



Nathalie BONVALLOT ^{1*}, Corinne MANDIN ², Pierre-André CABANES ³,
Frédéric DOR ⁴, Yvon Le MOULLEC ⁵, Jean-Ulrich MULLOT ⁶,
Séverine KIRCHNER ⁷, René ALARY ⁸

VALEURS GUIDES DE QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR POUR LE FORMALDÉHYDE

RÉSUMÉ

La qualité de l'air intérieur représente une priorité de santé publique. Les Valeurs Guides de Qualité d'Air Intérieur (VGAI) fournissent une référence sanitaire pour protéger la population exposée dans les environnements intérieurs. L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) ont ainsi constitué en 2005 un groupe de travail pour proposer des VGAI pour des polluants jugés prioritaires en France, en particulier le formaldéhyde. Le groupe de travail a ainsi réalisé une synthèse des concentrations de formaldéhyde relevées dans l'air intérieur en France, des effets sanitaires, des valeurs guides internationales ou nationales, ainsi que des valeurs toxicologiques de référence. L'analyse critique de ces valeurs a conduit le groupe de travail à proposer deux VGAI pour le formaldéhyde, protégeant à la fois de l'irritation oculaire et nasale et des cancers du nasopharynx : 50 µg.m⁻³ pour 2 heures d'exposition et 10 µg.m⁻³ pour une exposition chronique.

les données de concentrations de polluants dans les environnements clos comme les logements ou les écoles. Ces nouvelles données ont montré la nécessité de disposer de valeurs guides permettant de qualifier les niveaux de pollution de l'air intérieur en termes de risques pour la santé des occupants de ces lieux. Ces valeurs guides ont également pour intérêt de motiver des mesures de gestion des risques et de pouvoir en vérifier l'efficacité. Elles peuvent ainsi être utiles pour la mise en place d'un étiquetage des produits de construction et de décoration concernant l'émissions de composés organiques volatils, annoncé dans le Grenelle de l'Environnement.

Jusqu'à maintenant, les valeurs guides existantes concernent principalement l'air extérieur. Certains polluants sont néanmoins spécifiques des environnements clos. Ce constat avait motivé des pays ou instances à élaborer spécifiquement des valeurs guides de qualité d'air intérieur : VGAI (dès 1987, par exemple, au Canada). En 2004, le projet INDEX, financé par la Direction générale de la santé et de la consommation de la Commission Européenne (DG-SANCO) avait ainsi pour but de proposer des VGAI pour 13 polluants prioritaires (European Commission, 2005a). A ce jour plusieurs pays (USA, Suède, Allemagne, Japon, etc.) ont développé des valeurs guides d'air intérieur dont les niveaux restent cependant hétérogènes selon les méthodologies d'élaboration suivies. Enfin, en 2006, l'Organisation Mondiale de la

I - INTRODUCTION

Les préoccupations concernant la pollution de l'air intérieur se sont considérablement accrues ces dernières années en raison de l'augmentation de certaines pathologies en lien avec l'environnement (asthme, allergies...) et de l'acquisition de nouvel-

¹ Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET)

² Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

³ EDF-GDF Service des études médicales

⁴ Institut de Veille Sanitaire (InVS)

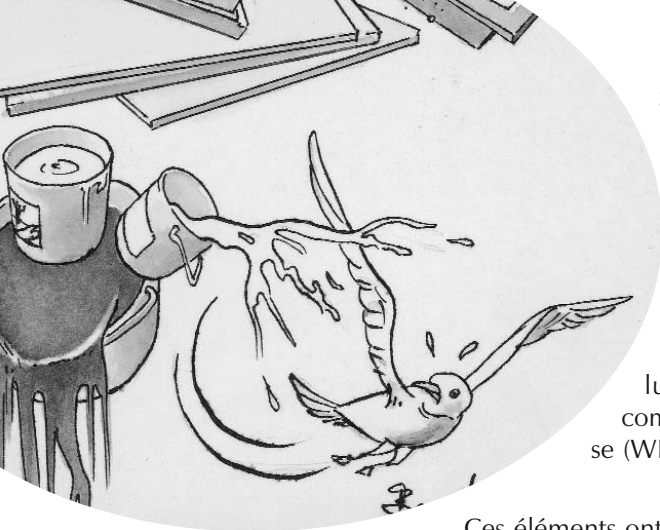
⁵ Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP)

⁶ Laboratoire d'Analyses de Surveillance et d'Expertise de la Marine (LASEM) de Toulon

⁷ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

⁸ Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris (LCPPE)

*Adresse de correspondance :
nathalie.bonvallot@afsset.fr ;
253 avenue
du Général Leclerc,
94701 Maisons-Alfort
cedex



Santé (OMS) a émis le souhait de proposer des valeurs guides et des recommandations pour des substances chimiques, certains agents biologiques et les polluants associés à la combustion de biomasse (WHO, 2006).

Ces éléments ont conduit l'Agence de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) à étudier certains polluants et à proposer des valeurs guides pour des polluants retrouvés dans les environnements clos, en particulier pour le monoxyde de carbone, le formaldéhyde, le benzène, le trichloroéthylène, le perchloroéthylène, le naphtalène, le radon... Pour cela, un groupe de travail a été constitué, avec pour mission de définir des valeurs guides de l'air intérieur, fondées spécifiquement sur des critères sanitaires.

Les valeurs guides de qualité d'air intérieur proposées sont destinées à fixer des valeurs de référence pour protéger l'ensemble de la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air intérieur par inhalation. Ce sont des concentrations d'un polluant dans l'air, associées à un temps d'exposition, en dessous desquelles aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important pour la santé n'est en principe attendu au sein de la population générale, y compris parmi les populations sensibles. Elles ne sont pas applicables dans les environnements clos à pollution spécifique où une réglementation est déjà en place (dans les locaux industriels par exemple).

Pour les substances cancérigènes ayant une action génotoxique, les valeurs guides sont exprimées par un choix de niveaux de concentrations dans l'air correspondant chacune à un niveau de risque de développer un cancer si la population y est exposée pendant sa vie entière (généralement, les risques de 10^{-5} et 10^{-6} sont proposés, c'est-à-dire un cas de cancer sur 100 000 ou sur 1 000 000 attribué à l'exposition à l'air intérieur dans la population). Pour les autres substances, les valeurs guides sont exprimées en concentration dans l'air, associée à une durée d'exposition (aiguë, intermédiaire ou chronique).

Leur objectif est d'éliminer ou de réduire les contaminants aériens ayant un effet néfaste sur la santé humaine et sur le bien-être de l'Homme.

Cet article s'intéresse à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le formaldéhyde.

II - MÉTHODE

Dans un premier temps, une revue des connaissances sur le formaldéhyde a été réalisée à partir de la consultation des synthèses publiées par des organismes internationaux ou nationaux reconnus (ATSDR¹, 1999 ; IPCS², 2002, 2005 ; European Commission, 2005a, 2005b ; Health Canada, 2001, 2005 ; INERIS, 2005 ; INRS³, 2006 ; IARC⁴, 2006) et d'une expertise de l'Afsset menée en parallèle (Afsset, 2008). La fiche de synthèse élaborée a été complétée par des données récentes de concentration de formaldéhyde dans les environnements clos en France, ainsi que par une revue complémentaire de la littérature publiée entre les dernières synthèses et mai 2006 (Atmosf'Air Bourgogne, 2003 ; Clarisse, 2003 ; Ginestet, 2003 ; Airparif, 2004 ; ASPA, 2005 ; OQAI, 2006 ; Marchand, 2006, Afsset, 2007a). Cette fiche comporte les données nécessaires à l'étude du formaldéhyde et à l'analyse des valeurs de référence existantes : son identification, ses propriétés physicochimiques, ses sources d'émission dans l'air, les données de concentrations et d'expositions mesurées dans les différents lieux de vie intérieurs, ainsi que la toxicité du formaldéhyde (toxicocinétique et métabolisme, toxicodynamie et mécanisme d'action, effets sanitaires chez l'Homme et chez l'animal).

Les valeurs guides recommandées au niveau international, les valeurs guides nationales récentes, ainsi que les valeurs toxicologiques de référence ont également été recueillies (WHO, 2000 ; European Commission, 2005a ; Health Canada, 2006 ; US EPA⁵, 1991 ; OEHHA⁶, 1999a, 1999b, 2005 ; ATSDR, 1999 ; Health Canada, 2001).

La proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur a ensuite été fondée sur les trois étapes suivantes (Afsset, 2007b) :

1. l'analyse des effets sanitaires chez l'Homme associés au formaldéhyde et de leur cohérence avec les données de toxicocinétique et de toxicodynamie : les différents effets sanitaires mis en évidence après inhalation de formaldéhyde sont décrits en fonction des niveaux, pour des expositions aiguës et chroniques. Un tableau résume les expositions de l'Homme associées à l'absence ou à la présence d'effets, et si cela est nécessaire, les doses maximales n'entraînant pas d'effet néfaste (NOAEL⁷) et les doses minimales entraînant un effet néfaste (LOAEL⁸) chez l'animal, pour chaque durée d'exposition considérée comme pertinente. Un effet critique - c'est-à-dire le premier effet préoccupant observé pour les plus faibles niveaux d'exposition - est défini pour la proposition de la valeur guide. Les sous-groupes de populations sensibles sont également identifiés ;
2. l'identification et la description des valeurs guides de qualité d'air existantes et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Les valeurs guides internationales et supranationales sont utilisées préférentiellement. Si des valeurs gui-

¹ ATSDR = Agency for toxic substances and disease registry

² IPCS = International programme on chemical safety

³ INRS = Institut national de la recherche scientifique

⁴ IARC = International agency for research on cancer

⁵ US EPA = US Environmental protection agency

⁶ OEHHA = Office of environmental health hazard assessment

⁷ NOAEL = No observable adverse effect level

⁸ LOAEL = Lowest observed adverse effect level.

des nationales, exclusivement fondées sur des critères sanitaires, sont proposées postérieurement aux dernières synthèses internationales, celles-ci sont également prises en compte. Les VTR sont recherchées dans les bases de données reconnues comme celles de l'US EPA, de l'ATSDR, de l'OEHHA, du RIVM⁹ ou encore de Santé Canada. Durées d'exposition, effets critiques, doses critiques, populations étudiées et facteurs d'incertitude sont spécifiés ;

3. une analyse critique des valeurs collectées et la proposition des valeurs guides de qualité d'air intérieur françaises à court et long termes : un jugement d'expert est réalisé après l'analyse de chacune des valeurs identifiées. La VGAI est choisie en fonction des cas de figure suivants :
 - il existe une ou plusieurs valeurs guides construites exclusivement sur des considérations sanitaires : la valeur de meilleure qualité est retenue. Si leur qualité est considérée comme identique, l'opportunité d'un choix est déterminée au cas par cas en fonction de critères complémentaires (ex : date d'élaboration, données animales ou humaines, etc.) ;
 - il n'existe pas de valeurs guides construites exclusivement sur des considérations sanitaires, mais il existe une ou plusieurs VTR. La valeur de meilleure qualité est retenue. De même, si leur qualité est considérée comme identique, l'opportunité d'un choix est déterminée au cas par cas en fonction de critères complémentaires (ex : date d'élaboration, données animales ou humaines, etc.) ;
 - il n'existe ni valeur guide ni VTR, ou bien aucune des valeurs guides ou des VTR recensées ne répond aux critères de qualité définis : dans ce cas, aucune valeur guide française n'est proposée et des travaux complémentaires d'expertise et de recherche sont nécessaires.

III - RÉSULTATS

1 - Sources et niveaux d'exposition

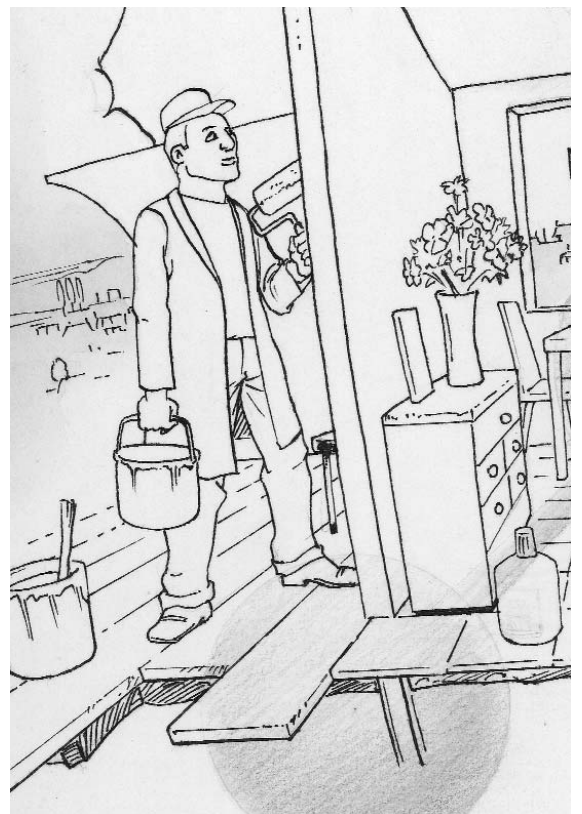
Le formaldéhyde est émis par un grand nombre de matériaux de construction et produits de consommation courante largement utilisés (matériaux de construction, éléments de mobilier, revêtements et textiles, produits ménagers, cosmétiques...). Il est également issu de la combustion (fumée de tabac, appareils de chauffage, combustion de bougies ou d'encens...). L'exposition de la population française est principalement liée à l'air intérieur qui y contribue pour 98 % (European Commission, 2005b). En France, les concentrations en formaldéhyde dans les logements varient de 1,3 à 86,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ avec une médiane à 19,6 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (échantillonnage passif pendant 7 jours dans les chambres des domiciles investigués de 2003 à 2005 dans le cadre de la campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) (OQAI, 2006). Dans d'autres environnements clos, comme les écoles, les crèches ou les bureaux, les concentrations varient de 3 à 60 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

2 - Toxicité du formaldéhyde

En raison de ses caractéristiques physicochimiques et toxicocinétiques (bonne solubilité dans l'eau, forte réactivité avec les protéines et les acides nucléiques dans les cellules de l'organisme, métabolisme très rapide...), l'inhalation de formaldéhyde conduit à une toxicité locale.

Des effets irritants au niveau du site de contact (voies aériennes supérieures) ont été observés pour des expositions aiguës comme chroniques. Pour ces effets irritants, la relation dose-effet chez l'Homme indique une grande hétérogénéité des réponses observées d'un individu à l'autre, en particulier car la mesure de l'irritation est variable d'une étude à l'autre (de la mesure subjective par l'envoi d'un questionnaire, à la mesure objective via la mesure de paramètres caractérisant la fonction respiratoire).

Le formaldéhyde est classé cancérigène certain chez l'Homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) depuis juin 2004. Il est responsable de cancers du nasopharynx chez les travailleurs fortement exposés de manière répétée dans le temps. L'analyse de son mécanisme d'action indique que le mécanisme de cancérogenèse se produirait à des niveaux d'exposition induisant une cytotoxicité associée à une prolifération cellulaire régénérative. Une génotoxicité est observée au niveau du site de contact uniquement à des concentrations élevées, chez l'animal comme chez l'Homme. L'hypothèse d'un seuil de dose pour les cancers du nasopharynx a été suggérée et est retenue par la communauté scientifique internationale (Afsset, 2008). Cette hypothèse est confortée par la présence d'un mécanisme de défense locale saturant à fortes concentrations.



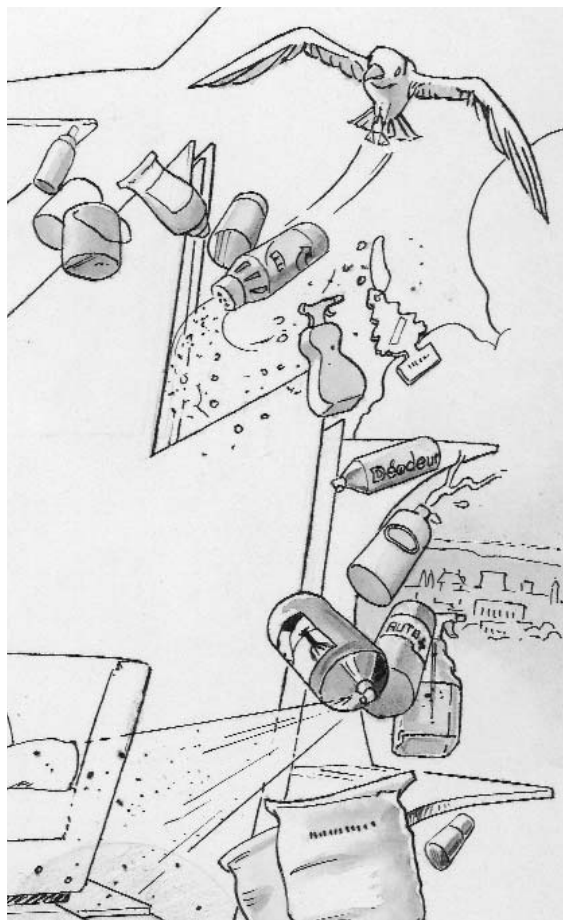
Ces éléments suggèrent que l'irritation des voies aériennes supérieures (yeux, nez, gorge), qui est observée à des concentrations bien plus faibles que les niveaux auxquels est associée la survenue possible de cancer, correspond à l'effet critique. En d'autres termes, protéger de l'irritation prolongée permet de protéger également du cancer du nasopharynx.

Des associations entre l'exposition au formaldéhyde et les leucémies, pouvant avoir un mécanisme sans seuil de dose, ont été suggérées dans la littérature. Cet effet n'a cependant pas été retenu pour la proposition de valeurs guides en raison du peu de données et des incertitudes relatives à la plausibilité du mécanisme d'action.

Enfin, de nouvelles études tendent à montrer que de faibles niveaux d'exposition au formaldéhyde pourraient accroître le risque de développer des maladies asthmatiques ou une sensibilisation (Marchand, 2005 ; Casset *et al.* 2006). Ces effets n'ont également pas été retenus dans l'attente d'autres résultats confirmant une éventuelle relation causale (Afsset, 2008).

3 - Recueil des valeurs guides et des VTR existantes et proposition de VGAI

Le tableau 1 rassemble les valeurs guides et les VTR existantes pour le formaldéhyde, fondées sur une irritation des voies aériennes supérieures, effet critique retenu par le groupe de travail, et protégeant de l'apparition des cancers du nasopharynx.



Concernant les expositions aiguës :

- la valeur guide de l'OMS est proposée à partir d'une valeur de concentration issue de la littérature, identifiée comme « la plus faible concentration associée avec une irritation du nez et de la gorge chez l'Homme ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) », sans qu'une référence et un type de population soient précisés ;
- Santé Canada a proposé une valeur guide spécifique de l'air intérieur de $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ basée sur un LOAEL de $1\ 230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que l'étude citée suggère une relation dose-réponse avec un NOAEL à $625 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le choix du LOAEL plutôt que du NOAEL n'est pas explicité, alors qu'il est généralement admis une utilisation privilégiée du NOAEL ;
- la VTR de l'OEHHA de $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est fondée sur une benchmark concentration (BMCL) correspondant à la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95 % de la dose associée à un taux de réponse ressentie de 5 % chez les volontaires sains, à laquelle un facteur d'incertitude habituel de 10 a été ajouté pour tenir compte de la variabilité interindividuelle ;
- la VTR de l'ATSDR de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est basée sur un LOAEL correspondant à une irritation du tractus respiratoire et une inflammation infraclinique chez le volontaire hypersensibilisé. Un facteur d'incertitude de 30 a été appliqué pour tenir compte de l'utilisation d'un LOAEL et de la variabilité interindividuelle.

Les deux VGAI existantes ont été exclues car leur proposition n'a pas été suffisamment argumentée et justifiée au regard des données épidémiologiques ou toxicologiques. Bien que les deux VTR proposées soient de bonne qualité, l'analyse de ces éléments a conduit à retenir la VTR de l'ATSDR, de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, comme Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur en France pour une exposition de courte durée en raison de l'inclusion d'individus hypersensibles dans l'étude et de l'objectivation de la mesure de l'irritation par l'utilisation de paramètres du fluides de lavage nasal.

Concernant les expositions chroniques :

- la valeur guide de la Commission Européenne (projet INDEX) de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ s'applique à toutes les durées d'exposition, sans distinction. Un facteur d'incertitude complémentaire de 3 a été appliqué à la VTR de l'OEHHA pour tenir compte d'une sensibilité potentiellement plus grande des enfants au formaldéhyde. Mais un facteur d'incertitude de 10 est déjà appliqué pour tenir compte de la variabilité interindividuelle. Par ailleurs, la sensibilité accrue des enfants n'est pas retrouvée systématiquement dans la littérature ;
- Santé Canada propose une valeur guide de qualité d'air intérieur de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, basée sur la mise en évidence d'une association significative entre l'exposition des jeunes enfants au formaldéhyde dans le logement et les admissions hospitalières

Type de valeur	Organisme	Effet critique	Dose critique	Facteur d'incertitude*	Valeur / durée d'exposition
Valeurs guides court-terme	Santé Canada, 2006	Irritation des yeux chez le volontaire sain, étude contrôlée (ressentie via un questionnaire)	LOAEL=1 230 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (NOAEL=625 $\mu\text{g.m}^{-3}$)	10 (UF _H)	123 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (1h)
	OMS, 2006	Irritation du nez et de la gorge chez l'Homme (sujet sain) : la plus faible concentration associée à cet effet dans la littérature	LOAEL=100 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (absence de référence à une étude précise)	-	100 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (30 minutes)
VTR aigus	OEHHA, 1999	Irritation oculaire, symptômes ressentis chez l'Homme, volontaire sain non fumeur. Exposition contrôlée pendant 3h chez 19 sujets	BMC _{05L95} =940 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (analyse log-probit, ajustement sur 1h) (NOAEL 625 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et LOAEL 1 250 $\mu\text{g.m}^{-3}$)	10 (UF _H)	94 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (1h)
	ATSDR, 1999	Irritation et réponse inflammatoire infraclinique (volontaires ayant une hypersensibilité cutanée). Une seule concentration testée	LOAEL=500 $\mu\text{g.m}^{-3}$	10 (UF _S = 3, UF _H = 3)	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (< 14 jours)
Valeurs guides long-terme	Union Européenne, 2005	Irritation, inflammation, dégénérescence et hyperplasie de la muqueuse nasale chez l'Homme	NOAEL ajusté au temps =30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (NOAEL=90 $\mu\text{g.m}^{-3}$)	30 (UF _H = 10, UF = 3 sensibilité enfants)	1 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (objectif 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$)
	Santé Canada, 2006	Diagnostic de crise d'asthme chez l'enfant (hospitalisation)	NOAEL=50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$
VTR chroniques	OEHHA, 1999	Irritation, inflammation, dégénérescence et hyperplasie de la muqueuse nasale chez l'Homme. Exposition moyenne 10 ans	NOAEL ajusté au temps =30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (NOAEL=90 $\mu\text{g.m}^{-3}$)	10 (UF _H)	3 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (> 1 an)
	ATSDR, 1999	Lésions histopathologiques de l'épithélium nasal chez l'Homme. Exposition moyenne pendant 10 ans	LOAEL=300 $\mu\text{g.m}^{-3}$	30 (UFL = 3, UF _H = 10)	10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (> 1 an)

* UF_H = facteur d'incertitude appliqué pour tenir compte de la variabilité de réponse d'un individu à l'autre au sein de l'espèce humaine ; UFL = facteur d'incertitude appliqué lors de l'utilisation d'un LOAEL plutôt que d'un NOAEL

Tableau 1 : Valeurs guides et VTR du formaldéhyde pour des expositions par inhalation, en fonction des durées d'exposition

pour asthme. Dans cette étude, il existe un facteur de confusion dans la sélection des cas qui ne sont probablement pas tous de vrais asthmatiques (les données de la littérature indiquent qu'environ 2/3 des nourrissons siffleurs n'ont plus d'asthme après 6 ans) ;

- la VTR de l'OEHHA de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est basée sur une étude épidémiologique humaine réalisée en milieu professionnel sur 66 travailleurs de l'industrie chimique exposés au formaldéhyde pendant 10 ans en moyenne. Les individus étaient exposés à une concentration moyenne de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée dans les locaux. Un groupe témoin était exposé à $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Des irritations de l'appareil respiratoire ont été qualifiées à partir de questionnaires (symptômes ressentis). Des tests cutanés ont été réalisés en parallèle pour identifier d'éventuelles atopies. A $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 53 % des individus ont déclaré avoir un inconfort oculaire et nasal, alors qu'ils n'étaient que 3 % pour le groupe exposé à $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les auteurs ont donc considéré la concentration de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme un « LOAEL » (incidence = 53 %) et la concentration de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme une NOAEL (incidence = 3 %). Ce NOAEL a été corrigé linéairement au temps d'exposition sur la base de la loi de Haber qui suggère que le produit de la concentration d'exposition par la durée est égal à une constante en terme d'effet. Un facteur d'incertitude tenant compte de la variabilité interindividuelle a été appliqué ;
- l'ATSDR a établi une VTR de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la base d'une exploitation antérieure de la même population exposée en moyenne à $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant 10 ans. L'ATSDR a utilisé la concentration associée à des symptômes d'irritation plutôt que la concentration du groupe témoin, conduisant à l'utilisation d'un LOAEL auquel a été appliqué le facteur d'incertitude habituel de 30 (pour la variabilité inter-individuelle et l'usage d'un LOAEL plutôt que d'un NOAEL).

Bien que les deux VTR proposées soient fondées sur les mêmes données (exploitation de résultats de mesures provenant de l'industrie chimique et association avec une irritation ressentie chez les travailleurs), dont certains résultats ont été ré-exploités, l'analyse de ces éléments a conduit à rejeter la VTR de l'OEHHA qui a proposé un ajustement du NOAEL au temps d'exposition. En effet, concernant le formaldéhyde, plusieurs études affirment que l'irritation locale serait dépendante de la concentration en formaldéhyde plutôt que de la dose totale et/ou du temps d'exposition (OEHHA, 1999a ; ATSDR, 1999 ; Shusterman, 2006). Ainsi, c'est la VTR de l'ATSDR, de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qui a été retenue comme valeur guide de qualité d'air intérieur en France pour une exposition de longue durée.

CONCLUSIONS

Deux valeurs guides de qualité de l'air intérieur ont été proposées, respectivement pour des expo-

sitions aiguës et chroniques au formaldéhyde en France :

- une VGAI court-terme de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2 heures) ;
- une VGAI long-terme de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (exposition vie entière).

Ces valeurs protègent des irritations oculaires et nasales induites par le formaldéhyde. La valeur chronique protège également de l'effet cancérigène local (cancer du nasopharynx) dans la mesure où le mécanisme d'action cancérigène est un mécanisme à seuil, et où les cancers sont observés pour des niveaux d'exposition bien plus élevés que ceux auxquels survient l'irritation.

Par ailleurs, le groupe de travail suggère de conduire une veille scientifique afin de statuer sur :

- le caractère potentiellement sensibilisant du formaldéhyde ;
- la sensibilité accrue des enfants ;
- la possibilité d'induction d'autres types de cancers par un mécanisme sans seuil de dose.

Ces valeurs, non contraignantes à ce jour, pourront servir de fondement à la gestion des risques liés à la qualité de l'air intérieur par la mise en place de seuils réglementaires ou de recommandations par les pouvoirs publics.

Des stratégies d'échantillonnages et d'analyse permettant de définir la mesure du formaldéhyde dans les lieux clos en référence aux valeurs guides proposées sont en cours de développement dans le cadre du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Ces travaux seront utiles à la mise en place de la surveillance de la qualité de l'air dans les espaces clos ouverts au public annoncée par le Grenelle de l'Environnement.

La méthode proposée par le groupe de travail s'applique à l'ensemble des polluants jugés prioritaires au regard des expositions de la population générale dans les environnements intérieurs et est une méthode transparente. Elle est actuellement appliquée à d'autres substances pour l'élaboration de valeurs guides d'air intérieur qui seront publiées prochainement.

L'ensemble des travaux relatifs aux valeurs guides de qualité d'air intérieur sont disponibles sur le site internet de l'Afsset (www.afsset.fr).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Afsset et le CSTB pour l'animation et la coordination des travaux d'expertise dans de bonnes conditions. Ils remercient également les autres membres du groupe de travail (Mesdames Blandine Doornaert, Anne-Elisabeth Peel, Claire Gourier-Fréry) pour la réalisation des

travaux d'expertise, ainsi que le comité d'experts spécialisés « évaluation des risques liés aux milieux aériens » qui, par ses conseils et son expertise, a permis d'aller au bout de cette démarche. Enfin, merci à l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur pour la mise à disposition de nombreuses données.

BIBLIOGRAPHIE

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) (2007a). Recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts. 240p.

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) (2007b). Valeurs guides de qualité d'air intérieur. Document cadre et éléments méthodologiques. En partenariat avec le CSTB. 59p.

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) (2008). Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Toxicité du formaldéhyde : état des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence. 88p.

Agency for toxic substances and disease registry (ATSDR) (1999). Toxicological Profile for Formaldehyde. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. 468p.

Airparif (2004). Surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France. Rapport d'activités et Résultats.

Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique (ASPA) (2005). Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesures.

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

Casset A, Marchand C, Purohit A, Le Calvé S, Donnay C, Uring-Lambert B, Chenard MP, Kopferschmitt-Kubler MC, Meyer P, Pauli C, De Blay F (2006). Inhaled formaldehyde exposure: effect on bronchial response to mite allergen in sensitized asthma patients. *Allergy*;61:1344-1350.

Clarisse B, Laurent AM, Seta N, Le Moullec Y, El Hasnaoui A, Momas I. (2003). Indoor aldehydes: measurements of contamination levels and identification of their determinants in Paris dwellings. *Environ Res*;92(3):245-253.

European Commission (2005a). Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: The INDEX project. Joint Research Centre (JRC). Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit. 337p

European Commission (2005b). HEXPOC: Human Exposure Characterisation of Chemical substances, quantification of exposure routes. Joint Research Centre (JRC). Physical and Chemical Exposure Unit. 126 p

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 Int. Conf. 7-11th Dec. Singapore.

Health Canada (2001). Loi Canadienne sur la Protection de l'Environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation : formaldéhyde. Ministère

des Travaux Publics et des Services Gouvernementaux. 123 p.

Health Canada (2005). Proposition de valeurs guides pour le formaldéhyde dans l'air intérieur résidentiel. 37 p.

Health Canada. 2006. Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel, formaldéhyde. 3 p.

International agency for research on cancer (IARC) (2006). International Agency for Research on Cancer. Volume 88, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Lyon, France. 478 pages.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) (2005). Fiches de données toxicologiques et environnementales. Formaldéhyde. 53 p.

Institut national de la recherche scientifique (INRS) (2006). Fiche toxicologique. Aldéhyde formique et solutions aqueuses. 12 p.

International programme on chemical safety (IPCS) (1989). Environmental Health Criteria EHC n°89. Formaldehyde. World Health Organization. Geneva.

International programme on chemical safety (IPCS) (2002). Concise International Chemical Assessment CICAD n° 40. Formaldehyde. World Health Organization. Geneva.

Marchand C. (2005). Incidence des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur des patients sujets à l'asthme. Thèse de doctorat de l'université Louis Pasteur de Strasbourg. Décembre 2005.

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

Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) (1999a). Determination of Chronic Reference Exposure Level for Airborne Toxicants. Chronic Toxicity Summary. Formaldehyde.

Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) (1999b). Determination of Acute Reference Exposure Level for Airborne Toxicants. Acute Toxicity Summary. Formaldehyde.

Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA) (2005). Air toxics hot spots program risk assessment guidelines. Part II: Technical support document for describing available cancer potency factors. Secretary for Environmental Protection, California Environmental Protection Agency, Air Toxicology and Epidemiology Section. Formaldehyde. Page 316 sur 662.

Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI). (2006). Campagne nationale Logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Final report, 165 pages, in French.

Shustermann D, Matovinovic E, Salmon A. 2006. Does Haber's Law Apply to Human Sensory Irritation? *Inhalation Toxicology*, 18:457-471.

US Environmental protection agency (EPA) (1991). Integrated Risk Information System. Formaldehyde (CASRN 50-00-0) 0419. Carcinogenicity Assessment for Lifetime Exposure. Quantitative Estimate of Carcinogenic Risk from inhalation exposure.

World health organization WHO. 2000. Air Quality Guidelines for Europe, second edition n°91. Formaldehyde. Page 87.

World health organization (WHO). 2006. Development of WHO guidelines on indoor air quality, Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 23-24 October 2006. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. 27 p.