> étage lors des campagnes de 2005 et 2007 dépassent (parfois d'un facteur 10 et plus), pour des installations sans bonnes pratiques (machines anciennes et non-conformité de la ventilation), les valeurs de référence (OMS, ATSDR, respectivement 250 et 280  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) et s'en rapprochent (sans pour autant s'y conformer) pour l'installation respectant, a priori, les normes de ventilation (avec une machine récente). Pour cette dernière, les valeurs mesurées au niveau des trois premiers étages sont comprises entre 290 et 630  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Cependant, les résultats de la campagne de 2008, bien que difficiles à généraliser, montrent que même avec un niveau d'équipement conforme à la réglementation, on peut atteindre des valeurs de concentrations dans les appartements 2 à 10 fois supérieures à la valeur de référence de l'OMS actuelle si la ventilation ou les appareils sont mal installés ou exploités. Cette dernière campagne pose notamment la question de la possibilité accordée dans la réglementation actuelle d'éviter un dispositif de rejet dépassant d'au moins 3 mètres en hauteur les bâtiments situés dans un rayon de 15 mètres, sous réserve d'un traitement de ces rejets<sup>5,6</sup>.

#### ✓ **CHAUFFAGE AU BOIS ET AIR INTERIEUR (2008)**

*Résumé du rapport DRC-08-70801-15219A « Évaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur ».*

La contribution importante du secteur du chauffage domestique au bois (1<sup>er</sup> producteur national) dans la production d'énergie thermique renouvelable, le besoin d'améliorer les performances énergétiques et environnementales des appareils et l'intégration des appareils dans l'habitat ont conduit l'ADEME à lancer en 2005 un programme structuré de recherche et développement sur le bois énergie domestique.

Le projet, mis en œuvre par l'INERIS, le LCME, le CSTB et le CITEPA, porte sur la caractérisation des émissions de la combustion du bois. Il ambitionne d'apporter des éléments de réponses relatifs à l'impact des appareils de chauffage domestique à bois sur l'air intérieur et l'air extérieur, via l'utilisation de traceurs spécifiques de la combustion du bois.

Les résultats montrent que les **facteurs d'émission** obtenus dans cette étude ne remettent pas en cause ceux utilisés à ce jour par le CITEPA pour les différents polluants, sauf éventuellement pour les particules et le taux de benzène dans les émissions de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM).

Les concentrations observées pour les traceurs spécifiques de la combustion de biomasse (lévoglucosan et métoxyphénols), couplées aux faibles concentrations en  $\text{NO}_2$  et aux niveaux élevés en particules  $\text{PM}_{10}$  et benzo[a]pyrène (B[a]P), a permis de confirmer l'impact marqué de la source « combustion du bois » sur la qualité de l'**air extérieur** en milieu rural.

S'agissant de l'**air intérieur**, une influence du chauffage au bois a été observée pour le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, les particules  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ , le benzène et les HAP. *A priori* mineur pour le  $\text{NO}_2$  et le CO, cet impact peut être qualifié de notable pour les  $\text{PM}_{10}$  et  $\text{PM}_{2,5}$ , et de majeur pour le benzène et les HAP.

Par ailleurs, les concentrations intérieures en formaldéhyde ne semblent pas affectées par la combustion bois, compte tenu vraisemblablement des nombreuses autres sources d'émission de ce composé dans l'environnement résidentiel.

---

INERIS-DRC-08-94760-14502A. (téléchargeable sur [http://www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getDoc&id\\_doc\\_object=3917](http://www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getDoc&id_doc_object=3917)).

<sup>5</sup> Arrêté du 31 août 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2345 relative à l'utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou des vêtements.

<sup>6</sup> <http://installationsclassees.ecologie.gouv.fr/Laverie-blanchisserie-pressing.html>

Concernant spécifiquement les **traceurs de la combustion bois**, les résultats montrent, en accord avec la littérature, que le composé le plus émis est le lévoglucosan. Cependant les facteurs d'émission des différents composés mesurés dans cette étude sont relativement plus faibles que ceux rapportés dans la bibliographie. D'autre part, le lévoglucosan a été pour la première fois en France mis en évidence sur la phase particulière collectée dans les atmosphères intérieures.

✓ **IMPACT LOCAL DES STATIONS-SERVICE SUR LES CONCENTRATIONS DE BENZENE DANS L'ENVIRONNEMENT (AIR INTERIEUR ET EXTERIEUR) - (2007 – 2008)**

*Résumé du rapport DRC-09-104235-03943A, parution prévue en 2010*

Le rapport présente les travaux réalisés dans le cadre du programme d'appui de l'INERIS au MEEDDM. Il s'intéresse aux concentrations en benzène et toluène mesurées dans l'air dans l'environnement des stations-service. L'objectif de ces travaux a été d'évaluer les concentrations en benzène et en toluène dans l'air intérieur et extérieur des appartements situés au dessus de deux stations-service.

Pour ce faire, deux immeubles dont les appartements sont situés au dessus de stations-service ont été sélectionnés ; la première station (A) était située dans une rue étroite à fort trafic, la seconde (B) était localisée sur un large boulevard offrant des conditions de dispersion plus favorables. Afin de différencier la contribution de la station-service de la contribution du trafic, chaque immeuble a été associé à un immeuble témoin éloigné de la station mais exposé à un niveau de trafic équivalent. Deux campagnes de mesure du benzène et du toluène ont été respectivement réalisées du 20 au 27 juin 2007 et du 19 au 26 Mars 2008. Lors de ces campagnes, des prélèvements ont été réalisés :

- à l'intérieur et à l'extérieur (côté cour et côté rue) des logements ;
- du niveau 0 au niveau 3 (jusqu'au niveau 4 pour la deuxième station) des immeubles ;
- le long de l'axe routier séparant l'immeuble d'étude de l'immeuble témoin.

Cette étude a été réalisée à Paris, en collaboration avec Airparif. À caractère exploratoire, elle ne prétend pas être exhaustive, elle concernait deux sites d'étude représentatifs de situations particulières. Par ailleurs, aucune caractérisation de la ventilation des immeubles n'a été réalisée. Les résultats de cette étude n'ont pas fait l'objet d'une évaluation de risque sanitaire.

Les résultats semblent montrer que dans des conditions de dispersion non favorables, comme celles rencontrées à la station A, l'activité de la station-service peut être liée à l'élévation locale des concentrations de benzène et de toluène dans l'air ambiant extérieur. Cette augmentation se traduit par une augmentation des concentrations dans l'air intérieur pour le toluène alors que ce n'est pas le cas pour le benzène. Les concentrations en toluène mesurées à l'intérieur des logements sont néanmoins inférieures ou égales aux concentrations observées dans les logements français (OQAI, 2006).

L'exploitation des concentrations seules n'a pas permis de préciser l'origine de l'impact de la station-service sur la qualité de l'air. L'interprétation de ratios toluène / benzène a montré un impact de l'évaporation de carburant de la station-service sur les concentrations de benzène et de toluène mesurées dans l'air intérieur des premiers étages et extérieur sur rue au niveau des immeubles d'étude des deux stations.

Cette interprétation qui permet de tracer qualitativement la source de l'impact ne permet pas de conclure quantitativement sur la contribution de cette source aux concentrations en benzène et en toluène mesurées.

## ✓ L'EXPOSITION AUX PARTICULES ULTRAFINES

Résumé de thèse de Xiaolin Ji (thèse finalisée en 2009 et soutenue en mars 2010).

Il existe actuellement des interrogations sur les effets sur la santé de l'exposition humaine aux particules ultrafines. Le travail réalisé vise à documenter les sources de particules ultrafines dans l'environnement domestique et à développer des outils d'estimation de l'exposition.

Deux campagnes de mesures (été, hiver) ont permis d'étudier l'impact de 13 sources dans différentes pièces d'une maison expérimentale, avec des instruments permettant la mesure de la concentration en nombre, en masse, en surface, ainsi que la granulométrie des particules (incluant la fraction ultrafine). Ces sources ont été hiérarchisées en fonction de leur importance relative en termes de concentration par rapport au bruit de fond: impact élevé (cuisson, chauffage d'appoint, grille-pain), impact modéré (encens, cigarette, bougie), impact faible (spray désodorisant, aspirateur, sèche-cheveux). Il a été mis en évidence une diffusion de la pollution émise par une source à partir d'une pièce dans les autres pièces du logement, y compris pour des sources d'impact modéré (l'encens). Un impact très positif d'une augmentation du renouvellement de l'air par ventilation mécanique continue sur la concentration en particules a été montré (diminution de 40 % de la concentration en nombre, hors pièce « source »). Avec les appareils actuellement disponibles, la comparaison des différents paramètres de mesure des particules suggère que la concentration en nombre reste la méthode la plus fiable pour le suivi des particules ultrafines.

L'évaluation de l'exposition humaine aux particules ultrafines s'est appuyée sur une démarche multi étapes : estimation de l'impact global de chaque source sur l'ensemble de la maison (calcul d'une moyenne globale spécifique, après soustraction du bruit de fond); calcul d'un indicateur global d'exposition, prenant en compte la fréquence d'usage des sources et les dispositifs de ventilation du logement ; construction de scénarii d'exposition selon les Budgets Espace-Temps-Activité des individus et leur statut (opérateur mettant en œuvre les sources ou occupant passif). L'opérateur est en moyenne 1,5 fois plus exposé aux particules ultrafines que l'occupant passif, le sujet passant la majeure partie de son temps dans la pièce la plus polluée (cuisine) est soumis à des concentrations de 2 à 3 fois supérieures à l'individu qui n'active pas les sources.

Dans les limites du cadre expérimental de cette étude (une seule journée-type, nombre « limité » de sources de particules, maison expérimentale et non « environnement réel »), les outils simples proposés semblent permettre d'estimer l'exposition réelle aux particules ultrafines de façon relativement fiable, puisque la concentration estimée sur la journée diffère de moins de 20 % de la concentration réellement mesurée.

## ✓ TRAVAUX DE L'INERIS DANS LE CADRE DE SES MISSIONS AU SEIN DU LCSQA

Suite au Grenelle de l'Environnement et à l'objectif de surveillance de la qualité de l'air dans les lieux clos ouverts au public (engagement n°152), les partenaires du LCSQA (École des Mines de Douai (EMD), Laboratoire national d'essai (LNE) et INERIS) se sont associés, en 2008, au CSTB pour élaborer des protocoles de mesure pour différentes substances pouvant faire l'objet d'une surveillance. Ces protocoles visent à préconiser, pour chacune d'entre elles, des méthodes de prélèvement et d'analyse ainsi que des stratégies d'échantillonnage permettant de renseigner des niveaux globaux de concentrations dans les lieux concernés.

À ce jour, des protocoles de prélèvement sont disponibles pour le formaldéhyde, le benzène, le monoxyde de carbone pour un échantillonnage dans les établissements scolaires et d'accueil de la petite enfance. Ces protocoles sont disponibles sur le site du LCSQA dans la rubrique « thématique », « missions diverses », « Air Intérieur » :

<http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/elaboration-de-protocoles-de-surveillance-du-formaldehyde>.

Par ailleurs, à l'occasion des études de développements méthodologiques du LCSQA, un certain nombre d'environnements intérieurs ont été investigués (centre commercial, logement, école, ...) <sup>7</sup>.

## **2.2.5 LES TRAVAUX DES ASSOCIATIONS AGREES POUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR (AASQA)**

Le recensement des différentes études réalisées vise à être le plus complet possible mais ne prétend pas à l'exhaustivité.

### **a. ÉTUDE AICOLE (LIG' AIR, REGION CENTRE)**

[http://www.ligair.fr/asp/article.aspx?art\\_id=189](http://www.ligair.fr/asp/article.aspx?art_id=189)

Dès 2008, l'association de la Région Centre a décidé de s'investir dans la thématique de la qualité de l'air intérieur dans les lieux recevant du public et notamment des personnes sensibles comme les enfants.

Le 22 septembre 2008, une campagne a été lancée dans 27 écoles réparties dans toute la région afin de caractériser l'exposition des élèves et d'élaborer un guide d'actions préventives (12 écoles rurales et 13 écoles urbaines, classes de CP).

Les prélèvements du NO<sub>2</sub>, du benzène et du formaldéhyde se font sur tubes passifs, une semaine par mois, et ce pendant 9 mois. Ce protocole vise à caractériser des expositions de type « long terme ». Dans certaines écoles, les mesures ont été réalisées en continu sur les 9 mois. Sur quelques sites, les paramètres de confort et de confinement ont été relevés. Et enfin, dans d'autres lieux les mesures ont également été réalisées par prélèvement actif afin de comparer ces valeurs court terme aux Valeurs Guide de l'AFSSET.

Un Comité de Communication a également été mis en place afin de maîtriser la communication vers les parents d'élève, les professeurs ou les directeurs d'établissement ; les interlocuteurs départementaux ont reçu une formation *ad hoc*.

Les résultats de l'étude sont les suivants pour les concentrations moyennes dans l'air mesurées :

- Formaldéhyde : 20 µg/m<sup>3</sup>. Pas de différence entre les mesures en milieu rural et en milieu urbain ;
- Benzène : 1,2 µg/m<sup>3</sup>. Concentrations plus élevées en milieu urbain ;
- NO<sub>2</sub> : 10 µg/m<sup>3</sup>. Concentrations plus élevées en milieu urbain.

La suite de cette étude prévoit maintenant de faire un suivi des écoles qui auront mis en place des actions préventives.

### **b. AIR PAYS DE LA LOIRE (2008)**

[http://www.airpl.org/publications/actualites/evaluation\\_de\\_la\\_qualite\\_de\\_l\\_air\\_dans\\_deux\\_etablissements\\_scolaires\\_nantais\\_septembre\\_2008\\_juillet\\_2009](http://www.airpl.org/publications/actualites/evaluation_de_la_qualite_de_l_air_dans_deux_etablissements_scolaires_nantais_septembre_2008_juillet_2009).

A la demande et avec le soutien financier de la DRASS des Pays de la Loire, Air Pays de la Loire a mis en œuvre une campagne de suivi de l'air intérieur dans deux établissements scolaires de l'agglomération nantaise à la rentrée 2008 pendant la durée

---

<sup>7</sup> Mesure du formaldéhyde : Rapports LCSQA INERIS-DRC-09-103369-12115A ; LCSQA INERIS-DRC-08-94304-15167A (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/mesure-du-formaldehyde-0>) ; LCSQA INERIS-DRC-07-85132-16587A (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/mesure-du-formaldehyde>).

de l'année scolaire. Le lycée Clemenceau et l'école élémentaire Alain Fournier ont été choisis pour accueillir le dispositif de mesure de la campagne.

Lors de cette campagne deux familles de COV ont été mesurées, les aldéhydes et les BTEX, par tubes passifs Radiello®, ainsi que le dioxyde de carbone, la température et l'humidité, par un appareil de mesure instantané (Q-Track). La mesure de ces paramètres a été réalisée de manière hebdomadaire (pose et dépose). En accompagnement des mesures, un questionnaire a été soumis aux gestionnaires des établissements visant à évaluer les sources intérieures de polluants et les pratiques des occupants de nature à avoir une incidence sur la qualité de l'air dans les salles de cours.

Les résultats de la campagne de mesure de l'air intérieur dans les deux établissements scolaires nantais ont mis en évidence :

- un niveau de confinement élevé dans les deux établissements scolaires, avec dépassement pendant les heures de présence des élèves du seuil de 1000 ppm fixé par le règlement sanitaire départemental ;
- des concentrations moyennes en formaldéhyde plus importantes au lycée et un dépassement de la valeur guide air intérieur (VGAI) dans les deux établissements (faiblement dépassée à l'école);
- des concentrations moyennes en benzène équivalentes dans les deux établissements et en dessous de la valeur guide air intérieur pour le benzène.

Le bilan d'une approche expérimentale montre l'importance d'une bonne aération afin de réduire les niveaux des polluants dans l'air intérieur, au même titre que la réduction de l'utilisation de produits d'entretien émissifs en composés organiques volatils.

Cette campagne de mesure en continu a permis d'apprécier la variation temporelle de la concentration en polluants sur une année scolaire. L'utilisation de techniques statistiques va être effectuée dans le cadre d'une étude complémentaire afin de proposer un suivi plus léger pour des prochaines campagnes.

### **c. ATMO POITOU-CHARENTES (2007)**

<http://www.atmo-poitou-charentes.org/2007-Etude-exploratoire-Quelle.html#contenu>

De mars à juin 2007, une étude a été menée dans 6 écoles de l'agglomération de Niort. Les 6 écoles ont été choisies parmi un panel d'écoles maternelles et élémentaires. Elles correspondent à des environnements de types urbain, périurbain ou rural. Les polluants surveillés au cours de cette étude sont ceux habituellement recherchés en air intérieur : les composés organiques volatils et les aldéhydes ; des mesures de dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs ont également été réalisées.

Les résultats de mesure de concentration dans les 6 classes révèlent des teneurs moyennes basses en benzène ( $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Les concentrations les plus importantes sont obtenues avec le toluène ( $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), le n-décane ( $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), le n-undécane ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), et les trois isomères du xylène (m et p-xylène :  $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o-xylène :  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Les données relevées en styrène et toluène sont basses par rapport aux valeurs recommandées, sur une semaine, par l'Organisation Mondiale de la Santé ( $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une semaine). Les niveaux en formaldéhyde ( $23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et autres aldéhydes mesurés dans cette étude sont comparables aux valeurs retrouvées dans la bibliographie.

L'analyse des données ne montre pas de différence entre les écoles mais par contre les activités pratiquées à l'intérieur de la classe jouent un rôle important. De même, les revêtements notamment muraux et l'aération des pièces par ouverture des fenêtres ont des impacts manifestes sur la qualité de l'air intérieur. Pour les polluants mesurés, les résultats montrent des variabilités saisonnières des concentrations.

#### **d. GIE ATMO RHONE-ALPES (2006-2007)**

En 2006, les AASQA de Rhône-Alpes ont été sollicitées par la DRASS afin de réaliser une étude des concentrations en aldéhydes, dont le formaldéhyde, sur un échantillon de 50 crèches ou écoles maternelles de Rhône-Alpes.

L'objectif de l'étude était de réaliser un état des lieux préliminaire des concentrations en aldéhydes dans l'air intérieur des bâtiments accueillant des jeunes enfants et de produire des résultats exploitables dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition aux aldéhydes en environnement intérieur.

De cette étude, il ressort que le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont des polluants présents dans l'air intérieur de toutes les salles testées. Les écoles maternelles sont plus touchées que les crèches par la pollution au formaldéhyde, ce qui n'est pas le cas en revanche pour l'acétaldéhyde, polluant pour lequel les deux types d'établissement présentent les mêmes niveaux.

Comparativement aux autres environnements dans lesquels les enfants sont susceptibles d'évoluer, les écoles maternelles et les crèches présentent des niveaux de formaldéhyde du même ordre de grandeur que ceux des logements et sont nettement supérieurs à ceux observés à l'extérieur. Par ailleurs, la comparaison des résultats avec d'autres études montre qu'il n'y a pas de spécificité de la région Rhône-Alpes.

La réalisation de quatre campagnes, réparties dans l'année, dans les mêmes salles, a permis de renseigner l'évolution des niveaux de formaldéhyde dans une année. Globalement, les niveaux observés en période estivale sont supérieurs à ceux observés en période hivernale.

Les concentrations moyennes de formaldéhyde dans les salles de l'étude sont supérieures à la valeur guide à long terme de l'AFSSET dans la très grande majorité des salles. Pour l'acétaldéhyde, les niveaux mesurés sont inférieurs à la valeur guide proposée au niveau européen.

Enfin, les données recueillies ont montré, notamment, que la présence d'une ventilation mécanique (VMC) permet de baisser significativement les niveaux de formaldéhyde, tout particulièrement pendant les périodes de moindre ouverture des fenêtres. Ces périodes n'étant pas les plus polluées, il est toutefois possible pendant la période estivale d'observer des niveaux élevés même dans les salles équipées de VMC. Par ailleurs, il semble que les niveaux d'ozone extérieurs aient une influence non négligeable sur les concentrations de formaldéhyde à l'intérieur.

Par ailleurs, des règles simples comme l'aération des locaux pendant les récréations ou certaines activités spécifiques, ne doivent pas être oubliées.

Le rapport complet de l'étude<sup>8</sup> est disponible sur le site de la Fédération Atmo<sup>9</sup>.

#### **e. ASPA, REGION ALSACE**

##### **• *Qualité de l'air dans un bâtiment HQE , 2008***

En juin 2008, l'ASPA a engagé une campagne de mesure dans un Lycée agricole « HQE ». Les paramètres étudiés (aldéhydes, COVt, CO<sub>2</sub>, température et humidité) ont été évalués dans une classe du lycée qualifiée de HQE et dans une salle non HQE. Les mesures ont eu lieu sur deux jours. Les résultats sont attendus courant 2010.

##### **• *L'air c'est mon affaire* : <http://www.laircmonaffaire.net/>**

« *Mieux connaître son exposition à la pollution de l'air pour mieux se protéger au quotidien* »

L'ASPA en partenariat avec l'[ORSAL](#) (Observatoire Régional de la Santé en Alsace) a réalisé un site internet « l'air c'est mon affaire ».

<sup>8</sup> AIR-APS, AMPASEL, ATMO Drôme-Ardèche, ASCOPARG, COPARLY (2007) Mesure des aldéhydes dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches en Rhône-Alpes. Convention DRASS.

<sup>9</sup> <http://www.atmo-france.org/fr/index.php/Demarrer-telechargement/217-Dans-les-lieux-clos-ouverts-au-public/538-Mesure-des-aldehydes-dans-les-ecoles-maternelles-et-les-crèches-en-Rhone-Alpes.html>

L'objectif visé était la mise en place d'un outil accessible à chacun permettant de classifier son exposition individuelle à la pollution atmosphérique au quotidien à partir de ses habitudes de vie (emploi, moyens de transports, temps passé dans des milieux clos...). Cet outil poursuit un double objectif :

- Améliorer ses connaissances en matière de sources de pollution (extérieur, habitats, transports...), de risques sanitaires associés et de comportements défavorables
- Donner des pistes de recommandations comportementales pour réduire ces risques en agissant sur les sources et ses modes de vie, afin de promouvoir les environnements et les comportements favorables à la santé.

Ce projet constitue ainsi un outil pédagogique dans une optique à la fois d'éducation à la santé et à l'environnement. Il s'inscrit dans une démarche plus large de sensibilisation au développement durable intégrant la maîtrise du changement climatique et de l'énergie pour lesquels les comportements des particuliers jouent un rôle primordial.

#### **f. LA QUALITE DE L'AIR DANS LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT**

De nombreuses études ont été réalisées sur l'air intérieur dans les transports et beaucoup sont notamment lancées par les gestionnaires de réseaux eux-mêmes.

- ***La qualité de l'air dans le métro Lillois (ATMO NPdC, 2007-2008)***

[http://www.atmo-npdc.fr/admin/mediatheque/SYNTHESE-FINALE\\_AtmoTranspole.pdf](http://www.atmo-npdc.fr/admin/mediatheque/SYNTHESE-FINALE_AtmoTranspole.pdf)

Afin de connaître l'exposition des usagers du métro lillois aux pollutions gazeuses et particulaires, ATMO Nord-Pas-de-Calais a mis en place une surveillance de l'air sur 2 périodes de 1 mois chacune (une phase en période estivale, juin-juillet 2007, et une phase en période hivernale, janvier-février 2008). Cette étude visait à qualifier et à comparer deux stations de métro avec des points de mesure dans les tunnels, les halls, sur les quais et à l'extérieur des stations.

Quatre techniques de prélèvement ont été employées : mesures automatiques (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, NO<sub>x</sub> et SO<sub>2</sub>), prélèvements actifs (HAP, métaux lourds, silice), mesures spécifiques pour la silice cristalline et des prélèvements actifs (BTEX et NO<sub>2</sub>).

D'une manière générale, la station de Lille République est plus polluée que la station de Roubaix, du fait de son confinement, de sa fréquentation et du passage de la motrice diesel la nuit.

Les teneurs en polluants gazeux sont généralement faibles et proviennent principalement de l'extérieur. En ce qui concerne les poussières en suspension et les métaux lourds, les concentrations sont supérieures dans le métro vis-à-vis de l'extérieur et les particules plus fines.

- ***Mesures Airparif/RATP dans les gares (2008)***

Une campagne de mesures communes entre la RATP et Airparif à la station Faidherbe-Chaligny (ligne 8) quantifie les niveaux et montre les échanges de pollution entre l'intérieur et l'extérieur de la station : dioxyde d'azote, particules ... Des transferts de pollution se font entre l'environnement intérieur et l'extérieur. C'est le cas notamment au niveau des stations de métro. Cette première étude conjointe entre la RATP et Airparif, association de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France, met en valeur ces flux de pollution au niveau de la station Faidherbe-Chaligny.

La campagne s'est déroulée du 1<sup>er</sup> au 15 décembre 2008 sur les quais ainsi que dans l'environnement proche de la station Faidherbe Chaligny. La station choisie est représentative des stations sans correspondance du réseau souterrain de la RATP. Dans le cadre de ce premier échange, la configuration simple de cette station permettait d'appréhender plus facilement les paramètres influençant la qualité de l'air. Les deux

partenaires se sont partagés les points de mesure, mettant chacun en œuvre un laboratoire mobile à l'extérieur de la station et une baie d'analyseurs sur chaque quai :

- à l'intérieur, deux points de mesure ont été disposés de part et d'autre des voies, en vis-à-vis sur les quais, afin de caractériser la qualité de l'air respirée par les voyageurs ;
- à l'extérieur, deux points de mesure étaient situés l'un au niveau d'une entrée au niveau de la rue Faidherbe, l'autre le long du boulevard Saint-Antoine sur la grille de ventilation de la station.

Différents polluants ont été mesurés : les particules PM<sub>10</sub> (inférieures à 10 µm) et PM<sub>2,5</sub> (inférieures à 2,5 µm), les oxydes d'azote.

En ce qui concerne les particules, les mesures de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> sont significativement supérieures (près de 2,5 fois) à l'intérieur de la station par rapport aux teneurs relevées à l'extérieur de la station, principalement au cours de la journée. À l'extérieur de la station, les niveaux de particules relevés sont intermédiaires entre les mesures effectuées sur le réseau de mesures d'Airparif dans l'air ambiant et celles mesurées à proximité du trafic routier, avec une hausse des niveaux en journée, une baisse la nuit et les week-ends.

Pour les oxydes d'azote, la circulation routière et autres sources de pollution extérieures sont responsables en majeure partie des niveaux relevés dans le souterrain. En effet, la circulation du métro n'émet pas ce type de polluant et les bouches d'aération de la station étudiée se trouvent à proximité immédiate d'axes de circulation importants comme la rue du Faubourg Saint Antoine. Cet impact des niveaux extérieurs est particulièrement visible le 11 décembre. Ce jour là, la pollution extérieure était la plus élevée de la campagne, et les niveaux de dioxyde d'azote dans la station de Faidherbe-Chaligny ont également atteint leur maximum.

Afin d'élargir et de compléter les résultats de cette campagne de mesures, d'autres séries de mesures conjointes entre la RATP et Airparif ont été proposées, en particulier des mesures dans la gare d'Auber fin 2009 : station plus complexe, plus importante et présence d'une salle d'échange.

Le rapport complet de l'étude est disponible sur le site de la Fédération Atmo<sup>10</sup>.

- ***Atmo Auvergne : Campagne de mesure de la qualité de l'air dans le hall de la gare SNCF de Clermont-Ferrand (2008)***

Atmo Auvergne, a installé une cabine mobile dans le hall de la gare SNCF de Clermont-Ferrand du 4 avril au 4 mai 2008. Cette étude visait à connaître les niveaux de dioxyde d'azote dans le bâtiment et à percevoir l'éventuel impact des circulations ferroviaire (locomotives diesel notamment) et automobile à proximité du quartier de la gare sur la qualité de l'air à l'intérieur de l'enceinte ferroviaire.

Les conclusions de l'étude révèlent que les concentrations de dioxyde d'azote relevées dans le hall de la gare SNCF par le laboratoire mobile d'Atmo Auvergne en avril et mai 2008 sont assez soutenues, puisque proches des niveaux mesurés sur la station de proximité automobile de l'esplanade de la Gare et supérieures aux valeurs urbaines de fond. La concentration moyenne sur un mois de données dépasse la valeur limite annuelle sans que cela laisse préjuger ou non du respect de cette norme en 2008. Le seuil de recommandation et d'information de la population, fixé à 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, est également dépassé une fois durant la campagne. Par ailleurs, le profil horaire de la concentration montre que la chute nocturne de trafic, automobile comme ferroviaire, entraîne une nette diminution des teneurs en dioxyde d'azote. La présence de deux pics dans la journée, habituellement observée sur les stations de mesure de l'association et

---

<sup>10</sup> <http://www.atmo-france.org/fr/index.php/Dans-les-transport/Transferts-de-pollution-au-niveau-d-une-station-de-metro-parisienne/id-menu-154.html>

consécutives aux trajets domicile-travail, n'est pas clairement constatée dans le hall de la gare, tandis que les données laissent apparaître une suite continue de nombreux pics du matin au soir. Il semble ainsi que les locomotives diesel et la dépose-minute soient à l'origine d'une pollution significative de l'intérieur du hall, dont l'atmosphère est également affectée par les émissions urbaines, les maxima journaliers se produisant aux mêmes dates.

Le rapport complet de l'étude est disponibles sur : <http://www.atmoauvergne.asso.fr/publications/Rapport%20HASNCF%202008.pdf>.

- **ASPA : Campagne de mesure de la qualité de l'air sous la verrière de la gare de Strasbourg (2008)**

L'ASPA a été sollicitée par la SNCF pour la réalisation d'une campagne de mesures visant à caractériser la qualité de l'air intérieur dans la gare de Strasbourg suite à la construction du hall de transport (verrière) adossé à la façade historique de la gare depuis le 5 novembre 2007.

Les paramètres mesurés correspondent essentiellement aux polluants rejetés par le trafic ferroviaire et le trafic routier, à savoir : le dioxyde d'azote, le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes (BTEX), les PM<sub>10</sub>, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ainsi que les métaux. Les aldéhydes et notamment le formaldéhyde ont également été mesurés.

Les principales conclusions de cette campagne exploratoire menée sous la verrière de la gare de Strasbourg font apparaître :

- une problématique liée aux niveaux de concentrations en particules, de même importance que dans d'autres capitales européennes pour les moyennes journalières (les mesures horaires n'ont pas été réalisées durant cette campagne) ;
- des niveaux de concentrations de pollution intermédiaires entre milieu urbain et proximité trafic pour le dioxyde d'azote ;
- des niveaux de concentrations équivalents à ceux constatés en proximité trafic pour le benzène ;
- des niveaux de concentrations faibles pour le formaldéhyde ;
- des niveaux de concentrations modérés pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- des niveaux de concentrations élevés pour certains métaux (constat cohérent avec des résultats observés dans d'autres gares). A noter que les métaux ont été prélevés sur filtre et qu'ils sont donc fortement corrélés avec les particules.

Au regard de ces résultats exploratoires, la SNCF a demandé à l'ASPA de proposer une stratégie de suivi des niveaux de concentrations permettant d'apporter des éléments d'information relatifs à l'exposition des voyageurs ainsi que des personnels travaillant dans la verrière aux niveaux de pollution dans la gare. Il a également été demandé à l'ASPA d'identifier si possible les sources des particules afin de pouvoir, le cas échéant, mettre en place des mesures permettant d'en limiter les rejets.

Afin de répondre à ces objectifs, un suivi sur une année complète au moyen de différentes campagnes de mesures sera proposé.

Le rapport complet de l'étude est disponible sur : [http://www.atmo-alsace.net/medias/produits/Campagne\\_de\\_mesure\\_de\\_l.pdf](http://www.atmo-alsace.net/medias/produits/Campagne_de_mesure_de_l.pdf)

- **Autres types d'études liées au transport**

Pour mémoire de nombreuses études ont également été réalisées afin d'améliorer les connaissances sur l'exposition et en particulier dans les différents modes de transport :

- *Exposition à la pollution selon le moyen de transport. ORAMIP. 2008.*

- *Caractérisation des Expositions Professionnelles et des Usagers des Transports Routiers : Mesures Dynamiques en Habitacle de Véhicule Inséré dans le Trafic. Inserm, CERTAM, Air Normand. 2008.*
- *Exposition des automobilistes franciliens à la pollution atmosphérique liée au trafic routier : trajet "domicile-travail". Aiparif. 2009.*
- *Inter'Modal : Vers une meilleure maîtrise de l'exposition individuelle des populations à la pollution atmosphérique lors de leurs déplacements urbains. 2009. INERIS (Rapport DRC-09-104243-11651A, parution prévue en 2010).*

## 2.3 NORMALISATION

La norme **NF EN ISO 16000-5 (X 43-404-5)** : « Air intérieur - Partie 5 : Stratégie d'échantillonnage pour les composés organiques volatils (COV) » est parue en mai 2007. Elle a pour objectif d'apporter une aide pour définir et mettre en œuvre la stratégie de mesure des COV dans l'air des environnements intérieurs.

La norme expérimentale de l'AFNOR, **XP P45-500**, datée de mars 2007, concerne les diagnostics de l'état des installations de gaz situées à l'intérieur des bâtiments d'habitation. Cette norme fait partie d'un ensemble relatif aux diagnostics immobiliers légaux.

L'AFNOR a mis en ligne la notice de la norme **NF EN 15251** relative à la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique. Cette norme européenne spécifie le mode d'établissement des paramètres relatifs à l'ambiance intérieure qui influent sur la performance énergétique, pour la conception du bâtiment et pour les calculs de cette performance.

Trois normes relatives à l'air intérieur ont été publiées en 2009 :

- **NF ISO 16000-16** (février 2009) - Air intérieur - Partie 6 :  
Détection et dénombrement des moisissures - Échantillonnage par filtration ;
- **NF ISO 16000-17** (février 2009) - Air intérieur - Partie 17 :  
Détection et dénombrement des moisissures - Méthode par culture.
- **NF ISO 16000-14** (août 2009) - Air intérieur - Partie 14 :  
Dosage des polychlorobiphényles (PCB) de type dioxine et des polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD)/polychlorodibenzofuranes (PCDF) totaux (en phase gazeuse et en phase particulaire) - Extraction, purification et analyse par chromatographie en phase gazeuse haute résolution et spectrométrie de masse.

## 2.4 TRAVAUX MENES A L'ECHELLE EUROPEENNE ET INTERNATIONALE DEPUIS 2007

### 2.4.1 LES CONGRES

#### 2.4.1.1 CONGRÈS INTERNATIONAL HEALTHY BUILDINGS, SYRACUSE, NY, 13-17 SEPT 2009

La 9<sup>ème</sup> édition de la conférence Healthy Buildings s'est déroulée à Syracuse (USA) ; elle a réuni près de 850 congressistes en provenance de 43 pays, avec une forte participation américaine (environ 50 %), et des délégations scandinaves et asiatiques importantes. Une vingtaine de représentants français était présente, principalement des institutionnels (AFSSET, INERIS) et des universitaires (LEPTIAB de la Rochelle, Écoles des Mines de Nantes et Douai). Veolia était le seul représentant industriel français aux cotés d'EDF. 366 communications orales et 154 posters ont été présentés durant les séances plénières (4), les séances parallèles (49) et les forums (11).

Les principales thématiques abordées ont été :

- Qualité Environnementale des Bâtiments (Indoor Environment Quality ou IEQ) ;
- Confort thermique et systèmes de ventilation ; Modélisation – simulation (et notamment approche CFD = Computational Fluid Dynamics ou Mécanique des Fluides Numérique) ;
- Caractérisation de la QAI dans les micro-environnements intérieurs avec deux axes principaux : a) exposition et mesure de la qualité de l'air intérieur (QAI) et b) émissions chimiques des matériaux.

**Qualité Environnementale des Bâtiments / Bâtiments « Durables »** : cet axe constituait une thématique majeure avec 6 sessions dédiées. Si les sujets abordés étaient très diversifiés (performances énergétiques, indicateurs de performance environnementale des bâtiments, performances humaines et productivité...), on retiendra que bon nombre des travaux présentés reposent sur un schéma d'étude identique visant à comparer un ou plusieurs bâtiments « durables » et des bâtiments « conventionnels ».

Systeme d'évaluation ou indicateurs de performance environnementale : une session consacrée à cet axe a permis de confronter les outils de certification utilisés notamment au Japon (CASBEE), en Amérique du Nord (LEED aux États-Unis et Canada) ou en Grande-Bretagne (BREEAM). Une communication a montré comment les systèmes nord-américain et britannique intégraient la qualité de l'environnement intérieur dans leur classification ; le « crédit » IEQ intégré dans le système BREEAM est plus grand que celui accordé dans le système LEED (qui ne prend pas en compte par exemple les problèmes acoustiques), ce qui rend difficile une comparaison directe des performances évaluées selon les deux systèmes. Une autre présentation de la Commission LEED<sup>11</sup> justement rapporte qu'il existe aujourd'hui dans le système américain différents modèles de certification correspondant à plusieurs types de bâtiments (écoles, bureaux...). La commission américaine travaille actuellement sur une harmonisation de ces approches. Il est rappelé en conclusion que « Bâtiment vert » ne signifie pas « Bâtiment sain ».

QAI et performances humaines (productivité) : après qu'aient été présentés en séance plénière les guides du REHVA<sup>12</sup> (association européenne de professionnels du domaine de l'ingénierie des bâtiments –chauffage, ventilation, air conditionné) et la publication récente (juin 2009) par l'US Department of Health & Human Services d'un plan d'action « Maisons Saines »<sup>13</sup>, plusieurs communications orales ont présenté des travaux, majoritairement réalisés dans les pays asiatiques, ciblés sur la relation entre qualité de l'environnement intérieur (dans les bureaux principalement) et les niveaux de performance des occupants (deux sessions parallèles dédiées). La qualité et le contenu de ces présentations étaient assez hétérogènes. Il ressort globalement que les indicateurs de performance présentés ne semblent pas pouvoir faire l'objet d'une application directe ou être intégrés dans un outil opérationnel. En effet, les indicateurs de performance présentés restent des outils du domaine de la recherche (mesures d'indicateurs biologiques ou physiologiques par exemple), des indicateurs assez peu robustes ou difficiles à mesurer (mesures du nombre de clics de souris effectués par exemple !) ou des estimateurs très subjectifs (sensation de fatigue...). Ils constituent toutefois des éléments de communication ou de sensibilisation.

**Confort thermique et systèmes de ventilation** : un nombre important de présentations abordait les questions de stratégies mises en œuvre, mesures, ventilation naturelle, ventilation hybride...

<sup>11</sup> La commission LEED s'appuie notamment sur les guidelines et outils de l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers).

<sup>12</sup> Guide Book 6 (2006) « IAQ & Performance (Indoor Climate and Productivity in Offices – *How to integrate productivity in life-cycle cost analysis of building services* ».

<sup>13</sup> Surgeons General's Call to Action to Promote Healthy Homes (<http://www.surgeongeneral.gov/topics/healthyhomes/index.html>).

Parmi les présentations sur le confort thermique, une approche originale nommée « Cool Biz » développée par une équipe japonaise et consistant notamment à maintenir une température de 28 °C dans les bureaux et fournir aux occupants des vêtements légers, indique que ces conditions semblent améliorer le niveau de satisfaction thermique des sujets, ce qui conduit à une amélioration des performances et une diminution de la sensation de fatigue.

Concernant les techniques de traitement de l'air, les travaux présentés au cours de deux sessions « filtration et épurateurs » et une session « bioaérosols » étaient axés principalement sur : l'évaluation de techniques de traitement d'air (ouverts/fermés) en laboratoire, avec en particulier l'évaluation de la filtration classique (efficacité, relargage de particules, microorganismes et émissions d'odeur) et sa comparaison à la filtration combinée (filtre classique et charbon actif). Au cours d'un forum, les principaux challenges qu'il reste à investiguer ont été soulignés. On peut citer notamment le traitement de la pollution multiple, la formation de sous-produits, l'évaluation des performances à long terme des techniques utilisées (efficacité et perte de charge) ainsi que l'harmonisation des outils d'évaluation et de labellisation.

Ventilation et QAI dans les écoles : cette thématique a été traitée à la fois au cours des sessions concernant la ventilation et à la fois au cours d'une session et d'un forum spécifiques aux écoles. Les études consistent en général à la caractérisation de la qualité environnementale des écoles par des mesures sur site. L'influence de la conception, en particulier de l'isolation (simple vitrage, double vitrage, type de d'encadrement de fenêtre) et du type de ventilation (naturelle, mécanique et hybride) est évaluée par des mesures sur site.

Une étude, menée par l'institut allemand pour l'efficacité énergétique du bâtiment et le climat intérieur, a combiné l'approche des mesures sur site à la modélisation pour évaluer l'impact de l'installation d'une ventilation hybride combinée à un système automatique d'ouverture de fenêtres et développer une stratégie de contrôle.

Un outil simplifié et rapide d'évaluation de la performance énergétique et de la QAI des écoles (ABCD tool) a aussi été présenté par le bureau d'étude Néerlandais BBA. Accessible en ligne ([http://www.binnenmilieu.nl/abcd\\_en/](http://www.binnenmilieu.nl/abcd_en/)), cet outil fournit un score final ressemblant au score énergétique défini pour les appareils électriques et électroménagers.

### **Caractérisation des micro-environnements intérieurs**

Qualité de l'Air Intérieur (QAI) : 8 sessions ont été consacrées à cette thématique, avec une majorité de présentations sur les COV (25) et dans une moindre mesure sur les particules (6). Deux présentations de l'US-EPA ont décrit les initiatives de l'agence américaine dans le domaine (Label de QAI pour les maisons neuves et Construction d'une base de données sur les concentrations en COV généralement rencontrées dans les milieux intérieurs).

À noter que dans les études comparant des bâtiments « verts » et des bâtiments « conventionnels », il reste globalement assez difficile de mettre en évidence une différence nette entre les deux types de bâtiments vis-à-vis de la QAI (notamment concernant la pollution par les moisissures et le Sick Building Syndrom).

Si l'habitat et les bureaux restent les deux lieux de vie les plus étudiés, on notera qu'une dizaine de travaux, quasiment tous réalisés en Europe, étaient ciblées sur les hôpitaux (étude finlandaise sur le management de cycle de vie des hôpitaux ; étude portugaise sur l'efficacité des filtres vis-à-vis de l'aérobiocontamination dans des salles propres, deux études italiennes, l'une sur la pollution par les gaz anesthésiants halogénés, l'autre sur un programme de suivi ou contrôle infectieux par monitoring de la pollution particulaire dans une unité de nutrition parentérale ; étude suédoise sur la relation entre transmission d'agents infectieux résistants et systèmes de ventilation, étude anglaise sur une modélisation de la contamination en bioaérosols et une étude japonaise sur le recours à un système d'air conditionné personnalisé).

Au cours d'une séance plénière consacrée aux Politiques et stratégies européennes en matière de QAI (Eduardo de Oliveira Fernandes, Université de Porto), ont été rappelés :

- les guidelines de l'OMS (une présentation spécifique a ensuite été faite par l'OMS axée principalement sur la publication durant l'été 2009 du dernier guide « Air intérieur » sur les risques biologiques qui conclut principalement que la priorité demeure le risque lié aux moisissures)
- les activités du ECA JRC (Ispra)
- le projet INDEX
- les Directives de la Commission Européenne (CPD 89/106/EEC ; EPBD 2002/91 EC ; GPSD 2001/ 95/EC)
- l'action 12 du programme SCALE
- le projet ENVIE (2004-2008) (<http://www.envie.iaq.eu>) : il est rappelé que l'outil de mesure mis en avant dans ce projet pour évaluer les impacts de la QAI est l'approche DALY. Par ailleurs, un « IAQ Green Paper » devrait prochainement être publié.

Émissions des matériaux : plusieurs sessions ont été consacrées aux émissions de composés chimiques par les matériaux et principalement : émissions de formaldéhyde (et COV) à partir des panneaux de particules orientés (OSB)<sup>14</sup>, comparaisons inter laboratoires des méthodes et tests de mesures, COSV (composés organiques semi volatils)...

La conclusion essentielle est que les tests utilisés aujourd'hui présentent parfois suffisamment de différences pour empêcher toute comparaison directe des résultats obtenus (mesures sur des cibles différentes, à des périodes de temps différentes...). Concernant les émissions de COV à partir des matériaux, des présentations européennes et nord-américaines ont montré que les procédures de tests appliquées de part et d'autre de l'Atlantique ne sont pas totalement comparables. Concernant l'Europe, une présentation détaillée du programme BUMA, financé par la DG Sanco, a rappelé qu'aujourd'hui près de 400 matériaux et 400 substances avaient été testées par le centre JRC à Ispra (données disponibles sur le site internet du BUMA<sup>15</sup>). Dans l'approche européenne, les composés cibles prioritaires sont les composés pour lesquels 1) il existe des « valeurs limites » sanitaires ou de confort, 2) les niveaux usuels rapportés dans les environnements intérieurs se rapprochent le plus des valeurs limites et 3) des matériaux sont suspectés d'être de forts émetteurs. Selon l'approche du BUMA, il convient ainsi de mesurer à *minima* le formaldéhyde et les COV totaux. Cette thématique a également donné lieu à un forum de discussion suite à de nombreuses présentations sur les différents Labels américains et européens : une harmonisation des procédures US et européennes s'impose notamment sur la durée des essais et sur les composés recherchés. Les points qui semblent les plus faciles à accorder concernent la taille de la chambre d'émission et les niveaux de ventilation ; les points durs concernent la fixation

---

<sup>14</sup> Panneaux composés de copeaux de bois encollés avec de la cire et de la résine (95 % de bois et 5 % de cire et de résine).

<sup>15</sup> BUMA : PRIORITIZATION OF BUILDING MATERIALS AS INDOOR POLLUTION SOURCES.  
[HTTP://WWW.ENMAN.UOWM.GR/BUMAPROJECT](http://www.enman.uowm.gr/bumaproject)

des concentrations limites pour les COV individuellement et pour les COVt. Enfin, un des challenges qui demeure est de mieux connaître les mécanismes à l'origine des émissions des matériaux.

À souligner que les *effets sanitaires* liés à la QAI n'ont été que peu abordés (une session seulement). Lors d'une session plénière consacrée à « Expositions et pathologies modernes », Carl-Kustav Bornehad (Danemark) a présenté deux projets épidémiologiques réalisés dans les pays scandinaves axés sur la relation entre exposition intérieure et impacts chez les enfants : l'étude « *Dampness in Buildings and Health* » (DBH) (2000-2010), étude multicentrique (6 pays) articulée en 4 volets<sup>16</sup> et ciblée principalement sur moisissures et asthme/maladies allergiques chez les enfants, et l'étude « *Indoor Environment and Children's Health* » (IECH) (plusieurs communications orales ont présenté plus en détail ces projets). Les 1<sup>ers</sup> éléments d'information indiquent que les études longitudinales montrent une tendance à une diminution des risques sanitaires liés à une exposition aux moisissures. Concernant les risques biologiques, le risque principal est une exacerbation de l'asthme chez les enfants. Concernant les risques chimiques, diverses substances issues notamment de l'industrie pétrolière ont des structures similaires aux hormones et sont suspectées d'agir comme des perturbateurs endocriniens (phtalates, Bisphénol A, éther de glycol...). L'exposition intérieure aux éthers de glycol est d'ailleurs peut-être trop rarement prise en compte dans les études. Il rappelle également que les fenêtres d'exposition jouent un rôle essentiel en termes de risque et qu'une exposition précoce dans la vie (durant la grossesse et les premiers mois de la vie) joue un rôle important sur la survenue de troubles se déclarant à distance de l'exposition, parfois même durant la vie adulte. Si les troubles respiratoires restent la cible d'étude privilégiée, la relation entre QAI et d'autres types de pathologies commence à être de plus en plus fréquemment investiguée (autisme ? diabète ? obésité ?). Il est conclu que les maladies ou troubles observés reposent le plus souvent sur des phénomènes inflammatoires.

---

#### **Annonces des prochains congrès :**

- ***Clima 2010*** : 10<sup>th</sup> REHVA World Congress ("Sustainable Energy Use in Buildings"), 9-12 mai Antalya (Turquie)
- ***IAQVEC 2010***, 7<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, 15-18 Aout, Syracuse (USA)
- ***Indoor Air 2011***, 5-10 juin 2011, Austin (USA)
- ***Healthy Buildings 2012***, 10<sup>th</sup> International Conference 8-12 juillet 2012, Brisbane (Australie)

#### 2.4.1.2 INDOOR AIR EN 2008

Carrefour d'échanges sur les dernières avancées de la recherche, et de rencontre entre spécialistes, cette 11<sup>ème</sup> édition aura été particulièrement dense. Le programme incluait 64 sessions techniques à l'occasion desquelles plus de 700 présentations orales ont été faites, plus de 30 forums, véritables carrefour d'échanges entre participants, ainsi que des sessions posters, où près de 300 posters ont été présentés. Enfin, chaque journée a débuté par une séance plénière.

#### **Qualité de l'air intérieur et changement climatique : quelles interactions ?**

Pour la première fois dans la série des conférences *Indoor Air*, la thématique du changement climatique a été abordée. John Girman, conseiller scientifique à l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (US-EPA), a passé en revue les interactions possibles entre cette problématique environnementale globale et la qualité de l'air dans les environnements intérieurs lors d'une session plénière.

---

<sup>16</sup> 1) Enquête de prévalence, 2) Étude Cas-Témoins 3) Étude de cohorte 4) Études d'exposition contrôlée.

L'augmentation des températures, par exemple, va nécessairement générer un développement et une utilisation accrue du conditionnement d'air, limité à ce jour à certaines zones géographiques ou certains types de bâtiments (immeubles de bureaux notamment). Cette même augmentation pourra localement conduire à des pics de concentration en ozone dans l'air ambiant, que l'on sait désormais associés à des réactions chimiques consécutives à la pénétration de ce polluant dans les bâtiments donnant naissance à des composés secondaires, comme le formaldéhyde ou les particules ultrafines.

Les perturbations climatiques, du type ouragans ou inondations, pourront respectivement conduire à l'augmentation des intoxications oxycarbonées liées à l'utilisation de chauffages d'appoint et/ou de groupes électrogènes en cas de coupure d'électricité consécutive à une tempête (déjà décrites, dans ce contexte, dans plusieurs publications scientifiques) ou bien à la prolifération de moisissures dans les logements inondés.

Parallèlement, les modifications climatiques pourront faire évoluer les espèces parasitaires et agents infectieux, tant en nombre qu'en matière de répartition géographique, donc déboucher sur le recours aux biocides, introduisant ainsi éventuellement de nouvelles pollutions chimiques dans les bâtiments.

En amont, la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> en l'occurrence) par une diminution des combustions d'énergies fossiles permise, entre autres, par des économies d'énergie pourrait être combinée à une isolation accrue et mal gérée des bâtiments, donc à une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

Cette vision prospective des futurs questionnements relatifs à la qualité de l'air intérieur en lien avec la problématique du changement climatique conforte la nécessité d'aborder la problématique de la QAI dans une approche élargie, en synergie avec les enjeux environnementaux et énergétiques plus globaux.

### **Nouvelles expositions, nouvelles pathologies ?**

Si récemment, on observe un relatif déclin de l'utilisation de substances chimiques telles les pesticides ou certains autres polluants organiques persistants, l'utilisation de molécules identifiées comme perturbateurs endocriniens a émergé. La présence de tels composés dans les environnements intérieurs pose problème car des effets préoccupants ont été observés sur différentes espèces étudiées en laboratoire, et des effets sur la santé humaine sont désormais sérieusement suspectés. Comme principale source d'inquiétude, il a notamment été avancé le fait que l'exposition à une faible dose, même unique, mais à un moment particulier de la grossesse ou de la petite enfance pourrait avoir un impact sur le fœtus ou l'enfant qui n'apparaîtrait que plus tard dans la vie.

De récentes études montrent que l'on retrouve les perturbateurs endocriniens dans l'air intérieur et dans les poussières domestiques, ceux-ci pouvant être relargués par les matériaux de construction ainsi que par un vaste nombre de produits de consommation courante que nous utilisons dans nos habitats. Concomitamment à l'augmentation de ces expositions, on observe une augmentation de l'asthme, de diverses allergies, de troubles neurocomportementaux, de diabète et d'obésité, en particulier chez les enfants, faisant s'interroger sur des liens de causalité éventuels.

Parmi ces nouvelles molécules d'intérêt, on retiendra : les phtalates, les retardateurs de flamme et le polytétrafluoroéthylène (PTFE).

Enfin, les discussions tenues ont également mis en avant l'importance de considérer le vecteur d'exposition « poussières domestiques », prépondérant chez les jeunes enfants.

Ces éléments représentent autant de challenges pour la qualité de l'air intérieur dans les années à venir.

## Étiquetage des produits sur la base de leurs émissions en COV – Harmonisation

Au cours d'une session<sup>17</sup> dédiée à l'harmonisation des protocoles d'étiquetage des matériaux, les approches européennes, japonaises, chinoises et américaines ont été présentées. Dans plusieurs posters ou articles présentés tout au long du colloque, les différents protocoles disponibles ont été comparés (de Kubber, 738 ; Oppl, 953).

Pour l'harmonisation **en Europe** (Tunga Salthammer), un groupe de travail regroupant des représentants de la France (François Maupetit, CSTB) de l'Allemagne, du Royaume-Uni et de l'Italie a été constitué. Les travaux de ce groupe semblent avancer assez rapidement ce qui devrait permettre d'ici un an d'aboutir à un protocole commun entre ces différents pays. La difficulté sera ensuite de faire reconnaître ce protocole par les fabricants, les pouvoirs publics et les organismes en charge de définir des labels. **Au Japon** (Shin-Ichi Tanabe), l'accent a été mis d'emblée sur les émissions de formaldéhyde avec une obligation pour 17 catégories différentes de produits présents sur le marché (matériaux de construction, peinture, voitures, ordinateurs...) de respecter les seuils d'émission fixés. Plus de 3000 chambres d'essai d'émissions sont actuellement en service ! En pratique, alors qu'en 2000, les concentrations en formaldéhyde dans près de 30 % des habitats japonais étaient supérieures à la valeur guide retenue (100 µg/m<sup>3</sup>), en 2005 seulement 1,3 % la dépassaient. L'acétaldéhyde est aujourd'hui au Japon un polluant d'intérêt puisque plus de 11 % des logements dépasse la valeur guide.

À noter qu'au Japon la température requise pour tester les émissions en chambre d'essai est de 28 °C alors qu'elle est de 25 °C en Europe, ce qui constitue une limite majeure à l'harmonisation des protocoles. La norme ISO sur laquelle ces protocoles s'appuient préconise une température qui se rapproche le plus possible des conditions locales... **La Chine** s'intéresse également à cette problématique d'émission mais n'est pas encore prête à en faire une limite à la mise sur le marché des produits. D'une part la durée du test qui prévoit une mesure d'émission à 28 jours est, selon le représentant chinois (Yinping Zhang), incompatible avec le turn-over rapide des produits chinois mis sur le marché. D'autre part, instaurer un protocole que ne pourrait pas respecter la majorité des produits actuellement sur le marché n'est pas acceptable. Une approche en plusieurs phases qui viserait à éliminer progressivement du marché les produits les plus émissifs est jugée préférable. Enfin, pour les **États-Unis**, l'enjeu est aussi de définir une procédure globale de screening des composés les plus à risques en se basant sur leur toxicité (par des modèles QSAR<sup>18</sup>) et l'exposition. Pour les produits liquides, selon John Little, les émissions de COV peuvent être prédites par la composition des produits, ce qui a été contestée par une partie de l'assemblée... l'US-EPA développe en ce sens un modèle de screening haut-débit : ToxCast.

En conclusion, différentes approches sont retenues en Europe, en Asie, aux États-Unis qui rendent peu probable une harmonisation effective au niveau international à court terme...

### Formaldéhyde : sources et émissions

Au cours de cette session<sup>19</sup>, plusieurs études ont présenté des résultats de concentrations en formaldéhyde dans différents environnements intérieurs. Dans une étude sur 20 maisons récentes danoises, la moyenne des concentrations en formaldéhyde est de 50 µg/m<sup>3</sup> (Gunnarsen *et al.*, 2008). Les habitations les plus récentes

---

<sup>17</sup> Forum on « Source characterization and labelling » -Thursday 21<sup>th</sup> -15 :00 – 16 : 00

<sup>18</sup> QSAR : relation structure activité : modèle qui permet de prédire la toxicité d'une substance sur la base de sa structure chimique

<sup>19</sup> Sources and Emission : Formaldehyde - Thursday 21<sup>th</sup> -13:30 – 15 : 00

et les plus vastes montrent les niveaux les plus élevés de formaldéhyde, mais aucune relation avec le taux de renouvellement d'air, la taille de la pièce investiguée, la température ou l'humidité, n'a été observée. Dans 2 maisons présentant des concentrations supérieures à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , des irritations oculaires auraient été observées. Une étude en Californie (Offermann *et al.*, 2008) a mesuré la concentration de formaldéhyde dans 108 maisons, en lien avec les taux de renouvellement d'air et l'usage des fenêtres. Dans 32 % des maisons, les fenêtres ne sont jamais ouvertes et 75 % des maisons sans ventilation mécanique présentent des taux de renouvellement d'air inférieurs au minima requis en Californie (0,35 taux de renouvellement d'air par heure). La médiane des concentrations est à  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et 7 % des maisons montrent des concentrations supérieures à  $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (valeur guide court terme OEHHA). Dans 2 logements neufs sur 5 étudiés à Lisbonne, les concentrations en formaldéhyde dépassent  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , à relier peut-être avec la présence de matériaux en bois et l'application d'un vernis en polyuréthane sur le plancher ; la législation portugaise prévoit une concentration en formaldéhyde dans les écoles, salle de sport et hôpitaux inférieure à  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Viegas and Pritsta, 2008). Une étude finlandaise conduite entre 2001 et 2006 et portant cette fois sur des bureaux dans lesquels des plaintes ont été recensées a mesuré les concentrations en COV dans 176 bureaux et en formaldéhyde dans 23 (Salonen *et al.*, 2008). Les concentrations en formaldéhyde mesurées sont en moyenne de  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ([15-44]). À noter la concentration en éthers de glycol (1,2-propanediol, 2-Phenoxyethanol, 2-(2-Butoxyethoxy)ethanol, Methoxy-2-propanol, 2-(2-Ethoxyethoxy)ethanol) : 90<sup>ème</sup> percentile à  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Concernant les méthodes de mesure du formaldéhyde en environnement intérieur, 2 méthodes d'analyse nouvelles ont été présentées : l'une basée sur une technique colorimétrique après prélèvement passif par une micropuce (Shinohara *et al.*, 2008) : appliquée pendant moins de 30 minutes sur n'importe quelle surface, cette méthode permet, selon son concepteur, de mesurer *in situ* les émissions en formaldéhyde de divers types de matériaux (revêtements de sol, de mur, mobilier, rideaux...) et de déterminer ainsi la contribution de chacune des sources ; après discussion avec Mr Shinohara, il apparaît que cette méthode, qui présente certes un intérêt certain, mérite encore d'être validée sur l'ensemble des matériaux considérés ; l'autre méthode (développée par St Gobain) concerne une analyse en HPLC après prélèvement de formaldéhyde par barbotage de l'air dans de l'eau (Dulaurent *et al.*, 2008) ; selon l'auteur, l'intérêt de cette méthode réside dans sa simplicité, sa sensibilité et l'absence d'interférences. Enfin c'est au cours de cette session que les travaux de l'Afsset et du groupe de travail sur les émissions de COV, relatifs aux émissions par des matériaux de construction mais aussi des produits de consommation courante ont été présentés (Rousselle *et al.*, 2008 ; Solal *et al.*, 2008). À noter que peu d'autres études sur des produits domestiques en conditions réelles d'utilisation ont été présentées lors de ce colloque.

### **Filtration et épuration de l'air**

Ce thème a été traité dans différentes sessions (Filtration, Épuration de l'air – systèmes et méthodes d'essais, Épuration de l'air avec UVGI et PCO, Épuration de l'air et COV). Par ailleurs, deux forums étaient organisés : l'un concernait le choix des filtres à air pour une bonne qualité de l'air intérieur et un fonctionnement économe des installations de traitement d'air et l'autre était consacré aux challenges que représente l'utilisation des techniques d'oxydation photocatalytiques.

Quelques présentations ont permis de se pencher sur la filtration des microorganismes, l'épuration de l'air par les plantes, le dopage de filtres à charbons actifs à l'aide de particules d'argent (à des fins antibactériennes) ou l'impact de l'humidité relative de l'air sur l'efficacité des filtres à charbons actifs (pour des résultats déjà connus). Il nous semble par ailleurs judicieux de mettre en lumière les résultats présentés par *Duan et al.* qui montrent les performances d'un traitement antimicrobien "bio" des filtres à media.

En ce qui concerne l'épuration de l'air, il a été question à plusieurs reprises de méthodes d'essais des épurateurs pour applications tertiaires et résidentielles. *Ginestet et al.* ont présenté une nouvelle méthode d'essais des épurateurs grâce à laquelle les performances intrinsèques des appareils sont déterminées. Cette méthode permet de s'affranchir des problèmes liés à l'utilisation de la méthode traditionnelle qui consiste à mesurer l'aptitude de l'appareil testé à réduire la concentration en polluant d'une chambre expérimentale préalablement polluée. Et justement, la très intéressante présentation de *Pei et al.* montrent que les résultats obtenus avec les 2 méthodes peuvent être très différents, en particulier lorsque la concentration en polluant n'est pas homogène à l'intérieur de la chambre expérimentale. D'autres présentations ont montré l'impact sur la qualité de l'air intérieur de l'utilisation d'épurateurs d'air ainsi que l'influence, sur les concentrations en polluants, de l'emplacement des épurateurs d'air à l'intérieur des locaux.

Enfin, thème maintenant bien ancré dans les conférences sur la qualité de l'air intérieur, la photocatalyse a fait l'objet de plusieurs publications. Il a été principalement question de la dégradation des COV et en particulier du formaldéhyde, et de la fabrication de produits intermédiaires de réaction.

### **La qualité de l'air de divers environnements intérieurs**

De nombreuses présentations se sont attachées à présenter la qualité de l'air mesurée dans différents types d'environnements intérieurs : locaux non résidentiels tels des bureaux, des garderies d'enfants, des universités, des écoles, des supermarchés, des hôtels, des piscines, des patinoires, des musées, des hôpitaux...logements tels des maisons individuelles, des immeubles, et transports tels les bus, les cabines d'avion, le métro, le train, la voiture...

Certaines sessions ont plus spécifiquement ciblé la qualité des environnements intérieurs et les effets sur la santé des enfants.

### **Bio contamination des milieux intérieurs**

L'étude de la biocontamination des milieux intérieurs a fait l'objet de plus de 50 présentations.

Les travaux présentés abordent plusieurs thématiques : description des bioaérosols - ou des biocontaminants - dans différents milieux intérieurs (18 présentations), études des effets des biocontaminants sur la santé des enfants (13 présentations, dont 11 sur les moisissures), études métrologiques (9 présentations), études de la résistance des matériaux à la contamination microbienne (6 présentations), présentations d'actions de « remediation » (3 présentations),... Les acariens font également l'objet de 5 présentations et le pollen d'une seule. Les effets des glucanes sur la santé sont abordés dans deux études expérimentales.

#### *Études de description de la bio-contamination des milieux intérieurs :*

Les études de description de la bio-contamination s'intéressent à différents milieux intérieurs : environnements domestiques urbains, salles de classe, bibliothèques, bureaux, crèches, laboratoire, cafétéria, fermes, musées.

Quelques études abordent les facteurs déterminant les niveaux des polluants biologiques en milieu intérieur : Vehosmaa *et al.* montrent que les principaux déterminants des niveaux des différents agents bactériens recherchés dans la poussière sédimentée (bactéries totales et viables, bactéries à Gram négatif, actinomycètes) pourraient être les caractéristiques du bâtiment (âge du bâtiment, surface du logement), l'observation de problèmes d'humidité et les conditions climatiques. Dans l'étude de Dassonville *et al.*, les facteurs influençant les niveaux de concentrations des moisissures viables dans l'air des domiciles de nouveau-nés franciliens sont les concentrations fongiques extérieures, la saison et l'observation de signes d'humidité dans le logement. Les résultats de Cai *et al.* indiquent que la quantité d'ADN fongique dans les crèches, mesurée dans la poussière sédimentée, est supérieure lorsque le sol porte un revêtement en linoléum par rapport à un revêtement en PVC et en présence de tapis en matière textile, mais en revanche diminuée lorsque le bois est utilisé comme matériau de construction comparé à la pierre ou la brique. Enfin, l'équipement d'une bibliothèque d'un système de conditionnement d'air semble faire baisser la contamination microbienne.

#### *Les études sur les effets des bio-contaminants sur la santé chez les enfants :*

L'influence de l'humidité au domicile sur les pathologies allergiques et asthmatiques a été montrée mais le ou les agents causals ne sont pas clairement identifiés. Les études présentées rapportent différentes associations (positives, négatives, pas d'association) entre l'asthme/l'allergie et les expositions à des agents microbiens, en particulier les moisissures. Les autres paramètres étudiés sont les endotoxines, les allergènes d'acariens et de chat, les *Streptomyces*. Les milieux étudiés sont le domicile de l'enfant, les crèches et les écoles. L'exposition aux moisissures est évaluée soit par l'observation de surfaces moisies, soit par des analyses microbiologiques à partir d'échantillons d'air ou de poussière, soit les deux.

La relation entre l'exposition aux agents microbiens et les sifflements allergiques a été mise en évidence : une association positive est relevée par Zhao *et al.* entre les concentrations d'ADN fongique total et du groupe *Aspergillus-Penicillium*, et les sifflements, et Reponen *et al.* montrent que la présence de moisissures visibles au domicile augmente fortement le risque de développer des sifflements allergiques.

*Les études métrologiques* présentent des techniques d'analyse des COV microbiens, des éléments d'information pour la validation d'une méthode d'analyse fongique par PCR quantitative et des méthodes alternatives de prélèvement des bioaérosols. L'ATPmétrie est proposée comme méthode d'évaluation de la biomasse à deux reprises.

#### *Études d'intervention de « remediation » :*

Deux études présentent les effets d'une sensibilisation des professionnels du bâtiment aux effets des moisissures sur la santé et aux « bonnes pratiques » à adopter, et soulignent la nécessité d'une meilleure formation des professionnels. De plus, une synthèse d'études de cas d'actions menées contre les moisissures et l'humidité a été réalisée par l'OMS, qui propose des recommandations pratiques et de « bonne pratique » pour mener des interventions réussies (enquête, protection, nettoyage, actions vis-à-vis des occupants, suivi), et des recommandations techniques, à l'adresse des professionnels du bâtiment et des occupants, pour éviter le développements de moisissures dans les logements (relevé des conditions thermiques et des températures de surface pour prévenir une humidité excessive, nécessité d'une ventilation adaptée au climat, éducation des occupants...) et traiter le problème (élimination physique des moisissures et des matériaux contaminés, évaluation adéquate de l'ampleur du problème, identification des causes de l'humidité...).

L'équilibre entre l'humidité, le renouvellement d'air et les températures de surfaces ont été définies comme étant l'objectif principal pour des mesures curatives et préventives. D'un point de vue politique, plusieurs points sont mis en avant : la nécessité de développer des guides, des standards et éventuellement des valeurs-guides pour des paramètres comme l'humidité relative et l'isolation thermique, tant au niveau international que national ; le manque de suivi des problèmes de moisissures et d'identification des problèmes d'exposition dans les logements privés ; le défaut de connaissance sur les différentes réglementations et les politiques de gestion nationales du problème d'humidité et de moisissures. La nécessité d'éduquer les professionnels du bâtiment et les occupants est soulignée.

*En conclusion :*

Il n'existe toujours pas de preuve que l'exposition à des agents microbiens pendant l'enfance peut entraîner le développement d'asthme et de pathologies allergiques. De même, il n'est toujours pas possible d'établir des critères numériques en rapport avec la santé puisque les agents causaux ne sont pas clairement identifiés (les effets sur la santé pourraient être dus à l'effet combiné de plusieurs agents en faible concentration) et qu'il ne semble pas y avoir de relation dose-réponse entre les concentrations microbiennes et les effets sur la santé. Cependant, ces derniers devraient rester la base pour l'établissement de standards. La nécessité d'études de cohorte ou d'intervention est soulignée, ainsi que celle d'études sur les voies et les mécanismes biologiques. La poursuite de la standardisation des méthodes d'échantillonnage est nécessaire, ainsi que l'harmonisation des différentes lignes directrices nationales pour les actions curatives et préventives.

2.4.1.3 5TH WARWICK HEALTHY HOUSING, UNIVERSITÉ DE WARWICK, COVENTRY, 17-19 MARS 2008

*Compte-rendu rédigé par Véronique EZRATTY, Service des études médicales d'EDF pour le Bulletin RSEIN N°24.*

Cette conférence internationale sur le thème « Habitat Santé » est la cinquième depuis 1986 à être organisée par la faculté de droit de l'Université de Warwick sous l'égide de l'OMS\*. Contrairement aux conférences de plus grande ampleur que sont Indoor Air et Healthy Buildings, consacrées presque exclusivement à la qualité de l'air intérieur, celle-ci s'inscrit dans la lignée des symposiums organisés par l'OMS\*, dont le dernier a eu lieu en octobre 2004 à Vilnius. La spécificité des conférences de Warwick est d'apporter, en plus de la présentation des recherches internationales les plus récentes, un éclairage particulier sur les aspects réglementaires et législatifs pour tout ce qui concerne l'habitat et la santé.

Près de 150 participants provenant de tous les continents et de nombreux pays, parmi lesquels sept Français, ont suivi la conférence organisée en sessions plénières et en ateliers consacrés à différentes thématiques telles que l'adaptation des logements au vieillissement de la population et au handicap, la précarité énergétique, l'efficacité énergétique, la santé des enfants, les accidents domestiques, le saturnisme, les risques associés aux infestations par des nuisibles... Le thème majeur de la conférence a été l'évaluation de l'impact sur la santé d'interventions sur l'habitat. En particulier, les résultats en termes sanitaire de travaux s'inscrivant dans des programmes conduits en Nouvelle-Zélande et au Royaume-Uni (pays où l'efficacité énergétique des logements était initialement mauvaise) ont été présentés. En Nouvelle-Zélande, la température à l'intérieur des logements est bien inférieure aux recommandations de l'OMS\*. Les résultats d'une étude randomisée, the Housing, Insulation and Health Study<sup>(1)</sup>, montrent que l'amélioration de l'isolation de près de 1 400 logements occupés par des personnes souffrant de pathologies respiratoires chroniques, a eu un impact favorable sur la santé et sur la qualité de vie des résidents avec une diminution significative des hospitalisations.

Une seconde étude interventionnelle randomisée en simple-aveugle, la Housing, Heating and Health Study, conduite dans 409 foyers néo-zélandais, montre que l'amélioration du chauffage (remplacement d'appareils à gaz non raccordés ou d'appareils électriques portables de 2 kW par des pompes à chaleur, des appareils à bois ou encore des appareils à gaz raccordés) permet de réduire significativement les symptômes chez des enfants asthmatiques.

Au Royaume-Uni, des enquêtes ont évalué l'impact sur la santé de 2 685 personnes ayant participé au principal programme gouvernemental d'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'habitat précaire, le Warm Front Scheme. Après l'intervention, une élévation significative des températures, une diminution de l'humidité et des moisissures, ainsi qu'une diminution des difficultés pour payer les factures, ont été constatées.

Le programme du Warm Front a eu un impact favorable sur la plupart des paramètres de santé rapportés par auto-questionnaire, en particulier sur la santé mentale des résidents. En revanche, l'impact potentiel sur le changement climatique n'est pas celui qui était escompté, du fait notamment d'une augmentation de la consommation d'énergie des ménages après l'intervention.

En conclusion, la conférence de Warwick 2008 a contribué à donner une vision claire et actualisée des programmes de recherche consacrés à l'évaluation des liens entre l'habitat et la santé. Elle a permis des échanges fructueux interdisciplinaires, ainsi que l'initiation de projets de recherche internationaux, en particulier sur les effets sanitaires de la précarité énergétique.

<sup>(1)</sup> Howden-Chapman P., Matheson A., Viggers H. et al. ;Retrofitting houses with insulation to reduce health inequalities: results of a clustered, randomised trial in a community setting ; British Medical Journal, 334 [2007]: 460-464.

## 2.4.2 TRAVAUX DE L'OMS

### Valeurs guides

Trois groupes de polluants ont été identifiés : substances chimiques, agents biologiques et polluants émis par la combustion de biomasse dans les pays en voie de développement. À ce jour, les premiers travaux ont porté sur les moisissures et l'humidité. De premiers éléments, notamment la synthèse des connaissances sur les effets sanitaires associés et les recommandations de l'OMS<sup>20</sup>, sont fournis dans un document rapportant les échanges du groupe d'experts réunis en octobre 2007.

Dans ce cadre, l'OMS a engagé un travail dédié à la gestion des problèmes de moisissures et d'humidité dans les logements. La première phase de travail a consisté en un recensement d'études de cas obtenues suite à un appel à contribution. Trente études d'intervention conduites dans onze pays ont ainsi été collectées et dix-sept ont fait l'objet d'une analyse plus approfondie par un groupe d'experts. Ce dernier a produit de premières recommandations lors d'un séminaire en février 2008, dont les actes ont été publiés.

Le 16 juillet 2009, le bureau Europe de l'OMS a publié les premières lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur concernant l'humidité et les moisissures.

## 2.4.3 LES ETUDES MENEES EN EUROPE ET EN AMERIQUE DU NORD

*Résumé du rapport de l'INERIS « Mise à jour de la veille documentaire sur les études d'envergure relatives à la qualité de l'air intérieur à l'étranger (2004-2009) » DRC-09-104121-12209A.*

*Ce rapport, réalisé pour l'OQAI, sera prochainement disponible sur leur site : [www.air-interieur.org](http://www.air-interieur.org)*

---

<sup>20</sup> Development of WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould, Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 17-18 October 2007, World Health Organization, Regional Office for Europe ; 2008 – 17 pages.

L'analyse des travaux réalisés dans les autres pays est riche d'enseignements s'agissant d'une part des objectifs fixés et des méthodes mises en œuvre pour y répondre, et d'autre part pour identifier des problématiques émergentes (lieux de vie à investiguer, substances chimiques ou agents biologiques d'intérêt pour les futurs travaux de l'OQAI). Ainsi, les études de grande ampleur (de portée nationale ou comprenant un échantillon conséquent de lieux) ont été recensées. Compte tenu des spécificités géographiques, mais également culturelles, seules les études menées dans des contextes proches des typologies constructives et des modes de vie français ont été analysées.

Globalement, ces travaux peuvent être répartis en deux catégories : les **études environnementales et/ou d'expologie** dans lesquelles les concentrations dans les environnements intérieurs (air, poussières...) sont mesurées, puis les expositions humaines associées évaluées ; les **études épidémiologiques**, qui au-delà de la mesure des concentrations intérieures, renseignent l'état de santé des populations étudiées. Certaines de ces études se focalisent exclusivement sur un composé ou une famille de composés, d'autres sont ciblées sur de multiples polluants.

Les campagnes de surveillance pérennes allemandes GerES (*German Environmental Survey*) et américaines NHEXAS (*National Human Exposure Assessment Survey*) sont parmi les campagnes les plus riches d'informations sur la qualité de l'environnement intérieur. Initiées dans les années 80, elles permettent de suivre l'évolution au cours du temps de la qualité de l'air intérieur grâce à la mise en œuvre régulière de campagnes de mesure successives. Outre la détermination des concentrations dans l'air intérieur et les poussières déposées pour un très grand nombre de substances (métaux lourds, pesticides, polychlorobiphényles, phtalates...), elles ont également combiné des mesurages dans des matrices humaines comme les urines ou le sang, afin d'estimer l'exposition totale des sujets et l'influence de l'exposition domestique sur celle-ci. En Allemagne, le renouvellement périodique des mesurages a ainsi permis de montrer qu'entre les années 80 et aujourd'hui on observe une diminution des concentrations médianes dans l'air intérieur pour le formaldéhyde (de 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans la première campagne GerES I en 1985-86 à 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2003-06 dans GerES IV) et le benzène (de 7,2 à 1,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la même période), permettant de montrer l'efficacité des mesures de limitation des émissions des matériaux de construction d'après les auteurs. Dans le même esprit, l'étude récente CTEPP (*Children's Total Exposure to Persistent Organic Pollutants*) a permis de mesurer les concentrations dans l'air, les poussières de la moquette ou des surfaces, les urines et l'eau de boisson, au domicile et à l'école, de 50 composés chimiques persistants auprès de 257 enfants des États américains de Caroline du Nord et de l'Ohio.

Les études d'ampleur relatives aux biocontaminants, comme NSLAH (*National Survey of Lead and Allergens in Housing*) et ECRHS (*European Community Respiratory Health Survey*), ont systématiquement associé aux prélèvements environnementaux l'étude d'évènements de santé, notamment la survenue et/ou l'aggravation de l'asthme et des allergies. Dans le cadre de l'étude NSLAH, les poussières du lit, des sols de la chambre et du salon, ainsi que celles du canapé ont été prélevées dans 831 logements ; les résultats indiquent, par exemple, que si seulement 49 % des foyers américains possèdent un chien ou un chat, les allergènes de chien (*Can f 1*) et de chat (*Fel d 1*) sont détectés dans 100 % des échantillons de poussières (concentrations médianes respectivement égales à 4,69 et 4,73  $\mu\text{g}/\text{g}$ ). Dans l'étude ECRHS II, les poussières d'environ 3 000 matelas ont été collectées dans 22 villes européennes (en France : 169 prélèvements réalisés à Paris et 180 à Grenoble).

Certaines études ont été exclusivement consacrées à un type de locaux. Ainsi, pour les bureaux, l'étude américaine BASE (*Building Assessment Survey and Evaluation*) fait référence. Conduite dans 100 immeubles de bureaux de 37 villes réparties dans 25 États, elle a permis la mesure de 48 COV, des PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, de la flore bactérienne et la flore fongique et des allergènes de chat et d'acariens. S'agissant des lieux de vie fréquentés par les enfants, l'étude la plus récente est celle des agences américaines de l'environnement, du logement et de la consommation portant sur la mesure des pesticides, du plomb et des allergènes dans 168 crèches et 30 écoles primaires réparties sur l'ensemble du territoire américain. Des poussières déposées sur les sols, les bureaux et les autres meubles ont été aspirées ou collectées au moyen de lingettes. Les résultats indiquent par exemple la présence de chlorpyrifos, de diazinon et de perméthrine (cis et trans) dans 67 % des établissements.

Pour les environnements clos autres que les lieux de vie principaux que sont le logement, l'école et le bureau, les études restent plus modestes du fait de la diversité de ces autres lieux, tant en termes d'usages que de construction, et ainsi de l'impossibilité de constituer un échantillon représentatif du parc considéré. L'étude BEAM (*Boston Exposure Assessment in Microenvironments*) a investigué des lieux publics (magasins, restaurants, transports...), une vingtaine environ pour chaque type.

D'autres études américaines récemment conduites ou en cours de réalisation (RIOPA, DEARS) considèrent dans sa globalité la problématique de la pollution atmosphérique, combinant des mesures de concentration dans l'air extérieur, dans divers lieux de vie du quotidien et des mesures d'exposition individuelle (ou personnelle). Par exemple, dans le cadre de l'étude RIOPA (*Relationships of Indoor, Outdoor, and Personal Air*), conduite par le *Health Effects Institute*, les concentrations extérieures, intérieures et personnelles de 16 COV, de 10 aldéhydes et cétones et des PM<sub>2,5</sub> (incluant leur spéciation, i.e. les concentrations en métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques, chlordanes) ont été mesurées pendant 2 périodes de 48 heures à différentes saisons, dans les villes américaines de Los Angeles, Houston et Elizabeth (environ 100 logements dans chaque ville). En Europe, des études multicentriques similaires ont été conduites ou le sont actuellement, comme AIRMEX (*Air Monitoring and Exposure Assessment Project*), l'objectif étant d'étudier la contribution des expositions dans les environnements intérieurs aux expositions globales pour différents polluants « classiques » (COV, dioxyde d'azote, particules, monoxyde de carbone).

### **3. INSTRUMENTS DISPONIBLES POUR LA METROLOGIE EN AIR INTERIEUR**

Ce chapitre a pour objectif de réaliser une veille des nouveaux appareils de mesures mis sur le marché, dédiés à la QAI, ainsi que de compléter le bilan des appareils disponibles pour la mesure en air intérieur qui avait été réalisé en 2008 [INERIS-DRC-08-94300-15173A]<sup>21</sup>.

Pour chaque appareil, l'ensemble de ses caractéristiques techniques (limite de détection, de quantification, poids, type d'alimentation, possibilité de stockage des données, etc.) ainsi que son prix sont renseignés, dans la mesure des informations disponibles.

---

<sup>21</sup> 2008. Marchand C. **Rapport LCSQA INERIS-DRC-08-94300-15173A** : Évaluation des performances métrologiques des appareils de mesure spécifiques de l'air intérieur (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/evaluation-des-performances-metrologiques-des-appareils-de-mesure-ai>).

### 3.1 CHAMP D'APPLICATION DE LA VEILLE

Ne sont recensés que les appareils destinés, en première intention, à des mesures en air intérieur, hors lieux à pollution spécifique (hygiène professionnelle), les exigences en termes de limite de détection étant sensiblement différentes.

Par ailleurs, les appareils dédiés en première intention à la métrologie en air extérieur mais utilisables pour des applications "air intérieur", dans la mesure où les lieux étudiés présentent des "pièces" de grand volume, tels que gare, hall d'aéroport (contraintes de bruit et d'encombrement secondaires), ne sont pas recensés dans le présent rapport.

Cette veille intègre le volet spécifique sur le recensement des nouveaux indicateurs optiques dédiés aux PM mis sur le marché qui devait initialement être traité dans la fiche 2009 "Performances métrologiques en air intérieur" dont les travaux ont été décalés à 2010.

### 3.2 SYNTHÈSE DES APPAREILS RECENSES

L'ensemble des appareils de mesures dédiés à la QAI recensés dans le cadre de cette étude est consigné dans le Tableau 1. Les appareils répertoriés ci-dessous sont ceux qui se sont avérés les plus pertinents par rapport aux critères jugés importants, lors de l'enquête menée en 2008 sur l'évaluation des performances métrologiques des appareils de mesure spécifiques de l'air intérieur, dans le choix d'un appareil de suivi de la qualité de l'air intérieur [INERIS-DRC-08-94300-15173A] : faible bruit, possibilité de suivi sur plusieurs heures et de laisser l'appareil sur site, précision (< ppb), autonomie, mobilité (< 5 kg), rapidité d'installation.

#### 3.2.1 NOUVEAUX APPAREILS MIS SUR LE MARCHÉ EN 2009

Les nouveaux appareils recensés, mis sur le marché en 2009 par les fournisseurs français, sont dédiés à la mesure de l'ozone (O<sub>3</sub>), des oxydes d'azote (NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>), des fumées noires et des particules (analyseurs respectivement fabriqués par 2B Technologies, par MAGEE Scientific ainsi que par Quest Technologies).

Parmi, les "nouveau-tés", on compte également des améliorations de dispositifs existants :

- une nouvelle version des capteurs électrochimiques Observ'Air développés par Cairpol ;
- une nouvelle version du détecteur de formaldéhyde fabriqué par PPM technology et commercialisé par Équipement Scientifique, sous le nom de Formaldemeter htV-m ;
- une commercialisation du préleveur SyPAC développé par TERA Environnement, sous sa version II.

Enfin, il convient de noter la fin de la commercialisation par Ecomesure des détecteurs fabriqués par Aeroqual pour la mesure de l'ozone (détection basée sur une technologie semi-conducteur).

##### 3.2.1.1 NOUVEAUX DISPOSITIFS

Les analyseurs miniaturisés fabriqués par 2B Technologies (ozone et NO<sub>x</sub>), utilisables également pour une application "air ambiant", feront l'objet d'une évaluation dans le cadre des travaux 2010 du LCSQA sur l'étude des performances des appareils de mesure [INERIS-DRC-09-103329-15917A]<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> 2009. Favez O. **Rapport LCSQA INERIS-DRC-09-103329-15917A** : Étude des performances des appareils de mesure.

Concernant l'analyse de NO<sub>x</sub>, le modèle 400 permet la mesure du NO. Le principe de mesure n'est pas basé sur la chimiluminescence mais sur une mesure par absorbance UV de la décroissance d'ozone permettant de quantifier la concentration en NO initiale (titration). Les rejets éventuels d'ozone sont donc à surveiller, notamment pour des mesures dans des espaces très confinés.

Le modèle 401, quant à lui, est un convertisseur de NO<sub>2</sub>. Couplé au modèle 400, il permet ainsi la mesure du NO, du NO<sub>2</sub> et des NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>). La réduction du NO<sub>2</sub> en NO se fait au moyen de molybdène chauffé à 325°C.

Le MicroAeth AE51, dédié à la mesure des fumées noires (carbone élémentaire) est un analyseur personnel. En effet, de par son faible poids, il peut aisément être porté à la ceinture. Il peut également être utilisé en air extérieur (mesures embarquées en ballon sonde par exemple).

Enfin, les modèles EVM de chez Quest Technologies sont des instruments compacts permettant la mesure simultanée de différents paramètres.

Le EVM-3 permet la mesure de la concentration massique des particules (néphélomètre - indicateur optique) ainsi que celle de la température et de l'humidité relative. Différentes fractions particulaires peuvent être mesurées, selon l'impacteur choisi (donc pas simultanément) : PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>4</sub>, PM<sub>10</sub> et TSP. Comme pour d'autres indicateurs optiques, une cassette porte-filtre permet de collecter les particules et d'avoir recours à un contrôle gravimétrique pour une éventuelle correction au niveau de la densité. Selon l'aérosol étudié, cette option ne permet pas forcément cette correction car les masses prélevées sont trop faibles [INERIS-DRC-08-94302-15168A]<sup>23</sup>.

Le EVM-4 permet la mesure simultanée du CO<sub>2</sub>, de T et HR et d'un gaz spécifique au choix parmi 9 capteurs électrochimiques disponibles (phénomènes d'interférence possibles).

### 3.2.1.2 DISPOSITIFS ANTERIEURS AYANT CONNU UNE EVOLUTION EN 2009

Parmi les appareils recensés, certains ont été identifiés lors de la veille métrologique de 2008 [INERIS-DRC-08-94300-15173A] mais les modèles ont connu des améliorations en 2009 (intégration de retours d'expérience, correction par rapport à certains interférents, possibilité de stockage des données).

---

<sup>23</sup> **2008.** Marchand C. **Rapport LCSQA DRC-08-94302-15168A** : Indicateurs optiques pour la mesure des particules dans les environnements intérieurs (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/indicateurs-optiques-pour-la-mesure-massique-dans-des-par>)

**Tableau 1. Veille/Bilan : caractéristiques des appareils identifiés**

Composés analysés	Marque	Nom du produit	Fournisseur français	* Date de début de commercialisation	* Date de fin de commercialisation	Technique utilisée	Limite détection / Gamme mesure	Résolution	Précision
O3	Aeroqual	Séries 200	Ecomesure		2009	Semi-conducteur	0 à 150 ppb	0.1 ppb	< ± 0.5 ppb
							0 à 500 ppb	0.1 ppb	< ± 8 ppb (0 - 100 ppb) < ± 10% (100 - 500 ppb)
							0 à 20 ppm	0.01 ppm	< ± 10% (0.2 - 2 ppm) < ± 15% (2 -20 ppm)
O3	2B Technologies	202	Ecomesure / Équipement Scientifique	2009		Absorption UV	0 - 100 ppm	1 ppb	± 1 ppb
NO, NO2, NOx	2B Technologies	Association 400 (NO) & 401 (convertisseur NO2)	Ecomesure / Équipement Scientifique	2009		400 : O3/absorption UV 401 : Oxyde de molybdène (325°C)	2-2000 ppb	2 ppb	± 2 ppb
Formaldéhyde	PPM Technology	htV-m	Équipement Scientifique	2009		Cellule électrochimique	0-10 ppm	0.01 ppm	2%
HAP particulaires	EcoChem	PAS 2000	Ecomesure	1998		Photo-ionisation	3 ng/m3 / 0 - 100 µg/m3	NR	NR
Particules : Fumées noires	MAGEE Scientifique	MicroAeth AE51	Ecomesure	2009		Aéthalomètre (absorption IR)	0 à 1mg/m3	NR	± 0.1 µg/m3
Particules	QUEST Technologies	EVM3	Arelco	2009		Néphélomètre	0 à 200 mg/m3	1 µg/m3	± 15 % (Aérosol étalon "Arizona Road Dust)
Multi-gaz	QUEST Technologies	EVM4	Arelco	2009		CO2 : IR non dispersif) 1 gaz spécifique : cellule électrochimique	CO2 : 0-20000ppm Gaz spécifique : dépend du gaz	CO2 : 1 ppm Gaz spécifique : dépend du gaz	CO2 : ± 2 % ± 50 ppm (0 - 2500 ppm) Gaz spécifique : ± 2 à 5%
Multi-gaz	Cairpol	Observ'Air	Cairpol	2009		Cellule électrochimique	0 à 200 ppb	1 ppb	± 12ppb (20 - 49 ppb) ± 5% (200 ppb) à 20% (50ppb)
Préleveur	TERA Environnement	SyPAC II	TERA Environnement	2009 (Version II)		-	Gammes de débits disponibles : 0 à 20 mL/min 0 à 200 mL/min 0-2000 mL/min	-	± 0.2% (pleine échelle)
Préleveur	MCZ	MicroPNS Haut débit	Ecomesure	2008		-	Gamme de débit : 0-30 L/min	-	± 2%

\* Par le(s) fournisseur(s) cité(s) ; NR : Non renseigné

Tableau 1. (SUITE) Veille/Bilan : caractéristiques des appareils identifiés

Composés analysés	Nom du produit	Temps de réponse	Stockage des données	Portabilité / bruit	Autonomie (Énergie)	Prix HT	Informations complémentaires	Études LCSQA	Visuel
O3	Séries 200	< 70 s < 60 s < 35 s	oui	450 g	Secteur Batterie				
O3	202	10 s	14336 lignes	2.1 kg	Secteur	4 725 €		Programme 2010	
NO, NO2, NOx	Model 400 + 401	10 s	14336 lignes	400 : 2.9 kg 401 : 2.2kg	Secteur	400 : 5 400 € 401 : 2 860 €	Flux d'ozone pour la détection (~4 ppm)	Programme 2010	
Formaldéhyde	htV-m	60 s	Oui (1 mois)	750 g	Batterie	2 050 €	Data logger inclus	Rapport 2008	
HAP particulaires	PAS 2000	< 10 s	2500 mesures	9 kg	Secteur	11 550 €	T° Utilisation : 5 à 40°C Encombrement : "Format A4", épaisseur 13 cm		
Particules : Fumées noires	MicroAeth AE51	1 s	Oui (1 mois pas de temps 10 s)	250 g	Batterie (24h)	8 200 €			
Particules	EVM3	1 s	NR	1.3 kg	Batterie (8h) Secteur	NR	Mesure T & HR		
Multi-gaz	EVM4	1 s	NR	1.3 kg	Batterie (8h) Secteur	2645 €	Mesure T & HR		
Multi-gaz	Observ' Air	1 s	oui (2 mois)	55 g	Batterie (48h) Solaire Secteur	Par gaz : 98 €	Gaz disponibles : O3 / NO2 Durée de vie : 12 mois Interférents possibles mais impact HR limité		
Préleveur	SyPAC II	-	Stockage des paramètres de prélèvement	9 kg Possibilité d'avoir un caisson pour le bruit	Batterie (option) Secteur	8 700 € + logiciel 750 €	T opérationnelles : -10°C à 70°C	SyPAC I : Rapport 2007	
Préleveur	MicroPNS Haut débit	-	Stockage des paramètres de prélèvement	Poids : NR Pompe externe	Secteur	5 200 €	1 voie d'échantillonnage	Programme 2010 (pesticides)	

\* Par le(s) fournisseur(s) cité(s) ; NR : Non renseigné

L'Observ'Air de Cairpol est dédié à la détection simultanée de l'ozone et du NO<sub>2</sub>, via des cellules électrochimiques. Les interférents potentiels sont donc nombreux (gaz, humidité relative (HR)). Pour limiter ces phénomènes d'interférence, un filtre est intégré au dispositif. A titre indicatif, les données "constructeur" indiquent une précision de l'ordre de 20% pour des concentrations aux environs de 50 ppb. De par son faible poids, l'Observ'Air peut être utilisé pour des mesures personnelles.

Le Formaldemeter de PPM Technology est un détecteur électrochimique qui a déjà été décrit plus en détail dans l'étude LCSQA dédiée à la mesure du formaldéhyde [INERIS-DRC-08-94304-15167A]<sup>24</sup>. Le modèle de 2009 est le htV-m, qui est similaire au modèle htV précédemment identifié en termes de performances métrologiques. La nouveauté réside dans l'intégration d'un data logger, permettant d'enregistrer directement les données.

L'autre appareil existant et ayant connu des évolutions est le préleveur SyPAC de TERA Environnement, commercialisé en 2009 sous sa version II. Ce nouveau modèle intègre plusieurs améliorations, liées notamment au retour d'expérience de plusieurs AASQA<sup>25</sup> : révision complète du logiciel, sorties numériques, durée de vie des pompes augmentée (25 mois à présent), diminution des problèmes de pertes de charge, indépendance des 2 rampes de prélèvement, sonde de température intégrée (correction instantanée du débit de prélèvement). Au-delà des applications "air intérieur", ce préleveur est notamment utilisé pour la surveillance du benzène en air ambiant (méthode d'échantillonnage actif) [EMD INERIS-DRC-07-85124-15974A]<sup>26</sup>.

Enfin, bien que cela ne soit pas une évolution de dispositif, un retour d'expériences sur le préleveur MicroVol de chez R & P, recensé dans la veille métrologique de 2008 [INERIS-DRC-08-94300-15173A] et utilisable pour des applications "air intérieur" et "air extérieur", est disponible dans le rapport LCSQA 2009 sur l'étude des performances des appareils de mesure [INERIS-DRC-09-103329-15917A].

### 3.2.2 COMPLEMENT DU BILAN REALISE EN 2008

Un complément du bilan des appareils disponibles pour la mesure en air intérieur qui avait été réalisé en 2008 [INERIS-DRC-08-94300-15173A] a également été effectué. Les instruments répertoriés ci-dessous ne sont pas nouveaux sur le marché mais n'avaient pas été mentionnés dans le précédent rapport.

Le PAS 2000 d'EcoChem est un analyseur en continu des HAP totaux en phase particulaire. Son principe de mesure est basé sur la photo-ionisation et les concentrations données par l'appareil doivent être considérées comme indicatives, permettant de suivre des évolutions de profils de concentration. En air intérieur, son domaine d'application concerne notamment le suivi des phénomènes de combustion (bois, cuisson, tabac, ...). Il a par exemple été utilisé dans l'étude sur l'évaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur [DRC-08-70801-15219A, cf.

---

<sup>24</sup> **2008**. Chiappini L. **Rapport LCSQA INERIS-DRC-08-94304-15167A** : Mesure du formaldéhyde (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/mesure-du-formaldehyde-0>)

<sup>25</sup> Afin d'échanger avec l'ensemble des AASQA sur ces améliorations et également sur les retours d'expérience sur l'utilisation des préleveurs actifs pour le benzène, l'INERIS dans le cadre de ses travaux pour le LCSQA sur la surveillance du benzène organisera une journée de rencontre entre constructeur et utilisateurs le 2 mars 2010.

<sup>26</sup> **2007**. Locoge N. Badol C. Chiappini L. **Rapport LCSQA EMD INERIS-DRC-07-85124-15974A** : Surveillance du benzène par la méthode d'échantillonnage actif : Application de la norme 14662-1 (téléchargeable sur <http://www.lcsqa.org/thematique/metrologie/mesure-du-benzene>).

chapitre 2.2.4] <sup>27</sup> menée dans le cadre de l'appel à proposition 2005 de l'ADEME sur le thème de la "Recherche et Développement, Innovation : chauffage domestique au bois".

Le préleveur MicroPNS de chez MCZ, en version "haut débit" offre un débit de prélèvement jusqu'à 30 L/min. Cette spécificité permet de pouvoir le coupler avec différents systèmes de collection (impacteur en cascade, cartouche de spéciation (pesticides, HAP, ...)). Ce préleveur fera notamment l'objet de tests dans le cadre des travaux 2010 du LCSQA sur la métrologie des pesticides<sup>28</sup>. A noter le recours à une pompe externe qui peut engendrer un peu de bruit pour des applications en air intérieur.

### 3.3 CONCLUSION & PERSPECTIVES

Au bilan, huit appareils ont été recensés pour une mise sur le marché en 2009.

Parmi eux, cinq sont effectivement de nouveaux instruments : il s'agit des analyseurs développés par 2B Technologies, dédiés à la mesure de l'ozone (modèle 202) et des oxydes d'azote (combinaison des modèles 400 et 401), de l'analyseur personnel de fumées noires (MicroAeth AE51) développé par MAGEE Scientific ainsi que des modèles EMV 3 et EMV-4 développés par Quest Technologies, dédiés à la mesure des particules et de certains gaz spécifiques. Ces instruments sont de dimensions réduites, d'un poids inférieur à 5kg, peu bruyants. Leur gamme de mesure et leur précision sont en adéquation avec les spécificités de la métrologie en air intérieur (hors pollution spécifique).

En complément de ces nouveaux instruments, trois autres appareils ont été commercialisés en 2009 sous une nouvelle version, intégrant des améliorations aux dispositifs existants. Il s'agit :

- des capteurs électrochimiques (O<sub>3</sub> et NO<sub>2</sub>) Observ'Air développés par Cairpol, avec la mise en place d'un filtre pour limiter les phénomènes d'interférence ;
- du formaldémeter htV-m développé par PPM technology, dédié à la détection du formaldéhyde et qui intègre à présent un système d'enregistrement des données ;
- du préleveur SyPAC développé par TERA Environnement, sous sa version II. Ce nouveau modèle intègre de nombreuses améliorations (logiciel, performance des pompes, sonde de température intégrée, sorties numériques, ...)

Cette veille aura également été l'occasion de compléter le bilan des appareils disponibles pour la mesure en air intérieur qui avait été réalisé en 2008.

Afin de pouvoir garder l'historique des appareils recensés au fil des ans (commercialisation toujours effective, prix à jour, nouveaux appareils) et de rendre cette veille plus interactive, il est envisagé, en 2010, de compiler les tableaux de synthèse réalisés les années précédentes et que cette synthèse soit accessible sur le site internet du LCSQA.

---

<sup>27</sup> 2008. Allemand N., Besombes JL., Collet S., Mandin C., Riberon J., Leoz-Garziandia E. **Rapport INERIS-DRC-08-70801-15219A** : Évaluation de l'impact des appareils de chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur.

<sup>28</sup> Étude co-financée par l'ADEME Nord-Pas de Calais sur la métrologie du glyphosate et de ses métabolites en air intérieur et extérieur (en lien avec le programme d'étude d'Atmo Nord-Pas de Calais relatif aux pesticides dans l'air de logements d'agriculteurs).

#### 4. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Fiche 2009	2 A4



## THEME 8 : Air intérieur

### ETUDE N° 8/2 : BILAN/VEILLE SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR A UN NIVEAU NATIONAL ET INTERNATIONAL : TRAVAUX RECENTS ET NOUVEAUX INSTRUMENTS DISPONIBLES

#### **Responsable de l'étude : INERIS**

Cette étude comprend deux sous-études :

1. Bilan sur les travaux dédiés à la qualité de l'air intérieur
2. Veille sur les nouveaux appareils disponibles pour la qualité de l'air intérieur

#### **1. Bilan sur les travaux dédiés à la qualité de l'air intérieur**

##### **Contexte et objectifs**

L'intérêt croissant porté désormais à la qualité de l'air intérieur débouche sur un nombre de plus en plus important d'études, de projets de recherche et en conséquence de publications, tant en France que dans les autres pays européens. L'objectif de cette fiche est donc de fournir une revue de synthèse exhaustive des rapports et autres publications parus l'année passée.

##### **Travaux antérieurs**

Cette revue de synthèse a été réalisée depuis 2002 et jusqu'à l'année 2007 dans le cadre des Missions permanentes du LCSQA. Elle fait désormais l'objet d'une fiche spécifique.

##### **Travaux proposés pour 2009**

Sur la base de la veille scientifique que réalise le réseau scientifique RSEIN (Recherche santé environnement intérieur), que coordonne l'INERIS en partenariat avec l'OQAI, une revue de synthèse des publications et événements de l'année 2009 sera proposée.

Elle comprend le bilan des études françaises, notamment des travaux de l'OQAI et des campagnes réalisées par les AASQA, une analyse synthétique des publications de la littérature scientifique et de la littérature grise (thèses, rapports d'agences...), des comptes-rendus de congrès de référence dans le domaine (*Healthy Buildings 2009* à prévoir), l'inventaire des normes et réglementations nouvelles et un bilan sur les politiques publiques, tant françaises, qu'européennes ou d'autres pays.

#### **2. Veille sur les nouveaux appareils disponibles pour la qualité de l'air intérieur**

##### **Contexte et objectifs**

La métrologie des polluants de l'air intérieur nécessite de tenir compte de nombreux paramètres et contraintes propres aux environnements clos (bruit et encombrement notamment). Une demande forte est également exprimée sur le besoin d'appareils permettant d'avoir une mesure instantanée, dans le but d'identification de sources en air intérieur.

L'objectif de cette étude est de réaliser un bilan des nouveaux appareils de mesures mis sur le marché à un niveau national et international, dédiés à la qualité de l'air intérieur, et de proposer une sélection d'appareils intéressants à évaluer.

**Travaux proposés pour 2009**

Les travaux proposés pour 2009 reposent sur une veille bibliographique, à un niveau national et international, visant à recenser l'ensemble des appareils mis nouvellement sur le marché. Pour chaque appareil, l'ensemble de ses caractéristiques techniques (limite de détection, de quantification, poids, type d'alimentation, possibilité de stockage des données, etc.) ainsi que son prix seront renseignés. Les synergies avec les appareillages utilisés pour le suivi de la qualité de l'air ambiant seront également identifiées.

L'ensemble des éléments consignés seront confrontés aux critères jugés importants par les AASQA, lors de l'enquête menée en 2008 sur l'évaluation des performances métrologiques des appareils de mesure spécifiques de l'air intérieur, dans le choix d'un appareil de suivi de la qualité de l'air intérieur.

En conclusion, il sera proposé une sélection d'appareils potentiellement intéressants et pouvant faire l'objet de tests dans le cadre du LCSQA.

**Renseignements synthétiques**

Titre de l'étude	<b><i>Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles</i></b>		
Personnes responsables de l'étude	Volet 1 : Juliette LARBRE (INERIS) Volet 2 : Caroline Marchand (INERIS)		
Travaux	Pluriannuels		
Durée des travaux pluriannuels	Volet 1 : Pérennes Volet 2 : Pérennes ?		
Collaboration AASQA	-		
Heures d'ingénieur	EMD : -	INERIS : 160	LNE : -
Heures de technicien	EMD : -	INERIS : -	LNE : -
Documents de sortie attendus	Volet 1 : Rapport de synthèse Volet 2 : Rapport de synthèse		
Lien avec le tableau de suivi CPT	Thème 8 : Air intérieur		
Lien avec un groupe de travail	-		
Matériel acquis pour l'étude	-		