

Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde

dans les environnements
intérieurs et extérieurs

Evaluation des risques sanitaires
pour la population générale

- **Avis de l'Afsset**
- **Rapport d'expertise collective**



agence française de **sécurité sanitaire**
de l'environnement et du travail

Mai 2008



La Directrice générale

Maisons-Alfort, le 15 mai 2008

AVIS

de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

Relatif à l'évaluation des risques sanitaires pour la population générale liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs

Saisine Afsset n° 2004/016

L'Afsset a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans le domaine de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter. Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque.

Présentation de la question posée

Le 24 novembre 2004, l'Afsse (devenue Afsset par ordonnance du 1^{er} septembre 2005) a été saisie par les ministères chargés de la santé et de l'écologie pour procéder à une évaluation des risques sanitaires pour la population générale liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. La demande s'articule en cinq volets :

- Analyser les données toxicologiques ;
- Identifier précisément les produits concernés par la présence de formaldéhyde ;
- Analyser et quantifier les voies d'exposition et préciser les sources directes et indirectes de formaldéhyde ;
- Procéder à une évaluation du risque global pour la population générale tant pour les effets cancérogènes que pour les autres effets. Une attention particulière sera portée à la population sensible que constituent les enfants ;
- Indiquer l'existence de produits de substitution non ou moins dangereux, selon les types d'utilisation.

Le 30 décembre 2004, le ministère chargé du travail a sollicité l'Agence afin d'étendre le champ de la saisine aux aspects relatifs à l'exposition des travailleurs.

Contexte

Le formaldéhyde connaît de multiples applications en raison de ses propriétés physico-chimiques en tant que biocide, conservateur ou fixateur. Le formaldéhyde est présent dans de nombreux produits de construction et de consommation d'usage courant (produits de

La population peut être exposée au formaldéhyde par les voies aérienne, orale ou cutanée.

Le formaldéhyde est un polluant de l'air intérieur, l'exposition à cette substance en milieu intérieur représente environ 98% de l'exposition aérienne de la population.

En juin 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) a reclassé le formaldéhyde du groupe 2A (substance probablement cancérigène pour l'homme) au groupe 1 (substance cancérigène avérée pour l'homme) sur la base d'études épidémiologiques en milieu du travail portant sur la survenue de cancers du nasopharynx par inhalation.

Le 3 janvier 2005, l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps) a été saisie par le ministère chargé de la santé, afin de déterminer s'il existe aujourd'hui des produits de santé (médicaments avec autorisation de mise sur le marché, préparations magistrales, officinales et hospitalières, produits cosmétiques, dispositifs médicaux et autres produits de santé) contenant du formaldéhyde ou des substances libérant du formaldéhyde, d'établir la liste des catégories de produits concernés, de quantifier leur utilisation, de procéder à une évaluation du rapport bénéfice/risque et d'indiquer la possibilité de substitution.

Le 16 septembre 2005, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) a été saisie par le ministère chargé de la santé pour procéder à une expertise pour les médicaments vétérinaires et les catégories d'aliments destinés à l'homme ou à l'animal ainsi que les matériaux et objets destinés à entrer au contact des denrées susceptibles de contenir du formaldéhyde ou des substances libérant du formaldéhyde. L'Afssa doit transmettre à l'Afsset tout renseignement relevant du domaine de sa compétence susceptible d'enrichir l'évaluation des risques.

Ces deux demandes s'articulent avec l'expertise conduite par l'Afsset, notamment à travers une participation des deux Agences au groupe de travail « Formaldéhyde ».

Organisation de l'expertise collective

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) » avec pour objectif de respecter les points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

L'Afsset a confié l'instruction de cette saisine à un groupe de travail mis en place en février 2005. Ce dernier a été rattaché au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en octobre 2005.

Le présent avis de l'Agence concerne uniquement l'analyse des données toxicologiques et l'évaluation des risques sanitaires associés à l'exposition de la population générale au formaldéhyde. L'expertise relative à l'exposition spécifique en milieu professionnel est en cours et fera l'objet d'un avis ultérieur.

L'avis se base pour les aspects scientifiques sur les rapports finaux issus d'une expertise collective et référencés ci-dessous :

Concernant l'analyse des données toxicologiques

- un rapport Afsset « Toxicité du formaldéhyde. Etat des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) » rédigé par le groupe de travail « Formaldéhyde ».

Le CES « Evaluation des risques liés aux substances chimiques » a adopté ce rapport et a émis un avis lors de la séance du 1^{er} décembre 2006. Les données de ce rapport ont été actualisées en 2008, notamment par les conclusions d'une journée internationale d'échange et de réflexion sur la relation dose-effet du formaldéhyde, organisée les 19 et 20 novembre 2007 par l'Afsset.

Concernant l'évaluation des risques sanitaires pour la population générale

- un rapport commandité par l'Afsset et intitulé « Evaluation des risques sanitaires liés aux expositions de la population française au formaldéhyde dans l'air » rédigé par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) et transmis le 4 juillet 2007. Ce rapport a été élaboré avec l'appui scientifique de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et les contributions du groupe de travail mis en place par l'Afsset sur ce sujet.

Ce rapport a été soumis au CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en février, mars et juin 2007 puis en février 2008. Il a également fait l'objet d'une présentation au CES « Evaluation des risques liés aux substances chimiques » en septembre 2007 puis en janvier 2008. Ce rapport a été adopté par le CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » lors de la séance du 27 mars 2008.

Méthodologie

L'expertise a observé la démarche méthodologique suivante pour l'évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition pour la population générale et retient les éléments ci-dessous.

1. Identification des dangers

Concernant les effets sanitaires, l'Agence considère que :

- le formaldéhyde exerce une toxicité locale au niveau des sites d'exposition directe (œil, sphère ORL, tractus gastro-intestinal, peau) ;
- par voie aérienne :
 - les effets critiques du formaldéhyde chez l'homme sont des irritations oculaires et des voies respiratoires, observés pour des expositions aiguë et chronique ;
 - le formaldéhyde est à l'origine de cancers du nasopharynx par voie aérienne chez l'homme sur la base d'études épidémiologiques en milieu du travail ;
 - en l'état actuel des connaissances, chez l'homme, un lien de causalité entre inhalation de formaldéhyde et risque de leucémie et de cancers des sinus et de la cavité nasale ne peut être formellement établi ;
 - l'analyse du mécanisme d'action indique que l'effet cancérigène survient à des concentrations induisant une prolifération associée à une cytotoxicité et que la génotoxicité du formaldéhyde est principalement observée au niveau du site de contact à des concentrations élevées ;
 - les effets irritants, qui apparaissent à des doses plus faibles que celles susceptibles d'induire de tumeurs, sont considérés comme des effets précurseurs de l'induction des tumeurs observées à de plus fortes concentrations. Ce constat soutient l'hypothèse d'un mécanisme cancérigène à seuil d'action et le choix des effets irritants comme effets critiques ;
 - les actions irritante ou sensibilisante du formaldéhyde aggravant les pathologies allergiques n'ont pas été démontrées ;
 - en l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de se prononcer sur la sensibilité particulière des enfants exposés au formaldéhyde ;
- par voie orale :
 - il existe peu de données chez l'homme, hormis les cas d'intoxication pour des expositions aiguës. Les effets observés sont des lésions gastriques et intestinales (nécroses et ulcérations liées au phénomène de corrosion) ;
 - chez l'animal, pour des expositions aiguës et chroniques, les effets critiques du formaldéhyde sont des irritations gastriques ;
 - il n'y a pas de données épidémiologiques concernant l'induction de tumeurs par cette voie et les résultats des études chez l'animal sont équivoques ;
- par voie cutanée :

- les effets critiques du formaldéhyde chez l'homme sont des irritations et des sensibilisations cutanées ;
 - le formaldéhyde diminuerait le délai d'apparition de tumeurs initiées par le DMBA (7,12-diméthylbenz[a]anthracène) ;
- en l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de preuves suffisamment étayées permettant de conclure pour les voies d'exposition étudiées en faveur d'un danger concernant la reproduction et le développement embryofœtal ;

2. Caractérisation des relations dose-effet

Concernant les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), l'Agence considère que :

- par voie aérienne :
- il est pertinent de retenir les effets irritants locaux (oculaire, nasal) comme effets critiques précurseurs d'effets plus sévères en particulier des cancers ;
 - afin de protéger des effets cancérogènes, il convient de sélectionner les VTR à seuil pour des durées d'exposition aiguë, intermédiaire et chronique.
- par voie orale :
- les VTR proposées s'appuient sur le seul effet considéré chez l'animal qui est l'irritation gastrique ;
- par voie cutanée :
- les données actuellement disponibles ne permettent pas de construire une VTR pour cette voie.

Les VTR figurant en annexe de cet avis sont retenues pour la conduite de l'évaluation des risques sanitaires associés à l'exposition au formaldéhyde.

3. Quantification de l'exposition

L'évaluation de l'exposition dans les environnements intérieurs (incluant les bureaux¹) et extérieurs pour la population générale porte sur les adultes et les enfants.

Les situations d'exposition étudiées couvrent l'utilisation ponctuelle de produits de consommation courante (par exemple, lingettes pour sols, nettoyeurs vitres, bougies parfumées) ou d'autres produits pour des durées courtes (de quelques minutes à quelques heures) mais incluent également des durées plus longues dans différents environnements intérieurs et extérieurs (par exemple, logements, écoles, crèches).

Des essais de caractérisation d'émission de formaldéhyde sur 32 produits sélectionnés par l'Afsset (selon des critères de prix) ont été réalisés par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Tous les produits sur le marché n'ont pu faire l'objet de tests expérimentaux ; aussi les conclusions issues de cette étude restent strictement limitées aux produits testés.

4. Caractérisation des risques sanitaires

La cancérogénicité du formaldéhyde au niveau du nasopharynx est établie sur la base de preuves épidémiologiques pour des expositions par inhalation. En accord avec la demande

¹ Dans les présents travaux, les bureaux sont assimilés à des logements ou établissements recevant du public en raison de similitudes en termes d'exposition. En effet, les personnes travaillant dans des bureaux ne manipulent pas de produits contenant du formaldéhyde mais ils y sont exposés à travers différents équipements et mobiliers au même titre que les personnes à leur domicile.

initiale, l'expertise s'est attachée à répondre sur les conséquences sanitaires de la seule exposition par voie respiratoire dans les environnements intérieurs et extérieurs. La caractérisation des risques sanitaires pour une exposition par voie cutanée n'a pas été conduite, faute de VTR existantes.

L'Afsset a ainsi coordonné l'évaluation quantitative des risques sanitaires incluant l'ensemble des situations d'exposition identifiées, aiguës et chroniques, pour les classes d'âge concernées. Cette évaluation a été réalisée sans cumul des situations entre elles. Les conséquences de la fréquentation de plusieurs lieux au cours d'une journée ont ensuite été analysées.

Résultats de l'expertise collective

L'Agence souligne les points suivants :

- Une exposition aiguë au formaldéhyde liée à l'utilisation de produits de consommation courante, peut conduire, dans des conditions normales d'utilisation, à des irritations oculaires et nasales, qu'il s'agisse d'expositions au formaldéhyde émis ou formé secondairement. Ces conclusions ne sont valables que pour les références des produits testés dans le cadre de cette étude et ne sauraient être extrapolées à l'ensemble des produits présents sur le marché français ;
- dans un contexte d'exposition chronique au formaldéhyde, dans les environnements intérieurs :
 - la majorité de la population française est exposée à un risque de survenue d'irritations oculaires et nasales liées à la présence de formaldéhyde dans le logement, quel que soit l'emploi du temps de la personne. Les mesures d'exposition réalisées attestent d'un dépassement des VTR chroniques protégeant de ces irritations. Toutefois, la fréquence de survenue et la sévérité des effets irritants au sein de cette population ne sont pas connues ;
 - l'exposition des enfants dans les crèches ou écoles doit être prise en compte. Même si ces lieux considérés individuellement ne conduisent pas à mettre en évidence un risque, ils contribuent à l'exposition cumulée au formaldéhyde dans une journée ;
 - pour les bureaux et les lieux de loisir, les rares données disponibles ne montrent pas un dépassement de la VTR. Toutefois, certains lieux peuvent contribuer à l'exposition au formaldéhyde de la population qui les fréquente régulièrement et ne doivent pas être exclus ;
 - concernant le risque cancérigène, malgré la méconnaissance de la relation dose-réponse, les concentrations maximales estimées restent largement inférieures aux seuils mentionnés dans la littérature considérés comme protecteurs de l'apparition du cancer du nasopharynx. Le risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde seul semble négligeable au vu des niveaux de concentration mesurés actuellement dans l'air. Toutefois, l'effet combiné du formaldéhyde à d'autres composés n'a pas été étudié.

Recommandations de l'expertise collective

Compte tenu des incertitudes et méconnaissances restantes sur la toxicité du formaldéhyde, l'Agence recommande :

1) En termes d'amélioration des connaissances sur la caractérisation du danger du formaldéhyde :

Par voie aérienne :

- étudier l'existence d'une sensibilité particulière des enfants suite à l'exposition au formaldéhyde;
- approfondir les connaissances sur un lien éventuel entre le risque de leucémie et l'exposition au formaldéhyde par des études mécanistiques et épidémiologiques ;

Par voie orale :

- effectuer une veille approfondie sur la toxicité du formaldéhyde (données d'intoxications, saisine du réseau de toxicovigilance par exemple) ;

Par voie cutanée :

- conduire des études expérimentales afin de compléter les données sur le potentiel irritant et sensibilisant du formaldéhyde, en vue d'élaborer une VTR cutanée.

Pour l'ensemble des voies :

- Inciter la conduite d'études toxicologiques et épidémiologiques afin d'évaluer les effets reprotoxiques du formaldéhyde en particulier sur le développement embryofœtal ;
- Evaluer la possible additivité des doses d'exposition provenant des diverses voies d'exposition.

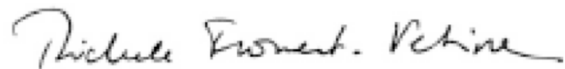
2) En termes d'amélioration des connaissances sur les sources et les niveaux d'exposition au formaldéhyde pour la population générale :

- acquérir des données sur la fréquence de survenue de l'irritation nasale, oculaire et cutanée au sein de la population générale en particulier chez les enfants ;
- identifier les sources prépondérantes d'émissions de formaldéhyde dans les environnements intérieurs en hiérarchisant les contributions de chacune de ces sources (par exemple, vernis, peinture) ;
- étudier la relation entre les compositions et les émissions des produits de consommation courante et autres produits, de manière à pouvoir éventuellement prédire le profil émissif sur la base de leur composition (par exemple, présence de libérateurs de formaldéhyde dans la composition) ;
- documenter les concentrations de formaldéhyde dans l'air intérieur des bureaux ;
- acquérir des données précises sur l'emploi du temps de la population française dans les différents milieux intérieurs (par exemple, transports, gymnases) afin de mieux estimer les expositions.

3) En termes de réduction des expositions :

- limiter l'usage du formaldéhyde et définir des limites de concentration maximale dans les produits de construction et de consommation courante ; pour cela, mettre en application le protocole Afsset « Procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV, de formaldéhyde et de critères sanitaires »² pour les produits de construction solides et étendre cette procédure de qualification aux autres sources de COV, notamment les produits de construction liquides et le mobilier ;
- améliorer l'étiquetage des produits de consommation courante (par exemple, produits ménagers, vernis, colles) de manière à limiter l'usage des produits les plus émissifs ;
- encourager une meilleure ventilation des environnements intérieurs ;
- s'appuyer sur les valeurs guides de qualité d'air intérieur proposées pour le formaldéhyde³ pour mettre en place des stratégies de surveillance et de gestion éventuelles.

La Directrice générale



Dr Michèle FROMENT-VEDRINE

² Procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) et le formaldéhyde émis par les produits de construction et d'aménagement intérieur. Afsset. Octobre 2006.

³ VGAI court terme (2 heures) : 50 µg.m⁻³; VGAI long terme : 10 µg.m⁻³ (Afsset, 2007)

ANNEXE

Tableau récapitulatif des Valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues par le groupe de travail pour la caractérisation des risques liés au formaldéhyde

Organisme (année)	Valeur VTR	Effet critique
Voie aérienne		
aiguë		
ATSDR (1999)	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Irritations oculaire et nasale (homme)
OEHHA (1999)	94 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Irritations oculaire et nasale (homme)
intermédiaire*		
ATSDR (1999)	30 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Irritation nasopharyngée et lésions de l'épithélium nasal (singe <i>Cynomolgus</i>)
chronique		
OEHHA (1999)	3 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Irritation oculaire et nasale, lésions histopathologiques de l'épithélium nasal (homme)
ATSDR (1999)	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$	Lésions histopathologiques de l'épithélium nasal (homme)
Voie orale		
intermédiaire*		
ATSDR (1999)	0,3 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$	Modifications histologiques pré-estomac, inflammation (rat)
chronique		
OMS (2005)	0,15 $\text{mg.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$	Irritation tractus gastro-intestinal (rat)

* d'après l'ATSDR, de 14 jours à 1 an

Evaluation des risques sanitaires pour la population générale liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs

Saisine n°2004/016

**RAPPORT
d'expertise collective**

CES « Milieux aériens »

Groupe de travail « Formaldéhyde »

Mars 2008

Mots clés

Formaldéhyde, évaluation des risques, population générale, irritation, cancer, nasopharynx.

Présentation des intervenants

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Jérôme Lavoué – Chargé de recherche, Institut universitaire romand de santé au travail

Membres

M. Pierre-André Cabanes – médecin en charge de l'évaluation des risques sanitaires (Service des études médicales, EDF-GDF), membre du CES « Milieux aériens »

Mme Christine Cézard – Pharmacien toxicologue, CAP Lille, membre du CES « Substances chimiques »

M. Gérard Deroubaix – Directeur du pôle Environnement - Santé, Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA, anciennement CTBA)

M. Christian Elichegaray – président du CES « Milieux aériens »

Mme Véronique Ezratty. Médecin service des Etudes Médicales EDF-GDF. Évaluation des risques sanitaires. Médecin attaché à l'Institut Gustave Roussy, membre du CES « Milieux aériens »

Mme Jocelyne Just – (a démissionné en février 2006)

M. Alain Lombard – (a démissionné en novembre 2007)

M. François-Marie Pailler – (a démissionné en novembre 2006)

M. Christophe Paris – CHU Nancy, membre du CES « Milieux aériens »

M. Guy Perrault – Expert conseil, Guy Perrault Consultation en R&D et expertise en sécurité et santé au travail

Mme Corinne Pilorget – hygiéniste industrielle, InVS / UMRESTTE

M. François Plénat – Chef de service d'anatomie et de cytologie pathologiques, CHU Nancy

Mme Martine Ramel – ingénieur de qualité de l'air, Ineris, membre du CES « Milieux aériens »

Organismes

AFSSA représenté par M. Fernando Aguilar – Docteur en Sciences, Coordinateur scientifique, Unité d'évaluation des risques physico-chimiques, Direction de l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires

M. Pierre Maris – Ingénieur de recherche, Docteur en pharmacie, Directeur adjoint Laboratoire études vétérinaires sur les médicaments et les désinfectants

AFSSAPS représenté par M. Fabien Lavergne – Evalueur toxicologue, Unité veille toxicologique

M. Dominique Masset – Unité veille toxicologique

		Mme Cécile Verdier, en remplacement de Mmes Delerme et Kot - département d'évaluation des produits cosmétiques, biocides et de tatouage
CAPTV	représenté par	Mme Claudine Cabot – Centre antipoison de Toulouse M. Jacques Manel – Centre antipoison Nancy
CIRC	représenté par	M. Yann Grosse
CSC	représenté par	M. Jacques Bédouin (a démissionné en février 2006)
CSTB	représenté par	Mme Séverine Kirchner – membre du CES « Milieux aériens », docteur en chimie de la pollution, coordinatrice scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, Division santé et bâtiment M. François Maupetit – Division santé
INERIS	représenté par	Mme Corinne Mandin – ingénieur, Direction des risques chroniques, Unité évaluation des risques sanitaires Mme Blandine Doornaert, docteur en toxicologie (a démissionné en juillet 2007)
INRS	représenté par	M. Stéphane Binet – Toxicologue, remplaçant de Mme Annie Laudet depuis avril 2007, pharmacien toxicologue M. Raymond Vincent – Chef de l'unité Caractérisation du risque chimique, Département métrologie des polluants
InVS	représenté par	M. Frédéric Dor – Pharmacien, Evalueur impact sanitaire, Unité méthodes et investigations, Département santé environnement
LNE	représenté par	Mme Béatrice Lalère, remplaçante de Mme Ramaz et M. Weber
MSA	représenté par	M. Antoine Schwoerer (a démissionné en février 2008)

RAPPORTEURS AUPRES DU CES « MILIEUX AERIENS »

M. Pierre-André Cabanes – médecin en charge de l'évaluation des risques sanitaires (Service des études médicales, EDF-GDF), membre du CES « Milieux aériens »

M. Christophe Paris – membre du CES « Milieux aériens », CHU Nancy

Mme Martine Ramel – ingénieur de qualité de l'air, Ineris, membre du CES « Milieux aériens »

ADOPTION DU RAPPORT PAR LE COMITE D'EXPERTS SPECIALISES

- Evaluation des risques liés aux milieux aériens – 2 février, 29 mars et 1^{er} juin 2007 puis le 6 février et le 27 mars 2008

Président

M. Christian ELICHEGARAY. Chef du Département Air de l'Ademe - Physico-chimie de l'atmosphère

Membres

M. René ALARY. Responsable du département Air au LCPP - Pollution et chimie atmosphérique

Mme Isabella ANNESI MAESANO. Responsable de l'équipe d'épidémiologie des réponses immunitaires et inflammatoires. Épidémiologie respiratoire

M. Olivier BLANCHARD. Ingénieur de recherche "qualité de l'air". Direction des risques chroniques. Qualité de l'air

M. Pierre-André Cabanes – médecin en charge de l'évaluation des risques sanitaires (Service des études médicales, EDF-GDF)

M. Dave CAMPAGNA – Responsable de la cellule d'épidémiologie, RATP ; compétences en épidémiologie santé-travail et de l'environnement

Mme Véronique DELMAS. Directrice d'Air Normand. Pollution & chimie atmosphérique.

Mme Véronique EZRATTY. Médecin EDF-GDF. Évaluation des risques sanitaires. Médecin attaché à l'institut Gustave Roussy.

M. Robert GARNIER. Médecin toxicologue, chef de service du Centre antipoison de Paris.

M. Philippe GLORENNEC. Enseignant chercheur de l'École des Hautes Etudes en Santé Publique. Évaluation des risques sanitaires.

Mme Séverine KIRCHNER. Responsable du secteur "qualité de l'air intérieur" au CSTB.

Mme Agnès LEFRANC. Coordinatrice Programme de surveillance air et santé (Psas). Institut de veille sanitaire (InVS), Épidémiologie.

M. Maurice MILLET. Maître de conférences des universités. Physique-chimie, spécialiste des phytosanitaires dans l'air.

M. Alain MORCHEOINE. Directeur de l'Air du Bruit & de l'Efficacité Énergétique à l'Ademe.

M. Yannick MOREL. Docteur en toxicologie moléculaire. Responsable du département détection biologique au Centre d'études du Bouchet.

M. Jean-Paul MORIN. Chargé de recherche INSERM, Toxicologie cardiorespiratoire des aérosols complexes, Métrologie des polluants atmosphériques, émissions de moteurs à combustion interne.

M. Christophe PARIS. Médecin professeur des universités et praticien hospitalier.

M. Vincent-Henri PEUCH. Chercheur en modélisation numérique de la composition chimique de l'atmosphère.

M. Charles POINSOT. Fédération ATMO France - Directeur à Atmo Nord Pas de Calais.

Mme Martine RAMEL. Responsable du programme LCQA. Qualité de l'air, polluants de l'air

M. Rémy SLAMA. Chercheur. Épidémiologie, pollution atmosphérique

M. Fabien SQUINAZI. Médecin biologiste, directeur du LHVP.

M. Jacques VENDEL. Chef de laboratoire.

Il a également fait l'objet d'une présentation au CES « Evaluation des risques liés aux substances chimiques » le 20 septembre 2007 puis le 24 janvier 2008.

Après prise en compte des commentaires, le rapport a été approuvé par les membres du groupe de travail le 10 mars 2008.

Il a été adopté par le CES « Milieux aériens » le 27 mars 2008.

COORDINATION SCIENTIFIQUE

M. Guillaume Boulanger – Chef de projets scientifiques

M. Christophe Rousselle – Toxicologue, chef de l'unité « Toxicologie »

Mme Cécilia Solal – Toxicologue, chef de projets scientifiques

Appui scientifique

Mme Nathalie Bonvallot – Toxicologue, chef de projets scientifique

Secrétariat administratif

Mme Séverine Boix – Afsset

Mme Romy Collet - Afsset

CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES

Evaluation des risques sanitaires liés aux expositions de la population française au formaldéhyde dans l'air. Rapport d'étude DRC-07-71747-07179B (18 juin 2007).

Mme Corinne Mandin – INERIS et M. Frédéric Dor - InVS

Travail réalisé dans le cadre d'une prestation commandée et rémunérée à l'Ineris

AUDITION DE PERSONNALITES EXTERIEURES

Incidence des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur des patients sujets à l'asthme (17 octobre 2006) :

- Mme Caroline Marchand – Docteur en chimie physique de l'université Louis Pasteur de Strasbourg
- M. Stéphane Le Calvé – CNRS Strasbourg, Centre de géochimie de la surface

Journées internationales d'échange (19 et 20 novembre 2007) :

- Mme Bette Meek – Santé Canada
- Mme Agnès Schulte – BfR (Institut allemand d'évaluation des risques)
- M. Klaus-Erich Appel – BfR (Institut allemand d'évaluation des risques)
- Mme Aafje Van der Burght – Health council of the Netherlands
- M. Gerard Mulder - Health council of the Netherlands

SOMMAIRE

Expertise collective : synthèse et conclusions	9
Abréviations	14
Liste des tableaux.....	16
Liste des figures.....	16
Liste des annexes	16
1 Résumé	17
2 Introduction	19
2.1 Préambule.....	19
2.2 Contexte.....	19
2.3 Démarche retenue.....	20
2.3.1 Etapes toxicologiques.....	20
2.3.2 Quantification de l'exposition	20
2.3.2.1 Situations d'exposition.....	20
2.3.2.2 Données utilisées	21
2.3.3 Caractérisation des risques	21
3 Identification des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence.....	23
3.1 Dangers associés à l'inhalation de formaldéhyde.....	23
3.1.1 Toxicocinétique – toxicodynamie.....	23
3.1.2 Effets aigus	23
3.1.3 Effets chroniques	24
3.2 VTR disponibles dans la littérature et retenues pour la présente évaluation	24
3.2.1 Valeurs toxicologiques de référence pour l'exposition aiguë.....	24
3.2.2 Valeurs toxicologiques de référence pour l'exposition chronique.....	25
4 Quantification de l'exposition des populations	27
4.1 Exposition aiguë	27
4.1.1 Situations d'exposition	27
4.1.2 Concentrations en formaldéhyde dans une pièce après utilisation de produits de consommation courante	27
4.1.3 Estimation des concentrations inhalées	28
4.2 Exposition chronique	32
4.2.1 Situations d'exposition	32
4.2.2 Concentrations en formaldéhyde dans les différents environnements.....	32
4.2.2.1 Concentrations en formaldéhyde dans l'air ambiant.....	32
4.2.2.2 Concentrations en formaldéhyde dans les logements.....	33
4.2.2.3 Concentrations en formaldéhyde dans les écoles et les crèches.....	33
4.2.2.4 Concentrations en formaldéhyde dans les bureaux	34
4.2.2.5 Concentrations en formaldéhyde dans les transports	35
4.2.2.6 Concentrations en formaldéhyde dans les autres lieux fréquentés	35
4.2.3 Temps passé dans les différents lieux fréquentés	36
4.2.3.1 Temps passé dans les logements	36
4.2.3.2 Temps passé dans les bureaux et les établissements d'enseignement.....	37
4.2.3.3 Temps passé dans les transports.....	38
4.2.3.4 Temps passé en extérieur.....	39
4.2.3.5 Temps passé dans les autres lieux de vie.....	40
4.2.4 Estimation des concentrations inhalées	42
5 Caractérisation des risques sanitaires.....	44
5.1 Risques aigus.....	44

5.1.1	Rappel théorique.....	44
5.1.2	Résultats	44
5.1.3	Cumul de situations d'exposition	46
5.1.4	Incertitudes	46
5.2	Risques chroniques.....	46
5.2.1	Rappel théorique.....	46
5.2.2	Résultats	47
5.2.3	Cumul de situations d'exposition	47
5.2.4	Analyse des incertitudes.....	50
5.3	Analyse au regard de la relation dose-effet.....	50
5.3.1	Caractérisation des risques aigus.....	51
5.3.1.1	Description de la relation dose-effet.....	51
5.3.1.2	Interprétation du quotient de danger	51
5.3.2	Caractérisation des risques chroniques.....	52
5.3.2.1	Description de la relation dose-effet.....	52
5.3.2.2	Interprétation du quotient de danger	53
6	Conclusion	55
7	Bibliographie	56
ANNEXES	61

Expertise collective : synthèse et conclusions



EXPERTISE COLLECTIVE : SYNTHESE ET CONCLUSIONS

Relatives à l'évaluation des risques sanitaires liés aux expositions de la population française au formaldéhyde dans l'air hors exposition spécifique en milieu professionnel

Saisine Afsset n° « 2004/016 »

Ce document synthétise les travaux du groupe de travail « Formaldéhyde » et présente les éventuels compléments du Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens ».

PRESENTATION DE LA QUESTION POSEE

L'Afsse, devenue Afsset par ordonnance du 1^{er} septembre 2005, a été saisie en date du 24 novembre 2004 par les Ministères chargés de la santé et de l'écologie pour procéder à une évaluation des risques sanitaires pour la population générale liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Par courrier du 30 décembre 2004, le ministère chargé du travail a sollicité l'agence afin d'étendre le champ de la saisine aux aspects relatifs à l'exposition des travailleurs.

Cette demande fait suite à la saisine du 28 avril 2004 relative à la procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction.

CONTEXTE SCIENTIFIQUE

La classification du formaldéhyde a été révisée par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) en juillet 2004, du groupe 2A (substance probablement cancérigène pour l'homme) au groupe 1 (substance cancérigène avérée pour l'homme) sur la base d'études épidémiologiques en milieu du travail portant sur la survenue de cancers du nasopharynx.

ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'Afsset a confié l'instruction de cette saisine à un groupe de travail mis en place en février 2005. Ce dernier a été rattaché au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en octobre 2005.

Le mandat du groupe de travail regroupe 5 volets :

- Analyse des données toxicologiques ;

1 / 5

sévères en particulier de l'induction des tumeurs du nasopharynx. Les VTR à seuil retenues pour cette voie sont construites sur la base de ces effets critiques :

- deux VTR retenues pour l'exposition aiguë :
OEHHA (1999), $REL_a = 94 \mu\text{g.m}^{-3}$ (1 heure d'exposition)
ATSDR (1999), $MRL_{acute} = 50 \mu\text{g.m}^{-3}$ (de 0 à 14 jours d'exposition)
- deux VTR retenues pour l'exposition chronique :
OEHHA (1999), $REL_c = 3 \mu\text{g.m}^{-3}$ (exposition d'une durée supérieure à 1 an)
ATSDR (1999), $MRL_{chronic} = 10 \mu\text{g.m}^{-3}$ (exposition d'une durée supérieure à 1 an)

2. Quantification de l'exposition

La population générale (adultes et enfants) et les personnes travaillant dans des bureaux (exposition non spécifique) sont considérés ;

Seule l'exposition par voie aérienne est étudiée en excluant l'exposition par voie orale et l'exposition cutanée qui feront l'objet de travaux ultérieurs ;

Les situations d'exposition étudiées correspondent à la fois à des durées courtes (de quelques heures à quelques jours) associées à l'utilisation ponctuelle de produits de consommation courante mais également à des durées plus longues dans différents environnements intérieurs et extérieurs ;

Les concentrations atmosphériques mesurées dans les différents environnements tels que l'air extérieur, les logements, les crèches, les écoles, le transport, les bureaux... sont issues d'études françaises récentes ;

Les budgets espace-temps (BET) propres à la population française sont extraits d'enquêtes nationales, d'études spécifiques ou estimés sur la base d'hypothèses réalistes majorantes ;

3. Caractérisation des risques sanitaires

D'une part le calcul des risques a été effectué pour l'ensemble des situations d'exposition identifiées, aiguës et chroniques, pour les classes d'âge concernées prises séparément sans effectuer un quelconque cumul des situations entre elles. D'autre part, l'analyse sur les conséquences de la fréquentation de plusieurs lieux au cours d'une journée a été réalisée.

RESULTAT DE L'EXPERTISE COLLECTIVE

Après réalisation de l'évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de la population générale, l'expertise a permis de mettre en évidence les points suivants :

- dans un contexte d'exposition aiguë au formaldéhyde liée à l'utilisation de produits de consommation courante, les expositions ponctuelles au formaldéhyde émis ou formé secondairement par certains produits peuvent conduire, dans des conditions normales d'utilisation, à un dépassement des VTR aiguës protégeant des irritations oculaires et nasales. Ces dépassements peuvent atteindre jusqu'à 25 fois les VTR retenues pour l'un des produits testés. Ces conclusions ne sont

valables que pour les références des produits testés dans le cadre de cette étude et ne sauraient être extrapolées à l'ensemble des produits présents sur le marché français ;

- dans un contexte **d'exposition chronique** au formaldéhyde dans les microenvironnements étudiés :
 - les expositions dans le logement conduisent à un dépassement des VTR chroniques protégeant des irritations oculaires et nasales. Pour la majorité de la population française, quel que soit l'emploi du temps de la personne, la fraction de temps passée dans le logement conduit systématiquement à un dépassement des VTR retenues signifiant la possibilité de survenue d'effets sanitaires. Toutefois, on ne connaît pas la fréquence de survenue et la sévérité des effets irritants au sein de cette population ;
 - pour les bureaux et les lieux de loisir, les rares données disponibles ne montrent pas un dépassement de la VTR. Toutefois, certains lieux peuvent contribuer à l'exposition des populations qui les fréquentent très régulièrement et ne doivent pas être exclus ;
 - en conclusion, l'analyse de la relation dose-effet chez l'homme conduit à envisager la survenue d'irritations respiratoires et oculaires ;
 - concernant le cancer du nasopharynx, les concentrations ambiantes dépassent les VTR chroniques retenues pour l'irritation, laquelle est précurseur des effets cancérogènes observés. Malgré la méconnaissance de la relation dose-réponse, les concentrations inhalées maximales estimées dans l'évaluation des risques restent néanmoins largement inférieures (de 3 à 10 fois) aux seuils proposés à l'heure actuelle dans la littérature et considérés comme prévenant l'apparition du cancer du nasopharynx ($124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, BfR et $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, DECOS). L'excès de risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde seul semble négligeable en l'état actuel des niveaux de concentration dans l'air et des connaissances toxicologiques.

Les limites et les incertitudes de ce travail sont principalement :

- le manque de données sur les sources d'émission (potentiel émissif et évolution temporelle),
- l'absence de représentativité nationale des concentrations de formaldéhyde mesurées dans l'ensemble des lieux clos à l'exception des logements,
- l'insuffisance et l'hétérogénéité des données relatives aux BET de la population française,
- l'insuffisance des connaissances sur les relations dose-effet notamment concernant l'asthme.

Le Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » adopte les travaux d'expertise collective lors de sa séance du 27 mars 2008 et fait part de cette adoption à la direction générale de l'Afsset.

valables que pour les références des produits testés dans le cadre de cette étude et ne sauraient être extrapolées à l'ensemble des produits présents sur le marché français ;

- dans un contexte **d'exposition chronique** au formaldéhyde dans les microenvironnements étudiés :
 - les expositions dans le logement conduisent à un dépassement des VTR chroniques protégeant des irritations oculaires et nasales. Pour la majorité de la population française, quel que soit l'emploi du temps de la personne, la fraction de temps passée dans le logement conduit systématiquement à un dépassement des VTR retenues signifiant la possibilité de survenue d'effets sanitaires. Toutefois, on ne connaît pas la fréquence de survenue et la sévérité des effets irritants au sein de cette population ;
 - pour les bureaux et les lieux de loisir, les rares données disponibles ne montrent pas un dépassement de la VTR. Toutefois, certains lieux peuvent contribuer à l'exposition des populations qui les fréquentent très régulièrement et ne doivent pas être exclus ;
 - en conclusion, l'analyse de la relation dose-effet chez l'homme conduit à envisager la survenue d'irritations respiratoires et oculaires ;
 - concernant le cancer du nasopharynx, les concentrations ambiantes dépassent les VTR chroniques retenues pour l'irritation, laquelle est précurseur des effets cancérogènes observés. Malgré la méconnaissance de la relation dose-réponse, les concentrations inhalées maximales estimées dans l'évaluation des risques restent néanmoins largement inférieures (de 3 à 10 fois) aux seuils proposés à l'heure actuelle dans la littérature et considérés comme prévenant l'apparition du cancer du nasopharynx ($124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, BfR et $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, DECOS). L'excès de risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde seul semble négligeable en l'état actuel des niveaux de concentration dans l'air et des connaissances toxicologiques.

Les limites et les incertitudes de ce travail sont principalement :

- le manque de données sur les sources d'émission (potentiel émissif et évolution temporelle),
- l'absence de représentativité nationale des concentrations de formaldéhyde mesurées dans l'ensemble des lieux clos à l'exception des logements,
- l'insuffisance et l'hétérogénéité des données relatives aux BET de la population française,
- l'insuffisance des connaissances sur les relations dose-effet notamment concernant l'asthme.

Le Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » adopte les travaux d'expertise collective lors de sa séance du 27 mars 2008 et fait part de cette adoption à la direction générale de l'Afsset.

RECOMMANDATIONS DE L'EXPERTISE COLLECTIVE

L'analyse des données conduit à attirer l'attention sur les points suivants :

Améliorer les connaissances, notamment :

- acquérir des données sur la fréquence d'irritations dans la population générale en particulier chez les enfants ;
- mieux hiérarchiser les contributions respectives des sources d'émissions de formaldéhyde dans les environnements intérieurs ;
- étudier la relation entre les compositions des produits et leurs émissions ;
- documenter les concentrations de formaldéhyde dans les bureaux ;
- acquérir des données détaillées sur les budgets espace-temps de la population française.

Instaurer des actions de réduction des expositions :

- mettre en application le protocole Afsset « Procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV, de formaldéhyde et de critères sanitaires » ;
- gérer la qualité de l'air intérieur sur la base des valeurs guides sanitaires proposées par l'Afsset¹ ;
- limiter l'usage du formaldéhyde et définir des limites de concentration maximale dans les produits de consommation courante ;
- encourager une meilleure ventilation des lieux clos.

Maisons-Alfort, le 27 mars 2008

Au nom des experts du CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens »,

le président du CES,



M. Christian ELICHEGARAY

¹ VGAI court terme (2 heures) : 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; VGAI long terme : 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Afsset, 2007)

Abréviations

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

ADN : Acide désoxyribonucléique

Afsset : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BET : Budget Espace-Temps

BfR : Bundesinstitut für Risikobewertung

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CREDOC : Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

CT : Concentration Tumorigène

DECOS : Dutch Expert Committee on Occupational Standards

ERI : Excès de Risque Individuel

ERS : Évaluation des Risques Sanitaires

ERU : Excès de Risque Unitaire

IARC : International Agency for Research on Cancer

INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

INSEE : Institut national de la statistique et des Études économiques

InVS : Institut de Veille Sanitaire

IRIS : Integrated Risk Information System, base de données toxicologiques de l'US-EPA

ISAAC : International Study on Asthma and Allergies in Childhood

LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level

MRL : Minimum Risk Level

NEG : Nordic Expert Group for criteria documentation of health risks from chemicals

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

QD : Quotient de Danger

RELa/c : Reference Exposure Level (Acute / Chronic)

RfC : Reference Concentration

TCA : Tolerable Concentration in Air

TERA : Toxicology Excellence for Risk Assessment

US-EPA : United States Environmental Protection Agency

VEMS : Volume Expiratoire Maximal par Seconde

VG : Valeur Guide

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Liste des tableaux

Tableau 1 : concentrations inhalées dans un contexte d'exposition aiguë	30
Tableau 2 : concentrations et temps passé dans les environnements fréquentés par la population française	41
Tableau 3 : concentrations inhalées dans différentes situations d'exposition chronique.....	43
Tableau 4 : quotients de danger liés à l'inhalation aiguë de formaldéhyde	44
Tableau 5 : quotients de danger pour différentes situations d'exposition chronique	49

Liste des figures

Figure 1 : Schématisation du calcul des CI dans un contexte d'exposition aiguë	29
--	----

Liste des annexes

Annexe 1 : Lettres des saisines.....	62
Annexe 2 : Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine	65
Annexe 3 : Inventaire des concentrations dans l'air ambiant extérieur.....	75
Annexe 4 : Inventaire des concentrations dans les logements	77
Annexe 5 : Inventaire des concentrations dans les écoles et les bureaux.....	81
Annexe 6 : Inventaire des concentrations dans les transports.....	85
Annexe 7 : Inventaire des concentrations dans les autres lieux	87
Annexe 8 : Résultats de la campagne « Logements » de l'OQAI (extraits de [OQAI, 2006]).....	90
Annexe 9 : Extraits des semainiers de la campagne pilote de l'OQAI [Dor <i>et al.</i> , 2004]	93

1 Résumé

La présente étude est réalisée dans le cadre de la saisine adressée à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) par les Ministères en charge de l'écologie, de la santé et du travail en date du 24 novembre et 30 décembre 2004. Cette saisine demande notamment une évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition au formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs, pour la population française, à l'exception des travailleurs exposés spécifiquement qui font l'objet d'une étude spécifique.

Cette évaluation des risques sanitaires a été conduite conformément aux quatre étapes classiques de la démarche :

- l'identification des dangers associés à l'inhalation du formaldéhyde a été réalisée dans le cadre d'un travail spécifique de l'Afsset. Elle a mis en exergue les irritations oculaires et respiratoires, que ce soit pour des doses élevées pendant une courte durée, ou pour des doses plus faibles dans un contexte d'exposition chronique, ainsi que les effets cancérigènes dans le cas des expositions chroniques ;
- les valeurs toxicologiques de référence (VTR) sont celles retenues à l'issue de l'expertise toxicologique menée spécifiquement dans le cadre de la saisine de l'Afsset. Toutes les VTR proposées pour les expositions aiguës d'une part, et chroniques d'autre part, ont été retenues (pour l'inhalation exclusivement) dès lors que leur qualité scientifique est apparue suffisamment robuste. Il s'agit des VTR aiguës et chroniques pour des effets à seuil de type irritation oculaire et nasale, proposées par l'ATSDR et l'OEHHA. Les VTR aiguës sont égales à 50 et 94 $\mu\text{g.m}^{-3}$, les VTR chroniques égales à 3 et 10 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Le groupe de travail « Formaldéhyde », constitué par l'Afsset en réponse à la saisine, ayant conclu à un effet à seuil pour les effets cancérigènes du formaldéhyde, aucune VTR sans seuil n'a été retenue ;
- l'évaluation des expositions des populations a été scindée en deux volets :
 - ▶ l'évaluation des expositions **aiguës** pendant ou après l'usage de différents produits domestiques d'usage courant. Pour chaque type de produit commercialisé étudié, le moins cher et le plus cher disponibles lors de l'achat ont été choisis. Les concentrations inhalées ont été calculées sur la base de tests réalisés à la demande de l'Afsset par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) en situation d'utilisation réelle dans la maison expérimentale MARIA ou réaliste dans des chambres d'essai d'émission. La concentration inhalée correspond à la concentration moyennée sur une heure ou non (selon la VTR utilisée ensuite), pendant et après l'utilisation du produit ;
 - ▶ l'évaluation des expositions **chroniques** basées sur les concentrations en formaldéhyde dans l'air de différents environnements intérieurs et à l'extérieur issues d'études françaises récentes, si possible représentatives, combinées aux fractions annuelles de temps passé dans ces environnements par la population française, extraites d'enquêtes nationales, d'études spécifiques ou bien estimées par le calcul sur la base d'hypothèses réalistes, mais majorantes. Dans un premier temps, les concentrations inhalées ont été estimées pour chaque microenvironnement pris séparément permettant d'apprécier d'emblée la part contributive de chacun dans l'exposition de la population. Pour le logement, en s'appuyant sur les distributions des concentrations et des budgets espace-temps, les niveaux d'exposition observés lors de la campagne OQAI 2006 sont encadrés et vont de 3,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$ à 45 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Pour tous les autres environnements, les données sont moins nombreuses et les concentrations inhalées sont estimées à partir des valeurs moyennes des données disponibles. Dans un deuxième temps, un cumul des différentes situations d'exposition de la population française au cours de la journée est proposé ;

- la quantification des risques sanitaires a été conduite pour l'ensemble des situations d'exposition identifiées, aiguës et chroniques, pour les classes d'âge concernées.

De cette évaluation, il ressort que :

- dans le contexte de situations aiguës, pour la quasi-totalité des produits testés, les concentrations inhalées de formaldéhyde émis ou formé secondairement, dans un contexte d'utilisation normale, sont inférieures aux valeurs toxicologiques de référence retenues protégeant des irritations des yeux et de l'épithélium nasal. En revanche, trois produits domestiques en vente sur le marché, une lingette pour le sol et deux produits du nettoyage du sol, conduisent à un dépassement des valeurs toxicologiques de référence ou s'en approchent. Les QD peuvent atteindre 25, ce qui correspond à une concentration inhalée 25 fois supérieure à la VTR retenue. Il est envisageable qu'au cours d'une journée, plusieurs produits soient utilisés plus ou moins simultanément. À l'exception des deux produits précédents, l'addition des QD résultant de l'utilisation concomitante de deux produits ou plus ne conduit pas à des concentrations inhalées supérieures aux VTR retenues, dans les conditions expérimentales mises en œuvre (taux de renouvellement d'air de la pièce égal à 0,6 h⁻¹). Compte tenu des niveaux d'exposition, les effets attendus sont les irritations respiratoires et oculaires. L'analyse de la relation dose-effet indique que des effets immunologiques et neurologiques peuvent également être observés ;
- s'agissant des expositions chroniques, la seule présence dans le logement conduit à des concentrations inhalées dépassant les valeurs toxicologiques de référence protégeant des irritations des yeux et de l'épithélium nasal. Le QD le plus élevé atteint la valeur de 15. Les autres situations d'exposition chronique méritent considération : bureaux, transports, lieux de loisirs. L'ensemble de ces situations d'exposition chronique est d'autant plus à considérer dès lors qu'elles sont combinées au cours d'une même journée. Cette combinaison ajoute un QD compris entre 0,3 et 1,7 selon la VTR et la population concernée, adulte ou enfant. Compte tenu des niveaux d'exposition estimés, les effets attendus sont des irritations respiratoires et oculaires. L'analyse de la relation dose-effet n'indique pas la survenue d'autres effets non cancérogènes, même pour les concentrations inhalées les plus élevées. Pour les effets cancérogènes, à partir des études épidémiologiques disponibles, l'expertise du BfR rapporte une augmentation du risque relatif de cancer du nasopharynx pour des expositions répétées à des concentrations d'au moins 5 mg.m⁻³, celle du DECOS suggère qu'il n'y a pas d'excès de risque de cancer du nasopharynx pour des concentrations inférieures à 300 µg.m⁻³. Or, les concentrations inhalées estimées dans cette ERS sont environ 10 fois inférieures à cette dernière valeur, ce qui suggère un risque négligeable de cancer du nasopharynx aux niveaux d'exposition actuellement rencontrés au cours de cette étude pour la population générale.

Ce travail révèle par ailleurs le manque de connaissances, d'une part concernant les concentrations en formaldéhyde dans des environnements clos tels que les bureaux, et d'autre part concernant la caractérisation de la courbe dose-réponse qui mérite la poursuite d'un travail d'expertise approfondi. Il est recommandé que des travaux soient menés à moyen terme pour pallier ces lacunes.

2 Introduction

2.1 Préambule

Cette étude a été réalisée par Mme Corinne Mandin de l'INERIS suite à une commande de l'Afsset dans le cadre des travaux du groupe de travail « Formaldéhyde ». Pour conduire cette étude, l'INERIS a sollicité l'appui scientifique de l'Institut de veille sanitaire (InVS) en la personne de M. Frédéric Dor, également membre du groupe de travail « Formaldéhyde ».

Ce travail a été réalisé sur la base des informations fournies à l'INERIS et à l'InVS, notamment les résultats de tests d'émissions réalisés par le CSTB consécutifs à une commande de l'Afsset, les résultats de la campagne de mesure conduite en 2006 par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur¹.

Ce chapitre reprend quasi-intégralement les éléments repris dans le rapport référencé transmis à l'Afsset par l'INERIS en date du 31 juillet 2007 (réf. DRC-07-71747-07179B) amendés ou complétés des remarques du GT « Formaldéhyde » et du comité d'experts spécialisés « Milieux aériens » de l'Afsset. Le rapport initial sera consultable sur les sites internet de l'Ineris et de l'InVS.

2.2 Contexte

La présente étude est réalisée dans le cadre de la saisine adressée à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) par les Ministères en charge de l'écologie, de la santé et du travail en date du 24 novembre et 30 décembre 2004. Cette saisine demande notamment une évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition au formaldéhyde, pour la population française (annexe 1).

Cette nécessité d'apprécier la situation française est appuyée par plusieurs points clés :

- les applications industrielles du formaldéhyde sont très nombreuses : il est utilisé sous forme gazeuse ou en solution aqueuse (on parle alors de formol). Il entre donc dans la composition de très nombreux produits de consommation courante : produits d'ameublement, de décoration, d'entretien... ;
- le formaldéhyde est détecté et mesuré dans tous les environnements intérieurs à des concentrations plus ou moins élevées. Les travaux menés sous l'égide de l'Observatoire français de la qualité de l'air intérieur (campagne pilote de 2001 dans 90 logements et 9 écoles de 3 régions françaises ; campagne nationale « Logements » 2003-2005) permettent de disposer d'un grand nombre de données. Les résultats corroborent ceux de précédentes études françaises mettant en évidence des concentrations intérieures plus élevées que celles des autres aldéhydes et de la plupart des composés organiques volatils [Mosqueron *et al.*, 2001 ; OQAI, 2002] ;

¹ La responsabilité de l'INERIS et celle de l'InVS ne pourront être engagées si les informations qui leur ont été communiquées sont incomplètes ou erronées. L'INERIS et l'InVS dégagent toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

- le formaldéhyde a été classé cancérigène certain pour l'homme (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) en juin 2004². Cette classification cancérigène n'est valable que pour le développement de cancer du nasopharynx par inhalation.

La méconnaissance sur la possible additivité des doses d'exposition provenant des autres voies d'exposition, les VTR par voie orale issues uniquement d'expérimentations animales et l'absence de VTR par voie cutanée ont conduit à répondre sur **les conséquences sanitaires de la seule exposition par voie respiratoire**.

2.3 Démarche retenue

L'évaluation quantitative des risques sanitaires a été retenue comme démarche méthodologique pour ce travail [NRC, 1983]. Elle se décline en quatre étapes :

- l'identification des dangers ;
- l'analyse des relations doses-réponses ou VTR ;
- la quantification de l'exposition des populations ;
- la caractérisation des risques.

2.3.1 Etapes toxicologiques

La classification du formaldéhyde par le CIRC en juin 2004 [IARC, 2006], la proposition de révision de la classification du formaldéhyde en tant que cancérigène certain par l'Union européenne sur proposition de l'INRS, l'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur coordonnée par l'Afsset et enfin la présente saisine sont autant de travaux d'expertise qui sont menés simultanément ou dans des délais très proches. Ces travaux d'expertise ont été très approfondis et se sont nourris les uns les autres. **Aussi, dans le présent document, les deux premières étapes de l'analyse toxicologique (identification des dangers et analyse des relations doses-réponses) ne seront pas développées** ; seules les principales informations et conclusions seront reprises, notamment en ce qui concerne les VTR retenues. Pour de plus amples informations, le lecteur est invité à consulter le document d'analyse de la littérature relative à la toxicité du formaldéhyde, adopté par le Comité d'Experts Spécialisés « Substances chimiques » de l'Afsset lors de sa séance du 1^{er} décembre 2006 dont les données ont été actualisées en 2008 [Afsset, 2008].

2.3.2 Quantification de l'exposition

2.3.2.1 Situations d'exposition

La présence de formaldéhyde dans de nombreux matériaux et produits, notamment ceux servant à l'ameublement, à la décoration et à l'entretien domestique des habitats, conduit à **envisager plusieurs situations d'exposition** :

- celles se produisant sur une **durée courte**, de quelques heures à quelques jours, par exemple lors de l'utilisation ponctuelle d'un produit d'entretien ;

² Il était depuis 1995 classé dans le groupe 2A, probablement cancérigène pour l'homme.

- celles de **longue durée**, combinant la présence répétée d'une personne dans un environnement et une concentration en formaldéhyde résultant de l'ensemble des sources d'émission temporaires, plus ou moins longues, et permanentes.

En revanche, il n'est pas envisagé de s'intéresser à des situations d'exposition d'une durée qualifiée d'intermédiaire³. Soit elles sont récurrentes chaque année et relèvent alors d'une situation d'exposition chronique ; c'est le cas des expositions aux émissions d'un chauffage d'appoint, de type poêle à pétrole, durant la période hivernale de chauffe. Soit on ne dispose pas actuellement de données françaises permettant de les décrire ; c'est le cas des logements neufs ou récemment rénovés, pour lesquels la littérature scientifique recense des concentrations intérieures en formaldéhyde alors nettement plus élevées [Brown, 2002 ; Hodgson *et al.*, 2002 ; Iwata *et al.*, 2003] (cf. Annexe 3).

2.3.2.2 Données utilisées

2.3.2.2.1 *Concentrations atmosphériques intérieures et extérieures*

Quelle que soit la situation analysée, la quantification de l'exposition proposée s'appuie sur des **données issues de campagnes de mesurage françaises**. Dans le contexte des expositions aiguës, il s'agit des tests effectués à la demande de l'Afsset par le CSTB en chambre d'essai d'émission sur une large gamme de produits de consommation courante choisis arbitrairement dans un supermarché (le moins cher et le plus cher par type de produit, au moment de l'achat). Les résultats de la campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur constituent par ailleurs la base de données la plus pertinente s'agissant des expositions chroniques [OQAI, 2006]. **De façon générale, les données françaises les plus récentes et les plus représentatives sont retenues pour la quantification des expositions et des risques sanitaires.**

Les données compilées sont rassemblées dans les tableaux joints en annexes (Annexe 3 à Annexe 7). Il n'est pas fait de description détaillée des études, l'objectif étant de fournir des ordres de grandeur des niveaux mesurés dans les différents lieux clos fréquentés par les personnes. En revanche, des précisions relatives aux techniques analytiques utilisées, à la saison et au contexte environnemental des lieux de mesures accompagnent les valeurs rapportées.

Les données issues d'études menées dans d'autres pays ne sont pas retenues en raison des différences possibles de typologies constructives des bâtiments, d'équipement des logements (par exemple, aux États-Unis, beaucoup d'habitations sont équipées d'air conditionné), d'habitudes des occupants et enfin, de natures et quantités de substances chimiques dans les produits de consommation courante (liées à la réglementation notamment). Les résultats obtenus lors de ces études ne sont ainsi pas nécessairement représentatifs de la situation française. A titre d'information, ils sont néanmoins rapportés dans les tableaux joints en annexes.

2.3.2.2.2 *Budgets espace-temps*

Les données sur les budgets espace-temps des français ont été collectées en parallèle, l'OQAI servant de support privilégié d'informations. Compte tenu des habitudes de vie potentiellement très différentes, il n'a pas été jugé opportun de consulter les sources documentaires des autres pays, même en l'absence de données françaises.

2.3.3 **Caractérisation des risques**

Les risques encourus par la population française sont calculés en mettant en regard les expositions par inhalation et les VTR correspondantes pour toutes les situations identifiées. Compte tenu de la très grande disparité des données disponibles dans les différents lieux de vie, il

³ En référence aux VTR intermédiaires ou sub-chroniques, établies pour des expositions de 15 jours à un an.

a été jugé préférable d'effectuer les calculs **pour chacun d'entre eux pris séparément**. Dans un deuxième temps, une analyse sur les conséquences de la fréquentation de plusieurs lieux au cours d'une journée est proposée.

À l'exception des données de l'OQAI qui permettent de disposer de distributions, tant pour les concentrations que pour les budgets espace-temps, les données disponibles sont très disparates et parcellaires. C'est pourquoi il a été décidé de ne pas mettre en œuvre d'approche probabiliste. En revanche, dès lors que cela est possible, **plusieurs combinaisons de concentration inhalée et de temps passé sont proposées afin d'encadrer les niveaux de risques estimés**.

Une interprétation des résultats est proposée en s'appuyant sur la connaissance de la relation dose-effet du formaldéhyde. En effet, compte tenu des conclusions toxicologiques qui précisent que la protection des effets irritants conduit *de facto* à la protection des effets cancérogènes [Afsset, 2008], il est nécessaire d'analyser la possible survenue du cancer si les doses conduisant à l'apparition des effets irritants sont dépassées.

3 Identification des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence

3.1 Dangers associés à l'inhalation de formaldéhyde

Les nombreuses expertises menées dans différents cadres ont permis une analyse approfondie des données toxicologiques disponibles aujourd'hui, tant sur les effets que sur la toxicocinétique et la toxicodynamie du formaldéhyde. Plusieurs documents sont donc accessibles et le lecteur est invité à s'y reporter [Afsset, 2006 ; 2008].

Dans le cadre de cette étude, il a été convenu de **reprandre sous forme de synthèse très brève les éléments essentiels** décrits dans ces documents. Les données décrites proviennent d'études en population humaine ; celles issues d'expérimentations animales ne le sont qu'en cas de besoin et sont clairement signalées.

3.1.1 Toxicocinétique – toxicodynamie

Normalement présent dans l'organisme, le formaldéhyde est formé lors du métabolisme des acides aminés et des xénobiotiques. La rétention au niveau des voies respiratoires est proche de 100 % chez le rongeur. Chez l'homme, elle s'effectue au niveau de la cavité nasale, des muqueuses orales, de la trachée et des bronches proximales.

Le formaldéhyde est rapidement métabolisé en formiate puis en CO₂ par plusieurs enzymes et réagit également rapidement avec le glutathion (mécanisme saturable). Quand il n'est pas métabolisé, le formaldéhyde peut, en raison de sa forte réactivité avec les groupements fonctionnels des molécules, se lier de manière covalente avec les sites nucléophiles des protéines et l'ADN.

La demi-vie du formaldéhyde dans le sang excède rarement 2 minutes chez l'homme. Il est éliminé au niveau pulmonaire par un mécanisme de clairance mucociliaire sous forme de dioxyde de carbone et de formiate dans les urines après métabolisation.

3.1.2 Effets aigus

Les effets le plus souvent observés sont une irritation des yeux, du nez et de la gorge, accompagnée de larmoiements et de sécheresse buccale. Ces symptômes ont été décrits à partir de concentrations de 100 à 375 µg.m⁻³. Le formaldéhyde induit également des réactions inflammatoires non spécifiques au niveau nasal, objectivés par des variations biochimiques. Elles apparaissent à des concentrations atmosphériques de 500 µg.m⁻³.

En revanche, les résultats sur l'altération de la fonction respiratoire sont moins clairs.

Il existe une variabilité importante entre les niveaux de réponse des individus, d'une étude à l'autre, et d'un individu à l'autre. Ceci est lié à plusieurs facteurs :

- la mesure de la réponse, qui varie de la symptomatologie ressentie par les individus (auto questionnaire avec des « classes de sévérité » pour l'inconfort oculaire et nasal), à un diagnostic objectif (mesure du larmoiement, histopathologie...) ;
- les conditions d'exposition, qui diffèrent en termes de température, d'humidité et de durée (dans les études contrôlées, la durée d'exposition est courte, variant de quelques minutes à 5 heures et concerne un faible nombre d'individus) ;

- la présence possible dans certaines études d'autres substances présentant un caractère irritant et qui n'auraient pas été prises en compte ;
- l'existence d'une variabilité inter individuelle mal connue notamment chez les enfants en bas âge avec la possibilité de développer des manifestations allergiques (asthme, sensibilisation).

3.1.3 Effets chroniques

Concernant les effets non cancérogènes et non reprotoxiques, les symptômes liés à une exposition de plus longue durée sont également des irritations oculaires et nasales. Ils apparaissent toutefois à des concentrations plus faibles que celles rapportées pour les effets aigus (dès $120 \mu\text{g.m}^{-3}$). Chez les enfants, des concentrations de l'ordre de $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ ont été associées à la survenue de troubles respiratoires mais les études comportant de nombreux biais ne permettent pas de conclure. Il subsiste toujours des incertitudes quant à la survenue d'asthme.

Concernant les effets cancérogènes, le formaldéhyde a été classé dans le groupe 1 (substance cancérogène avérée pour l'homme) par le CIRC depuis juin 2004 pour le cancer du nasopharynx rapporté en milieu professionnel [IARC, 2006]. C'est la convergence des résultats des études disponibles qui, selon le CIRC, constitue des preuves épidémiologiques suffisantes de causalité. L'Union européenne, sur proposition de l'INRS, discute actuellement d'une classification en tant que cancérogène de catégorie 1 (substance cancérogène pour l'homme). Les excès de risque d'autres localisations cancéreuses telles que les leucémies, les cancers des sinus et de la cavité nasale sont nettement moins probants, voire contradictoires d'une étude à l'autre [InVS, 2006]. En l'état actuel des connaissances, pour les sites de cancer autres que le nasopharynx, un lien de causalité ne peut être établi.

Concernant les effets sur la reproduction, il n'existe pas, en l'état actuel des connaissances, de preuves suffisamment étayées permettant de conclure.

3.2 VTR disponibles dans la littérature et retenues pour la présente évaluation

Des situations d'exposition de diverses durées étant envisagées, il convient de **retenir les VTR proposées pour des expositions aiguës et chroniques**. Par ailleurs, au regard des objectifs de l'étude, seules les VTR proposées pour des **expositions par inhalation** sont utilisées. Enfin, en accord avec le groupe de travail ayant analysé les données toxicologiques, **il est retenu de ne pas faire le choix d'une unique VTR, mais de proposer une quantification des risques sanitaires (calcul des quotients de danger, QD) avec les différentes VTR dont la qualité scientifique est apparue robuste**. Cela permettra d'encadrer les résultats de la quantification du risque.

3.2.1 Valeurs toxicologiques de référence pour l'exposition aiguë

- OEHHA, 1999, **REL_a = $94 \mu\text{g.m}^{-3}$ (1 heure d'exposition)**

La REL_a a été élaborée à partir d'une étude contrôlée chez des sujets sains exposés pendant 3 heures. L'effet critique est l'irritation oculaire. La VTR correspond à la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % de la concentration représentant un taux de réponse de 5 % et à laquelle un facteur d'incertitude de 10 a été appliqué pour tenir compte de la variabilité humaine.

- ATSDR, 1999, **MRL_{acute} = $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ (de 0 à 14 jours d'exposition)**

La MRL_{acute} est construite sur la base d'une étude d'exposition de 2 heures chez des personnes volontaires présentant une hypersensibilité cutanée. L'effet critique est l'irritation des yeux et du nez. Deux facteurs d'incertitude de 3 pour le passage d'un LOAEL au NOAEL et pour la variabilité humaine ont été appliqués à la dose critique retenue de $500 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Dans le cadre de la fixation de valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAi) conduit sous l'égide de

l'Afsset et du CSTB, le travail d'expertise toxicologique pour le formaldéhyde a également conclu à la bonne qualité scientifique des VTR de l'ATSDR et de l'OEHHA. Le groupe de travail a néanmoins considéré qu'il était préférable de s'appuyer sur la VTR de l'ATSDR qui prend en compte une population particulièrement sensible [Afsset, 2006].

Cette analyse, menée dans le cadre de l'élaboration de VGAI, ne remet pas en cause l'intérêt et la pertinence de retenir ces deux VTR dans le cadre d'une évaluation quantitative des risques sanitaires ; il n'y a donc pas d'incohérence entre les deux expertises.

3.2.2 Valeurs toxicologiques de référence pour l'exposition chronique

- OEHHA, 1999, **REL_c = 3 µg.m⁻³ (exposition d'une durée supérieure à 1 an)**

La REL_c a été construite à partir de données épidémiologiques en milieu professionnel, sur la base d'irritations oculaires et nasales et de lésions histopathologiques de l'épithélium nasal. Un ajustement du NOAEL sur la durée d'exposition a été effectué ; un facteur de 10 pour tenir compte de la variabilité humaine a été appliqué.

- ATSDR, 1999, **MRL_{chronic} = 10 µg.m⁻³ (exposition durant plus de 1 an)**

A partir de l'exploitation antérieure des mêmes données que celles de l'OEHHA, l'ATSDR a préféré retenir un LOAEL comme dose critique auquel un facteur de 3 est appliqué pour le passage au NOAEL et un facteur de 10 pour la variabilité humaine.

Dans le cadre de la fixation de valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) conduit sous l'égide de l'Afsset et du CSTB, le travail d'expertise toxicologique pour le formaldéhyde a également conclu à la bonne qualité scientifique des VTR de l'ATSDR et de l'OEHHA. Le groupe de travail a néanmoins considéré que l'ajustement en fonction de la durée d'exposition de la VTR de l'OEHHA n'était pas approprié pour fixer la VGAI et a donc préféré s'appuyer sur la VTR de l'ATSDR [Afsset, 2006].

Cette analyse, menée dans le cadre de l'élaboration de VGAI, ne remet pas en cause l'intérêt et la pertinence de retenir ces deux VTR dans le cadre d'une évaluation quantitative des risques sanitaires ; il n'y a donc pas d'incohérence entre les deux expertises.

Remarque relative aux VTR établies pour des effets cancérigènes

D'autres VTR établies pour des effets cancérigènes (ERU et CT) font l'objet de controverses car elles postulent que le formaldéhyde aurait un mécanisme d'action sans seuil alors que l'analyse scientifique faisant actuellement consensus au sein de la communauté scientifique est que la survenue du cancer n'intervient qu'au-delà d'un seuil de dose. Il a cependant été convenu de les présenter ci-dessous brièvement. Pour autant, **ces VTR ne seront pas retenues dans le cadre de ce travail.**

- US-EPA, 1991, **ERU = 1,3.10⁻⁵ (µg.m⁻³)⁻¹**

Cet ERU a été établi sur l'hypothèse mécaniste de linéarité de la relation dose-réponse. Les données sont issues d'une expérimentation chez le rat. Cet ERU est actuellement en cours de révision.

- OEHHA, 2005, **ERU = 6.10⁻⁶ (µg.m⁻³)⁻¹**

A partir de l'exploitation des données de l'US-EPA, l'OEHHA a utilisé les modèles LMS (*Linearized multistage*) et MVK (Moolgavkar Vendson Knudson) et a appliqué une interpolation toxicocinétique des données d'incidence tumorale (carcinomes des cellules squameuses de la cavité nasale chez le rat).

- Santé Canada, 2001, **CT_{0,05} = 9,5 mg.m⁻³**

A partir des données d'une expérimentation chez le rat développant des tumeurs pavimenteuses nasales, le modèle LMS a été appliqué. La réponse retenue est une augmentation de 5 % de l'incidence des cancers par rapport au groupe témoin.

Remarque relative à la valeur guide de l'OMS pour 30 minutes d'exposition

La valeur guide de l'OMS (2000) égale à $100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ n'est pas utilisée dans le cadre de cette évaluation des risques sanitaires, alors qu'elle l'est fréquemment par ailleurs pour mettre en perspective les concentrations intérieures mesurées. Cette valeur de l'OMS est, par exemple, la valeur de référence de la norme AFNOR relative à l'échantillonnage et l'analyse du formaldéhyde dans les environnements intérieurs (Norme référencée NF EN ISO 16000-2 / X43-404-2 : « Air intérieur-Partie 2 : Stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde »). L'expertise conduite par l'Afsset pour l'élaboration de valeurs guides pour l'air intérieur montre que le processus d'élaboration de cette valeur de l'OMS n'est pas pleinement transparent [Afsset, 2006]. En conséquence, elle n'a pas été retenue comme valeur guide à proposer aux Autorités françaises, et n'est donc pas retenue dans le cadre de cette ERS.

4 Quantification de l'exposition des populations

Les lacunes importantes de connaissance concernant les VTR cutanée et orale et la classification cancérogène du formaldéhyde établie sur la survenue du cancer du nasopharynx conduisent à **ne retenir que l'inhalation comme voie d'exposition de la population.**

Seules les expositions de la population générale et des travailleurs non exposés spécifiquement (secteur tertiaire) sont étudiées. **Les travailleurs exposés dans des environnements à pollution spécifique ne sont pas couverts par la présente évaluation.**

Les sources de formaldéhyde dans l'habitat sont multiples. Le niveau d'exposition des populations concernées résulte d'une multitude de possibilités de combinaisons de leurs activités et comportements. Il est ainsi difficile de construire un scénario d'exposition qui retrace une journée quotidienne représentative de tout ou partie de la population française. Aussi, il a été choisi d'estimer les concentrations inhalées par une personne pour un grand nombre de **situations d'exposition identifiées**. Une situation d'exposition correspond à la combinaison de quatre éléments : un vecteur (ici l'air), un agent (ici le formaldéhyde), un lieu (environnement clos ou extérieur) et une ou des sources (ici matériaux, produits d'entretien ou de décoration...). La concentration inhalée par une personne est estimée pour chacune des combinaisons identifiées de ces quatre éléments sans effectuer un quelconque cumul des situations entre elles.

Ce n'est que dans un deuxième temps, à l'issue de la caractérisation des risques, que d'éventuels cumuls seront effectués afin de décrire des associations d'activités et de comportements qui, si elles étaient réalisées la même journée, de manière récurrente, pourraient provoquer la survenue de symptômes au sein des populations concernées. Encore une fois, ces cumuls ne décriront pas la journée d'une personne, appelé scénario d'exposition.

Les situations d'exposition retenues peuvent concerner autant les adultes que les enfants. Ceci est déterminé au préalable. Dans tous les cas, le calcul de la concentration inhalée ne tenant pas compte des paramètres physiologiques tels que le volume d'air inhalé et le poids corporel, **les résultats obtenus s'appliquent autant à un adulte qu'à un enfant lorsqu'il n'y a pas lieu de les distinguer.**

4.1 Exposition aiguë

4.1.1 Situations d'exposition

On considère des **situations d'exposition ponctuelle de courte durée** au formaldéhyde (de quelques minutes à quelques heures) associées, dans la présente étude, à l'utilisation d'un produit de consommation courante (bâton d'encens, diffuseur électrique, bougie parfumée, désodorisant aérosol, désodorisant aspirateur, nettoyant moquette, bloc WC, gel WC, nettoyant vitres, lingette vitres, dépoussiérant meubles, lingette sols, nettoyant sols). **Il n'y a pas lieu de différencier l'exposition selon la classe d'âge puisque le volume respiratoire n'intervient pas dans le calcul de la concentration inhalée, ni de combiner les concentrations avec un budget espace-temps puisque les personnes sont considérées comme étant obligatoirement dans la pièce au moment où les produits sont utilisés.**

4.1.2 Concentrations en formaldéhyde dans une pièce après utilisation de produits de consommation courante

Dans le cadre du traitement de la « saisine formaldéhyde », l'Afsset a mandaté le CSTB pour réaliser des tests d'émission de formaldéhyde par différents produits de consommation courante

(encens, désodorisants, nettoyeurs WC, lingettes vitres, dépoussiérants meubles...). Ces mesures ont été réalisées :

- soit dans une chambre d'essai d'émission, suivant la norme prEN ISO 16000-9 : "Indoor air – Part 9 : Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test chamber method". Le taux d'émission mesuré pour une surface donnée disposée dans la chambre (surface de sol nettoyée avec une lingette par exemple) est rapporté à une concentration dans l'air tenant compte du taux de renouvellement d'air de la chambre ;
- soit dans la maison expérimentale MARIA (pièce de 32 m³) où les concentrations sont mesurées dans le flux d'air extrait (une unique bouche d'aspiration ; débit maîtrisé). Sur la base de l'hypothèse que les concentrations sont homogènes dans la pièce, les concentrations à l'extraction sont représentatives des concentrations d'exposition des occupants de cette pièce.

De manière pragmatique, pour des raisons de faisabilité, il a été retenu de tester, pour chaque type de produit étudié, le moins cher et le plus cher disponibles lors de l'achat en grande surface.

Les concentrations sont mesurées à différents intervalles de temps pour tenir compte de la cinétique d'émission du produit et du renouvellement d'air de la pièce pendant et après l'utilisation du produit. Les mesures ont été faites à 4 intervalles de temps différents, espacés de 30 minutes à 1 heure (prélèvements d'air réalisés dans ces laps de temps). Le premier prélèvement a une durée différente fixée en cohérence avec l'usage étudié : 5 minutes pour le désodorisant d'aspirateur, 25 minutes pour la combustion du bâton d'encens et 1 heure pour le diffuseur de parfum d'ambiance. Alors qu'une diminution des concentrations intérieures après l'utilisation du produit est attendue, on constate que les concentrations dans la pièce⁴ peuvent être plus élevées après la période d'utilisation de certains produits que pendant la durée de leur utilisation. Ceci peut s'expliquer par la formation secondaire de formaldéhyde par réaction des substances directement émises, phénomène largement décrit dans la littérature scientifique [Nazaroff *et al.*, 2003 ; Weschler, 2003]. Il convient ainsi de ne pas retenir uniquement, dans une perspective d'approche faussement majorante, la concentration mesurée aussitôt après l'utilisation du produit. Les résultats des tests expérimentaux sont disponibles dans le rapport CSTB [CSTB, 2006].

À noter, enfin, que les applications des produits commerciaux retenus lors des expérimentations ont été réalisées **conformément aux usages prévus par les fabricants** (en termes de durée, de quantités utilisées...) excepté pour les nettoyeurs vitres (produit simplement vaporisé, non essuyé ensuite). Il n'est ainsi pas nécessaire d'ajuster les données mesurées en regard d'une utilisation « type » ; elles sont considérées comme **représentatives d'un usage réel**. En outre, les quantités de produits appliquées ou consommées ne sont pas directement utiles dans la présente évaluation ; elles peuvent l'être pour extrapoler les émissions attendues de produits identiques mais utilisés en quantités différentes.

4.1.3 Estimation des concentrations inhalées

Afin de tenir compte du **phénomène d'augmentation possible des concentrations** après émission et compte tenu des deux VTR disponibles et retenues, proposées pour des **durées différentes**, on propose d'avoir **les différentes approches suivantes** :

⁴ Concentrations extrapolées lorsque la mesure a eu lieu en chambre d'essai ou mesurées en situation réelle dans MARIA

■ exposition immédiate :

- ▶ la VTR de l'ATSDR étant proposée pour une exposition de 0 à 15 jours, la première mesure réalisée (P1) est directement utilisée quelle que soit la durée du prélèvement (aucune pondération) :

$$CI_{\text{immédiate } \forall \text{ durée}} = C_{P1} ;$$

- ▶ la VTR de l'OEHHA étant proposée pour une heure, on retient directement P1 si le prélèvement correspond précisément à une durée de 1 heure ou bien on prend en compte tous les prélèvements dont la somme des durées permet d'atteindre 1 heure d'exposition après le début de l'utilisation (pour les produits testés, il s'agit de P1 et P2 ; cf. Annexe 9) :

$$CI_{\text{immédiate 1 heure}} = C_{P1 \text{ 1 heure}} \text{ ou } C_{P1-P2 \text{ moyennée}} ;$$

■ exposition post-application :

- ▶ pour plus de la moitié des produits testés (18 exactement), la concentration maximale n'est pas mesurée au moment de l'utilisation ; l'exposition immédiate n'est donc pas nécessairement la plus forte. Pour tenir compte de ces expositions, la valeur maximale mesurée est directement utilisée quelle que soit la durée du prélèvement. La VTR de l'ATSDR, proposée pour une exposition de 0 à 15 jours, est alors utilisée (aucune pondération) :

$$CI_{\text{maximale } \forall \text{ durée}} = C_{Px} ;$$

- ▶ la VTR de l'OEHHA étant proposée pour une heure, on fait le choix de ramener à une concentration moyenne horaire l'ensemble des prélèvements P1 à P4, pour apprécier de façon complémentaire les expositions post-utilisation :

$$CI_{\text{post-application 1 heure}} = C_{P1 \text{ à } P4 \text{ moyennée}}.$$

On pourrait envisager que les concentrations intérieures continuent à augmenter après le 4^{ème} prélèvement. La concentration maximale utilisée ici pourrait alors être inférieure à la concentration maximale réellement inhalée. On peut néanmoins considérer que, d'une part, une fois la source stoppée, les réactions secondaires s'arrêtent en l'absence de nouveaux réactifs, et d'autre part, le renouvellement d'air du bâti joue son rôle de dilution.

Le raisonnement précédent est schématisé sur la Figure 1.

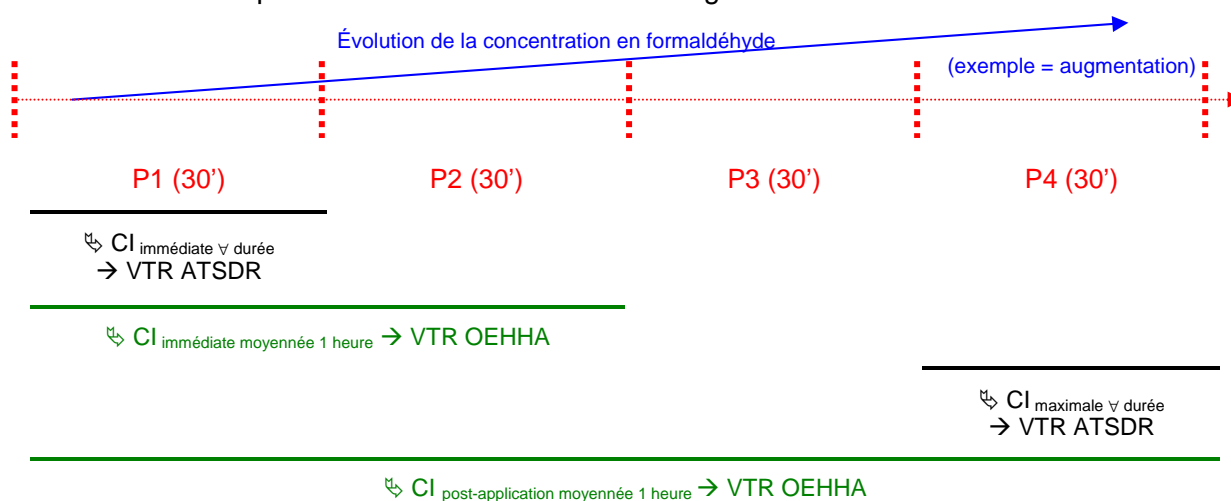


Figure 1 : Schématisation du calcul des CI dans un contexte d'exposition aiguë

Les concentrations inhalées calculées sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : concentrations inhalées dans un contexte d'exposition aiguë

réf. CSTB	Type de produit	Durée des prélèvements (en minutes)				CI immédiate \forall durée ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	CI immédiate 1 heure ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	CI maximale \forall durée ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	CI post-application 1 heure ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
		P1	P2	P3	P4				
1	encens en spirale	60	60	60	60	5,7	5,7	6,3	4,5
2	bâton d'encens	25	60	60	60	13,4	9,9	13,4	6,9
3	diffuseur électrique 1	60	60	60	60	< LD	< LD	< LD	< LD
4	diffuseur électrique 2	60	60	60	60	< LD	< LD	< LD	< LD
5	Mèche 1	60	60	60	60	< LD	< LD	< LD	< LD
6	Mèche 2	60	60	60	60	< LD	< LD	< LD	< LD
7	Bougie 1	60	60	60	60	0,9	0,9	1,7	1,0
8	Bougie 2	60	60	60	60	1,7	1,7	8,4	4,4
9	Aérosol 1	30	30	30	30	1,7	1,7	1,7	1,7
10	Aérosol 2	30	30	30	30	4,5	4,3	7,2	5,3
11	désodorisant aspirateur 1	30	30	30	30	1,4	2,4	4,4	3,0
12	désodorisant aspirateur 2	30	30	30	30	< LD	< LD	< LD	< LD
13	nettoyant moquette 1	30	30	30	30	8,3	9,0	10,5	9,7
14	nettoyant moquette 2	30	30	30	30	10,4	10,2	10,4	8,6
15	détachant moquette 1	30	30	30	30	6,1	6,4	6,6	6,2
16	détachant moquette 2	30	30	30	30	4,4	4,5	5,4	4,9
17	bloc WC 1	30	30	30	30	1,8	2,4	4,0	2,9

réf. CSTB	Type de produit	Durée des prélèvements (en minutes)				CI immédiate \forall durée ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	CI immédiate 1 heure ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	CI maximale \forall durée ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	CI post-application 1 heure ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
		P1	P2	P3	P4				
18	bloc WC 2	30	30	30	30	5,6	5,7	12,5	8,3
19	gel WC 1	15	30	30	30	4,9	5,3	7,1	5,8
20	gel WC 2	15	30	30	30	1,4	2,3	6,4	3,5
21	nettoyant vitres 1	30	30	30	30	2,7	3,1	12,0	5,6
22	nettoyant vitres 2	30	30	30	30	1,7	2,3	4,4	3,2
23	lingette vitres 1	30	30	30	30	1,0	1,2	2,5	18
24	lingette vitres 2	30	30	30	30	1,4	2,7	5,8	3,9
25	dépolvissant meuble 1	30	30	30	30	2,2	2,8	5,2	3,9
26	dépolvissant meuble 2	30	30	30	30	2,5	3,8	10,9	6,7
27	lingette sols 1	30	30	30	30	6,1	4,4	6,1	2,6
28	lingette sols 2	30	30	30	30	1 249	830	1 249	500
29	nettoyant sol pur 1	30	30	30	30	46,6	33,2	46,6	19,8
30	nettoyant sol dilué 1	30	30	30	30	8,9	5,7	8,9	3,4
31	nettoyant sol pur 2	30	30	30	30	47,9	37,5	47,9	21,9
32	nettoyant sol dilué 2	30	30	30	30	12,1	8,9	12,1	5,5
33	nettoyant SM pur 1	30	30	30	30	9,2	6,6	9,2	4,9
34	nettoyant SM pur 2	30	30	30	30	4,8	4,4	4,8	2,5
35	nettoyant SM dilué 1	30	30	30	30	10,1	7,0	10,1	5,0

Légende : SM = savon de Marseille ; < LD = concentration mesurée inférieure à la limite de détection

4.2 Exposition chronique

4.2.1 Situations d'exposition

Le recensement des données disponibles montre que l'on dispose de concentrations de formaldéhyde dans plusieurs types de lieux fréquentés intérieurs et extérieurs. **Les situations d'exposition sont construites indépendamment pour chacun de ces lieux.**

L'hypothèse première est que ces lieux sont fréquentés de manière régulière, au moins une fois par semaine, de telle sorte que l'on peut considérer une chronicité de l'exposition. Le budget espace-temps est décrit pour chacune de ces situations, en distinguant les enfants des adultes lorsque cela s'avère nécessaire. Les cumuls d'exposition ne sont pas envisagés à ce stade. Ils le sont éventuellement à l'étape de caractérisation des risques.

4.2.2 Concentrations en formaldéhyde dans les différents environnements

Pour chacun des lieux fréquentés identifiés, les données françaises publiées ont été collectées. Leur qualité et leur hétérogénéité ont été analysées afin de retenir les plus pertinentes, à savoir :

- les données les plus **récentes** ;
- les données les plus **représentatives**, c'est-à-dire hors situation particulière clairement identifiée et sur un échantillon de taille jugée suffisante ;
- les **percentiles 10, 50 et 95** des valeurs mesurées, afin d'apprécier l'ensemble de la distribution des concentrations.

Les ordres de grandeur des concentrations ne sont pas rapportés dans ce paragraphe descriptif des données disponibles, mais dans le Tableau 2 pour les valeurs retenues et dans les Annexes 3 à 7 de façon exhaustive.

Influence du tabagisme sur la qualité de l'air dans les logements

La contribution de la fumée de tabac environnementale aux concentrations intérieures en formaldéhyde dans les logements fait souvent l'objet de questionnement. Dans le cadre d'une thèse de doctorat, les concentrations intérieures en formaldéhyde ont été mesurées dans une pièce close après que 5 cigarettes aient été fumées par 2 personnes pendant une durée ininterrompue de 15 minutes [Marchand *et al.*, 2006]. Les concentrations moyennes obtenues sont de $217 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (prélèvement actif sur cartouche DNPH). Au bout de 1 heure et demi à 3 heures, après aération de la pièce par ouverture de la fenêtre, les concentrations sont à nouveau égales aux valeurs moyennes initiales.

D'après la littérature scientifique, même si la combustion d'une cigarette est très émettrice de formaldéhyde (l'aldéhyde le plus abondant demeurant l'acétaldéhyde), il semblerait qu'il ne soit pas observé de différence significative majeure (maximum $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) des concentrations entre les logements fumeurs (tabagisme « normal ») et les logements non-fumeurs [IEH, 1999 ; Santé Canada, 1999] (consulter également l'Annexe 4).

Enfin, une exposition dans un environnement très enfumé (bar, restaurant) est connue pour être très préjudiciable pour la santé ; il n'apparaît pas fondamentalement utile de conduire une ERS liée à cette situation d'exposition.

4.2.2.1 Concentrations en formaldéhyde dans l'air ambiant

4.2.2.1.1 *Données françaises disponibles*

Le formaldéhyde n'est pas un polluant réglementé s'agissant des concentrations dans l'air ambiant extérieur. En conséquence, très peu d'Associations agréées pour la surveillance de la qualité de

l'air (AASQA) ont procédé à des mesures extérieures de formaldéhyde [ADEME, 2005]. Ces dernières sont en outre principalement effectuées en zones urbaines (Paris, Montpellier, Grenoble). Les données françaises les plus complètes, car en nombre conséquent et réparties sur le territoire de la France métropolitaine continentale, sont celles mesurées à l'occasion de la campagne nationale « Logements » de l'OQAI [OQAI, 2006].

Les niveaux de concentrations collectés sont fournis en Annexe 3.

4.2.2.1.2 *Données retenues pour l'ERS*

Les données de la **campagne « logements » de l'OQAI** sont utilisées car elles sont jugées plus complètes. Elles sont cohérentes avec les données obtenues par les AASQA.

4.2.2.2 Concentrations en formaldéhyde dans les logements

4.2.2.2.1 *Données françaises disponibles*

Le logement est l'environnement le mieux documenté, et depuis longtemps, du point de vue des concentrations en formaldéhyde dans l'air. Plusieurs études françaises préalables à celles de l'OQAI ont documenté les concentrations dans les habitats de différentes villes françaises : Nancy (10 logements ; [Gonzalez *et al.*, 1999]), Paris (61 logements, [Clarisse *et al.*, 2003]), Marseille (30 logements, étude « Sentinelles de l'Air », à paraître). Dans le cadre du programme d'étude HABIT'AIR Nord-Pas de Calais, les concentrations en formaldéhyde ont été mesurées dans 60 logements de la région, de typologie variée (logements « à problème », i.e. logements insalubres ou à risque d'intoxications oxycarbonées ; logements sans problème spécifié, habitat collectif et maisons individuelles ; habitations Haute Qualité Environnementale®) [HABIT'AIR, 2006]. Les données les plus représentatives restent celles de la campagne « Logements » de l'OQAI conduite en 2003-2005 dans un échantillon de logements représentatif du parc de résidences principales de France métropolitaine continentale [OQAI, 2006].

Les niveaux de concentrations collectés dans la littérature scientifique sont fournis en Annexe 4.

4.2.2.2.2 *Données retenues pour l'ERS*

Les données de la **campagne « logements » de l'OQAI** sont exploitées car elles sont représentatives du parc de résidences principales de France métropolitaine⁵. Elles correspondent aux mesures réalisées dans les **chambres, extrapolées aux concentrations dans l'ensemble des pièces de l'habitation**. L'inventaire des données de mesures dans les logements fourni en Annexe 4 ne fait pas apparaître de différence significative entre les pièces parmi les résultats des études françaises récentes. L'extrapolation proposée est donc acceptable en première approche.

4.2.2.3 Concentrations en formaldéhyde dans les écoles et les crèches

4.2.2.3.1 *Données françaises disponibles*

Après le logement, les écoles représentent le deuxième type d'environnement intérieur ayant fait l'objet de campagnes de mesure du formaldéhyde en France. Les concentrations intérieures dans les écoles françaises peuvent ainsi être considérées comme relativement bien documentées [RSEIN, 2005]. Les résultats de la campagne pilote de l'OQAI (dans 9 écoles de 3 régions françaises ; [OQAI, 2002]) d'une part et le classement du formaldéhyde comme cancérigène certain par le CIRC en juin 2004 d'autre part, ont suscité la réalisation de campagnes de grande ampleur. Ainsi, sur demande de la ville de Strasbourg, l'Association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace, l'ASPA, a mis en œuvre une étude visant à établir un état des lieux complet des niveaux intérieurs de formaldéhyde dans l'ensemble des écoles (maternelles et primaires) et des

⁵ Les données de la campagne « Logements » de l'OQAI (mesures dans la chambre et en extérieur) spécifiques au formaldéhyde sont fournies en annexe 7 (extraits de [OQAI, 2006]).

lieux d'accueil de la petite enfance de la communauté urbaine [ASPA, 2005-a]. Les associations de surveillance de la qualité de l'air en Rhône-Alpes réalisent actuellement une étude similaire dans les écoles maternelles et les crèches de la région. Enfin, dans le contexte de l'étude ISAAC, *International Study on Asthma and Allergies in Childhood*, le formaldéhyde a été mesuré dans 401 classes de 108 écoles de 6 villes françaises (Strasbourg, Créteil, Reims, Marseille, Bordeaux, Clermont-Ferrand) [Annesi-Maesano *et al.*, 2001].

Les mesures de formaldéhyde dans l'air des crèches françaises sont plus rares. On peut mentionner la plus importante, qui est celle réalisée par le Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP) en période hivernale (1999-2000 et 2000-2001), puis en période estivale (étés 2000 et 2001) dans 50 crèches collectives de la Région Ile-de-France [Domsic *et al.*, 2001 ; 2002].

Les niveaux de concentrations collectés sont fournis en Annexe 5.

On peut signaler qu'il n'a pas été trouvé de mesures récentes dans des collèges ou lycées français ayant été publiées.

4.2.2.3.2 *Données retenues pour l'ERS*

Pour les écoles, on retient les données de **l'étude ISAAC** qui comprend un large échantillon d'écoles primaires et maternelles réparties dans différentes villes françaises (l'étude ASPA ne concerne que les écoles strasbourgeoises).

S'agissant des crèches, on se base sur **l'étude de la QAI dans les crèches parisiennes réalisée par le LHVP**, qui, même s'il s'agit exclusivement de l'agglomération parisienne, est l'étude ayant investigué le plus grand nombre de crèches. La médiane retenue est extrapolée aux autres lieux de garde fréquentés par les enfants, du type halte-garderie.

4.2.2.4 Concentrations en formaldéhyde dans les bureaux

4.2.2.4.1 *Données françaises disponibles*

Les données publiées sont très peu nombreuses et/ou peu récentes. Certaines études parmi les plus récentes rapportent des concentrations plutôt élevées : moyennes de 50 et 90 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (2 immeubles de bureaux parisiens ; [Parat *et al.*, 1999]) et concentrations allant de 20 à 500 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (1 immeuble de bureaux parisien et 1 immeuble de bureaux lyonnais ; [Ginestet *et al.*, 2003]). Les concentrations mesurées dans 10 bureaux de la ville de Nancy en septembre 2000 et dans 7 bureaux des mairies de plusieurs villes alsaciennes (Mulhouse et sa région) de février à avril 2005, sont quant à elles bien inférieures : médiane de 14 $\mu\text{g.m}^{-3}$ [LCSQA, 2000] et moyenne de 16 $\mu\text{g.m}^{-3}$ [ASPA, 2005-b]. À titre de comparaison, des mesures allemandes réalisées entre 2001 et 2004 dans un large échantillon (419 bureaux) conduisent à une médiane des concentrations intérieures en formaldéhyde égale à 28 $\mu\text{g.m}^{-3}$ [BGIA, 2005].

Les niveaux de concentrations collectés sont fournis en Annexe 5.

4.2.2.4.2 *Données retenues pour l'ERS*

Devant la rareté des données françaises récentes et constatant surtout leur forte hétérogénéité, on fait le choix de ne pas conduire l'évaluation des expositions de la population au formaldéhyde dans les bureaux au même titre qu'elle l'est pour les autres lieux de vie. À titre informatif, la **gamme des QD** calculés en considérant la gamme des concentrations mesurées récemment dans les bureaux français est proposée au paragraphe sur le cumul des expositions chroniques (paragraphe 5.2.3).

4.2.2.5 Concentrations en formaldéhyde dans les transports

4.2.2.5.1 *Données françaises disponibles*

Les données françaises sont très rares : **seules des mesures dans les habitacles automobiles ont été collectées**. Elles ne concernent en outre que quelques habitacles [Atmos'Air Bourgogne, 2003 ; Marchand *et al.*, 2006].

De façon générale, s'agissant de la QAI dans les transports, quasiment seules des données américaines et asiatiques sont disponibles dans la littérature scientifique. Elles concernent principalement les habitacles de voiture. Compte tenu des différences d'environnement extérieur (densité urbaine), de carburants et d'équipements des véhicules (air conditionné ou non), il est difficile d'extrapoler les concentrations mesurées à l'étranger au cas des habitacles français. Les travaux étrangers disponibles sont néanmoins globalement en accord avec les quelques valeurs françaises [Jo *et al.*, 2002].

Les niveaux de concentrations collectés sont fournis en Annexe 6.

4.2.2.5.2 *Données retenues pour l'ERS*

Les quelques données disponibles (mesure dans une voiture à deux saisons, à Dijon, et mesures (en double) dans une voiture dans 3 configurations de trafic, à Strasbourg) étant globalement homogènes, on retient la **moyenne arithmétique des 8 concentrations mesurées** pour la conduite de l'ERS.

4.2.2.6 Concentrations en formaldéhyde dans les autres lieux fréquentés

4.2.2.6.1 *Données françaises disponibles*

Les autres lieux fréquentés par la population pour lesquels on dispose de mesures de concentrations en formaldéhyde sont les suivants :

- des parkings souterrains :
 - ▶ un parking souterrain de 35 places d'un immeuble de bureaux administratifs de l'agglomération strasbourgeoise a fait l'objet de mesures durant l'été 2004 [Marchand *et al.*, 2006]. Quatre prélèvements ont été réalisés en présence des véhicules stationnés à l'arrêt, et deux à proximité d'une voiture moteur allumé ;
 - ▶ dans le cadre d'une saisine de l'Afsset relative aux parcs de stationnement couverts, des mesures de formaldéhyde ont été réalisées par le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris (LCP) entre mars et juin 2006 dans 3 parkings souterrains parisiens (voitures particulières) [Afsset, 2007] ;
- des gymnases : le Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP) a mesuré entre juin 2002 et décembre 2003, les concentrations intérieures en formaldéhyde dans 13 gymnases parisiens équipés d'une ventilation mécanique [Le Moullec *et al.*, 2004] ;
- des centres commerciaux :
 - ▶ ATMO Champagne Ardennes a mesuré dans une galerie commerciale de Troyes la concentration en formaldéhyde par capteur passif, trois fois pendant une semaine en juin et juillet 2004 [ATMO-CA, 2004] ;
 - ▶ un centre commercial strasbourgeois a fait l'objet de mesurages dans 3 galeries différentes durant l'été 2004 [Marchand *et al.*, 2006] ;
- des halls de gare ;
 - ▶ des mesures de formaldéhyde ont été réalisées dans différents halls (fermés) de la gare SNCF de Strasbourg entre juin et septembre 2004 [Marchand *et al.*, 2006] ;

- ▶ l'Association agréée de surveillance de la qualité de l'air ATMO Nord-Pas de Calais a réalisé entre novembre 2005 et janvier 2006 des mesures de formaldéhyde dans les halls des deux gares SNCF de Lille [ATMO-NPC, 2006] ;
- des bibliothèques :
 - ▶ des mesures de formaldéhyde ont été réalisées dans deux bibliothèques strasbourgeoises pendant l'été 2004 [Marchand *et al.*, 2006] ;
 - ▶ en mars, puis juin 2006, des mesures de concentrations intérieures en formaldéhyde ont été réalisées par l'ASPA dans une bibliothèque universitaire (3 points de mesure dans la salle principale pour chacune des deux campagnes) [ASPA, 2006] ;
- des salles de cinéma :
 - ▶ les concentrations en formaldéhyde ont été mesurées dans un cinéma dijonnais à 2 saisons (juillet 2002 et mars 2003) [Atmosf'Air Bourgogne, 2003] ;
 - ▶ une salle d'un cinéma multiplexe de Mulhouse a fait l'objet d'une mesure de la concentration intérieure en formaldéhyde au printemps 2005 [ASPA, 2005-b] ;
- un bar [Atmosf'Air Bourgogne, 2003].

Les niveaux de concentrations collectés sont fournis en Annexe 7.

4.2.2.6.2 Données retenues pour l'ERS

Pour chacun des différents lieux pour lesquels des mesures de formaldéhyde sont disponibles, on calcule la **moyenne arithmétique** des concentrations intérieures mesurées en vue de l'ERS (même si elles proviennent d'études différentes).

Les valeurs des concentrations dans les différents lieux de vie exploitées pour l'évaluation des expositions de la population française sont rapportées dans le Tableau 2. Celles-ci sont catégorisées selon qu'elles sont représentatives du parc de bâtiments considéré (distribution des concentrations obtenues sur un large échantillon) ou bien issues d'études non nécessairement représentatives de la situation française pour le type de bâtiment considéré.

4.2.3 Temps passé dans les différents lieux fréquentés

Le budget espace-temps (BET)⁶ correspond à la connaissance des lieux intérieurs et extérieurs fréquentés au cours d'une journée et des durées du temps passé dans chacun d'entre eux. Pour la présente ERS, **seules les données de BET propres à la population française sont utilisées.**

4.2.3.1 Temps passé dans les logements

4.2.3.1.1 Données françaises disponibles

Les résultats de la campagne nationale « Logements » de l'OQAI relatifs au BET n'étant pas encore disponibles⁷, les données de la campagne pilote de l'OQAI conduite en 2001 dans 3 régions françaises⁸ sont à ce jour celles qui documentent le temps passé au logement chez le

⁶ On y associe parfois les activités menées dans chacun de ces lieux ; on parle alors de budget espace-temps-activité (BETA).

⁷ En accord avec le groupe de travail et le Comité d'Experts Spécialisés « Air » de l'Afsset, il a été choisi de ne pas attendre la publication des résultats des BET issus de la campagne nationale « Logements » de l'OQAI afin de ne pas retarder la publication de cette ERS.

⁸ Ces trois régions françaises sont géographiquement très distinctes et contrastées au plan climatique.

plus grand nombre de français (251 personnes) [Dor *et al.*, 2004]. Les autres études françaises collectées, fournissant des données relatives au temps passé dans le logement, sont « Sentinelles de l'air »⁹ (60 adultes, de Dunkerque et Lille ; [Schadkovski et Malrieu, 2003]) et VESTA¹⁰ (434 enfants de 4 à 14 ans de Paris, Grenoble, Toulouse, Clermont-Ferrand et Nice ; [Gauvin, 2001]).

4.2.3.1.2 Données retenues pour l'ERS

Les données de la **campagne pilote de l'OQAI** sont retenues, car elles concernent à la fois un grand nombre d'individus et plusieurs classes d'âge (adultes et enfants).

La comparaison des données acquises au moyen des carnets journaliers d'enquête et des semainiers ne fait pas apparaître de différence significative sur les durées renseignées selon ces deux modes. Néanmoins, dans la mesure où **les semainiers** sont plus complets, ce sont les données collectées par ce biais qui sont utilisées.

Par ailleurs, en raison du nombre important de données manquantes pour la Région 3 [Dor *et al.*, 2004], le choix a été fait de ne pas retenir les données de cette région dans le cadre de la présente ERS. Les moyennes des valeurs des percentiles des **Région 1 et Région 2** sont calculées (valeurs brutes rapportées en annexe 9). La distinction entre actifs et inactifs est maintenue.

Enfin, on considère que les heures passées dans le logement durant la semaine d'étude sont **extrapolables à toutes les semaines de l'année**. Le temps passé dans un logement pendant les semaines de congés (pour les actifs) peut certes être inférieur ou supérieur selon les activités. Cependant, globalement sur l'année (fraction annuelle de temps passé dans le logement), la variabilité est jugée faible et sans impact sur la quantification des expositions réalisée ici.

Les **percentiles 10, 50 et 95** pour les enfants de moins de 15 ans, les adultes actifs et les adultes inactifs (Tableau 2), ont été retenus, et non pas la distribution complète. Ce choix permet de disposer de repères qui, combinés avec les mêmes percentiles de concentration dans l'air, permettent d'encadrer les expositions de la population.

Même si cette campagne pilote n'est pas représentative de l'ensemble de la population, ses résultats sont néanmoins proches de ceux issus d'autres études. Les percentiles 50 de la fraction de temps passé au logement (respectivement 0,70 ; 0,59 et 0,77 pour les enfants de moins de 15 ans, les adultes actifs et les adultes inactifs) sont ainsi voisins de :

- la fraction moyenne de temps passé au logement par les « Sentinelles » : entre 0,63 et 0,67 (15 à 16 heures passées par jour à domicile, sans différence statistiquement significative entre l'hiver (16h30/j) et la période printemps-été (14h54/j)) ;
- la fraction de temps moyenne égale à 0,68 établie par VESTA (16h12 par jour).

4.2.3.2 Temps passé dans les bureaux et les établissements d'enseignement

4.2.3.2.1 Données françaises disponibles

La banque de données payante CIBLEX, élaborée en 2003 par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) pour la population française métropolitaine, fournit le temps passé au travail (pour les adultes) ou dans les lieux de garde et de vie scolaire (pour les enfants et adolescents). L'étude « Sentinelles de

⁹ « Sentinelles de l'air » désigne une étude multicentrique (Dunkerque, Lille, Grenoble et Marseille) pilotée par l'Association de prévention de la pollution atmosphérique (APPA) visant à l'étude de l'exposition individuelle à la pollution atmosphérique. Seuls les résultats pour Dunkerque et Lille ont été publiés à ce jour.

¹⁰ VESTA (*fiVE Epidemiologic Studies on Transport and Asthma*) désigne une étude épidémiologique française consacrée à l'étude de l'influence des facteurs de risque environnementaux dans l'apparition de l'asthme chez l'enfant [Gauvin, 2001].

l'air » documente également le temps passé au travail [Schadkovski et Malrieu, 2003] et l'étude VESTA, le temps passé à l'école. Deux études du CREDOC, Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie, ont été recensées. Elles se sont intéressées au temps des enfants de 6 à 12 ans [Hatchuel et Kowalski, 1999] et des adolescents de 11 à 15 ans [CREDOC, 2002] ; elles ont plutôt documenté le temps de loisir et le temps scolaire en dehors de l'école. Elles ne sont en conséquence pas exploitables pour la présente étude.

4.2.3.2 Données retenues pour l'ERS

Les **données CIBLEX** sont exploitées. Elles sont préférées à celles de « Sentinelles de l'air » qui ne concernent qu'une trentaine d'adultes de deux villes françaises uniquement. Par souci de cohérence, on retient également cette source de données pour les enfants.

Pour les adultes, les données rapportées par CIBLEX sont celles de la dernière enquête emploi-temps de l'INSEE en date de 1999. Les enquêtés (adultes de plus de 15 ans de 8 166 ménages) ont été interrogés sur leur emploi du temps détaillé pendant un jour donné, l'enquête se déroulant toute l'année, sauf les 2 premières semaines d'août et les 2 semaines des vacances de Noël. Selon CIBLEX, la fraction de temps fournie pour le travail (459 minutes par jour) correspond donc au temps **moyen** passé à cette activité les jours où elle a lieu. Il convient donc, afin d'obtenir une fraction de temps annuelle, de pondérer par le nombre de jours travaillés ; il est pris égal à 231 jours¹¹, ce qui fournit une fraction annuelle moyenne de temps au travail égale à 0,20. Enfin, même si ces données ne distinguent pas le type de travail, on fait l'hypothèse que la fraction de temps des employés de bureaux est assimilable à la fraction de temps moyen passé au travail¹².

Pour les enfants, CIBLEX fournit des valeurs **moyennes** établies sur l'année à l'échelle nationale extraites d'une étude française conduite en 1993. On considère que ce temps de « travail » est celui passé dans un lieu de garde collective (classe d'âge INSEE 1-2 ans ; 240 minutes par jour, soit $f^{13} = 0,17$) ou de vie scolaire (classe d'âge INSEE 2-7 ans ; 210 minutes par jour, soit $f = 0,15$), hypothèse de base également retenue par CIBLEX. A titre de comparaison, la fraction moyenne de temps retenue pour représenter le temps passé à l'école est voisine de celle déterminée dans l'étude VESTA égale à 3,8 heures, soit 228 minutes par jour [Gauvin, 2001].

4.2.3.3 Temps passé dans les transports

4.2.3.3.1 Données françaises disponibles

Les sources de données sont identiques aux principales études d'ores et déjà rapportées précédemment, à savoir CIBLEX, « Sentinelles de l'air » et VESTA.

4.2.3.3.2 Données retenues pour l'ERS

Pour les mêmes raisons que celles évoquées ci-avant, on retient préférentiellement les **données nationales de CIBLEX**. En tout état de cause, la comparaison des résultats de ces différentes études est à nouveau proposée : elle montre une bonne cohérence et une réelle homogénéité des fractions de temps passé estimées à l'occasion de chacune d'elles.

Les données **INSEE rapportées dans CIBLEX** fournissent le temps *global* passé dans les transports sans détailler chacun de ceux-ci et en incluant la marche à pied. En première approche,

¹¹ Chiffre obtenu tenant compte des week-ends et de 6 semaines de congés payés (chiffre jugé plutôt élevé)

¹² Cette fraction moyenne de temps passé au travail n'est pas rapportée dans le Tableau 2, car elle n'est *in fine* pas exploitée en l'absence de données françaises sur les concentrations en formaldéhyde dans les bureaux.

¹³ f : fraction moyenne de temps passé

on fait l'hypothèse que ce **temps global correspond à un unique mode de transport**¹⁴. S'agissant de l'inclusion de la marche à pied, le temps passé à cette activité est nécessairement faible au regard du temps passé dans les transports¹⁵. On considère ainsi que l'inclusion de ce temps de marche dans le cumul du temps passé dans les transports n'est pas problématique (car pas susceptible de faire varier significativement les résultats) en première approche de l'ERS.

Les fractions **moyennes** de temps quotidien passé dans les transports¹⁶, valable chaque jour de l'année, sont rapportées dans le Tableau 2. Pour les jeunes enfants, on retient la classe d'âge INSEE 7-12 ans car elle correspond à celle la plus longtemps présente dans les transports. Les adolescents passent un temps moyen voisin mais inférieur à celui passé dans les transports par les adultes (17-60 ans). Il n'apparaît pas nécessaire de les considérer spécifiquement dans le cadre de cette étude.

A titre de comparaison :

- pour les enfants, l'étude VESTA rapporte en moyenne 1h06 passée dans les transports, soit une fraction de temps de 0,046, supérieure à celle retenue (0,031) ;
- pour les adultes, d'après l'étude « Sentinelles de l'air », le temps moyen passé quotidiennement dans la voiture est égal à 1h11, équivalent à une fraction de temps de 0,050 (valeur médiane), inférieure à celle retenue (0,060). Les auteurs soulignent l'absence de différence statistiquement significative entre le temps passé dans la voiture l'hiver ou pendant la période printemps-été.

4.2.3.4 Temps passé en extérieur

4.2.3.4.1 *Données françaises disponibles*

Les données de la campagne pilote de l'OQAI ne renseignent que sur le temps passé dans le logement ; « l'extérieur » désigne globalement les environnements autres que l'habitat. Pour VESTA, l'« extérieur » correspond au temps passé en dehors de l'école, du domicile et des transports, mais pas nécessairement de tout environnement clos.

Les données INSEE sont renseignées par activités (loisirs, sports...) et non pas par type de lieu fréquenté. Ainsi, hormis pour les durées passées au travail et dans les transports, elles ne peuvent être exploitées plus largement. Finalement, seule l'étude « Sentinelles de l'air » (données publiées de la région Nord-Pas de Calais) documente le temps passé en extérieur, en dehors de tout environnement clos.

4.2.3.4.2 *Données retenues pour l'ERS*

En l'absence de données nationales CIBLEX / INSEE ou OQAI, on exploite l'étude « Sentinelles de l'air » qui fournit des éléments sur le temps moyen passé en extérieur quotidiennement pour 60 adultes (« temps extérieur total avec marche »). Ce temps est égal à 1h29/j durant la période printemps-été, d'avril à juillet, et 30 min/j dehors en hiver, de décembre à avril (valeurs médianes). Pour être en cohérence avec les données utilisées, le calcul de la fraction quotidienne **moyenne** considère 7 mois d'été (d'avril à octobre inclus) et 5 mois d'hiver (de novembre à mars inclus), ce qui conduit à une fraction de temps moyenne passée en extérieur égale à 0,045.

¹⁴ De façon générale, la personne utilisant la voiture pour aller à son travail, n'emprunte pas le bus ou le métro, sauf pour le cas des franciliens pratiquant l'intermodalité. Sachant que, parallèlement, les concentrations en formaldéhyde dans les différents moyens de transport varient peu de l'un à l'autre d'après la littérature scientifique (cf. annexe 5), le raffinement du « BET Transport » n'apparaît pas utile.

¹⁵ En moyenne et non pour un individu donné

¹⁶ Dans la voiture en l'occurrence, seul moyen de transport retenu en l'absence de données relatives à la concentration en formaldéhyde dans les autres moyens de transport

A noter que cette fraction de temps est déterminée à partir de BET obtenus chez des adultes ; **on extrapole cette fraction aux enfants** en l'absence de données pour cette population.

4.2.3.5 Temps passé dans les autres lieux de vie

4.2.3.5.1 *Données françaises disponibles*

Pour les temps passés dans les autres lieux fréquentés par la population générale et pour lesquels on dispose de concentrations en formaldéhyde dans l'air ambiant, il n'a pas été trouvé de données dans la littérature ou les bases de données classiquement utilisées (comme CIBLEX).

4.2.3.5.2 *Données retenues pour l'ERS*

Afin cependant de ne pas exclure ces lieux de vie de l'ERS, on propose des estimations réalistes du temps moyen passé, qui sont les suivantes :

- parking souterrain : en cohérence avec des travaux conduits par l'Afsset en 2006-2007 sur la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts [Afsset, 2007], on considère que le parking souterrain peut être fréquenté tous les jours de l'année et que l'utilisateur y passe globalement 30 minutes (2 fois 15 minutes) pour déposer et récupérer son véhicule, soit $f = 0,021$;
- gymnase : on considère que le sportif amateur peut passer 5 heures par semaine au gymnase, toute l'année, soit $f = 0,030$;
- centre commercial : la durée moyenne hebdomadaire de temps passé au supermarché est fixée à 2 heures, chaque semaine de l'année, soit $f = 0,012$;
- hall de gare : on considère que, pour chaque voyage, 30 minutes sont passées dans le hall de la gare (aller et retour), et que l'on fait en moyenne 1 voyage par semaine, soit $f = 0,003$;
- bibliothèque : on considère que l'on peut passer 1 heure par semaine dans une bibliothèque toutes les semaines de l'année, soit $f = 0,0059$;
- cinéma : on considère une fréquentation bimensuelle du cinéma, d'une durée de 3 heures à chaque fois, toute l'année, soit $f = 0,0082$;
- bar : on considère que l'adulte peut passer en moyenne 30 minutes dans un bar en semaine et 1 heure le week-end, toute l'année, soit $f = 0,0089$.

Les fractions de temps passé dans ces différents lieux sont considérées comme **plutôt majorantes**, les hypothèses retenues correspondant *a priori*, pour chaque situation, au temps passé par un usager assidu ou régulier.

Ces fractions moyennes de temps passé sont proposées **aussi bien pour les enfants que pour les adultes**, à l'exception du cas de la fréquentation des bars.

Les valeurs des fractions annuelles moyennes de temps passé dans les différents lieux de vie exploitées pour l'évaluation des expositions de la population française sont rapportées dans le Tableau 2. À l'instar des concentrations en formaldéhyde dans l'air, ces fractions de temps sont classées selon qu'elles sont représentatives de la population française, issues d'études sur des groupes de population restreints ou estimées spécifiquement dans le cadre de la présente ERS.

Tableau 2 : concentrations et temps passé dans les environnements fréquentés par la population française

Environnements pour lesquels on dispose des <u>distributions</u> des concentrations et du temps passé														
Lieu	Nombre de bâtiments	Nombre de mesures	Concentrations en formaldéhyde			Temps passé			Populations					
			p10	p50	p95	p10	p50	p95	Enfants	Adultes				
Logement	554	554	9,3	20	47		0,34	0,70	0,86	0-15 ans				
							0,33	0,59	0,88		Actifs			
							0,57	0,77	0,97		Inactifs			
Environnements pour lesquels on dispose de <u>données diverses</u> de concentrations et de temps passé														
Lieu	Nombre de bâtiments	Nombre de mesures	Concentrations en formaldéhyde					Temps passé			Populations			
			min	p10	p50	moyenne	p95	max	min	moyenne	max	Enfants	Adultes	
Crèches	50	222	1,5		14				56		0,17		1-2 ans	
Écoles	108	401	4			27			100		0,15		2-7 ans	
Voiture	2	8	7,3			16			27		0,031		7-12 ans	
											0,060			17-60 ans
Extérieur	529	529		1,5	1,9			2,5			0,045		enfants et adultes	
Environnements pour lesquels on dispose de données diverses de concentrations et pour lesquels on propose des <u>estimations</u> du temps passé														
Lieu	Nombre de bâtiments	Nombre de mesures	Concentrations en formaldéhyde			Temps passé			Populations					
			min	moyenne	max	min	moyenne	max	Enfants	Adultes				
Parking	3	15	10	20	36		0,021			enfants et adultes				
Gymnase	13	30	4,6	10	23		0,030			enfants et adultes				
Centre c ^{ai}	2	13	13	22	29		0,012			enfants et adultes				
Gare	3	14	2,6	4,7	9,3		0,0030			enfants et adultes				
Bibliothèque	3	17	31	56	133		0,0059			enfants et adultes				
Cinéma	2	5	7,8	15	33		0,0082			enfants et adultes				
Bar	1	2	22	33	44		0,0089			adultes seulement				

4.2.4 Estimation des concentrations inhalées

Pour chaque situation d'exposition et chaque groupe de population, la concentration inhalée moyennée sur l'année est calculée en combinant la médiane (ou moyenne) de la concentration intérieure de l'environnement fréquenté et la médiane (ou moyenne) de la fraction de temps passé. Soit :

$$CI_{\text{environnement } i} = C_{\text{environnement } i} \times f_{\text{environnement } i} \quad [\text{Équation 1}]$$

Avec :

$CI_{\text{environnement } i}$ = concentration inhalée lors de la fréquentation de l'environnement i ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

$C_{\text{environnement } i}$ = concentration en formaldéhyde dans l'environnement i fréquenté ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

$f_{\text{environnement } i}$ = fraction de temps passé annuellement dans l'environnement i fréquenté (sans unité)

Selon le type et la représentativité des données disponibles pour chacune des situations, les calculs sont effectués de la façon suivante :

- pour le logement, les concentrations inhalées sont calculées en combinant les percentiles 10 et 95 des concentrations et des fractions annuelles de temps passé (5 cas notés de A à E). La variabilité de l'exposition peut ainsi être appréciée. Il est important de noter que le produit p50 x p50, même s'il atteint dans ce contexte une valeur proche de la médiane, n'est pas strictement égal à la médiane du produit des distributions ;
- pour les lieux de vie pour lesquels les distributions des concentrations intérieures et/ou des temps passés ne sont pas disponibles, on calcule uniquement la concentration inhalée à partir de la médiane (ou de la moyenne) de la concentration et de la moyenne de la fraction de temps passé ;
- pour les lieux de vie pour lesquels les temps d'exposition sont estimés au moyen d'hypothèses, on calcule uniquement la concentration inhalée à partir de la moyenne de la concentration et de la fraction de temps passé estimée.

Les concentrations inhalées dans chaque situation d'exposition sont rapportées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : concentrations inhalées dans différentes situations d'exposition chronique

Environnements pour lesquels on dispose des <u>distributions</u> des concentrations et du temps passé							
Lieu	Concentrations inhalées ($\mu\text{g.m}^{-3}$)					Populations	
	Cas A p10p10	Cas B p10p95	Cas C p50p50	Cas D p95p10	Cas E p95p95	Enfants	Adultes
Logement	3,2	8,0	14	16	40	0-15 ans	
	3,1	8,2	12	15	41		Actifs
	5,3	9,0	15	27	45		Inactifs
Environnements pour lesquels on dispose de <u>données diverses</u> de concentrations et de temps passé							
Lieu	Concentrations inhalées ($\mu\text{g.m}^{-3}$)					Populations	
	moyenne x moyenne					Enfants	Adultes
Crèches	2,3					1-2 ans	
Écoles	3,9					2-7 ans	
Voiture	0,49					7-12 ans	
	0,95						17-60 ans
Extérieur	0,09					enfants et adultes	
Environnements pour lesquels on dispose de données diverses de concentrations et pour lesquels on propose des <u>estimations</u> du temps passé							
Lieu	Concentrations inhalées ($\mu\text{g.m}^{-3}$)					Populations	
	moyenne x moyenne					Enfants	Adultes
Parking	0,42					enfants et adultes	
Gymnase	0,30					enfants et adultes	
Centre commercial	0,26					enfants et adultes	
Gare	0,01					enfants et adultes	
Bibliothèque	0,33					enfants et adultes	
Cinéma	0,12					enfants et adultes	
Bar	0,29					adultes seulement	

5 Caractérisation des risques sanitaires

5.1 Risques aigus

5.1.1 Rappel théorique

La caractérisation du risque aigu par inhalation pour des effets à seuil s'exprime par un quotient de danger (QD) correspondant au rapport d'une concentration ou dose d'exposition avec la VTR correspondante (voie et de durée d'exposition associées). Dans le cas présent, ce QD est calculé selon l'Équation 2 :

$$QD_{\text{aigu}} = \frac{CI_{\text{aiguë}}}{VTR_{\text{aiguë}}} \quad [\text{Équation 2}]$$

Les QD_{aigu} sont calculés d'une part sur la base de la concentration inhalée *pendant* l'application du produit (QD_{exposition aiguë immédiate}), et d'autre part à partir de la concentration inhalée *après* l'utilisation du produit (QD_{exposition aiguë post-application 1h}). Les VTR adéquates en termes de durée d'exposition associée aux effets critiques étudiés sont utilisées dans l'un et l'autre cas.

Pour rappel, **les QD calculés sont valables pour les enfants et les adultes** car il n'est pas tenu compte des débits respiratoires et du poids corporel.

La valeur repère pour l'appréciation du risque sanitaire est fixée à 1 : lorsque le QD est inférieur à la valeur de 1, le risque est considéré comme non préoccupant en l'état actuel des connaissances.

5.1.2 Résultats

Les QD_{aigu} sont rapportés dans le Tableau 4.

Tableau 4 : quotients de danger liés à l'inhalation aiguë de formaldéhyde

réf. CSTB	Exposition en condition d'utilisation normale du produit	QD _{exposition aiguë immédiate}		QD _{exposition aiguë post-application}	QD _{exposition aiguë maximale}
		∇ durée VTR ATSDR 99 50 µg.m ⁻³	moyenne 1 h VTR OEHHA 99 94 µg.m ⁻³	moyenne 1 h VTR OEHHA 99 94 µg.m ⁻³	∇ durée VTR ATSDR 99 50 µg.m ⁻³
1	encens en spirale	0,11	0,06	0,05	0,13
2	bâton d'encens	0,27	0,11	0,07	0,27
3	diffuseur électrique 1	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
4	diffuseur électrique 2	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
5	Mèche 1	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
6	Mèche 2	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet
7	Bougie 1	0,02	0,01	0,01	0,03

réf. CSTB	Exposition en condition d'utilisation normale du produit	QD exposition aiguë immédiate		QD exposition aiguë post-application	QD exposition aiguë maximale
		∇ durée VTR ATSDR 99 50 µg.m ⁻³	moyenne 1 h VTR OEHHA 99 94 µg.m ⁻³	moyenne 1 h VTR OEHHA 99 94 µg.m ⁻³	∇ durée VTR ATSDR 99 50 µg.m ⁻³
8	Bougie 2	0,03	0,02	0,05	0,17
9	Aérosol 1	0,03	0,02	0,02	0,03
10	Aérosol 2	0,09	0,05	0,06	0,14
11	désodorisant aspirateur 1	0,03	0,03	0,03	0,09
12	désodorisant aspirateur 2	<i>Sans objet</i>	<i>Sans objet</i>	<i>Sans objet</i>	<i>Sans objet</i>
13	nettoyant moquette 1	0,17	0,10	0,10	0,21
14	nettoyant moquette 2	0,21	0,11	0,09	0,21
15	détachant moquette 1	0,12	0,07	0,07	0,13
16	détachant moquette 2	0,09	0,05	0,05	0,11
17	bloc WC 1	0,04	0,03	0,03	0,08
18	bloc WC 2	0,11	0,06	0,09	0,25
19	gel WC 1	0,10	0,06	0,06	0,14
20	gel WC 2	0,03	0,02	0,04	0,13
21	nettoyant vitres 1	0,05	0,03	0,06	0,24
22	nettoyant vitres 2	0,03	0,02	0,03	0,09
23	lingette vitres 1	0,02	0,01	0,02	0,05
24	lingette vitres 2	0,03	0,03	0,04	0,12
25	dépoussiérant meuble 1	0,04	0,03	0,04	0,10
26	dépoussiérant meuble 2	0,05	0,04	0,07	0,22
27	lingette sols 1	0,12	0,05	0,03	0,12
28	lingette sols 2	25	9	5	25
<u>29</u>	<u>nettoyant sol pur 1</u>	<u>0,93</u>	0,35	0,21	<u>0,93</u>
30	nettoyant sol dilué 1	0,18	0,06	0,04	0,18
<u>31</u>	<u>nettoyant sol pur 2</u>	<u>0,96</u>	0,40	0,23	<u>0,96</u>
32	nettoyant sol dilué 2	0,24	0,09	0,06	0,24
33	nettoyant SM pur 1	0,18	0,07	0,05	0,18
34	nettoyant SM pur 2	0,10	0,05	0,03	0,10
35	nettoyant SM dilué 1	0,20	0,07	0,05	0,20

Légende : SM = savon de Marseille

Il ressort du calcul des quotients de danger dans un contexte d'exposition aiguë au formaldéhyde par inhalation que, pour les produits testés par le CSTB et dans les conditions expérimentales retenues, les concentrations inhalées sont nettement, voire très nettement, inférieures aux VTR sélectionnées, sauf dans le cas de l'utilisation :

- d'une lingette pour le sol, au moment de son utilisation et après ;
- de deux nettoyants sols purs, au moment de leur utilisation seulement.

Ces conclusions ne sont valables que pour les marques des produits testés et ne sauraient être extrapolées à tous les produits du même type présents sur le marché français. En l'absence d'informations sur la représentativité de ces produits par rapport à l'offre marchande, on ne peut s'autoriser une quelconque généralisation.

5.1.3 Cumul de situations d'exposition

Une utilisation simultanée d'encens et d'un nettoyant ou bien une utilisation successive de deux produits d'entretien peut être envisagée. **L'addition des QD 2 à 2¹⁷ ne conduit pas un dépassement de la valeur repère de 1 dans les conditions expérimentales**, hormis pour les produits déjà identifiés conduisant à un dépassement conséquent des VTR. Néanmoins, le taux moyen de renouvellement d'air dans la chambre expérimentale ou la maison MARIA est fixé à 0,6 h⁻¹ (taux réaliste vis-à-vis des logements français). Ainsi, dans un logement confiné (renouvellement d'air quasi inexistant), l'usage simultané de tels produits pourrait conduire à un dépassement de la valeur repère de risque.

5.1.4 Incertitudes

Les limites de l'approche résident dans le fait que tous les produits du marché n'ont pu faire l'objet de tests expérimentaux et que les conclusions restent strictement limitées aux produits testés. Le choix de retenir, pour chaque type de produit, le plus cher et le moins cher lors de l'achat en supermarché, ne garantit pas nécessairement un encadrement des émissions, donc des expositions associées. Néanmoins, l'objectif de cette ERS n'est pas de couvrir tous les produits et tous les usages du marché, mais d'attirer l'attention des autorités publiques sur le fait que certains produits de consommation courante peuvent contribuer à l'apparition d'irritations des voies respiratoires chez les personnes les plus sensibles.

Par ailleurs, cette approche ne tient pas compte du bruit de fond ambiant en formaldéhyde dans les logements où sont utilisés ces produits, approche pourtant pertinente. Il a été choisi de ne s'intéresser qu'à la contribution des émissions des produits testés.

5.2 Risques chroniques

5.2.1 Rappel théorique

La caractérisation du risque chronique par inhalation pour des effets à seuil s'exprime par un quotient de danger (QD) correspondant au rapport d'une concentration ou dose d'exposition avec la VTR correspondante (voie et de durée d'exposition associées). Dans le cas présent, ce QD est calculé selon l'Équation 3 :

¹⁷ L'utilisation concomitante de plus de 2 produits simultanément apparaît moins probable compte tenu des types de produits considérés, dans un contexte d'usage « normal ».

$$QD_{\text{chronique}} = \frac{CI_{\text{chronique}}}{VTR_{\text{chronique}}} \quad [\text{Équation 3}]$$

Les $QD_{\text{chronique}}$ sont calculés pour chacune des situations d'exposition retenue en fonction des classes d'âge (fourchette basse, moyenne et fourchette haute, si possible).

La valeur repère pour l'appréciation du risque sanitaire est fixée à 1 : lorsque le QD est inférieur à la valeur de 1, le risque est considéré comme non préoccupant en l'état actuel des connaissances.

5.2.2 Résultats

Les $QD_{\text{chronique}}$ sont rapportés dans le Tableau 5.

De l'examen des QD calculés, il ressort que :

- pour le logement, les QD varient de 0,3 à 15. Les tendances centrales de ces QD se situent respectivement autour de 4 avec la VTR de l'OEHA et de 1,5 avec la VTR de l'ATSDR. Il n'apparaît pas de différence significative entre l'exposition des enfants et celle des adultes, ni entre celle des adultes actifs et inactifs. Au bilan, pour la majorité de la population française, les concentrations inhalées au domicile sont quasi systématiquement supérieures, voire très supérieures, aux VTR retenues ;
- pour les lieux de garde et de vie scolaire, le QD est supérieur à 1 pour les expositions des enfants dans les écoles avec la VTR de $3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (QD égal à 1,3). Sinon, les QD varient de 0,2 à 0,8. Ils sont toujours inférieurs à 1 avec la VTR de l'ATSDR, et toujours inférieurs à 1 pour les expositions dans les crèches. Considérées seules, les écoles sont donc importantes à prendre en compte ;
- pour les transports (voiture exclusivement), les QD sont toujours inférieurs à 1, quelle que soit la VTR utilisée ; ils se situent entre 0,05 et 0,3. Il n'apparaît pas de différence significative entre l'exposition des enfants et celle des adultes. Cependant, compte tenu de la faible fraction de temps passé dans ce type d'environnement, la contribution de ces lieux à l'exposition totale au formaldéhyde mérite considération ;
- pour l'extérieur, les QD sont inférieurs à 1. Ils varient entre 0,01 et 0,03, confirmant le caractère non préoccupant des expositions au formaldéhyde par inhalation dans l'air ambiant extérieur ;
- pour les autres lieux de vie, quelle que soit la VTR utilisée, les QD sont inférieurs à 1. Ils varient de 0,001 (halls de gare) à 0,14 (parkings couverts). Il apparaît difficile de les comparer avec les QD obtenus précédemment, pour lesquels les fractions de temps passé ayant servi au calcul sont issues d'études françaises et non pas proposées sur la base d'hypothèses réalistes, mais non nécessairement valables pour la majorité des personnes. La fréquentation de ces lieux ne présente pas de préoccupations particulières, hormis pour les parkings couverts dont la contribution à l'exposition totale quotidienne au formaldéhyde peut ne pas être anodine.

5.2.3 Cumul de situations d'exposition

Dans cette approche, **le calcul des QD a été effectué séparément pour chacune des situations d'exposition identifiée**. L'analyse des résultats ainsi présentés permet de pointer immédiatement les lieux les plus contributeurs à l'exposition globale. Il ressort que quel que soit l'emploi du temps de la personne, la seule partie de la journée passée dans le logement conduit systématiquement à des QD supérieurs à 1 lorsque la VTR est celle de l'OEHA, signifiant la possibilité de survenue d'effets sanitaires. Avec la VTR de l'ATSDR, ce dépassement de la valeur repère intervient à partir du produit des médianes des distributions des concentrations et du BET.

Pourtant, il est nécessaire et intéressant de porter un regard sur les conséquences, pour une population, de fréquenter quotidiennement son logement, son lieu de travail pour un adulte ou son école pour un enfant, un moyen de transport et un lieu culturel (cinéma, bibliothèque) ou de loisirs (bar, gymnase), en tenant compte d'un seul lieu par type et par jour. C'est un scénario très vraisemblable pour une grande majorité de la population.

Cependant, en raison de la très grande disparité des données en fonction des lieux fréquentés, tant en qualité qu'en quantité et représentativité, le respect du principe de cohérence d'une évaluation des risques sanitaires conduit à ne pas recommander l'addition des QD issus de chacune des situations. Pour pallier cette réserve, il est proposé d'estimer la majoration apportée par la fréquentation quotidienne des lieux autres que le logement.

A partir des QD obtenus pour chacun des lieux de vie avec la VTR de l'OEHHA, le scénario cumulant la fréquentation des principaux lieux autres que le logement pour un adulte conduit à un QD global majoré d'environ 0,5 par rapport à celui du logement pris seul (QD compris entre 1 et 15). Pour un enfant allant à la crèche, cette majoration est d'environ 1,7 ; pour celui qui va à l'école, elle est de 1,2 (QD du logement seul compris entre 1 et 13). Quelle que soit la population concernée, et malgré les réserves et incertitudes inhérentes aux données d'exposition, ces majorations conduisent inéluctablement à des QD supérieurs à 1, y compris pour les adultes pour lesquels on ne peut tenir compte, en l'état actuel des connaissances, des expositions sur le lieu de travail.

En s'appuyant sur les rares données recensées en France, qui font état de concentrations atmosphériques dans les bureaux entre 14 et 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$, un calcul sommaire prenant en compte une fraction annuelle de temps passé dans ce lieu (égale à 0,2) conduit à un QD d'environ 1 avec la VTR de l'OEHHA. La majoration du QD global se trouve de fait accrue pour les personnes allant quotidiennement au travail dans le secteur tertiaire notamment.

A partir des QD obtenus pour chacun des lieux de vie avec la VTR de l'ATSDR, le scénario cumulant ces principaux lieux fréquentés pour un adulte conduit à un QD global majoré d'environ 0,1 par rapport à celui du logement pris seul (QD compris entre 0,3 et 4,5). Pour un enfant allant à la crèche, cette majoration est d'environ 0,3 ; pour celui qui va à l'école, elle est de 0,5 (QD pour le logement seul compris entre 0,3 et 4). Ainsi, cette majoration, malgré les réserves et les incertitudes, ne conduit pas à ce que toutes les populations soient concernées par un QD dépassant la valeur repère de 1. Cependant, lorsque le lieu de travail pourra être intégré dans les résultats, il est possible que même les QD des adultes les moins exposés se rapprochent, voire dépassent cette valeur de 1.

En s'appuyant sur les rares données recensées en France dans les bureaux (concentrations atmosphériques entre 14 et 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$), un calcul sommaire prenant en compte une fraction annuelle de temps passé dans ce lieu (égale à 0,2) conduit à un QD d'environ 0,3 avec la VTR de l'ATSDR. La majoration du QD global se trouve de fait accrue pour les personnes allant quotidiennement au travail dans le secteur tertiaire notamment, même si pour les moins exposées d'entre elles, le QD global ne semble pas atteindre la valeur repère de 1.

Au final, tenir compte de l'ensemble des lieux fréquentés au cours d'une journée ne fait que renforcer les préoccupations liées à l'exposition au formaldéhyde, quelle que soit la VTR utilisée. Ainsi, si des actions sont proposées pour réduire les expositions dans les logements, les autres environnements clos régulièrement fréquentés par la population, tels que les écoles, crèches, moyens de transport, doivent aussi être intégrés dans les plans de réduction des expositions envisagés. Pour le lieu de travail, les rares données indiquent une contribution qui peut être substantielle. Pour les lieux de loisirs, certains peuvent contribuer de manière conséquente à l'exposition des populations qui les fréquentent très régulièrement. Ils ne doivent et ne peuvent donc pas être écartés de la réflexion.

Tableau 5 : quotients de danger pour différentes situations d'exposition chronique

Environnements pour lesquels on dispose des <u>distributions</u> des concentrations et du temps passé													
Lieu	QD calculés avec la VTR OEHHA (3 µg.m ⁻³) *					QD calculés avec la VTR ATSDR (10 µg.m ⁻³) *					Populations		
	Cas A	Cas B	Cas C	Cas D	Cas E	Cas A	Cas B	Cas C	Cas D	Cas E	Enfants	Adultes	
Logement	1,1	2,7	4,6	5,3	13	0,3	0,8	1,4	1,6	4,0	0-15 ans		
	1,0	2,7	3,9	5,1	14	0,3	0,8	1,2	1,5	4,1		Actifs	
	1,8	3,0	5,0	8,9	15	0,5	0,9	1,5	2,7	4,5		Inactifs	
Environnements pour lesquels on dispose de <u>données diverses</u> de concentrations et de temps passé													
Lieu	QD calculés avec la VTR OEHHA (3 µg.m ⁻³)					QD calculés avec la VTR ATSDR (10 µg.m ⁻³)					Populations		
	moyenne × moyenne *					moyenne × moyenne *					Enfants	Adultes	
Crèches	0,8					0,2					1-2 ans		
Écoles	1,3					0,4					2-7 ans		
Voiture	0,2					0,05					7-12 ans		
	0,3					0,1						17-60 ans	
Extérieur	0,03					0,01					enfants et adultes		
Environnements pour lesquels on dispose de données diverses de concentrations et pour lesquels on propose des <u>estimations</u> du temps passé													
Lieu	QD calculés avec la VTR OEHHA (3 µg.m ⁻³)					QD calculés avec la VTR ATSDR (10 µg.m ⁻³)					Populations		
	moyenne × moyenne *					moyenne × moyenne *					Enfants	Adultes	
Parking	0,14					0,04					enfants et adultes		
Gymnase	0,10					0,03					enfants et adultes		
Centre c ^{al}	0,09					0,03					enfants et adultes		
Gare	0,005					0,001					enfants et adultes		
Bibliothèque	0,11					0,03					enfants et adultes		
Cinéma	0,04					0,01					enfants et adultes		
Bar	0,10					0,03					adultes seulement		

Légende : * Se reporter au paragraphe 4.2.4 pour l'explicitation des « cas A, B, C, D et E » et des produits « moyenne × moyenne ».

5.2.4 Analyse des incertitudes

La variabilité saisonnière des concentrations n'a pas été prise en compte. L'exploitation des résultats de la campagne logements de l'OQAI est en cours et ne peut, pour l'instant, servir à mettre en évidence d'éventuelles variations des concentrations intérieures de formaldéhyde en fonction de la saison. Cependant, d'une part, ces variations sont sans doute faibles et comprises dans l'incertitude associée à la mesure (cf. les données de la littérature en Annexe 4). D'autre part, s'agissant de l'air intérieur, si des températures plus élevées favorisent les émissions de formaldéhyde, l'ouverture des fenêtres en été contribue *a contrario* à une meilleure ventilation (avec de l'air extérieur aux concentrations plus faibles par rapport à celles dans le logement), compensant ainsi l'augmentation attendue des concentrations. En outre, concernant l'air extérieur, même si les concentrations en formaldéhyde augmentent en périodes de chaleur, la faible contribution de ce milieu aux expositions globales des populations fait que la variabilité saisonnière reste sans impact sur les résultats de l'étude. En résumé, dans le cadre de l'évaluation des expositions de la population française, il n'apparaît pas opportun de tenir compte des variations saisonnières des concentrations ambiantes en formaldéhyde.

Les différentes pièces de l'habitation n'ont pas été distinguées. Les concentrations dans le logement (campagne nationale « Logements » de l'OQAI) sont celles mesurées dans la chambre et extrapolées à tout le logement. Ceci est recevable dans la mesure où 1) le temps passé dans la chambre est important au regard du temps total passé dans le logement quotidiennement, 2) la littérature ne fait pas apparaître de différence significative entre les concentrations intérieures dans la chambre, le salon et la cuisine (cf. Annexe 4 et Annexe 5) l'analyse préliminaire des résultats de la campagne « Logements » de l'OQAI montre que les concentrations en formaldéhyde sont corrélées à des variables du logement (variables agrégées), ce qui atteste bien d'une concentration homogène dans l'habitation (dans des conditions « normales »).

À l'exception des logements, les concentrations intérieures en formaldéhyde utilisées dans ces études pour les autres lieux clos ne sont pas représentatives du parc français. Parmi les lieux les plus fréquentés au quotidien par la population française, les transports et les bureaux sont peu documentés. Les valeurs retenues sont celles d'études françaises ponctuelles et ne peuvent ainsi pas être considérées représentatives des concentrations dans ce type d'environnement. Concernant les transports, quand bien même des données supplémentaires seraient disponibles, les résultats ne devraient pas être significativement modifiés. Pour les bureaux, constatant le peu d'études disponibles et devant l'hétérogénéité des résultats de celles-ci, l'évaluation des expositions des travailleurs n'a pas été conduite ; une campagne descriptive de la QAI dans les bureaux français apparaît indispensable à prévoir à court terme.

Les données relatives au BET de la population française sont parcellaires, hétéroclites (données OQAI campagne pilote, INSEE, « Sentinelles de l'air » et VESTA ; différentes régions et différents groupes de population) **et parfois manquantes**, ce qui a conduit à proposer des hypothèses pour tenir compte de certains lieux pour lesquels les concentrations en formaldéhyde étaient documentées. Au global, compte tenu des niveaux des concentrations en formaldéhyde dans ces lieux de vie du quotidien (similaires ou inférieurs à ceux dans le logement) et sachant que c'est ce dernier qui finalement contribue quasi uniquement au dépassement de la valeur repère, les données lacunaires du BET de la population française n'ont pas d'impact majeur sur les ordres de grandeur des résultats et sur les conclusions de la présente ERS.

5.3 Analyse au regard de la relation dose-effet

La caractérisation des risques a pour objet de calculer des repères de risque que sont les ERI et les QD. Classiquement, les conclusions tiennent compte du seul dépassement des valeurs repères d'interprétation. Deux points essentiels ne sont jamais discutés. Le premier concerne la sévérité de l'effet critique associée à la VTR, très variable selon les substances étudiées. Le dépassement de la VTR ne peut être analysé de la même manière en fonction de l'effet critique des substances considérées. Le deuxième concerne les effets qui pourraient survenir dès lors que l'exposition est

bien supérieure à la VTR. C'est la relation dose-effet qui apporte cette connaissance. En termes de santé publique, le dimensionnement de la réaction et du plan d'action à mettre en œuvre sera notamment conditionné par la nature et la diversité des effets attendus.

Dans le cadre de cette étude, il a paru pertinent d'aller au-delà de la simple réponse de première approche en analysant l'exposition au regard de l'ensemble de la relation dose-effet. En effet, l'analyse toxicologique conclut à un seuil de dose pour les effets cancérogènes. La VTR est construite sur l'effet critique que sont les effets irritants respiratoires et oculaires. Ces effets sont considérés comme précurseurs du cancer du nasopharynx induit par le formaldéhyde. Empêcher la survenue des effets irritants revient ainsi à empêcher l'apparition des processus cancérogènes.

Les estimations numériques de certains QD obtenues à l'issue de la phase de caractérisation du risque renforcent cette nécessité de pousser l'analyse au regard de la relation dose-effet tant pour les risques aigus que chroniques. Les principaux supports ayant servi au raisonnement décrit ici sont le *Toxicological Profile* de l'ATSDR qui propose des graphes permettant de visualiser l'ensemble des NOAEL et des LOAEL déterminés chez l'animal et l'homme pour tous les effets et toutes les durées d'exposition [ATSDR, 1999], les expertises du *Bundesinstitut für Risikobewertung* (BfR ; institut allemand d'évaluation des risques) [BfR, 2006 ; Appel, 2006], du *Dutch Expert Committee on Occupational Standards* (DECOS) [HCN, 2003] et du *Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals* (NEG) [NEG, 2003].

5.3.1 Caractérisation des risques aigus

5.3.1.1 Description de la relation dose-effet

Les tableaux proposés dans le *Toxicological Profile* du formaldéhyde publié par l'ATSDR en 1999, permettent d'appréhender, pour la voie respiratoire, la relation dose-effet à travers les comparaisons des NOAEL et des LOAEL pour les différents effets décrits tant chez l'animal que chez l'homme [ATSDR, 1999].

Chez l'animal, les effets respiratoires sont ceux qui apparaissent en premier. Quelles que soient les études, les NOAEL rassemblés sont systématiquement inférieurs à l'ensemble des LOAEL répertoriés. Les effets oculaires sont décrits avec les mêmes NOAEL et LOAEL. Les effets immunologiques et neurologiques sont beaucoup plus rarement décrits. Pour les premiers, les LOAEL sont du même ordre de grandeur que ceux des effets respiratoires ; pour les deuxièmes, les LOAEL sont supérieurs d'un facteur au moins 10. Tous les autres effets (hépatique, musculo-squelettique, rénal...), disponibles dans une seule étude, présentent des NOAEL 10 à 20 fois plus élevés que ceux des autres effets respiratoires, immunologiques et neurologiques. Aucun LOAEL n'est proposé, signifiant d'une part que ces effets n'ont pas été décrits et d'autre part que le NOAEL est peut être encore beaucoup plus élevé.

Chez l'homme, pour les effets respiratoires, les NOAEL et LOAEL sont proches. La variabilité au sein des NOAEL et LOAEL est d'un facteur 10. Hormis dans une étude, ces doses repères sont inférieures d'un facteur environ 10 à celles rapportées chez l'animal. Les effets oculaires décrits chez l'homme apparaissent pour des doses similaires à celles déclenchant les effets respiratoires. Seuls des NOAEL ont été rapportés pour les effets immunologiques et une seule étude a décrit des effets neurologiques. La relation dose-effet est donc très limitée et les effets les plus largement décrits apparaissent pour des doses similaires.

5.3.1.2 Interprétation du quotient de danger

De très rares produits d'entretien parmi ceux dont les émissions ont été testées conduisent à des situations d'exposition préoccupantes après une application unique. Deux produits mènent à des QD légèrement inférieurs à 1 ; un seul produit a des QD très nettement supérieurs à 1, allant jusqu'à 25.

Pour les deux premiers produits, compte tenu des incertitudes, **il est envisageable de s'attendre à la survenue d'effets irritants respiratoires et oculaires. Les QD étant aux alentours de la valeur repère de 1, il n'y a pas de raison de s'attendre à la survenue d'autres effets.**

Concernant le produit conduisant à un QD de 9 à 25 en fonction de la VTR choisie, **des manifestations irritatives respiratoires et oculaires pourront certainement être observées.** En revanche, la relation dose-effet chez l'homme ne décrivant pas d'autres effets, on ne peut pas prévoir de manifestations sanitaires supplémentaires. L'analyse de la relation dose-effet chez l'animal décrit la survenue d'effets immunologiques et neurologiques pour des doses plus élevées. Si l'on accepte la transposition animal-homme, la comparaison brute des NOAEL et LOAEL montre qu'il est légitime de s'interroger sur la survenue de ces effets pour ce produit qui dégage des quantités importantes de formaldéhyde.

5.3.2 Caractérisation des risques chroniques

5.3.2.1 Description de la relation dose-effet

Les tableaux proposés dans le *Toxicological profile* du formaldéhyde publié par l'ATSDR en 1999 permettent d'appréhender, pour la voie respiratoire, la relation dose-effet à travers les comparaisons des NOAEL et LOAEL pour les différents effets décrits tant chez l'animal que chez l'homme [ATSDR, 1999]. Pour les effets cancérogènes, l'analyse s'appuie également sur les documents du *Bundesinstitut für Risikobewertung* (BfR ; institut allemand d'évaluation des risques) [BfR, 2006 ; Appel, 2006], du *Dutch Expert Committee on Occupational Standards* (DECOS) [HCN, 2003] et du *Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals* (NEG) [NEG, 2003].

Ces données ont été enrichies par la prise en compte d'autres évaluations sur la toxicité du formaldéhyde conduites par des organismes internationaux (BfR, DECOS, Santé Canada). Des représentants de ces organismes ont en effet été invités à venir présenter les résultats de leur expertise lors d'une journée d'échange sur la caractérisation de la relation dose-réponse pour le cancer du nasopharynx organisée par l'Afsset les 19 et 20 novembre 2007.

Concernant les effets non cancérogènes, les effets décrits chez l'animal sont la mort, les atteintes respiratoires sévères, la diminution du poids corporel. Les LOAEL associés à ces effets sont tous du même ordre de grandeur. Les NOAEL sont aussi homogènes même si le plus faible est rapporté pour les effets respiratoires. Globalement, la différence entre ces doses repères est d'un facteur 10. Tous les autres effets rapportés par l'ATSDR n'ont en fait jamais été observés, puisque seuls des NOAEL sont répertoriés.

Chez l'homme, seuls des effets irritants respiratoires, dermatologiques et oculaires sont rapportés dans le tableau produit par l'ATSDR. Leurs LOAEL et NOAEL sont équivalents.

Concernant les effets cancérogènes, les données disponibles décrivant la relation dose-réponse sont peu nombreuses¹⁸.

Chez l'animal, les tableaux de l'ATSDR montrent que les LOAEL sont supérieurs d'environ un facteur 10 par rapport aux effets respiratoires et oculaires.

¹⁸ Des relations dose-réponse ont été construites sur l'hypothèse d'une absence de seuil (cf. paragraphe 3.2.2). Le modèle à deux étapes retenu par Santé Canada [Afsset, 2006 et 2008] prend en compte l'effet génotoxique prédominant du formaldéhyde aux faibles doses et l'expression de la cytotoxicité à partir d'un point d'inflexion pour des concentrations supérieures à 0,7 ppm (860 µg.m⁻³). Cette approche n'est pas retenue dans cette étude car les niveaux d'exposition de la population générale sont très inférieurs à ce point d'inflexion.

Chez l'homme, plusieurs expertises permettent de disposer d'éléments de réflexion :

- l'expertise toxicologique menée par le BfR aboutit aux conclusions suivantes :
 - ▶ une relation dose-réponse peut être évaluée entre 1 et 5 ppm, soit 1,24 et 6,20 mg.m⁻³ ;
 - ▶ une augmentation du risque relatif de cancer du nasopharynx est observée pour des expositions répétées à partir de 4 ppm, soit 5 mg.m⁻³ ;
 - ▶ il n'existe pas de données au-delà de 6 ppm, soit 7,5 mg.m⁻³ ;
 - ▶ l'extrapolation aux concentrations inférieures à 1,24 mg.m⁻³ est délicate, car le nombre de cancers observés est faible et la modélisation est entachée de fortes incertitudes.

Le seuil de concentration ainsi proposé par le BfR, pour protéger des effets irritants, première étape du processus cancérogène, est fixé à 124 µg.m⁻³ [BfR, 2006 ; Appel, 2006]. Cette valeur n'est pas un repère lié à l'observation de la survenue de cancer ;

- les expertises menées en 2003 conjointement par le DECOS et le NEG [HCN, 2003 ; NEG, 2003] concluent à l'absence d'excès de risque de cancer du nasopharynx à des concentrations dans l'air inférieures à 300 µg.m⁻³.

Il ressort que :

- **la relation causale est établie entre l'exposition au formaldéhyde et le cancer du nasopharynx ;**
- **la forme de la relation dose-réponse reste méconnue aujourd'hui ;**
- **la plus faible concentration associée à l'absence d'observation de survenue de cancer du nasopharynx est de 300 µg.m³. Cette observation est issue des études épidémiologiques menées en milieu professionnel (DECOS, 2003).**

Différentes expertises indiquent une absence de relation entre la survenue de cancer du nasopharynx et la durée d'exposition [OMS, 2000 ; InVS, 2006]. En conséquence, la comparaison des concentrations inhalées estimées dans la présente ERS avec les concentrations rapportées dans les documents du BfR et du DECOS n'a pas fait l'objet d'ajustement sur le temps.

5.3.2.2 Interprétation du quotient de danger

Les QD les plus préoccupants sont liés aux expositions dans les logements, quelle que soit la combinaison entre le percentile de la concentration et le temps passé dans le logement. Ces QD varient de 0,3 à 15 selon la VTR retenue. Ils vont même de 1 à 17 si l'on considère un scénario d'une population fréquentant les principaux lieux de vie au cours d'une journée type. Ce dépassement de la valeur repère 1 pour un QD signifie que les concentrations inhalées sont très souvent supérieures et même largement supérieures aux VTR, en particulier à celle de l'OEHHA. La quasi totalité de la population est concernée puisque ces dépassements s'observent dès les premiers percentiles.

Ces VTR sont construites sur l'effet irritant du formaldéhyde. Il est considéré comme étant le premier effet néfaste survenant chez l'homme lorsque la concentration inhalée augmente. Lorsque le QD a une valeur proche de 1, il est envisageable d'observer des effets irritants chez quelques personnes de la population concernée. Ainsi, au vu des fréquents dépassements de la valeur repère de 1 pour le QD, on ne peut exclure la survenue d'irritation sensorielle pour les populations les plus sensibles.

Concernant le cancer, la concentration inhalée la plus élevée estimée dans cette étude est de 45 µg.m⁻³ (cas E, Tableau 3). **Elle est inférieure d'un facteur environ 10 à celle décrite dans l'expertise conjointe DECOS et NEG (300 µg.m⁻³). Elle est également inférieure d'un facteur 3 à la concentration préconisée par le BfR (124 µg.m⁻³), concentration considérée comme**

prévenant la survenue d'irritation nasale et, par voie de conséquence, la survenue du cancer du nasopharynx.

Malgré la méconnaissance de la relation dose-réponse, les concentrations inhalées maximales estimées dans l'évaluation des risques restent néanmoins largement inférieures aux seuils proposés à l'heure actuelle dans la littérature et considérés comme prévenant l'apparition du cancer du nasopharynx. **Le risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde seul semble négligeable au vu des niveaux de concentration mesurés actuellement dans l'air.**

6 Conclusion

Cette évaluation quantitative des risques sanitaires a permis d'organiser les données disponibles, d'identifier les lacunes et de quantifier, lorsque cela était possible, les risques encourus par les populations exposées par inhalation au formaldéhyde. Le caractère ubiquitaire de cette substance fait que toute la population est concernée.

Concernant les **expositions de courtes durées**, les émissions de nombreux produits d'usage courant ont été évaluées dans des conditions normales d'utilisation. Un seul d'entre eux s'est révélé fortement émetteur de formaldéhyde, conduisant à des concentrations inhalées aiguës de 10 à 25 fois supérieures à celles fixées comme valeurs toxicologiques de référence. Deux autres produits génèrent des concentrations inhalées aiguës proches des VTR. On peut donc raisonnablement s'attendre à des manifestations sanitaires chez les populations utilisant ces produits dans les conditions testées. Même si la sélection des produits d'entretien a été pragmatique et n'avait pas vocation à être représentative des produits commercialisés en France, ces résultats indiquent la nécessité de favoriser la mise sur le marché de produits dont la composition ne conduit pas à des émissions d'une telle importance.

Concernant les risques liés à des **expositions chroniques**, la caractérisation des risques proposée est une approche opérationnelle permettant de mettre en évidence rapidement les lieux de vie les plus contributeurs à l'exposition globale quotidienne au formaldéhyde et les effets attendus en fonction des concentrations d'exposition estimées. Le logement suffit à lui seul au dépassement de la valeur repère de 1, allant même jusqu'à une valeur de 15 pour les QD. Même sur la base de la VTR la moins stricte, une partie importante de la population française reste concernée par ces dépassements. On ne peut que s'attendre à des manifestations d'irritations respiratoires, plus ou moins sévères, et d'irritations oculaires et/ou dermatologiques. Toutefois, les connaissances actuelles ne permettent pas de quantifier le nombre et la sévérité de ces manifestations. Le formaldéhyde étant mesuré dans tous les lieux fréquentés au cours d'une journée par la population (lieu de travail, école, crèche, moyens de transports, lieux culturels et de loisirs), quasiment toutes les situations de cumul d'exposition conduisent à des quotients de danger dépassant la valeur repère de 1. On peut donc considérer que l'ensemble de la population est concerné par ces expositions au formaldéhyde tout au long de la journée.

En revanche, concernant les **effets cancérigènes**, l'analyse indique que les concentrations inhalées sont largement inférieures au seuil de sécurité proposé par le BfR de $124 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ et d'un facteur 10 à la concentration ressortant de l'expertise du DECOS. Le risque de cancer du nasopharynx pour la population générale exposée au formaldéhyde dans l'air semble donc négligeable.

Enfin, ce travail révèle que, si les données de pollution intérieure disponibles pour les logements sont jugées nombreuses et représentatives, il n'en est pas de même pour les autres lieux fréquentés régulièrement par la population. Un manque réel concernant les données relatives à la qualité de l'air dans les bureaux est même souligné. Il est indispensable que des travaux soient menés à moyen terme pour pallier ces lacunes.

7 Bibliographie

Références générales

ADEME (2005) Concentrations de formaldéhyde dans l'air ambiant, ADEME, Direction de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique, Document de travail transmis à l'Afsset

Afsset (2006) Élaboration de valeur guide de qualité d'air intérieur : le formaldéhyde

Afsset (2008) La toxicité du formaldéhyde – État des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des VTR

Appel K-E., Bernauer U., Herbst U. *et al.* (2006) Kann für Formaldehyd eine "sichere" Konzentration abgeleitet werden? Analyse der Daten zur krebserzeugenden Wirkung, Umweltmed Forsh Prax, 11(6), 347-361

ATSDR (1999) Toxicological Profile for Formaldehyde. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp111.html>

BFR (2006) Assessment of the Carcinogenicity of Formaldehyde [CAS N°50-00-0], Herausgegeben von A. Schulte, U. Bernauer, S. Madle, H. Mielke, U. Herbst, H.-B. Richter-Reichhelm, K.-E. Appel, U. Gundert-Remy, Bundesinstitut für Risikobewertung, ISBN 3-938163-14-3. <http://www.bfr.bund.de>

CREDOC (2002) Une approche des 11-15 ans, Synthèse de l'étude réalisée à la demande des scouts de France et d'Okapi, Centre de Recherche pour l'Étude et l'Observation des Conditions de Vie

Dor F., Zeghnoun A., Brosselin P. (2004) Estimation de l'exposition des populations aux polluants présents à l'intérieur des habitations, Institut de Veille Sanitaire

Hatchuel G., Kowalski A.D. (1999) Opinions sur les caisses d'allocations familiales et sur l'organisation du temps libre des enfants de 6 à 12 ans. CREDOC, Collection des rapports, n°R199, avril 1999, 196p.

HCN (2003) Reports 2003, Formaldehyde, Health Council of the Netherlands, ISBN: 90-5549-513-1, pp 123-130

IARC (2006) International Agency for Research on Cancer, Volume 88, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-*tert*-Butoxypropan-2-ol, Lyon, France, ISBN 92 832 1288 6

InVS (2006) Exposition professionnelle au formaldéhyde et effets sur la santé, Institut de veille sanitaire. Rapport d'expertise réalisé à la demande de la Direction Générale du destiné à la commission n°4 du Conseil Supérieur de Prévention des Risques Professionnels

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

NEG (2003) The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and The Dutch Expert Committee on Occupational Standards, 132. Formaldehyde, Nordic Council of Ministers, ISBN 91-7045-687-9

NRC (1983) National Research Council, Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks for Public Health. Risk Assessment in the Federal Government: managing the process, Nat. Acad. Press Washington

OMS (2000) Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition. Geneva, World Health Organization. Consultable sur Internet : <http://www.who.dk/document/e71922.pdf>

OQAI (2002) Rapport exécutif : De la phase préparatoire aux premiers résultats de l'étude pilote, Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, Mars 2002, <http://www.air-interieur.org>

OQAI (2006) Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français, Rapport final référencé DDD/SB-2006-57, Observatoire de la qualité de l'air intérieur. <http://www.air-interieur.org>

Santé Canada (1999) Rapport d'évaluation Formaldéhyde, Liste des substances d'intérêt prioritaire, Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999), ISBN 0-662-85120-X

Schadkovski C. et Malrieu V. (2003) Les « Sentinelles de l'air », Etude de l'exposition individuelle aux NO_x, CO et BTEX dans les agglomérations de Lille et de Dunkerque, Bilan de deux campagnes de mesures, Association de la prévention de la pollution atmosphérique

Weschler C.J. (2004) Chemical reactions among indoor pollutants: what we've learned in the new millennium, Indoor Air, 14 (S7), 184-194

Niveaux de concentrations dans l'air

Afsset (2007) Recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts, Agence française de la sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, Saisine n°2005/006

AIRPARIF (2001) Étude de la qualité de l'air dans le secteur de la gare de l'Est. <http://www.airparif.asso.fr/>

Andreini B.P., Baroni R., Galimberti E. and Sesana G. (2000) Aldehydes in the atmospheric environment: evaluation of human exposure in the north-west area of Milan, Microchemical Journal, 67(1-3) : 11-19

Annesi-Maesano I. (2000) Actes du colloque PRIMEQUAL-PREDIT, 29, 30 nov. Et 1^{er} décembre 2000

Annesi-Maesano I., Debotte G., Moreau D. *et al.* (2001) Measurements of air pollutants in elementary schools in the six cities of metropolitan France in the framework of the ISAAC study. Proc. Of the 12th World Clean Air & Environment Congress and Exhibition, 26-31 August 2001, Seoul, Korea

ARPAM (2004) Mesures des composés organiques toxiques et précurseurs de l'ozone, Rapport d'étape 2004. <http://www.arpam.asso.fr/>

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

ASPAM (2005-b) Campagne de mesure dans les lieux publics sur l'agglomération mulhousienne, ASPA référence 05113001-ID. <http://www.atmo-alsace.net/>

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

Atmosf'Air Bourgogne (2003) Qualité de l'air intérieur : mesures, analyses et recherches sur l'origine et la toxicité des polluants

ATMO-CA (2004) Évaluation de la qualité de l'air intérieur dans une zone commerciale de l'agglomération troyenne (Marques Avenue). Campagne de mesures du 16 juin au 8 juillet 2004, ATMO Champagne Ardennes, étude spe 04-06-07-CL-ED/KS

ATMO-NPC (2006) Campagnes de mesures de la qualité de l'air, Étude réalisée à l'intérieur et aux abords des gares de Lille du 15/11/2005 au 15/01/2006, ATMO Nord-Pas de Calais, rapport référencé N°3-2006-IC

Barguil S., Le Moullec Y., Person A. (1990) Chemical characterisation of indoor air quality in Parisian homes, *Aerobiologia*, 6: 28-31

BGIA (2005) Innenraumarbeitsplätze – Vorgehensempfehlung für die Ermittlungen zum Arbeitsumfeld, Report der gewerblichen Berufsgenossenschaften, des Unfallversicherungsträger des öffentlichen Hand und des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz – BGIA, ISBN 3-88383-681-8

Brown S.K. (2002) Volatile Organic Pollutants in New and Established Buildings in Melbourne, Australia, *Indoor Air*, 12, 55-63

CARB (1999) Measuring concentrations of selected air pollutants inside California vehicles, California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Final report, ARB Contract N° 95-339. <http://www.arb.ca.gov/>

Cardenas L.M., Brassington D.J. *et al.* (2000) Intercomparison of formaldehyde measurements in clean and polluted atmospheres, *Journal of Atm Chemistry*, 37(1): 53-80

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) (2006) Caractérisation des émissions de formaldéhyde par différents types de produits. Rapport final SB-06-044

Cerqueira M.A., Pio C.A., Gomes P.A. *et al.* (2003) Volatile organic compounds in rural atmospheres of central Portugal, *The Science of The Total Environment*, 313, (1-3) : 49-60

Chan A.T., Spengler J., Ozkaynak H. and Lefkopoulou M. (1991) Commuter exposures to VOCs in Boston, Massachusetts, *J. of the Air & Waste Manag. Assoc.*, 41: 1594-1600

Christensen C.S., Skov H., Nielsen T. and Lohse C. (2000) Temporal variation of carbonyl compound concentrations at a semi-rural site in Denmark, *Atm. Environment*, 34(2): 287-296

Clarisse B., Laurent A.M., Seta N. *et al.* (2003) Indoor aldehydes: measurement of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings, *Environmental Research*, 92(3): 245-53

Dingle P., Franklin P. (2002) Formaldehyde levels and the factors affecting these levels in homes in Perth, Western Australia, *Indoor + Built Environment*, 11: 111-116

Domsic S., Squinazi F. (2001) Connaissance de l'exposition de jeunes enfants à la pollution atmosphérique dans les crèches parisiennes. Convention DRASSIF-LHVP. Avenant n°10, Rapport d'étape. Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris. Mairie de Paris

Domsic S., Squinazi F. (2002) Connaissance de l'exposition de jeunes enfants à la pollution atmosphérique dans les crèches parisiennes. Convention DRASSIF-LHVP. Avenant n°10, Complément au rapport. Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris. Mairie de Paris

Ferrari C. *et al.* (1998) Aromatic hydrocarbons and aldehydes in the atmosphere of Grenoble, France, *Chemosphere*, 37(8): 1587-1601


Gilbert N.L., Guay M. *et al.* (2005) Levels and determinants of formaldehyde, acetaldehyde and acrolein in residential indoor air in Prince Edward Island, Canada, *Environmental Research*, 99(1): 11-17

- Ginestet A., Ribot B., Henninot M., Pugnet D. (2003) Indoor air quality in two different office buildings. Part 2 : Indoor and outdoor airborne particulate levels and air filtration. Healthy Buildings 2003, 7th International Conference 7-11th Dec. Singapore. 104-110.
- Godet Y. et Zdanevitch I. (2003) Exposition aux aldéhydes dans différents micro-environnements, INERIS, LCSQA Convention 31/2001
- Gonzalez N., Cicoella A., Bates M. and Bastin E. (1999) Pilot Study of Personal Indoor and Outdoor Exposure to Benzene, Formaldehyde and Acetaldehyde, Environmental Science and Pollution Research, 6: 95-102 (Travaux réalisés dans le cadre du Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air, LCSQA)
- Granby K., Christensen C., Lohse C. (1997) Urban and semi-rural observations of carboxylic acids and carbonyls, Atmospheric Environment, 31(10) : 1403-1415
- Grimaldi F., Vandaele S., Muls E. *et al.* (1992) Étude de la pollution de l'air à l'intérieur de deux locaux d'enseignement à Marseille, Pollution atmosphérique, 133 : 43-53
- Grosjean D., Grosjean E. and Moreira L.F.R. (2002) Speciated Ambient Carbonyls in Rio de Janeiro, Brazil, Environmental Science & Technology, 36(7): 1389-95
- Gustafson P., Barregard L., Lindhal R., Sallsten G. (2005) Formaldehyde levels in Sweden : personal exposure, indoor, and outdoor concentrations, Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 15: 252-260
- Guo H., Lee S.C. *et al.* (2004) Characterization of hydrocarbons, halocarbons and carbonyls in the atmosphere of Hong Kong, Chemosphere, 57(10): 1363-1372
- HABIT'AIR (2006) Connaissance de la qualité de l'air intérieur en région Nord – Pas de Calais, Phase 1 du programme HABIT'AIR Nord-Pas de Calais, Comité départemental d'habitat et d'aménagement rural du Nord-Pas de Calais, CDHR-62.
<http://www.lairvudelinterieur.fr>
- Hodgson A.T., Rudd A.F. *et al.* (2000) Volatile Organic Compound concentration and emission rates in new manufactured and site-built houses, Indoor Air, 10: 178-182.
- Hodgson A.T., Beal D. *et al.* (2002) Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house, Indoor Air, 12(4): 235-242
- IEH (1999) Volatile organic compounds (including formaldehyde) in the home, Institute for Environment and Health, University of Leicester. <http://www.le.ac.uk/ieh/>
- Iwata T., Tsukahara H. and Hori M. (2003) Aldehydes and VOCs in newly-built unoccupied houses in Tokyo. Proceedings Healthy Buildings Conference, 154-159
- Jurvelin J., Vartianinen M. *et al.* (2001) Personal exposure levels and microenvironmental concentrations of formaldehyde and acetaldehyde in the Helsinki metropolitan area, Finland, Journal of the Air & Waste Management Association, 51(1): 17-24
- Jo W.-K., Lee J.-W. (2002) In-Vehicle Exposure to Aldehydes While Commuting on Real Commuter Routes in a Korean Urban Area, Environmental Research, 88(1): 44-51
- Kinney P.L., Chillrud S.N. *et al.* (2002) Exposures to Multiple Air Toxics in New York City, Environmental Health Perspectives, 110, Supp. 4, 539-546
- Laurent A.M., Person A., Petit-Coviaux F. *et al.* (1993) Chemical characterization of indoor air quality inside schools in Paris, Proceedings Indoor Air'93, Helsinki, vol 3: 23-28
- Lawryk N.J., Weisel C.P. (1996) Concentrations of Volatile Organic Compounds in the passenger compartments of automobiles, Environmental Science & Technology, 30: 810-816
- Lévesque B., Allaire S., Gauvin D. *et al.* (2001) Wood-burning appliances and indoor air quality, Science of the Total environment, 281: 47-62

- Le Moullec Y., Dusséaux M., Thibault G. (2004) Connaissance de l'exposition des citoyens à la pollution atmosphérique dans les établissements de loisir : gymnases. Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Mairie de Paris.
- Li W-M., Lee S.C., Chan L.Y. (2001) Indoor air quality at nine shopping malls in Hong-Kong, *The Sc. of Total Environment*, 273, 27-40
- Marchand C., Bulliot B., Le Calvé S. et Mirabel P. (2006) Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg, France, *Atmospheric Environment*, 40: 1336-1345
- LCSQA (2000) Étude de l'exposition totale de populations urbaines aux aldéhydes, Meininghaus R., Gonzalez-Flesca N., Cicoella A. INERIS/Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air, Loi sur l'air – Convention 13/98
- Mosqueron L. et Nedellec V. (2001) Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, rapport OQAI référencé DDD/SB-2002-23. <http://www.air-interieur.org>
- Parat S., Perdrix A., Baconnier P. (1999) Étude des relations entre climatisation, micro-organismes aéroportés et santé, *Bull Acad Natle Med*, 183 (2) : 327-344
- Possanzini M., Di Palo V. and Cecinato A. (2002) Sources and photodecomposition of formaldehyde and acetaldehyde in Rome ambient air, *Atmospheric Environment*, 36(19): 3195-3201
- QUALIT'AIR (2004) Synthèse de la qualité de l'air. <http://www.atmo-qualitair.net/>
- Ravel D. (2002) Évaluation de la qualité de l'air intérieur dans quelques lieux publics en Bourgogne, *École Nationale de Santé Publique et Atmos'air Bourgogne*. 87p.
- Raw G.J., Coward S.K.D. *et al.* (2004) Exposure to air pollutants in English homes, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14: S85-S94
- RSEIN (2005) Actes de la journée scientifique « Qualité de l'air intérieur dans les écoles », Ministère de l'écologie et du développement durable, 4 juillet 2005. <http://rsein.ineris.fr>
- Reynolds S.J., Black D.W., Borin S.S. *et al.* (2001) Indoor environmental quality in six commercial office buildings in the Midwest United States, *Applied Occ. Env. Hygiene*, 16(11): 1065-1077
- Ribot B., Ginestet A., Henninot M., Pugnet D. (2003) Indoor air quality in two different commercial buildings : Part 1 : ventilation, temperature, humidity of air and gas concentrations. *Healthy Buildings 2003*, 7th Int. Conf. 7-11th Dec. Singapore. 620-625.
- Rudblad S., Andersson K., Stridh G. *et al.* (2002) Slowly decreasing mucosal hyperreactivity years after working in a school with moisture problems, *Indoor Air*, 12(2): 138-144
- Schupp T., Bolt H.M. et Hengstler J.G. (2005) Maximum exposure levels for xylene, formaldehyde and acetaldehyde in cars, *Toxicology*, 206, 461-470
- Smedje G. and Norbäck D. (2001) Irritants and Allergens at School in Relation to Furnishing and Cleaning, *Indoor Air*, 11: 127-133
- Ullrich D., Gleur C., Lusansky C. *et al.* (2002) German Environmental Survey of children and teenagers 2000 (GerES IV): a representative population study including indoor pollutants. *Proceedings Indoor Air 2002*, p. 209-214

ANNEXES

Annexe 1 : Lettres des saisines



LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

COURRIER REÇU LE
30 NOV. 2004
8294

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale
Direction de la prévention des pollutions et des risques

MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PROTECTION SOCIALE
Direction générale de la santé
DGS / SD7C / 723

001058

Le directeur général de la santé
Le directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale
Le directeur de la prévention des pollutions et des risques

à

Madame la directrice
Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale
27-31 Avenue du Général Leclerc
94701 MAISONS ALFORT

Paris, le **24 NOV. 2004**

OBJET : Evaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs

REF : Saisine du 28 avril 2004 (Procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction)

Madame la directrice générale,

Par courrier du 28 avril 2004 cité en référence, nous vous avons sollicitée pour la mise en place d'une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction.

Le 15 juin 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a annoncé que le formaldéhyde est cancérigène pour l'homme. Nous avons donc saisi l'INRS en juillet 2004, afin qu'il travaille à la révision de la classification européenne du formaldéhyde.

Dans ce contexte, nous sollicitons à nouveau l'expertise de votre agence sur cette substance afin de procéder en particulier à une évaluation des risques sanitaires engendrés par son exposition dans les environnements intérieurs en France – qu'il soit émis par les produits de construction ou par toute autre source – ainsi que dans les environnements extérieurs. Cette évaluation des risques suivra, pour ce qui concerne les matériaux de construction, la méthodologie élaborée dans le cadre de la saisine du 28 avril 2004.

A cette fin, nous vous demandons notamment de :

- analyser les données toxicologiques disponibles relatives au formaldéhyde. S'agissant des données sur l'effet cancérigène, vous voudrez bien vous rapprocher de l'INRS ;
- identifier précisément les produits concernés par la présence de formaldéhyde ;
- analyser et quantifier les voies d'exposition et préciser (inventaire et poids relatif) les sources directes et indirectes de formaldéhyde ;
- procéder à une évaluation du risque global pour la population générale tant pour les effets cancérigènes que pour les autres effets (irritant, sensibilisant...). Une attention particulière sera portée à la population sensible que constituent les enfants. Les conclusions de l'évaluation des risques devront être comparées aux éventuelles études épidémiologiques existantes ;
- indiquer l'existence de produits de substitution non dangereux ou moins dangereux, selon les types d'utilisation.

En vue de l'identification des produits contenant du formaldéhyde, vous voudrez bien tenir compte en particulier des usages biocides (notamment à des fins domestiques, en tant qu'insecticide et désinfectant). Ces usages, pour lesquels nous vous précisons que le formaldéhyde sera évalué au niveau communautaire entre 2006 et 2010, sont listés à l'annexe 2 du règlement 2032-2003.

Plus généralement, vous voudrez bien vous rapprocher de l'INRS à qui il a été d'ores et déjà demandé d'interroger sa base de données SEPIA / ORFILA. Il sera nécessaire de compléter ces informations par des données concernant d'autres produits destinés au consommateur. A cette fin, vous vous rapprocherez également des centres antipoison et de toxicovigilance (CAPTV), qui pourront interroger leurs banques de données (banque des produits et compositions et banque des cas d'intoxication, constituant le système informatique des CAP : SICAP). Ceci vous permettra, d'une part, de recueillir les informations relatives aux produits et compositions contenant du formaldéhyde, saisis dans les banques nationale et locales des produits et compositions (nombre de produits en contenant, catégories de produits concernés...) et, d'autre part, d'obtenir des données relatives aux cas d'intoxication imputés au formaldéhyde déclarés auprès des 13 CAPTV et enregistrés dans les banques nationale et locales des cas d'intoxication.

Nous vous saurions gré de nous faire parvenir une note d'étape sur l'organisation de vos travaux en réponse à cette saisine pour le mois de janvier 2005 et un rapport final pour juin 2005.

Nos services se tiennent à votre disposition pour de plus amples renseignements.

Nous vous prions d'agréer, Madame la directrice générale, l'assurance de notre considération distinguée.

Le directeur général de la santé,



Professeur William DAB

Le directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale,

Le directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale

Dominique BUREAU

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques,

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques, délégué aux risques majeurs

Thierry TROUVE



Ministère de l'emploi, du travail et de la cohésion sociale

COURRIER REÇU LE

- 5 JAN. 2005

8872

Direction
des relations du travailSous-direction des conditions
de travail et de la protection
contre les risques du travailBureau de la protection de la
santé en milieu de travail -
CT 2
39-43, quai André Citroën
75902 Paris cedex 15Téléphone : 01 44 38 26 73
01 44 38 24 69

Télécopie : 01 44 38 26 48

Le directeur des relations du travail

à

Madame FROMENT VEDRINE,
directrice générale de l'Agence française de
sécurité sanitaire environnementale
27-31 Avenue du Général Leclerc
94701 MAISONS ALFORT

Copie :

M. William DAB (DGS), M. Thierry TROUVE
(DPPR), M. Dominique BUREAU (D4E)

Paris, le 30 décembre 2004

Affaire suivie par : Marielle FAYOL / Céline POUJOULAS

Tél : 01 44 38 31 33 / 01 44 38 27 89

Mél : marielle.fayol@drt.travail.gouv.fr / celine.poujoulas@drt.travail.gouv.fr

Objet : **évaluation des risques sanitaires engendrés par l'exposition de la population générale et des travailleurs au formaldéhyde et aux éthers de glycol.**

Réf. : saisines conjointes des ministères chargés de la santé et de l'environnement en date du 24 novembre 2004 sur le formaldéhyde et du 14 octobre 2003 sur les éthers de glycol.

Le 24 novembre 2004 et le 14 octobre 2003, l'AFSSE a été saisie par la direction générale de la santé (DGS), la direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) et la direction de des études économiques et de l'évaluation environnementale (D4E) afin d'évaluer les risques sanitaires engendrés par l'exposition de la population au formaldéhyde et aux éthers de glycol.

En accord avec mes collègues et, plus particulièrement, le directeur général de la santé, je souhaite qu'à l'avenir les questions relatives aux dangers et aux risques des substances chimiques en milieu professionnel soient - de manière générale - prises en compte dans le cadre des expertises et avis qui vous sont demandés en la matière, conformément à la logique commune qui a conduit à l'élaboration du PNSE.

C'est pourquoi, je vous demande de bien vouloir étendre les investigations que vous avez d'ores et déjà engagées pour répondre aux saisines précitées concernant le formaldéhyde et les éthers de glycol aux aspects relatifs à l'exposition des travailleurs.

Je vous serais obligé, en conséquence, de bien vouloir me rendre destinataire des notes d'étape et des rapports définitifs sur ces sujets, en y incluant les données relatives à l'exposition en milieu de travail.

Le directeur des relations du travail

Jean-Denis COMBEXELLE

G:\-CT2\CHIMIE\Formaldéhyde\Notes\saisine afsse 2.doc

Annexe 2 : Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine

RAPPEL DES RUBRIQUES DE LA DECLARATION PUBLIQUE D'INTERETS

IP-A	Interventions ponctuelles : autres
IP-AC	Interventions ponctuelles : activités de conseil
IP-CC	Interventions ponctuelles : conférences, colloques, actions de formation
IP-RE	Interventions ponctuelles : rapports d'expertise
IP-SC	Interventions ponctuelles : travaux scientifiques, essais, etc.
LD	Liens durables ou permanents (Contrat de travail, rémunération régulière ...)
PF	Participation financière dans le capital d'une entreprise
SR	Autres liens sans rémunération ponctuelle (Parents salariés dans des entreprises visées précédemment)
SR-A	Autres liens sans rémunération ponctuelle (Participation à conseils d'administration, scientifiques d'une firme, société ou organisme professionnel)
VB	Activités donnant lieu à un versement au budget d'un organisme

SYNTHESE DES DECLARATIONS PUBLIQUES D'INTERETS DES MEMBRES DU CES PAR RAPPORT AU CHAMP DE LA SAISINE

<p>ALARY René</p> <p>LD</p> <p>Responsable du Département Air du Laboratoire Central de la Préfecture de Police (LCPP) jusqu'en septembre 2007</p> <p>IP-CC</p> <p>Membre du Conseil Scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	1 ^{er} juin 2004
	20 juin 2005
	16 juin 2006
	06 novembre 2006
	06 février 2007
	27 mars 2008
<p>ANNESI-MAESANO Isabella</p>	25 juin 2003
	08 novembre 2006
	27 novembre 2007

	<p>IP-AC</p> <p>Participation au Conseil Scientifique de l'étude OPALL (Observatoire Allergie), étude financée par UCB Pharma</p> <p>Participation au Conseil Scientifique de l'étude DREAMS (rhinite allergique et troubles du sommeil), étude financée par GSK</p> <p>SR-A</p> <p>Participation au Conseil Scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	
BLANCHARD Olivier		<p>1^{er} juillet 2003</p> <p>30 novembre 2005</p> <p>09 février 2006</p> <p>19 juin 2006</p> <p>21 mars 2007</p> <p>05 février 2008</p>
	<p>LD</p> <p>Salarié de l'INERIS</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	
De BLAY de GAIX Frédéric	(membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » jusqu'au 14 juin 2007)	28 décembre 2005
	N'a pas participé aux travaux	
CABANES Pierre-André		<p>29 juin 2004</p> <p>23 janvier 2006</p> <p>09 février 2007</p> <p>23 janvier 2008</p> <p>27 mars 2008</p>
	<p>LD</p> <p>Rédacteur en chef de la revue « Environnement, Risques et Santé » aux Éditions John Libbey (emploi complémentaire)</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	

<p>CAMPAGNA Dave</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>		<p>28 juin 2004</p> <p>21 novembre 2005</p> <p>08 novembre 2006</p> <p>13 décembre 2006</p> <p>03 décembre 2007</p> <p>27 mars 2008</p>
<p>DELMAS Véronique</p> <p>SR-A</p> <p>Membre du Conseil Scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>		<p>02 février 2003</p> <p>22 juin 2006</p> <p>22 mars 2007</p> <p>05 février 2008</p>
<p>ELICHEGARAY Christian</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>		<p>06 février 2003</p> <p>19 juin 2006</p> <p>21 mars 2007</p> <p>05 février 2008</p>
<p>EZRATTY Véronique (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » depuis le 15 juin 2007)</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>		<p>10 octobre 2007</p>
<p>FILLEUL Laurent</p> <p>Démission le 7 novembre 2006</p> <p>N'a pas participé aux travaux</p> <p>Analyse Afsset : /</p>		<p>17 juin 2003</p> <p>21 décembre 2005</p> <p>16 juin 2006</p>
<p>GARNIER Robert</p> <p>Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>		<p>19 mai 2004</p> <p>20 octobre 2005</p> <p>12 octobre 2006</p> <p>20 février 2008</p>

GARREC Jean-Pierre	04 février 2003
Démission le 2 novembre 2006	
N'a pas participé aux travaux	
Analyse Afsset : /	
GLORENNEC Philippe	04 juillet 2003 20 octobre 2005 08 novembre 2005 23 novembre 2006 03 décembre 2007 27 mars 2008
IP-SC	
Réalisation d'analyses d'air donnant lieu à versement à l'organisme d'appartenance (LERES-EHESP : Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé de l'École des Hautes Etudes en Santé Publique)	
Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
JUST Jocelyne	20 mai 2004 26 octobre 2005
Démission le 2 février 2007	
N'a pas participé aux travaux	
Analyse Afsset : /	
KIRCHNER Séverine	17 juin 2003 27 mars 2008
LD	
Ingénieur au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) – Responsable scientifique du projet de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur	
Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
LEFRANC Agnès (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » depuis le 15 juin 2007)	10 octobre 2007 05 février 2008
Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset : /	

<p>MATHIEU Laurence</p> <p style="text-align: right;"><i>Démission le 28 novembre 2006</i></p> <p>N'a pas participé aux travaux</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	<p>03 juillet 2003</p> <p>10 janvier 2005</p> <p>21 octobre 2005</p> <p>16 juin 2006</p> <p>03 juillet 2007</p>
<p>MILLET Maurice</p> <p style="text-align: right;">Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	<p>12 juin 2003</p> <p>25 octobre 2005</p> <p>06 novembre 2006</p> <p>21 mars 2007</p> <p>07 décembre 2007</p> <p>27 mars 2008</p>
<p>MORCHEOINE Alain</p> <p style="text-align: right;">VB</p> <p>Membre du Conseil de Surveillance de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	<p>17 juillet 2003</p> <p>27 mars 2008</p>
<p>MOREL Yannick</p> <p style="text-align: right;">Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	<p>17 juillet 2003</p> <p>12 février 2007</p> <p>27 mars 2008</p>
<p>MORIN Jean-Paul</p> <p style="text-align: right;">Aucun lien déclaré</p> <p>Analyse Afsset : /</p>	<p>29 juin 2004</p> <p>18 octobre 2005</p> <p>09 novembre 2005</p> <p>13 juin 2006</p> <p>26 février 2007</p> <p>27 novembre 2007</p> <p>27 mars 2008</p>

NEMERY de BELLEVAUX	Benoît (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » jusqu'au 14 juin 2007)	23 avril 2004 05 octobre 2006 17 janvier 2007
N'a pas participé aux travaux		
Analyse Afsset : /		
PARIS	Christophe	20 juin 2003 15 décembre 2005 09 janvier 2006 27 mars 2008
Aucun lien déclaré		
Analyse Afsset : /		
PEUCH	Vincent-Henri	22 avril 2004 24 octobre 2005 11 février 2007 29 novembre 2007
Aucun lien déclaré		
Analyse Afsset : /		
POINSOT	Charles	16 juin 2003 08 novembre 2005 18 juin 2006
LD		
Assistant du Président de la Fédération ATMO France, Directeur à ATMO Nord - Pas de Calais		
Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.		
PONS	Françoise	28 juin 2004
Démission le 7 novembre 2006		
N'a pas participé aux travaux		
Analyse Afsset : /		
RAMEL	Martine	24 juin 2003 05 février 2008
LD		
Responsable du Programme Laboratoire Central de la Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) de l'Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS)		
SR-A		

	Membre du Conseil Scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)	
Analyse Afsset :	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
SLAMA Rémy	(membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » depuis le 15 juin 2007)	10 octobre 2007
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
SQUINAZI Fabien	(membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » depuis le 15 juin 2007)	10 octobre 2007
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
VENDEL Jacques	(membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » depuis le 15 juin 2007)	1 ^{er} juillet 2005 10 octobre 2007
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	

SYNTHESE DES DECLARATIONS PUBLIQUES D'INTERETS DES MEMBRES DU GT PAR RAPPORT AU CHAMP DE LA SAISINE

CABANES Pierre-André	(membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »)	29 juin 2004 23 janvier 2006 09 février 2007 23 janvier 2008 27 mars 2008
	LD	
	Rédacteur en chef de la revue « Environnement, Risques et Santé » aux Éditions John Libbey (emploi complémentaire)	
Analyse Afsset :	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
CÉZARD Christine		16 septembre 2003 19 décembre 2006 22 novembre 2006
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
DEROUBAIX Gérard		05 février 2003 19 juin 2003

		27 septembre 2004 11 octobre 2006 28 novembre 2006 19 juin 2007
	<p>LD</p> <p>Directeur pôle Environnement - Santé au FCBA, Institut technologique (Institut technologique : Forêt, Cellulose, Bois-Construction, Ameublement)</p> <p>IP-AC</p> <p>Étude pilote dossier « Formulation protection du bois » pour une société du domaine, donnant lieu à versement à l'organisme d'appartenance (FCBA) en 2006</p> <p>Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.</p>	
ELICHEGARAY	Christian (président du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »)	06 février 2003 19 juin 2006 21 mars 2007 05 février 2008
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
EZRATTY	Véronique (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » depuis le 15 juin 2007)	10 octobre 2007
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
JUST	Jocelyne	20 mai 2004 26 octobre 2005
	Démission le 24 février 2006	
	N'a pas participé aux travaux	
Analyse Afsset :	/	
LAVOUÉ	Jérôme	14 février 2007
	Démission le 30 avril 2008	
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
LOMBARD	Alain	08 décembre 2006 03 janvier 2007 27 septembre 2007
	Démission le 20 novembre 2007	
	LD	
	Retraité d'ORKEM/ELF ATOCHEM/ATOFINA/ARKEMA depuis 2005	

	Président, fondateur et membre unique de « Alain Lombard Toxicology consulting EURL ALLOTOXCONSULTING » depuis 2007	
	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
Analyse Afsset :		
PAILLER François-Marie		11 juin 2003 16 septembre 2003 25 octobre 2005
	<i>Intuitu Personae depuis le 1^{er} janvier 2006</i> <i>Démission le 02 novembre 2006</i> Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
PARIS Christophe (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »)		20 juin 2003 15 décembre 2005 09 janvier 2006 27 mars 2008
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
PERRAULT Guy		31 octobre 2006
	LD Expert Conseil au Québec, « Guy Perrault, Consultation en R&D et expertise en sécurité et santé au travail »	
Analyse Afsset :	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
PILORGET Corinne		16 février 2007
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
PLENAT François		12 janvier 2007
	Aucun lien déclaré	
Analyse Afsset :	/	
RAMEL Martine (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »)		24 juin 2003 05 février 2008
	LD Responsable du Programme Laboratoire Central de la Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) de l'Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS)	

SR-A

Membre du Conseil Scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)

Analyse Afsset : Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.

ORGANISME-EXPERT PARTICIPANT

L'**Ineris** est représenté par Mme Blandine DOORNAERT qui a démissionné en juillet 2007 et par Mme Corinne MANDIN.

L'**InVS** est représenté par M. Frédéric DOR.

Le **CSTB** est représenté par Mme Séverine KIRCHNER et M. François MAUPETIT.

L'**INRS** est représenté par M. Raymond VINCENT et par Mme Annie LAUDET qui a démissionné en avril 2007. Elle a été remplacée par M. Stéphane BINET.

L'**Afssaps** est représentée par MM. Fabien LAVERGNE et Dominique MASSET pour les aspects relatifs à la veille toxicologique et, pour les aspects relatifs aux cosmétiques, par Mme Céline DELERME, remplacée par Mme Estelle KOT, elle-même remplacée par Mme Cécile VERDIER. L'Afssaps a également été représentée par M. François-Marie PAILLER qui a quitté l'Agence le 1^{er} janvier 2006 mais a continué de participer au GT à titre *Intuitu Personae* jusqu'à sa démission le 02 novembre 2006.

L'**Afssa** est représentée par MM. Fernando AGUILAR et Pierre MARIS.

Le **LNE** est représenté par Mme Marianne RAMAZ et M. Jacques WEBER qui ont démissionné le 12 octobre 2006. Ils ont été remplacés par Mme Béatrice LALÈRE.

Le **Circ** est représenté par Yann GROSSE.

La **CSC** a été représentée par M. Jacques BÉDOUIN qui a démissionné le 21 février 2006.

Les **Centres Antipoison** sont représentés par Mme Claudine CABOT (CAP Toulouse) et M. Jacques MANEL (CAP Nancy).

La **MSA**, représentée par M. Antoine SCHWOERER qui a démissionné en février 2008, a signé une attestation, le 21 mai 2007, garantissant l'absence de liens de nature à présenter un conflit d'intérêt avec le champ de la saisine.

Annexe 3 : Inventaire des concentrations dans l'air ambiant extérieur

Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Environnement	Saison	Pays	Année	Référence bibliographique
1,9 µg/m ³	1,3 - 15,4 µg/m ³	529	Tube passif Radiello	Tout environnement	Toute l'année	France	2003-2005	OQAI, 2006
4,3 µg/m ³	1,0 - 14 µg/m ³	?		Urbain		France (Paris)		AirParif, 2004
6,4 µg/m ³	-	?		Trafic	?	France	2004	Air LR, 2004
2,6 µg/m ³	2,4 - 4 µg/m ³	?		Urbain	?			
3,3 µg/m ³	3,2 - 3,4 µg/m ³	?		Proximité aéroport	?	France (Montpellier)		
1,06 µg/m ³	?	?	Actif / DNPH	Rural	Toute l'année	France (Donon)	1997-2001	Borbon, 2004
?	2,5 - 23 µg/m ³	?	Actif / DNPH	Urbain	Mai	France (Grenoble)	1995	Ferrari, 1998
1,5 µg/m ³	?	?	Radiello, 1 semaine	Proximité industrielle	Toute l'année		2002-03	ARPAM, 2004
0,9 µg/m ³	?	?	Actif / DNPH	Urbain	Février	Danemark (Copenhague)	1994	Granby, 1997
1,5 µg/m ³	?	244	Actif / DNPH 4h le jour 12h la nuit	Semi-rural (ville de 40000 hab. à 6km)	Mai-juillet	Danemark	1995	Christensen, 2000
?	9 - 21 µg/m ³	?	Actif / DNPH	Urbain	Hiver	Italie (Rome)	1994 - 1997	Possanzini, 2002
?	10 - 35 µg/m ³	?			Eté			

Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Environnement	Saison	Pays	Année	Référence bibliographique
8,9 µg/m ³	?	10	Radiello24h ou 72h	Urbain	Juillet-août	Italie (Milan)	1998	Andreini, 2000
par site : 8,0 ; 9,8 ; 9,5 ; 15,7 ; 9,5 µg/m ³	?	5 pvlts / site 5 sites			Janvier		1999	
Hiver : 5 µg/m ³ Été : 6 µg/m ³	?	2 sites	Actif / DNPH	Urbain	Hiver puis été	Hong-Kong	2001	Guo, 2004

Annexe 4 : Inventaire des concentrations dans les logements

Pièce	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Remarques	Saison	Pays	Année	Ref biblio
Chambre	19,6 µg/m ³ (g)	1,3 - 86,3 µg/m ³	553	Radiello, 1 semaine	échantillon représentatif du parc	Toute l'année	France (métropole)	2003-2005	OQAI, 2006
Chambre	17,1 µg/m ³ (g)	2,8 - 47,3 µg/m ³	60	Radiello, 1 semaine	Volontaires fumeurs et non-fumeurs	Toute l'année	France (Nord-Pas de Calais)	2004-2005	OQAI, 2006
Cuisine	21,7 µg/m ³ (g)	2,3 - 120,3 µg/m ³	61	Capteur passif DNPH, 72 h	Volontaires non-fumeurs	Mars-Juin Sept-oct	France (Paris)	2001	Clarisse, 2003
Salon	24,3 µg/m ³ (g)		61						
Chambre	24,5 µg/m ³ (g)		61						
?	1,5 µg/m ³ (a) 0,6 µg/m ³ (g)	LD - 5,8 µg/m ³	30	Radiello, 48 h	-	Hiver	France (Marseille) Sentinelles de l'Air	2002	Adam, 2002
	7 µg/m ³ (a) 6,0 µg/m ³ (g)	3,0 - 12,0 µg/m ³	24			Eté			
?	18 µg/m ³	?		Prélèvement actif sur XAD2, 5*24h, HPLC/UV	C _{ext.} = 9 µg/m ³	?	France (Paris et IDF)	1987-1988	Barguil, 1990
Chambres	25 µg/m ³ (a)	16,0 - 44,6 µg/m ³	10	Radiello, 5 jours	C _{ext.} = 2,9 µg/m ³ (a) de 2,2 à 4,0 µg/m ³	Hiver	France (Nancy)	nov-97	Gonzalez, 1999
Cuisines	22 µg/m ³	2 - 60 µg/m ³	88	Radiello, 1 semaine	C _{ext.} = 2 µg/m ³	Toute l'année	France (Nord-Pas de C., Strasbourg, Aix-Marseille)	2001	OQAI, 2002
Chambres	25 µg/m ³	2 - 75 µg/m ³	88						

Pièce	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Remarques	Saison	Pays	Année	Ref biblio
Chambre	Année : 22,2 µg/m ³ (g) Printemps : 21,0 µg/m ³ Été : 22,5 µg/m ³ Automne : 26,1 µg/m ³ Hiver : 19,5 µg/m ³	1 - 171 µg/m ³	833	Capteur passif 3 jours	Tout type de logement	Toute l'année	Angleterre	Oct 97 - Fév. 99	Raw, 2004
Chambre	25 µg/m ³ (a) 20 µg/m ³ (g)	1 - ? µg/m ³ P95 = 50 µg/m ³	174	?	C _{extérieure} = 2 µg/m ³ (g) de 1 à 4 µg/m ³	?	Angleterre	1992	IEH, 2000
Salon	23 µg/m ³ (a) 19 µg/m ³ (g)	4 - 76 µg/m ³ p95 = 46 µg/m ³	174						
Chambre	26 µg/m ³ (a) 23 µg/m ³ (g)	9,9 - 58 µg/m ³	24	Capteur passif 24 h	-	Automne	Suède (Boras et Göteborg)	Oct - Nov 1999	Gustafson, 2005
Chambre	35 µg/m ³ (a) 29 µg/m ³ (g)	8,6 - 120 µg/m ³	40	Capteur passif 6 j	Cext. = 4,0 µg/m ³ (g) de 0,6 à 5,2 µg/m ³	Toute l'année		2000	
?	29,6 µg/m ³ (g)	5,5 - 82,7 µg/m ³	55	25 h de prélèvement en moyenne (de 19,5 à 57,2 h)	Résidences non fumeurs	Hiver	Canada	2002	Gilbert, 2005
?	38,2 µg/m ³ (g)	22,7 - 70,8 µg/m ³	4		Résidences comptant au moins 1 fumeur				
?	8,2 µg/m ³ (a)	max = 23,4 µg/m ³	34	24 h de prélèvement	Maisons avec foyer ou poêle à bois	?	Canada	?	Levesque, 2001
	9,9 µg/m ³ (a)	max = 19,5 µg/m ³	6		Maisons sans aucune combustion	?			
?	55 µg/m ³ (g)	Cmax. = 309 µg/m ³	329	Capteurs passifs	Ex-RFA (100 villes)	Toute l'année	Allemagne	1985-86 GerES I	VNC, 2004
Salon	70 µg/m ³ (g)	Cmax. = 816 µg/m ³	502	Capteurs passifs	Ex-RDA (50 villes)	Toute l'année		1991-92 GerES II	

Pièce	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Remarques	Saison	Pays	Année	Ref biblio
?	36 µg/m ³	?	58	Capteurs passif 1 semaine	Tout type de logement (150 villes)	?		2003 GerES IV	Ullrich, 2002
?	31,3 µg/m ³ (a) 25 µg/m ³ (g)	8,8 - 115 µg/m ³	160	?	Tout type de logement	?	Autriche	?	Hutter, 2002
Chambre	17,6 µg/m ³ (g)	écart-type 1,8 µg/m ³	37	Capteur passif 24 h	Cext. = 5,8 µg/m ³ (g) écart-type 1,5 µg/m ³	Hiver	Japon (Nagoya)	févr-98	Sakai, 2004
	8,3 µg/m ³ (g)	écart-type 1,5 µg/m ³	27	Capteur passif 24 h	Cext. = 1,3 µg/m ³ (g) écart-type 1,8 µg/m ³	Hiver - printemps	Suède (Uppsala)	Février - mai 1998	
Salon-salle à manger	43 µg/m ³ (g)	26 - 59 µg/m ³	4	Prélèvement actif 30' sur cartouche DNPH	maisons préfabriquées inoccupées (2 à 10 mois après installation)	juillet, nov. et mai	Etats-Unis (Floride)	1997-1998	Hodgson, 2000
	45 µg/m ³ (g)	18 - 73 µg/m ³	7		maisons "en dure" inoccupées (1 à 2 mois après finition)	1 déc., 3 en avril et 3 en nov.			
?	94,9 µg/m ³	?	1	Prélèvement actif 30' sur cartouche DNPH	3 mois après fin des travaux, maison meublée inoccupée Cext = 4,7 µg/m ³	Mars	Etats-Unis (Floride)	2000	Hodgson, 2002
?	12,1 µg/m ³	écart-type 5,0 µg/m ³	38	Prélèvement actif sur cartouche DNPH	Cext. = 2,1 µg/m ³ écart-type 0,9 µg/m ³	Hiver	Etats-Unis (New-York)	1999	Kinney, 2002
	20,9 µg/m ³	écart-type 11,0 µg/m ³	41		Cext. = 5,3 µg/m ³ écart-type 2,3 µg/m ³	Eté			
Cuisine	26 µg/m ³	1,3 - 110 µg/m ³	160	Capteur passif DNPH 3 jours	Maisons de tout type	Toute l'année	Australie	?	Dingle, 2002
Salon	26 µg/m ³	2,5 - 134 µg/m ³							

Pièce	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Remarques	Saison	Pays	Année	Ref biblio
Grande chambre	28 µg/m ³	2,5 - 176 µg/m ³							
Petite chambre	29 µg/m ³	2,5 - 208 µg/m ³							
?	42 µg/m ³ (a) 41 µg/m ³ (g)	8 - 78 µg/m ³	15	Prélèvement actif 48h sur cartouche DNPH	y compris logements avec fumeurs	Mai - Sept.	Finlande (Helsinki) Etude EXPOLIS	1997	Jurvelin, 2001

Annexe 5 : Inventaire des concentrations dans les écoles et les bureaux

Pièce	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Remarques	Saison	Pays	Année	Ref biblio
1 immeuble climatisé	?	Cmax = 90 µg/m ³	?	?	Même âge des bâtiments et mêmes activités	Mesures reproduites toute l'année	France (Paris)	1992	Parat, 1999
1 immeuble ventilé naturellement	?	Cmax = 50 µg/m ³	?	?					
3 bureaux (2 : 3ème étage et 1 au dernier)	201 µg/m ³	20 - 500 µg/m ³	11 / bureau (1/mois pdt 11 mois) : 30 validés	Prélèvement actif 24 heures	Très grande fluctuation entre les bureaux en juillet-août (facteur 7 à 10)	Mesures reproduites toute l'année	France (Paris)	Sept. 2001 à Août 2002	Ginestet, 2003 Ribot, 2003
Bureaux	14 µg/m ³	5,8 - 24 µg/m ³	10	Passif Radiello	-	Septembre	France (Nancy)	2000	ASPA, 2005-b
Bureaux de mairies	16 µg/m ³	11 - 30 µg/m ³	7	Passif Radiello 1 semaine	-	Février-Avril	France (Mulhouse et sa région)	2005	LCSQA, 2000
Bureaux	28 µg/m ³	?	419	?	-	Toute l'année	Allemagne	2001 - 2004	BGIA, 2005
6 immeubles de bureaux	5,0 ; 13,3 ; 11,7 ; 1,7 ; 8,1 ; 5,4 µg/m ³	?	4 par immeuble	Prélèvement actifs sur cartouches DNPH	Ventilation mécanique	Hiver - printemps	USA	Nov. 1996 - Avril 1997	Reynolds, 2001

Type d'école (maternelles, primaires)	Concentration moyenne	Gamme de concentrations	Nb plvt Technique	Type de ventilation	Pays	Villes	Saison	Envt	Concentration air extérieur	Réf biblio
1 maternelle	<u>Eté</u> matin : 32,6 +/- 24,6 µg/m ³ après-m. : 24,8 +/- 20,8 µg/m ³ <u>Hiver</u> matin : 19,7 +/- 9,3 µg/m ³ après-m. : 17,9 +/- 3,6 µg/m ³		Prélèvement actif 30' matin et soir		France	Marseille	oct sans chauffage janv 92 avec chauffage	Zone urbaine et industrielle Banlieue Nord	<u>Eté</u> matin 5,9 +/- 2,6 après-m. 8,4 +/- 3,5 <u>Hiver</u> matin 4,5 +/- 2,8 après-m. 4,7 +/- 3,6	(Grimaldi, 1992)
6 primaires et 4 crèches	<u>actif</u> : 46 +/- 32 µg/m ³ <u>passif</u> : 60 +/- 46 µg/m ³	<u>actif</u> : 7 - 91 µg/m ³ <u>passif</u> : 6 - 267 µg/m ³	Prélèvements actif et passif	9 en vent. naturelle et 1 avec air conditionné	France	Paris	janv 90 à avril 91		<u>actif</u> : 17 +/- 12 µg/m ³	(Laurent, 1993)
1 école	classe 1 : 11 µg/m ³ classe 2 : 16,6 µg/m ³ classe 3 : 17,2 µg/m ³	Sans objet	Capteurs passifs		France	Bourgogne	hiver mars 03		Ext1 : 2,8 µg/m ³ Ext2 : 2,6 µg/m ³ Ext3 : 3,6 µg/m ³	(Atmosph'air Bourgogne, 2003 ; Ravel, 2002)
1 halte-garderie	<u>Eté</u> : 26,1 ; 39,3 ; 37,1 µg/m ³ <u>Hiver</u> : 20,1 ; 31,5 µg/m ³	Sans objet		Juillet 2002 Mars 2003			<u>Eté</u> : 3,2 µg/m ³ <u>Hiver</u> : 2,1 µg/m ³			
9 écoles (maternelles ou primaires)		13 à 67 µg/m ³	Capteurs passifs		France	Nord-Pas de C. Strasbourg Aix-Marseille	mars juillet 2001		4 µg/m ³ (max)	(OQAI, 2002)
écoles maternelles et primaires	<u>maternelles</u> : 27 µg/m ³ <u>primaires</u> : 22 µg/m ³	<u>maternelles</u> : 9 à 83 µg/m ³ <u>primaires</u> : 9 à 49 µg/m ³	<u>maternelles</u> : 222 <u>primaires</u> : 157		France	Strasbourg	17/11 au 16/12/04 et du 4 au 27/1/05	Zones urbaines et péri-urbaines		(ASPA, 2005)

Type d'école (maternelles, primaires)	Concentration moyenne	Gamme de concentrations	Nb plvt Technique	Type de ventilation	Pays	Villes	Saison	Envt	Concentration air extérieur	Réf biblio
20 éc. primaires par ville, 3 à 4 classes par école	Tous : 26,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Créteil : 26,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Reims : 23,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Mars : 23,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Strasb : 32,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CI-Fd : 31,36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Bdx : 21,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	De 4,1 à 107,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tous 108 écoles (401 classes) Créteil 21 (86) Reims 21 (68) Mars 17 (65) Strasb 15 (59) CI-Fd 18 (62) Bdx 16 (61)		France	Marseille Créteil Bordeaux Strasbourg Reims Clermont-Fd	Toute l'année		3 +/- 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(Annesi, 2001) ISAAC II
Crèches	<u>Salle des enfants</u> : 14,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a) 13,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g) <u>Cuisine</u> : 11,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a) 9,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g)	<u>Salle des enfants</u> : 1,5 - 56,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <u>Cuisine</u> : 3,1 - 39,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Radiello 48 h Salle des enfants : 218 plvts Cuisine : 43 plvts	?	France	Paris	Mars - avril 2000 Déc. 2000 - avril 2001	Zone urbaine	5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a) 5,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g) de 1,5 - 17,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 65 prélèvements (jardin)	(Domsic, 2002)
1 école cas (pbs importants de moisissures et travaux de réhabilitation il y a 3 ans) et 1 école témoin	cas : 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g) témoin : 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g)	cas : 8 - 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ témoin : 8 - 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	12 ds école-cas 7 ds école-témoin		Suède					(Rudblad, 2002)

Type d'école (maternelles, primaires)	Concentration moyenne	Gamme de concentrations	Nb plvt Technique	Type de ventilation	Pays	Villes	Saison	Envt	Concentration air extérieur	Réf biblio
39 écoles	8 µg/m ³ (a) 3 µg/m ³ (g)	< 5 - 72 µg/m ³	181 classes	80% des classes : ventil mécanique 20% des classes : ventil naturelle	Suède	Uppsala	mars - mai 1993 janv - mars 1994 janv - mars 1995	-	Non renseignée	(Smedge, 2001)

Annexe 6 : Inventaire des concentrations dans les transports

Habitacle	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvts	Pays/Ville	Saison	Environnement	Tech. anal.	Réf. Biblio
VOITURE	13,9 µg/m ³		2	France/Strasbourg	?	Stationnement	Actif / DNPH	Marchand, 2006
VOITURE	26,8 µg/m ³		2	France/Strasbourg	?	Circulation dense	Actif / DNPH	
VOITURE	16,6 µg/m ³		2	France/Strasbourg	?	Trafic fluide	Actif / DNPH	
VOITURE	Été : 14,3 µg/m ³ Hiver : 7,3 µg/m ³	Sans objet	1	France/Bourgogne			Capteur passif	Atmosf'Air Bourgogne, 2003
VOITURE	24 µg/m ³ (g) 25 µg/m ³ (a)	11 - 50 µg/m ³	80	Corée / Taegu	Juin-août 2000 Nov. 2000 - Janv. 2001	urbain	Actif / DNPH	Jo, 2001
BUS	25 µg/m ³ (g) 27 µg/m ³ (a)	11 - 36 µg/m ³	40					
VOITURE	0,3 µg/m ³	SD = 0,2 µg/m ³	11 (2 voitures)	USA / New-Jersey		péri-rurbain	Actif / DNPH	Lawryk, 1996
VOITURE	?	5 - 14 µg/m ³	13	USA / Sacramento	Sept.-oct 1997	urbain de 2 à 4 µg/m ³	DNPH / 2h	CARB, 1999
	?	< LD - 19 µg/m ³	16	USA / Los Angeles		urbain < LD - 22 µg/m ³	DNPH / 2h	
VOITURE	48 µg/m ³	?	?	Allemagne	23°C	?	?	Schupp, 2005
METRO	3,9 µg/m ³ (g) 4,5 µg/m ³ (a)	max. : 14,1 µg/m ³	38	USA / Boston	Nov. 1989 - Janv. 1990	Urbain	Actif / DNPH 1 heure	Chan, 1991

Habitacle	Concentration moyenne	Gamme	Nb plvts	Pays/Ville	Saison	Environnement	Tech. anal.	Réf. Biblio
VOITURE	4,4 µg/m ³ (g) 5,1 µg/m ³ (a)	max. : 19,7 µg/m ³	40					

Annexe 7 : Inventaire des concentrations dans les autres lieux

Lieu	Concentration	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Environnement	Saison	Pays	Année	Réf. biblio
Parking souterrain	22 µg/m ³	12 - 36 µg/m ³	6	Actif 8h / Sep-Pack	Urbain	Hiver Printemps	France (Paris)	2006	AFSSET, 2007
Parking souterrain	17 µg/m ³	10 - 22 µg/m ³	9	Passif / 4 jours					
Parking souterrain	19,2 µg/m ³	18 - 21 µg/m ³	4	Actif DNPH / 20 à 90 min	Urbain	Juin-sept	France (Strasbourg)	2004	Marchand, 2006
Gymnases	10,3 µg/m ³	4,6 - 23,2 µg/m ³	30	Passif / 3 jours	Urbain	Toute l'année	France (Paris)	2002 - 2003	LHVP, 2004
Aéroport de Nice	8,7 µg/m ³ (g) 9,0 µg/m ³ (a)	4,3 - 12,2 µg/m ³	6	Capteur passif		Hiver	France (Nice)	Déc. 2001- Fév. 2002	Qualit'air, 2004
	10,4 µg/m ³ (g) 9,6 µg/m ³ (a)	6,4 - 12,3 µg/m ³	6			Eté		Mai 2002 Sep. 2002	
Gare de l'Est	< LD	Sans objet	9	LD à 5 µg/m ³	Urbain C _{ext.} < LD (27 plvts)	Hiver	France (Paris)	2001	AirParif, 2001
Gare St-Lazare	< LD	Sans objet	9						AirParif, 2001
1 bar	Eté : 21,8 µg/m ³ Hiver : 44,4 µg/m ³	Sans objet	1 par saison	Capteur passif	Eté : C _{ext.} = 4,8 µg/m ³ Hiver : C _{ext.} = 3,8 µg/m ³	Eté puis hiver	France (Bourgogne)	Juillet 2002 et mars 2003	Atmosf'Air Bourgogne, 2003

Lieu	Concentration	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Environnement	Saison	Pays	Année	Réf. biblio
1 cinéma	Eté : 13,3 ; 32,8 µg/m ³ Hiver : 7,8 ; 10,6 µg/m ³	Sans objet	2 par saison						
1 salle de gym	Eté : 6,7 ; 8,6 µg/m ³ Hiver : 10,6 µg/m ³	Sans objet	1 ou 2 par saison						
Cinéma	11,4 µg/m ³	Sans objet	1	Capteur passif 1 semaine	Urbain	Printemps	France (Mulhouse)	2005	ASPA, 2005-b
Gare de Strasbourg	7,0 µg/m ³	5,3 - 9,3 µg/m ³	4	Actif DNPH / 20 à 90 min	Urbain	Juin-sept	France (Strasbourg)	2004	Marchand, 2006
Gares Lille Flandres et Lille Europe	3,8 µg/m ³	2,6 - 5,4 µg/m ³	10	Capteur passif 1 semaine	Urbain	Nov-janv	France (Lille)	2005- 2006	ATMO NPC, 2006
Bibliothèque	47 µg/m ³	31 - 62 µg/m ³	11	Actif DNPH / 20 à 90 min	Urbain	Juin-sept	France (Strasbourg)	2004	Marchand, 2006
Bibliothèque	91 µg/m ³	68 - 133 µg/m ³	3 par campagne, 2 campagnes	Passif 48h	Urbain	mars, puis juin	France (Strasbourg)	2006	ASPA, 2006
Centre commercial	29 µg/m ³	?	3	Capteur passif 1 semaine	Cext. = 2 µg/m ³	Juin-juillet	France (Troyes)	2004	ATMO Champagne- Ardennes, 2004
Centre commercial	22 µg/m ³	13 - 28 µg/m ³	10	Actif DNPH / 20 à 90 min	-	Juin-sept	France (Strasbourg)	2004	Marchand, 2006

Lieu	Concentration	Gamme	Nb plvt	Technique analytique	Environnement	Saison	Pays	Année	Réf. biblio
9 centres commerciaux	?	12 - 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Semaine : 20 Week-end : 20	Capteur passif 8h détection par colorimétrie	Urbain	Juin-oct.	Hong-Kong	1999	Li, 2001

Annexe 8 : Résultats de la campagne « Logements » de l'OQAI (extraits de [OQAI, 2006])



OBSERVATOIRE DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

Campagne nationale Logements Etat de la qualité de l'air dans les logements français Rapport final

2.1.2.3 Formaldéhyde

Conditions d'observation

- prélèvement sur tube passif et analyse en laboratoire ;
- lieu : chambre (ou équivalent), extérieur ;
- durée de prélèvement : intégration sur la semaine d'enquête.

Limites et incertitudes de mesure

- limite de détection LD : $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ limite de quantification LQ : $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- incertitudes : $(1,6 \pm 1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3)$; $(9,6 \pm 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3)$; $(17,9 \pm 4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3)$;
 $(39,0 \pm 7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3)$; $(85,3 \pm 20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3)$

Eléments de littérature

Sources d'émission potentielles : Photochimie, panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, émissions des livres et magazines neufs, tissus d'ameublement, peintures à phase solvant, fumée de tabac, photocopieurs.

Niveaux de concentrations moyens ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurés dans l'air intérieur des bâtiments en France et à l'étranger : voir tableaux dans l'annexe 6

Valeurs de référence disponibles (pour information) :

OMS :	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 min)
INDEX :	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un objectif de concentration aussi bas que possible (principe ALARA)
Norvège :	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 min)
Finlande ³⁰ (target value for indoor air quality and climate) :	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S1), $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S2), $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (S3)
Australie :	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Canada :	$123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1h), $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8h)

Remarque : Une valeur guide française est en cours d'élaboration à l'AFSSET

Valeurs caractéristiques des distributions des concentrations en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur et à l'extérieur des logements :

		Intérieur	Extérieur
Echantillon	Observations	554	529
	Minimum 1	1,3	Inf. à LD
	Minimum 2	1,7	Inf. à LD
	Maximum 1	86,3	15,4
	Maximum 2	81,8	9,4
Effectif national	Effectif représenté	23 881 729	22 591 476
	% inférieur à LD	0,0%	0,5%
	% entre LD et LQ	0,0%	7,6%
	P10	9,3	1,1
	P25	14,3	1,5
	Médiane	19,6	1,9
	P75	28,3	2,5
	P90	39,9	3,1
	P95	46,7	3,6
	% de logements dont le ratio est supérieur à 1		100,0%

Source : OQAI

Observations Nbre de logements enquêtés ayant des mesures valides

Min 1 minimum de la variable

Min 2 2^{ème} plus petite valeur ou classe

Max 1 maximum de la variable

Max 2 2^{ème} plus grande valeur ou classe

Effectif Nombre de logements du parc national représentés

LD Limite de Détection

LQ Limite de Quantification

P10 10%

P25 25%

médiane 50%

P75 75%

P90 90%

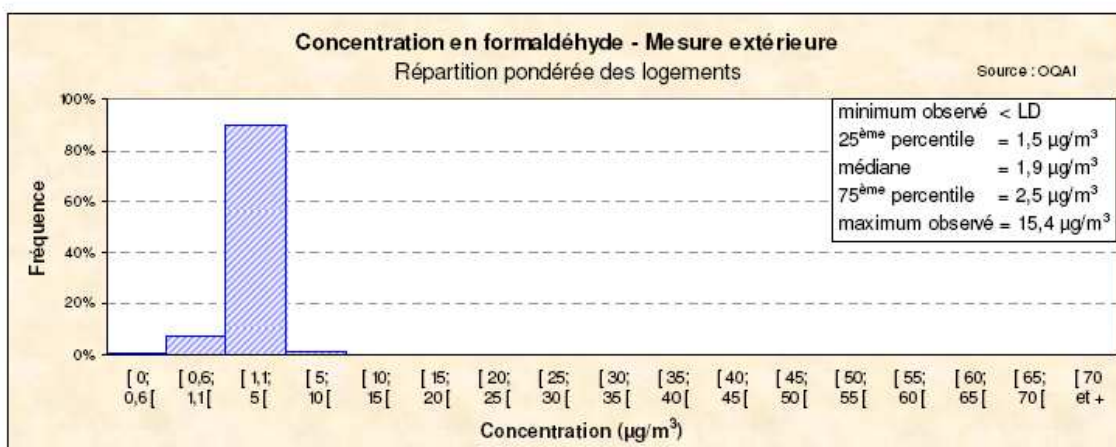
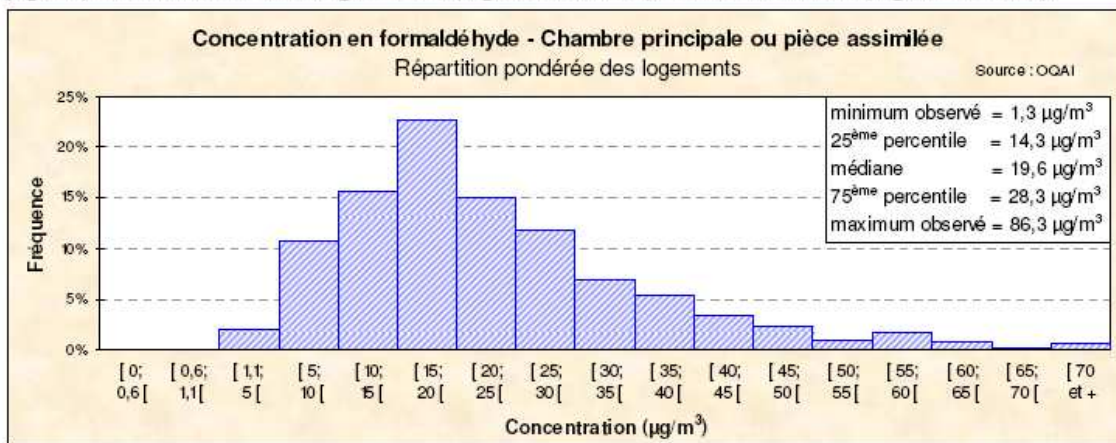
P95 95%

Ratio = $C_{\text{int}} / C_{\text{ext}}$

des logements sont situés en dessous de cette valeur

³⁰ Classification en 3 catégories S1, S2 et S3. S1 correspond à la qualité la meilleure (haut niveau de satisfaction des occupants et faibles niveaux de risques sanitaires). S2 correspond à une bonne QAI avec cependant une température élevée certains jours d'été. S3 correspond à un niveau de qualité ne devant pas occasionner d'effet sanitaire si le bâtiment est ventilé selon les règles de conception et qu'aucune source d'émission exceptionnelle n'existe. S3 correspond aux Land Use and Building Act (1999) et Health Protection Act (1994).

Fréquences relatives des logements en fonction de la concentration en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'intérieur des logements (figure du haut) et à l'extérieur (figure du bas)



Composé ubiquitaire dans les logements, **le formaldéhyde est l'un des composés organiques présentant des niveaux de pollution les plus élevés.** Ces niveaux (médiane à $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'intérieur, maxima à $86,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont en accord avec ceux mesurés récemment dans d'autres études en France. La médiane des concentrations est inférieure aux niveaux observés dans des études nationales ou dans le cadre d'études multicentriques à l'étranger (notamment l'Allemagne – $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - et Helsinki en Finlande - $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais elle reste cohérente avec la médiane anglaise ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les valeurs de référence disponibles sont indiquées ci-dessus. Ces données sont susceptibles d'évoluer du fait du classement récent du formaldéhyde dans le groupe 1 (cancérogène avéré pour l'homme) par le CIRC en juin 2004. A ce titre un groupe de travail a été constitué à l'AFSSET avec pour objet notamment l'évaluation du risque sanitaire lié à cette substance. L'élaboration de valeur(s) guide(s) pour le formaldéhyde est également en cours dans le cadre d'un second groupe de travail, coordonné conjointement par l'AFSSET et le CSTB, dont l'objet est d'élaborer des valeurs guides françaises pour les principaux polluants de l'air intérieur.

La comparaison des distributions avec les valeurs de recommandations proposé par le projet européen INDEX montre qu'environ 22% des logements du parc dépassent la valeur maximale proposée ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette valeur de recommandation de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est complétée par une valeur d'objectif à atteindre aussi basse que raisonnablement possible (principe ALARA). Cette logique conduirait à un pourcentage plus important de logements concernés.

Annexe 9 : Extraits des semainiers de la campagne pilote de l'OQAI [Dor et al., 2004]

Données brutes exploitées pour la détermination de la fraction de temps passé dans le logement

	Enfants de 0 à 15 ans		
	Percentile 10	Percentile 50	Percentile 95
Région 1 (nb heures/semaine)	84,25	133,24	151,75
Région 2 (nb heures/semaine)	28,87	102,64	138,8
Moyenne (nb heures/semaine)	56,56	117,94	145,28
Fraction de temps annuelle	0,34	0,70	0,86
	Adultes actifs		
	Percentile 10	Percentile 50	Percentile 95
Région 1 (nb heures/semaine)	48,75	97,75	151
Région 2 (nb heures/semaine)	61,01	101,9	143,87
Moyenne (nb heures/semaine)	54,88	99,83	147,44
Fraction de temps annuelle	0,33	0,59	0,88
	Adultes inactifs		
	Percentile 10	Percentile 50	Percentile 95
Région 1 (nb heures/semaine)	101,7	129,51	167,58
Région 2 (nb heures/semaine)	90	130	158,5
Moyenne (nb heures/semaine)	95,85	129,76	163,04
Fraction de temps annuelle	0,57	0,77	0,97



**agence française de sécurité sanitaire
de l'environnement et du travail**

253, avenue du Général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél. +33 1 56 29 19 30
afsset@afsset.fr

www.afsset.fr

ISBN 978-2-11-097830-1

