



**Haut Conseil de  
la santé publique**

**VALEURS REPERES D'AIDE A LA GESTION  
DANS L'AIR DES ESPACES CLOS**

**Le formaldéhyde**

**Octobre 2009**

# **Groupe de travail de la commission spécialisée Risques liés à l'environnement (CSRE)**

## **Président du groupe de travail**

M. Yvon LE MOULLEC                      Directeur adjoint du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris  
Membre de la CSRE

## **Membres du groupe de travail**

M. Serge BOARINI                      Professeur agrégé de Philosophie – Docteur ès Lettres-  
Philosophie  
Membre de la CSRE

M. Patrick BROCHARD                      Professeur des Universités en épidémiologie, économie de la  
santé et prévention – Université Victor Segalen Bordeaux 2  
Membre de la CSRE

Mme Claude CASELLAS                      Professeur des Universités – UMR Hydrosociétés  
Faculté de Pharmacie – Université Montpellier 1  
Membre de la CSRE

Mme Mireille CHIRON                      Médecin épidémiologiste – Directeur de Recherche Inrets  
Membre de la CSRE

M. Pierre DEROUBAIX                      Ingénieur – Département Bâtiment et Urbanisme, Ademe

M. Emmanuel HENRY                      Maître de conférences en science politique – Université de  
Strasbourg  
Membre de la CSRE

M. Christophe PARIS                      Inserm U420 - CHU Nancy  
Membre de la CSRE

M. Jacques PUCH                      Ingénieur - Directeur de Control Habitat - Montpellier  
Membre de la CSRE

M. Jean-Louis ROUBATY                      Professeur des Universités – Université Paris VII  
Membre de la CSRE

M. Pierre VERGER                      Médecin épidémiologiste – Observatoire régional de la santé  
Provence-Alpes-Côte d'Azur, Inserm U912, SE4S.  
Vice-président de la CSRE

M. Denis ZMIROU-NAVIER                      Médecin épidémiologiste - Inserm U420 Nancy  
Responsable du département de santé environnementale de  
l'EHESP  
Président de la CSRE

## Experts auditionnés

### 3 avril 2009

M. Christophe ROUSSELLE	Toxicologue - Chef de l'unité « Toxicologie » Département des expertises en Santé Environnement Travail Afsset
Mme Corinne MANDIN	Ingénieur - Direction des risques chroniques Ineris

### 30 avril 2009

M. Gérard DEROUBAIX	Directeur du Pôle Environnement-Santé Institut technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA)
M. Christophe YRIEIX	Responsable technique qualité de l'air au laboratoire de chimie- écotoxicologie du FCBA.
Mme Roselyne AMEON	Ingénieur -Chercheur Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
M. Dominique LAURIER	Directeur du laboratoire d'épidémiologie des rayonnements ionisants de l'IRSN
Mme Anne-Marie BERNARD	Directrice de ALLIE-AIR - Bureau d'étude en thermique, aérodynamique et acoustique
M. Pierre DEROUBAIX	Ingénieur –Département Bâtiment et Urbanisme Ademe

### 29 mai 2009

M. François MAUPETIT	Responsable du pôle « Qualité sanitaire des produits de construction ». Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)
----------------------	---

## RESUME

Le formaldéhyde est un produit génotoxique et un irritant de l'appareil respiratoire et des muqueuses oculaires. En 2004, le Centre international de recherche sur le cancer l'a classé cancérigène certain pour l'Homme (groupe 1), sur la base d'un excès de cancers du nasopharynx observé lors d'expositions professionnelles. Le formaldéhyde se caractérise par une forte réactivité avec les tissus biologiques au site de contact, ce qui explique son faible passage dans le sang.

C'est une substance ubiquitaire des espaces clos. Les principales sources d'émission sont les produits de construction, de décoration et d'ameublement (plus particulièrement les panneaux de particules), les produits domestiques (produits nettoyants, peintures, vernis, colles, cosmétiques...) et les combustions sous toutes leurs formes : cuisinières, chaudières, cheminées d'agrément ainsi que le tabagisme ou l'utilisation d'encens. La contribution de l'air extérieur est en général faible.

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) a proposé en 2007 deux valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) concernant le formaldéhyde : l'une, de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 2 heures, pour une exposition de courte durée, l'autre de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition chronique. Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition auxquels, en l'état actuel des connaissances, aucun effet délétère ne devrait être observé dans la population générale. Par contre, ces valeurs guides, strictement fondées sur des critères sanitaires, n'informent pas sur les « seuils d'action », c'est-à-dire les niveaux de concentration à partir desquels des actions de protection de la santé doivent être mises en oeuvre. C'est pourquoi la Direction générale de la santé (DGS) a demandé au Haut Conseil de la santé publique (HCSP) d'élaborer des « valeurs de référence » pour fixer dès maintenant des niveaux à ne pas dépasser dans les bâtiments neufs ou rénovés, et pour engager, si nécessaire, des actions correctives dans les bâtiments existants, avec une modulation de ces actions et de leur délai de mise en oeuvre en fonction des concentrations mesurées.

La commission spécialisée sur les risques liés à l'environnement (CSRE) du HCSP a d'abord élaboré, dans le cadre de cette saisine, un document cadre exposant les principes communs qui guideront les propositions de ces valeurs, appelées « valeurs repères d'aide à la gestion » pour différents polluants de l'air intérieur. Le présent document correspond à l'application de ce cadre méthodologique au formaldéhyde, substance pour laquelle trois points importants de contexte sont à souligner :

- l'effet critique retenu par l'Afsset pour fixer la VGAI est l'irritation nasale et oculaire. Cet effet est de gravité modérée et intervient à des niveaux très inférieurs à ceux pour lesquels on peut craindre un accroissement du risque cancérigène ;

- s'agissant des niveaux d'exposition des populations, les données de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) montrent qu'actuellement 87 % des logements français ne respectent pas la VGAI de l'AFSSET pour les expositions chroniques et que, dans 22 % des cas, les niveaux dépassent  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ;

- enfin, la mise à disposition dès aujourd'hui de produits de construction, d'ameublement ou d'entretien à teneur réduite en formaldéhyde, voire sans formaldéhyde, montre que des évolutions favorables sont possibles afin de réduire les émissions, si on laisse un temps raisonnable aux industriels pour adapter leur outil de production. L'étude d'exemples étrangers permet également d'apprécier les progrès pouvant être réalisés. Un étiquetage de certains de ces produits sera obligatoire en 2012 mais il ne couvrira sans doute pas avant plusieurs années l'ensemble des multiples sources intérieures de formaldéhyde.

Dans ce contexte, le HCSP propose de fixer pour les bâtiments existants, privés et publics, les valeurs suivantes représentatives d'une exposition sur le long terme :

-  **$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur cible** à atteindre en 10 ans, soit la VGAI de l'Afsset. Toute teneur inférieure ou égale témoigne d'une très bonne qualité d'air vis-à-vis de ce polluant et n'implique aucune action si ce n'est de veiller à ce que cette situation ne se dégrade pas. Un bâtiment caractérisé par de tels niveaux peut être qualifié de catégorie A+ sur une échelle de A à C.

-  **$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur repère de qualité d'air** en dessous de laquelle, **en 2009**, aucune action corrective spécifique n'est préconisée. Il conviendra de profiter des travaux de rénovation ou de changement d'ameublement pour choisir les matériaux les moins émissifs et ainsi favoriser l'évolution progressive vers l'objectif de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ceci implique, pour les industriels, un effort sur la conception de produits et matériaux sans formaldéhyde et un étiquetage informatif. Un bâtiment caractérisé par de tels niveaux peut être qualifié de catégorie A.

-  **$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur d'information et de recommandations** : c'est, **en 2009**, la valeur maximale admissible pour une exposition de longue durée. Au-delà, il est nécessaire, dans un délai de quelques mois, d'identifier la ou les source(s) principale(s) dans le logement ou l'établissement concerné et de la (les) réduire en engageant les actions appropriées. Un espace « provisoirement tolérable » est proposé entre  $30$  et  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  du fait que les effets sanitaires à ces concentrations ont un caractère peu sévère.

Un bâtiment caractérisé par de tels niveaux peut être qualifié de catégorie B. Les émissions proviennent souvent de multiples sources diffuses ; il peut être plus pertinent d'agir dans un premier temps sur la ventilation du local et/ou sur les comportements des occupants, pour ramener les niveaux en dessous de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Un bâtiment caractérisé par des niveaux supérieurs à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  peut être qualifié de catégorie C.

Les deux valeurs (30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sont ainsi proposées au « point 0 », c'est-à-dire fin 2009. D'ici dix ans (fin 2019), la valeur cible de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  devra être atteinte dans l'ensemble du parc de bâtiments et d'ici là les deux valeurs auront connu une décroissance selon une pente linéaire, par marches annuelles respectives de 2 et 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Enfin une teneur mesurée supérieure à **100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  doit être considérée comme une **valeur d'action rapide** : au cours du mois suivant leur mesure et confirmation, la ou les sources en cause doivent être identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs ambiantes en dessous de la valeur repère, soit 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2009.

**Dans le cas des bâtiments neufs livrés à partir de 2012**, ceux-ci devront présenter des teneurs moyennes inférieures à **10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  avant livraison aux occupants. Il en est de même pour ceux faisant l'objet d'opérations de rénovation de grande ampleur.

## Abréviations et acronymes

AASQA	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
ADN	Acide désoxyribonucléique
AFSSET	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BFR	Bundesinstitut Für Risikobewertung (Institut fédéral allemand d'évaluation des risques)
BMDL	Benchmark Dose
BNPC	Base nationale des produits et compositions
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CMR 1	Cancérogène mutagène reprotoxique – catégorie 1
CSRE	Commission spécialisée sur les risques liés à l'environnement
DGS	Direction générale de la santé
DGT	Direction générale du travail
DRASS	Direction régionale des affaires sanitaires et sociales
ERP	Etablissement recevant du public
FCBA	Institut technique forêt cellulose bois ameublement
HCSP	Haut Conseil de la santé publique
IHF	Industrial Health Fondation
INDEX	Critical Appraisal of the Setting and Implementation on INDoor EXposure Limits in European Union
ISAAC-2	International Study of Asthma and Allergies in Childhood – phase 2
LCSQA	Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air
LHVP	Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level

LOEL	Lowest Observed Effect Level
MDF	Medium Density Fiber
NIPH	Norwegian Institute of Public Health
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OQAI	Observatoire de la qualité de l'air intérieur
OMS	Organisation mondiale de la santé
OSB	Oriented Strand Board
QAI	Qualité de l'air intérieur
SCOEL	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits
UIPP	Union des industries de l'anneau de process
VAR	Valeur d'action rapide
VEMS	Volume expiratoire maximal par seconde
VGAI	Valeur guide d'air intérieur
VIR	Valeur d'information et de recommandations
VLE	Valeur limite d'exposition
VLCT	Valeur limite d'exposition à court terme
VLEP	Valeur limite d'exposition professionnelle
VME	Valeur limite de moyenne d'exposition
VR	Valeur repère
VTR	Valeur toxicologique de référence

## Table des matières

1	Introduction et problématique .....	11
2	Généralités sur le formaldéhyde et ses sources dans les lieux clos.....	12
3	Distribution des niveaux d'exposition.....	13
3.1	Dans les différents milieux intérieurs.....	13
3.1.1	Dans l'habitat .....	13
3.1.2	Dans les locaux scolaires et préscolaires.....	14
3.1.3	Dans divers autres environnements clos .....	16
3.2	Niveaux extérieurs.....	16
3.3	Bilan sur l'exposition de la population générale.....	16
4	Effets sur la santé .....	17
4.1	Effets à court terme .....	17
4.2	Effets à long terme .....	18
4.2.1	Effets irritants.....	18
4.2.2	Risque cancérogène.....	18
4.2.3	Autres risques suspectés.....	19
4.3	Existence de populations vulnérables .....	20
5	Valeurs guides et réglementaires existantes.....	20
5.1	VGAI de l'AFSSET relatives au formaldéhyde.....	21
5.2	Valeurs d'organismes internationaux ou en vigueur dans les autres pays.....	21
5.2.1	Valeurs guides court terme.....	22
5.2.1.1	Issues d'instances supranationales .....	22
5.2.1.2	Nationales.....	22
5.2.2	Valeurs guides long terme.....	23
5.2.2.1	Issues d'instances supranationales .....	23
5.2.2.2	Nationales.....	23
5.3	Classification des bâtiments en fonction des niveaux de formaldéhyde.....	24
6	Valeurs limites d'exposition professionnelle en France (VLEP).....	25
7	Faisabilité des mesures de réduction des émissions.....	28
7.1	Examen des sources conduisant à des expositions par inhalation.....	28
7.1.1	Les produits de construction et d'ameublement.....	28
7.1.2	Les produits d'entretien et les cosmétiques.....	29
7.2	Moyens d'action sur les émissions.....	29
7.2.1	Les dispositions incitatives.....	31
7.2.2	Les dispositions réglementaires actuelles sur les produits de construction et d'ameublement.....	32
7.2.3	Les mesures réglementaires à venir .....	32
7.3	Impact de l'élaboration de valeurs repères d'aide à la gestion sur la qualité de l'air intérieur .....	32
7.3.1	Cas de l'Allemagne.....	32
7.3.2	Cas du Japon.....	33
7.4	L'utilisation de produits de substitution.....	33
8	Valeur cible et valeurs repères pour le formaldéhyde.....	34
8.1	Valeur cible .....	34
8.2	Valeur repère de qualité d'air et valeur d'information et de -recommandation.....	34
8.3	Valeur repère d'action rapide.....	36
8.4	Proposition de stratégie de mesure.....	37
8.5	Bilan sur les valeurs cible et repères .....	38
8.6	Cas des immeubles neufs .....	39

9 Bibliographie.....40

# 1 Introduction et problématique

Le principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les lieux clos ouverts au public a été décidé au terme du « Grenelle de l'environnement ». L'engagement n° 152 prévoit la mise en place de systèmes de mesure et d'information sur la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant un public nombreux ou vulnérable (enfants, personnes âgées,...), et dans tous les établissements recevant du public (gares, aéroports, métro,...).

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le formaldéhyde cancérigène certain pour l'homme (groupe 1) **(1)** alors qu'il reste encore cancérigène de catégorie 3 dans la classification européenne. A l'initiative de la France, une révision de classification pourrait être engagée par l'Union européenne. Si cette démarche débouchait vers un classement en catégorie CMR1, la réglementation européenne relative aux produits cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques s'appliquerait au formaldéhyde.

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) travaille depuis 2004 à l'élaboration de valeurs guides d'air intérieur (VGAI) et le formaldéhyde a été le premier polluant considéré **(2,3)**. Les deux VGAI proposées, pour des expositions à court et long termes, sont des valeurs en deçà desquelles il est raisonnable de penser, en l'état actuel des connaissances, que personne, dans la population générale, ne risque de subir les conséquences délétères du polluant considéré. Elles doivent être considérées comme des objectifs à atteindre mais ne sont pas des « valeurs de gestion » : elles n'ont pas été construites pour indiquer un ou des seuils de concentration à partir desquels des actions de protection de la santé doivent être mises en place.

C'est pourquoi la Direction générale de la santé a demandé au HCSP des valeurs repères d'aide à la gestion pour différents polluants intérieurs, dont le formaldéhyde. Ces valeurs sont nécessaires, d'une part pour fixer dès maintenant des niveaux à ne pas dépasser dans les bâtiments neufs ou rénovés, et d'autre part pour engager des actions correctives dans les bâtiments existants, avec une modulation de ces actions et de leur délai de mise en œuvre en fonction des concentrations mesurées.

## 2 Généralités sur le formaldéhyde et ses sources dans les lieux clos

La formule moléculaire du formaldéhyde est HCHO. C'est l'aldéhyde de plus faible poids moléculaire  $M = 30,03$  g/mole. A température ambiante, c'est un gaz incolore réactif, hautement inflammable dont l'odeur est âcre et « piquante ».

Industriellement, le formaldéhyde est produit par oxydation catalytique du méthanol en phase vapeur. La consommation de formaldéhyde en France est de l'ordre de 300 000 tonnes par an (en équivalent de solution formol à 37 %) (4).

Dans les espaces clos, le formaldéhyde est une substance ubiquitaire. Les sources qui sont responsables des teneurs observées sont principalement de trois types :

- les produits de construction et d'ameublement et plus particulièrement les panneaux de particules, qui sont collés avec des résines aminoplastes (urée-formol UF, mélamine-formol MF et mélamine-urée-formol MUF) et phénoplastes (phénol-formol PF et phénol-résorcinol-formol PRF) ; leur fabrication utilise environ 85% du formaldéhyde consommé en France ;
- les produits domestiques (produits nettoyants, cosmétiques, peintures, vernis, colles...) dans lesquels le formaldéhyde est souvent utilisé en tant que conservateur ;
- les combustions domestiques pour la cuisson des aliments et le chauffage des locaux, les cheminées d'agrément ainsi que le tabagisme ou l'utilisation d'encens.

Une contribution extérieure peut s'ajouter dans certains environnements proches du trafic routier ou en période de forte photochimie atmosphérique, suite à des réactions impliquant de nombreux composés organiques. Les niveaux de concentration dans l'air extérieur sont en règle générale faibles, de l'ordre de 1 à 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 3 Distribution des niveaux d'exposition

### 3.1 Dans les différents milieux intérieurs

#### 3.1.1 Dans l'habitat

Le formaldéhyde a été mesuré au cours de la campagne nationale logements de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), (5) menée de 2003 à 2005 dans 567 habitats sélectionnés selon un processus aléatoire sur l'ensemble du territoire métropolitain.

Dans un contexte différent, le Laboratoire santé publique et environnement de l'Université Paris-Descartes et la Direction de l'action sociale de l'enfance et de la santé de la Mairie de Paris ont entrepris en 2003 le suivi d'une cohorte de plus de 4 000 nouveau-nés franciliens. Ces enfants seront suivis jusqu'à l'âge de six ans afin d'évaluer l'incidence de la symptomatologie respiratoire. L'environnement domestique de 200 de ces nouveau-nés a été caractérisé aux plans chimique et microbiologique par des mesures de contaminants dans leur habitat (6).

Concentrations de formaldéhyde en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Logements français OQAI (n=554), 2003-2005	Logements de nouveau-nés franciliens (n=206)
Minimum	1,3	6,6
Percentile 25	14,3	14,4
Médiane	19,6	19,4
Percentile 75	28,3	27,0
Maximum	86,3	66,5

**Tableau I** : Distribution des concentrations en formaldéhyde dans les logements en France métropolitaine (campagne OQAI) et en Ile-de-France (données Université Paris-Descartes)

Le tableau I présente les résultats correspondant à ces deux études. Il s'agit de la distribution des valeurs moyennes sur 7 jours mesurées par des capteurs à diffusion passive ; les conditions de prélèvement et d'analyse sont identiques. On constate que les niveaux de formaldéhyde sont très proches en valeur médiane :  $19,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en région Ile-de-France *versus*  $19,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les logements français où les concentrations dans les chambres varient de 1,3 à  $86,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.1.2 Dans les locaux scolaires et préscolaires

Le formaldéhyde est le polluant qui a été le plus étudié en France dans les établissements scolaires et les locaux de la petite enfance. D'une manière générale, les mesures sont le plus souvent intégrées sur des périodes d'au moins 48 heures et réalisées au moyen de capteurs à diffusion radiale. Les mesures sur des temps courts, de l'ordre de 1 à 2 heures, sont beaucoup moins courantes et utilisent des prélèvements actifs.

Les premiers résultats sur un nombre significatif de salles (classes, pièces de vie ou dortoirs) sont issus de l'étude dans les crèches parisiennes (7) et de l'étude ISAAC-2 qui s'est déroulée dans six villes françaises (8).

**Dans les 50 crèches parisiennes**, entre 1999 et 2001, la médiane des teneurs sur les 218 points de mesures échantillonnés dans les salles fréquentées par les enfants était de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La valeur maximale mesurée était de  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**L'étude épidémiologique ISAAC-2** a permis de mesurer entre 1999 et 2000 les teneurs en formaldéhyde dans des écoles primaires de six villes françaises (Marseille, Créteil, Bordeaux, Strasbourg, Reims et Clermont-Ferrand). Les mesures ont été réalisées en continu pendant 4,5 jours (du lundi au vendredi) à l'intérieur des classes et dans les cours de récréation à l'aide de capteurs passifs à diffusion radiale. Les résultats indiquent que les niveaux moyens de formaldéhyde mesurés dans les 396 salles de classe (représentant 110 écoles) varient selon les villes de 22 à  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La concentration intérieure maximale relevée est supérieure à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Dans l'étude pilote de l'OQAI (9)** neuf écoles ont été investiguées entre mars et juillet 2001 dans trois zones géographiques : Strasbourg, Aix-Marseille et Nord-Pas-de-Calais. Sept aldéhydes dont le formaldéhyde ont été mesurés du lundi au vendredi, par un prélèvement intégré. Les niveaux de formaldéhyde varient de 13 à  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alors que les concentrations extérieures ne dépassent pas  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Au cours de ces dernières années les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ont également mené d'importantes campagnes de mesures des aldéhydes dans plusieurs agglomérations ou régions dont l'agglomération strasbourgeoise et la région Rhône-Alpes.

**Dans l'expérience strasbourgeoise**, plusieurs campagnes se sont succédées entre 2004 et 2007 avec en particulier la mesure du formaldéhyde dans l'ensemble des lieux d'accueil de la petite enfance, des écoles maternelles et primaires de la ville de Strasbourg soit 522 points de prélèvement (143 dans les crèches, 157 dans les écoles maternelles et 222 dans les écoles primaires) (10). Le nombre de points par école varie de 1 à 8 selon l'importance de l'établissement. Les

mesures ont eu lieu en période hivernale de novembre 2004 à janvier 2005. Chaque capteur diffusif a été exposé 48 heures.

Pour l'ensemble des sites suivis, la teneur moyenne était de  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les écoles maternelles enregistrent, en moyenne, les valeurs les plus élevées ( $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), suivies par les écoles élémentaires ( $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et enfin les lieux d'accueil de la petite enfance ( $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Globalement, sur les 522 salles, la distribution des teneurs montre que 127 (soit 24 %) sont supérieures à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 27 (soit 5 %) égalent ou dépassent  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et enfin 3 excèdent la valeur de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**En région Rhône-Alpes**, l'étude a été réalisée à la demande de la Drass et les concentrations en aldéhydes ont été mesurées dans 50 établissements, crèches et écoles maternelles à raison de trois salles par établissement (11). Des prélèvements intégrés du lundi au vendredi ont été réalisés au cours de quatre semaines en 2006 et 2007 à des saisons différentes, en juin, octobre, décembre et mars. **Ce protocole a permis de mettre en évidence pour le formaldéhyde une forte variation saisonnière, avec des teneurs plus élevées en période estivale.** Les auteurs constatent que la moyenne entre les deux campagnes de juin et de décembre fournit des niveaux proches de la moyenne des quatre campagnes cumulées. Globalement, à l'intérieur d'un même établissement, il existe une certaine homogénéité entre les niveaux de formaldéhyde observés dans les différentes classes.

**A Paris**, au début de l'année 2008, le Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP) et le laboratoire santé publique et environnement de l'Université Paris-Descartes ont engagé une campagne de mesure de la qualité de l'air dans les 28 crèches parisiennes fréquentées par les enfants inclus dans la cohorte de nouveau-nés et qui ont bénéficié de mesures dans leur domicile. Le formaldéhyde a été mesuré lors de deux saisons différentes sur des périodes de 4,5 jours (du lundi au vendredi) pour couvrir les jours de présence des enfants (12).

Concentrations de formaldéhyde en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Crèches de la région Rhône-Alpes (n=22), 2007	Crèches de la ville de Paris (n=26), 2008
Minimum	7,3	6,8
Percentile 25	12,2	10,4
Médiane	16,4	13,2
Percentile 75	22,5	14,9
Maximum	35,9	32,0

**Tableau II** : Distribution des concentrations en formaldéhyde dans des crèches de la région Rhône-Alpes et de Paris

Le tableau II montre que les distributions des teneurs de formaldéhyde dans les crèches parisiennes et dans celles incluses dans l'étude réalisée en région Rhône-Alpes sont assez proches. Les niveaux apparaissent, pour ces deux études, moins élevés que dans les habitats.

### **3.1.3 Dans divers autres environnements clos**

Le réseau de surveillance de la qualité de l'air bourguignon (Atmosphère Bourgogne) et l'Ecole nationale de santé publique ont mesuré en 2002/2003 différents aldéhydes dont le formaldéhyde, dans des espaces accueillant du public (13).

La campagne portait sur une dizaine de sites dont une cafétéria, un cinéma, une gare, un bar, une maison des jeunes et de la culture (MJC), une mairie, une salle de sport. Les prélèvements ont été réalisés sur une période d'une semaine par des échantillonneurs passifs. Dans la MJC et la salle de sport les niveaux étaient compris entre 6,7 et 12,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Les niveaux les plus élevés ont été mesurés à l'intérieur d'un des bars (44,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en hiver) et à l'accueil de la mairie (46,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en été).

## **3.2 Niveaux extérieurs**

La teneur médiane extérieure dans la campagne nationale logements de l'OQAI de 2005 était de 1,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avec un percentile 90 de 3,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dans la campagne de mesure réalisée en 2007 dans les écoles maternelles et crèches en région Rhône-Alpes la teneur moyenne extérieure était de 2,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ainsi même en considérant un transfert à 100 %, la contribution extérieure reste généralement très faible.

## **3.3 Bilan sur l'exposition de la population générale**

L'examen des teneurs atmosphériques intérieures et extérieures pondérées par le temps passé dans les différents microenvironnements fréquentés quotidiennement conduit à la conclusion que la contribution de l'air intérieur dans l'exposition globale de la population au formaldéhyde par inhalation serait de 98 %. L'air extérieur et l'air respiré dans les transports contribueraient chacun à 1 % de l'exposition. Par contre, s'agissant de l'exposition par voie cutanée et par ingestion, les données actuellement disponibles en population générale ne permettent pas de quantifier l'impact sanitaire. Il serait donc intéressant de conduire des études expérimentales afin de compléter les données actuelles sur le potentiel irritant et sensibilisant du formaldéhyde, en vue notamment d'élaborer une valeur toxicologique de référence (VTR) cutanée.

**Les valeurs repères d'aide à la gestion proposées dans ce rapport ne concerneront donc que l'inhalation.**

Les situations à prendre en compte doivent si possible couvrir à la fois :

- Les expositions de longue durée dans différents environnements intérieurs (logements, écoles, crèches....) en relation avec des émissions continues provenant des matériaux de construction ou de l'ameublement ;
- Les expositions de courte durée (de quelques minutes à quelques heures) correspondant à l'utilisation ponctuelle de produits de consommation courante (par exemple, lingettes pour sols, nettoyants vitres, bougies parfumées).

Ces deux types d'exposition au formaldéhyde sont à rapprocher des deux valeurs guides proposées par l'Afsset.

## **4 Effets sur la santé**

Le formaldéhyde se caractérise par une forte réactivité avec les macromolécules biologiques. De ce fait, lorsqu'il est inhalé, la plupart du formaldéhyde est retenue au niveau du nez, des muqueuses orales, de la trachée et des bronches proximales, premiers sites de contact chez l'homme, avec également les muqueuses oculaires. Cette forte réactivité au site de contact explique son faible passage systémique, une demi-vie dans le sang excédant rarement une minute et demi et le fait que ses effets se limitent essentiellement à l'appareil respiratoire après inhalation chez l'homme.

Le formaldéhyde est un produit génotoxique : il peut induire des lésions primaires de l'ADN et il forme aussi des adduits avec l'ADN, selon une relation dose-réponse non linéaire. Par ailleurs, la cytotoxicité induit une réaction de prolifération cellulaire régénératrice des cellules épithéliales, une augmentation des réplifications de l'ADN et donc de la probabilité de formation de nouveaux adduits. Cette réaction en chaîne, observée chez les rongeurs et le singe, pourrait se produire aussi chez l'homme.

Les effets du formaldéhyde chez l'homme sont suffisamment bien documentés pour être utilisés pour caractériser ses dangers. Dans les paragraphes ci-dessous, seuls les effets liés à l'inhalation sont abordés.

### **4.1 Effets à court terme**

Des études cliniques réalisées chez des adultes sains ou asthmatiques ont montré qu'une exposition aiguë, de quelques minutes à 5 heures, au formaldéhyde entraîne des irritations des yeux, du nez et

de la gorge, des larmoiements et une sécheresse buccale. Les irritations oculaires sont ressenties (mais non objectivées) dès les concentrations de 300 µg/m<sup>3</sup>.

Des études réalisées chez les sujets sensibles (sujets adultes asthmatiques ou ayant une dermatite allergique de contact) (14) ont montré l'apparition de symptômes irritants pour des concentrations de l'ordre de 500 µg/m<sup>3</sup>.

Des changements inflammatoires non spécifiques ont été mesurés dans le liquide de lavage nasal chez l'homme à des concentrations de l'ordre de 500 µg/m<sup>3</sup>.

Selon le rapport « Valeurs guides de qualité d'air intérieur, formaldéhyde » publié par l'Afsset en juillet 2007 (3), « il semble raisonnable de penser que les LOAEL d'effets à court terme varient de 300 µg/m<sup>3</sup> pour des effets irritants légers à 1 000 ou 1 250 µg/m<sup>3</sup> pour des effets plus marqués. »

Les effets respiratoires proprement dits sont bien établis (14). Une diminution du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) n'a été observée, en milieu professionnel, que lors d'expositions de 20 à 30 minutes à des concentrations de 2 400 à 6 400 µg/m<sup>3</sup>.

## **4.2 Effets à long terme**

### **4.2.1 Effets irritants**

Les effets irritants liés à une exposition chronique au formaldéhyde sont similaires à ceux observés lors d'expositions aiguës, mais ils peuvent être observés à des concentrations plus faibles.

Des irritations des yeux, de la gorge et des voies respiratoires, une fatigue et des maux de tête ont été observés pour des concentrations de 120 µg/m<sup>3</sup> chez des habitants de mobile-homes. Un NOAEL de 90 µg/m<sup>3</sup> a été proposé à partir d'une étude chez des travailleurs (15).

Des effets sur la capacité respiratoire, des phénomènes de sensibilisation et des pathologies asthmatiques, pouvant entraîner des hospitalisations, ont été observées dans des études épidémiologiques chez des enfants de moins de 15 ans lors d'expositions domestiques au formaldéhyde à des concentrations pouvant être aussi faibles que 37 µg/m<sup>3</sup>. Il est cependant difficile de conclure au rôle exclusif du formaldéhyde dans ces phénomènes du fait d'un effet possible de confusion par d'autres polluants présents dans l'air intérieur.

### **4.2.2 Risque cancérogène**

Le formaldéhyde a été classé en 2004 par le CIRC cancérogène certain pour l'homme (groupe 1) sur la base des données observées sur les cancers du nasopharynx en lien avec une exposition

professionnelle (1). Par contre, au niveau européen, il reste à ce jour classé cancérigène de catégorie 3 mais la révision de cette classification est en cours.

Les données issues du milieu professionnel indiquent que le risque est logiquement fonction du niveau d'exposition :

- dans les secteurs présentant des expositions répétées à des pics d'au moins  $5\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , les données issues d'études épidémiologiques mettent en évidence un doublement du risque de décès par cancer du nasopharynx ;

- dans les secteurs où les niveaux d'exposition rapportés sur 8 heures peuvent être supérieurs à  $1\,230\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , il existe un risque de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde.

- dans les secteurs d'activité où les mesures sont comprises entre  $250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $1\,230\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , le risque pour ces populations professionnelles de développer un cancer du nasopharynx ne peut être exclu.

Par contre, le risque de cancer du nasopharynx lié à l'inhalation de formaldéhyde seul peut être considéré comme négligeable lorsque les concentrations sont inférieures à  $250\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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. En 2006, en Allemagne, l'Institut fédéral d'évaluation des risques (BFR) indiquait, sur la base d'études épidémiologiques, que le risque relatif de cancers du nasopharynx peut être augmenté de manière statistiquement significative pour une exposition répétée à des valeurs supérieures ou égales à  $5\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il a de plus proposé un niveau de sécurité acceptable de  $124\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,1 ppm) pour protéger des effets irritants (considérés comme précurseurs de l'effet cancérigène) sur la base des études en population générale : un risque accru de développer un cancer du nasopharynx n'est pas attendu si la population est exposée à des concentrations inférieures à ce niveau.

Par contre, l'effet de l'exposition combinée à du formaldéhyde et d'autres composés n'a pas été étudié (16).

### **4.2.3 Autres risques suspectés**

D'autres effets potentiellement liés aux expositions au formaldéhyde sont suspectés mais n'ont pas été retenus dans le rapport de l'Afsset 2007 (3) pour proposer des valeurs guides ; il s'agit des effets

neurologiques, reprotoxiques, des leucémies, des cancers des sinus et des cavités nasales. Les données disponibles relatives à ces effets sont limitées, parfois contradictoires, n'apportent pas suffisamment de preuves de l'existence d'un lien de causalité et les études disponibles n'ont pu servir de base à la proposition de valeurs guides.

Les connaissances disponibles sur ces effets devront être régulièrement réévaluées.

### **4.3 Existence de populations vulnérables**

En ce qui concerne les effets irritatifs, il existe une variabilité interindividuelle mais celle-ci ne semble par très importante chez les adultes non fumeurs, fumeurs, asthmatiques ou hypersensibilisés (3).

**Sujets asthmatiques :** Une étude expérimentale réalisée chez 19 sujets asthmatiques suggère un effet potentialisateur d'une pré-exposition au formaldéhyde sur la réponse bronchique immédiate et tardive lors d'une exposition à des allergènes. Mais ces résultats ne sont pas corroborés par une autre étude réalisée chez 12 sujets asthmatiques et allergiques au pollen. En l'état actuel des connaissances, les actions irritante ou sensibilisante du formaldéhyde aggravant les pathologies allergiques n'ont pas été démontrées (16).

**Enfants :** Une étude comparative suggère des effets respiratoires (diminution de 10 % du débit respiratoire de pointe) chez des enfants exposés à de faibles niveaux de formaldéhyde ( $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sans effet chez l'adulte. Mais cette étude souffre de nombreux problèmes méthodologiques. En l'état actuel des connaissances, il n'est pas possible de se prononcer sur la sensibilité particulière des enfants exposés au formaldéhyde (16).

## **5 Valeurs guides et réglementaires existantes**

On rappelle que les **valeurs guides** sont en général construites à partir de critères strictement sanitaires et indiquent les taux en dessous desquels aucun effet sur la santé n'est attendu<sup>1</sup> sur les personnes séjournant dans les locaux concernés (2). Elles n'ont pas de caractère contraignant et sont présentées souvent comme des objectifs à atteindre et deviennent alors des **valeurs cibles**. Dans quelques cas, les valeurs guides intègrent aussi des impératifs de gestion sans le préciser explicitement.

---

<sup>1</sup> S'agissant des substances qui ne présentent pas de seuil de danger identifié, les VGAI sont exprimées sous la forme de concentrations correspondant à des probabilités de survenue de la maladie considérée.

Les **valeurs réglementaires** sont de nature très différente puisqu'elles sont contraignantes et intègrent presque systématiquement des considérations de gestion. Dans l'air extérieur, elles existent pour de nombreux polluants (mais pas pour le formaldéhyde) sur tous les continents alors que pour l'air intérieur aux locaux, elles sont encore peu développées, hors contexte professionnel.

### **5.1 VGAI de l'Afsset relatives au formaldéhyde**

Compte tenu des connaissances actuelles, l'Afsset a proposé deux valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI); l'une pour une exposition à court terme, l'autre pour une exposition à long terme.

Elles sont respectivement de :

- **50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  sur 2 heures** pour une exposition de court terme
- **10  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$**  pour une exposition de long terme

Dans les deux cas, l'effet critique pris en compte est l'irritation nasale et oculaire. L'avis de l'Afsset précise aussi que la valeur retenue sur 2 heures « protège également des autres effets suspectés comme par exemple les altérations de la fonction respiratoire ».

#### **Commentaires relatifs à ces valeurs guides (2)**

Les VGAI visent à préserver la population de tout effet néfaste lié à l'exposition à cette substance. Leur respect ne garantit néanmoins pas l'absence absolue d'effet à des concentrations inférieures aux valeurs proposées, notamment chez des personnes pouvant être considérées comme particulièrement sensibles. Inversement, un effet sanitaire n'est pas attendu pour l'ensemble des individus en cas de dépassement des VGAI.

Enfin, il faut garder à l'esprit que les VGAI étant élaborées pour des substances évaluées individuellement, il ne peut être exclu que des effets puissent survenir, en raison de possibles synergies, à des niveaux inférieurs du fait d'expositions simultanées à plusieurs polluants ou d'une exposition au même polluant par de multiples voies (cutanée et/ou orale).

### **5.2 Valeurs d'organismes internationaux ou en vigueur dans les autres pays**

Toutes durées d'expositions confondues, en complément des valeurs guides internationales, des valeurs nationales ont été proposées en Asie (Japon, Chine, Corée, Hong Kong), en Amérique (Californie, Canada), et en Europe (Suisse, Allemagne,...). Il s'agit en général de valeurs guides non contraignantes et très peu de pays (Corée du sud, Chine et Japon) disposent de valeurs réglementaires.

L'ensemble de ces valeurs a été répertorié dans le document Afset de 2007 sur le formaldéhyde (3) et les principales données sont reprises dans les paragraphes ci-dessous.

## 5.2.1 Valeurs guides court terme

### 5.2.1.1 Issues d'instances supranationales

L'OMS a proposé en 2000 une **valeur guide de 100 µg/m<sup>3</sup> sur 30 minutes** qui correspondait à la plus faible concentration associée à une irritation du nez et de la gorge en population générale identifiée dans la littérature.

La source est une étude américaine (17) qui a analysé la relation entre les symptômes décrits chez près de 2000 résidents et les teneurs en formaldéhyde mesurées dans leur habitat, mobile homes et maisons conventionnelles. La proportion de la population présentant des irritations et des maux de tête était importante pour des expositions au-delà de 360 µg/m<sup>3</sup> alors qu'elle était faible en deçà de 120 µg/m<sup>3</sup>. Les résultats allaient dans le même sens pour les éruptions cutanées. L'OMS a considéré que la valeur de 120 µg/m<sup>3</sup> était un LOAEL, avec une incidence faible. L'OMS a arrondi la valeur à 100 µg/m<sup>3</sup>.

### 5.2.1.2 Nationales

**Santé Canada** a proposé la valeur de **123 µg/m<sup>3</sup> sur une heure** (en moyenne), fondée sur une étude de Kulle *et al.* (1987,1993) (18, 19).

Les auteurs ont mis en évidence une irritation chez 19 volontaires sains pour une exposition de 1 250 µg/m<sup>3</sup> pendant trois heures. Les individus n'ont pas présenté d'irritation à la concentration de 625 µg/m<sup>3</sup>. 10 sujets sur 19 (50 %) et 9 sujets sur 9 (100 %) ont présenté des irritations modérées ou légères respectivement pour les concentrations de 2 500 et 3 750 µg/m<sup>3</sup> (augmentation statistiquement significative). A 1 250 µg/m<sup>3</sup>, 5 sujets sur 19, soit 26 % de l'échantillon, ont présenté une irritation modérée ou légère. Cette augmentation n'était pas significative, mais les auteurs concluent que le seuil pour l'irritation oculaire se situe entre 625 et 1 250 µg/m<sup>3</sup>. La fonction pulmonaire n'a jamais été altérée. Si on prend en compte la présence d'une irritation oculaire, déclarée par les individus, et qu'on ne prend pas en compte la significativité des tests statistiques, on peut proposer un LOAEL à 1 250 µg/m<sup>3</sup> (incidence = 26 % sur 19 sujets) et un NOAEL à 625 µg/m<sup>3</sup> pour cette étude. Santé Canada a appliqué un facteur de 10 au LOAEL pour tenir compte de la variabilité intra-espèce.

La **Norvège**, par l'Institut national de santé publique (NIPH), a proposé une valeur guide de **100 µg/m<sup>3</sup>** pour une exposition court terme de 30 minutes (20).

Cette valeur est exclusivement basée sur des critères sanitaires d'après les auteurs, mais le détail de son élaboration n'a pu être examiné, le rapport n'étant pas accessible.

Le **Japon** a aussi proposé une valeur guide de **100 µg/m<sup>3</sup>** pour une exposition court terme de 30 minutes (2002). Cette valeur est associée à des irritations du nez et de la gorge (21).

L'**Angleterre** a repris les études de l'Institut britannique de santé publique de l'Université de Leicester et les principaux éléments des *Air Quality Guidelines* de l'OMS pour élaborer sa valeur guide pour le formaldéhyde.

Sur ces bases, le Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP) a considéré en décembre 2004 **(22)** qu'il n'était pas possible d'extrapoler une valeur guide d'exposition chronique au formaldéhyde, en l'état actuel des connaissances.

Seule, une valeur guide court terme fixée à **100 µg/m<sup>3</sup> pour 30 minutes** d'exposition est proposée.

La **Californie** propose des valeurs guides propres au formaldéhyde qui ont été révisées en août 2004 suite à la re-classification du formaldéhyde par le CIRC. Elles s'appuient notamment sur les VTR proposées par l'OEHHA. Ainsi, il est recommandé une valeur guide de **95 µg/m<sup>3</sup> pour 1 heure d'exposition**. Aucun effet sanitaire n'est attendu à cette concentration sur une telle durée d'exposition.

## **5.2.2 Valeurs guides long terme**

### **5.2.2.1 Issues d'instances supranationales**

Le groupe de travail européen **INDEX (23)** a proposé en **2005** une valeur guide de **1 µg/m<sup>3</sup> pour des expositions court et long terme**, sans distinction. Elle est fondée sur la VTR proposée par l'OEHHA (1999) de 3 µg/m<sup>3</sup>, provenant d'un NOAEL en milieu professionnel de 90 µg/m<sup>3</sup>, et à laquelle un facteur supplémentaire de 3 a été ajouté pour tenir compte de la sensibilité particulière des enfants. Cette faible valeur conduisant à considérer que la quasi-totalité de la population est couramment exposée à cette concentration, le groupe INDEX a également proposé un objectif de 30 µg/m<sup>3</sup>, correspondant au NOAEL ajusté sur la durée d'exposition, utilisé par l'OEHHA.

### **5.2.2.2 Nationales**

**Santé Canada** a proposé en **2006** la **valeur de 50 µg/m<sup>3</sup>** comme valeur guide de qualité d'air intérieur résidentiel, définie pour une exposition à long terme (teneur moyenne sur 8 heures). Cette valeur est fondée sur une étude chez des jeunes enfants de 6 mois à 3 ans, pour lesquels les expositions au formaldéhyde ont été examinées en relation avec l'hospitalisation pour asthme **(24)**. Les enfants ayant des symptômes respiratoires (sifflements) étaient plus exposés au formaldéhyde que ceux n'en présentant pas (40,5 *versus* 26,7 µg/m<sup>3</sup>). La différence n'était pas significative pour les autres types de symptômes respiratoires. Un modèle a permis d'estimer que les enfants exposés au formaldéhyde au-delà de 60 µg/m<sup>3</sup> avaient un risque accru de 39 % de développer un asthme par rapport aux enfants exposés à moins de 10 µg/m<sup>3</sup>. En deçà de 49 µg/m<sup>3</sup>, l'Odds ratio est inférieur à

l'unité. Santé Canada a donc utilisé la valeur de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comme un NOAEL. Aucun facteur de sécurité supplémentaire n'est pris en compte car l'étude a été réalisée chez des enfants (population considérée comme sensible).

La **Californie** propose des valeurs guides propres au formaldéhyde révisées en août 2004 suite à la re-classification par le CIRC. Elles s'appuient notamment sur les VTR proposées par l'OEHHA. Ainsi, il est recommandé une valeur guide de  **$34 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 8 heures** d'exposition et plus, pour protéger des effets d'irritation.

Le **Texas propose depuis 2002 une valeur guide de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , protégeant des effets d'irritation sur le **long terme (25)**. Elle est proposée pour les bâtiments publics.

**La Chine**, en 2001 a défini des valeurs guides pour de nombreuses catégories de bâtiments répartis en deux groupes : les habitations, hôpitaux, maisons de retraite, lieux de garde d'enfants, écoles (groupe I) et les bureaux, magasins, hôtels, lieux de loisirs, musées, boutiques, transports publics, restaurants (groupe II) **(26)**. Pour ces deux groupes de locaux, la valeur limite en formaldéhyde est respectivement fixée à  $80$  et  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Au 1<sup>er</sup> janvier 2002 est également entrée en vigueur la «Norme hygiénique pour la qualité de l'air intérieur» promulguée par le Ministère de la santé avec une valeur guide spécifique de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (moyenne horaire).

**La Pologne** a fixé des concentrations intérieures admissibles pour environ 30 composés chimiques. Pour le formaldéhyde, les valeurs guides sont égales à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les bâtiments où l'on peut être présent toute la journée et à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les locaux où l'on reste de 8 à 10 heures par jour.

**En Allemagne**, la valeur de  $124 \mu\text{g}/\text{m}^3$  proposée par le BFR (Institut fédéral d'évaluation des risques allemand) a été calculée à partir d'un modèle tenant compte des deux mécanismes d'action sous-jacents à la toxicité du formaldéhyde (cytotoxicité, prolifération cellulaire et génotoxicité). D'après ces informations, il apparaît que la valeur guide protège donc des effets cancérogènes locaux induits par le formaldéhyde (cancers du nasopharynx).

**En Suisse**, l'Office fédéral de la santé publique recommande de ne pas dépasser la concentration de  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les locaux d'habitation et de séjour, afin d'éviter des conséquences néfastes pour la santé.

### **5.3 Classification des bâtiments en fonction des niveaux de formaldéhyde**

La **Finlande** propose **depuis 2000** différents niveaux de concentrations en formaldéhyde. Ceux-ci sont divisés en trois classes de qualité d'environnement intérieur :

- classe S1 : la qualité de l'air est très bonne et les conditions de confort thermique sont aussi bonnes en été qu'en hiver (concentration en formaldéhyde **inférieure à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$** ) ;

- classe S2 : la qualité de l'air est bonne. Les températures dépassent le seuil de température de confort pendant les jours les plus chauds d'été (concentration en formaldéhyde **entre 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** ) ;
- classe S3 : la qualité de l'air et le confort thermique remplissent les exigences du code de la construction. La qualité de l'air peut être occasionnellement étouffante et des odeurs peuvent apparaître. Les températures peuvent dépasser les seuils de température de confort les jours chauds d'été (concentration en formaldéhyde **entre 50 et 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** ).

Il s'agit de valeurs d'expositions chroniques ne prenant en compte que les émissions provenant du bâtiment (hors activités humaines). Elles ne sont cependant pas uniquement basées sur des critères sanitaires (et ne sont d'ailleurs pas associées à l'apparition d'effets spécifiques en cas de dépassement).

**Le Japon**, depuis 2003, dispose d'un référentiel de qualité de l'air intérieur des lieux publics dans lequel les bâtiments de classe excellente doivent avoir une concentration intérieure en formaldéhyde de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur le long terme. La valeur maximale est fixée à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les bâtiments de bonne classe.

**En Flandres**, un arrêté du gouvernement flamand stipule : « Un logement dont la valeur d'intervention, est dépassée (...) est réputé inhabitable ». La valeur d'intervention pour le formaldéhyde est fixée à  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 30 minutes.

**En conclusion**, il apparaît que très peu d'Etats se sont dotés de valeurs réglementaires. La Corée du Sud impose une mesure par an dans les bâtiments recevant du public (la teneur en formaldéhyde doit être inférieure à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En Chine et au Japon, les mesures sont obligatoires à la livraison d'un logement.

Les Etats disposent plutôt de valeurs « de référence » non contraignantes qui sont tantôt fondées sur des critères sanitaires (Allemagne, Autriche, Canada), tantôt sur d'autres critères sur lesquels, en général, peu d'informations sont données.

## **6 Valeurs limites d'exposition professionnelle en France (VLEP)**

Les valeurs actuelles de référence françaises pour le formaldéhyde ont été attribuées en 1993 dans une circulaire de la Direction générale du travail (DGT 93-18) et sont fixées respectivement à 0,5 ppm ( $610 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et 1 ppm ( $1\,230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour la VME 8 heures et VLE 15 minutes.

Depuis lors, l'évaluation des effets sanitaires des expositions professionnelles au formaldéhyde a fait l'objet d'un changement de méthode (prises en compte exclusive des critères sanitaires) et de

nouvelles données dont celles publiées par le Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) en 2008.

Dans ce travail, le SCOEL a considéré comme effet critique l'existence d'une réaction inflammatoire au niveau de la muqueuse respiratoire supérieure, après exposition au formaldéhyde. Toutefois, en raison de l'absence de données suffisantes pour l'établissement d'un NOAEL pour cet effet critique, le SCOEL a retenu l'irritation de la muqueuse oculaire, jugée plus sensible, comme indicateur de l'effet critique décrit ci-dessus.

Les différentes données disponibles pour les seuils d'irritation oculaire font apparaître des NOAEL allant de 0,24 ppm ( $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) à 2 ppm ( $2\,450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) selon les études, le seuil de 0,3 ppm ( $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) étant le plus communément admis.

Compte tenu de la relation existant entre le seuil d'irritation oculaire qui vient d'être décrit et l'effet critique retenu sur les modifications inflammatoires de la muqueuse respiratoire haute, pris comme l'élément précurseur d'un éventuel processus cancérogène, le SCOEL considère pouvoir fixer un seuil pratique pour ce cancérogène.

Tenant compte de la sensibilité inter-individuelle au formaldéhyde, le SCOEL a finalement proposé une valeur sur 8 heures de 0,2 ppm ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et une valeur sur 15 minutes de 0,4 ppm ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Dans son évaluation, l'Afsset a repris ces considérations mécanistiques. Considérant que les VLEP doivent *in fine* protéger les travailleurs du risque d'apparition du cancer du nasopharynx **(1)**, l'agence a retenu comme effet critique la cytotoxicité du formaldéhyde sur le tractus respiratoire, et qui comporte des modifications histologiques de l'épithélium et un renouvellement cellulaire plus important. En l'absence de ces éléments initiaux de cytotoxicité, il est en effet admis que la probabilité d'apparition d'un cancer du nasopharynx est négligeable.

Considérant l'ensemble des données épidémiologiques mais surtout expérimentales, l'Afsset a considéré que deux types d'effets jugés plus précoces que les manifestations inflammatoires observées dans l'épithélium, pouvaient être analysés :

- soit l'irritation oculaire ; dans ce cas, un NOAEL établi à 0,3 ppm (soit  $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) par un groupe d'experts américains de l'IHF (Industrial Health Fondation) **(27)** peut être proposé ;
- soit l'irritation sensorielle, prenant en compte une part de perception subjective, et dans ce cas il semble justifié de retenir la BMDL (Benchmark Dose) de 0,24 ppm (soit  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) proposée par l'équipe de Arts **(28)**.

Compte tenu de l'effet critique retenu et des conditions de mesure des valeurs retenues, de l'absence de signes à ces seuils de manifestations chez des populations sensibles (comme les asthmatiques), il

n'a pas été retenu d'intégrer de facteur de sécurité supplémentaire dans la proposition des valeurs de référence.

Concernant l'établissement d'une valeur court terme, l'Afsset a considéré le même effet critique (irritation oculaire) en retenant une étude explorant au décours d'une exposition continue sur 4 heures, les effets des pics d'expositions. (29). Un NOAEL a été déterminé pour des effets d'irritations oculaires objectivables après une exposition de 4 heures à 0,5 ppm (en exposition continue et un autre NOAEL à 0,3 ppm ( $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en exposition continue associée à des pics de 0,6 ppm ( $740 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Un LOEL est donné pour une exposition à 0,5 ppm en exposition continue associée à des pics de 1 ppm. La dose de 0,5 ppm semble donc prémunir des effets à court terme dus aux pics d'exposition.<sup>2</sup>

Comme précédemment, il n'a pas été retenu de facteurs de sécurité pour le calcul de la valeur court terme.

Au final, les valeurs retenues par l'analyse critique des effets sanitaires associées aux expositions professionnelles au formaldéhyde par l'Afsset font apparaître les valeurs de 0,3 ppm et de 0,5 ppm respectivement sur 8 heures et 15 minutes. Toutefois, dans un souci d'harmonisation, l'Afsset a finalement retenu les valeurs très proches précédemment émises par le SCOEL, à savoir :

- **0.2 ppm ( $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour la VLEP-8 heures et**
- **0.4 ppm ( $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour la VLCT sur 15 minutes.**

Suite à ces propositions de l'Afsset, de nouvelles valeurs limites d'exposition professionnelle pourraient être retenues.

### **Cohérence entre VGAI proposées par l'Afsset et VLEP**

Les effets critiques choisis pour l'établissement de la VGAI formaldéhyde de l'Afsset sont basés sur les signes d'irritation oculaire ou nasale dans des populations sensibles. En ce qui concerne la VGAI « toxicité respiratoire aiguë » l'évaluation est fondée sur les résultats d'une étude de l'ATSDR avec un LOAEL à  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  obtenu dans une population sensible, présentant une sensibilisation cutanée au formaldéhyde. Les facteurs de sécurité appliqués (pour populations sensibles et pour l'utilisation d'un LOAEL au lieu d'un NOAEL) ont conduit l'Afsset à réduire la valeur initiale à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ce choix apparaît donc cohérent avec la VLEP court terme retenue.

---

<sup>2</sup> Ce type d'observation est à interpréter avec prudence car le niveau à partir duquel des excès de risque significatifs sont observés dans des études épidémiologiques dépend notamment de la puissance statistique de l'étude (autrement dit, de la taille de l'échantillon étudié et la durée du suivi).

En ce qui concerne la VGAI «longue durée », le choix de l'Afsset a porté sur la valeur proposée par l'ATSDR à partir d'une étude réalisée en population professionnelle, aboutissant à un LOAEL de  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (donc proche de la valeur retenue comme VLEP). L'application d'un facteur de sécurité de 30 (10 pour variation interhumaine et 3 pour utilisation d'un LOAEL) aboutit à la valeur de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Au total, les VGAI et les VLEP retenues partent de valeurs proches et définies à partir d'effets critiques similaires. Partant de données observées chez l'homme, aucun critère de sécurité n'a été appliqué dans le cas des VLEP, alors que des corrections ont été appliquées dans le cas des VGAI, aboutissant aux différences rapportées.

## **7 Faisabilité des mesures de réduction des émissions**

### ***7.1 Examen des sources conduisant à des expositions par inhalation***

On rappelle que les deux principaux usages du formaldéhyde sont comme :

- colle, liant organique ou résine sous forme d'un polymère thermodurcissable (urée-formol, phénol-formol et mélamine-formol),
- conservateur/biocide/fongicide sous sa forme formol.

Le formaldéhyde peut se trouver dans l'air intérieur à plusieurs titres mais, en général, les principaux contributeurs sont les matériaux de construction et d'ameublement en panneaux de particules de bois ainsi que les produits d'entretien et les cosmétiques.

#### **7.1.1 Les produits de construction et d'ameublement**

Le formaldéhyde entre dans la composition de nombreuses résines thermodurcissantes et, de ce fait, est très présent dans les panneaux de particules de bois, dont les morceaux sont liés par des polymères et sont largement utilisés dans le bâtiment, notamment pour les constructions à ossature bois ou dans l'ameublement. Les avantages des résines formolées sont leur prix de revient, la résistance au feu et aux attaques biologiques. Cette dernière propriété s'explique par le fait que les résines se décomposent lentement et peuvent ainsi libérer de petites quantités de formaldéhyde agissant comme biocide.

On dénombre trois principaux types de panneaux agglomérés : i) le panneau de particules, communément appelé « agglo », est le plus vendu en France ; ii) le MDF (Medium Density Fiber), plus simplement « Medium », très utilisé dans l'ameublement et par les bricoleurs ; iii) l'OSB

(Oriented Strand Board), reconnaissable à ses morceaux de bois visibles, essentiellement utilisé dans la construction à ossature bois mais peu présent en France.

Selon l'institut technique Forêt Cellulose Bois Ameublement (FCBA), ces panneaux se répartissent de façon équivalente entre le secteur de l'ameublement et de la construction. Dans le cas des meubles, le revêtement, selon sa nature, permet de limiter les émissions par un effet barrière qui est manifeste pour les revêtements en plastique alors qu'il est moins significatif, voire inexistant, dans le cas des vernis ou du plaquage bois.

### **7.1.2 Les produits d'entretien et les cosmétiques**

Le formaldéhyde peut être utilisé dans divers produits de consommation afin d'éviter une contamination microbienne. Il constitue ainsi un agent de conservation dans divers produits tels que les nettoyeurs domestiques, les détergents pour vaisselle, les adoucissants, les shampooings ou les nettoyeurs pour tapis.

Les préparations ou produits utilisant du formaldéhyde comme conservateur sont de composition assez homogène et contiennent du formaldéhyde à une concentration généralement de 0,2 à 0,3 %. La base nationale des produits et compositions (BNPC) du réseau des centres de toxicovigilance recense également les préparations ou produits utilisant du formaldéhyde pour d'autres usages. Ils sont de composition hétérogène et contiennent du formaldéhyde à des concentrations comprises entre 0,1 et 40 % : c'est le cas pour des solutions utilisées comme désinfectant ménager, détartrant, décolleur de papier peint, peinture,... et de préparations contenant du formaldéhyde polymérisé utilisées comme herbicide, bloc allumage de cheminées ou barbecues, vernis pour matériaux, bois, parquets, produit d'étanchéité...

Le formaldéhyde est donc présent dans de nombreuses préparations actuellement sur le marché. Les usages en sont variés mais le rôle du formaldéhyde comme conservateur est toutefois prédominant.

La BNPC relève une évolution notable en faveur d'une baisse des concentrations de formaldéhyde dans les produits de consommation émergents, voire d'une disparition. Cependant, cette évolution se fait parfois au profit d'une apparition croissante de produits libérateurs de formaldéhyde (bromonitropropanediol, bromonitrodioxane...) dans la composition des produits de consommation, ce qui n'est pas une solution satisfaisante.

## **7.2 Moyens d'action sur les émissions**

Pour les industriels, plusieurs stratégies sont possibles :

- Travailler sur la polymérisation : Il ne s'agit pas dans ce cas de changer le procédé mais de

- Travailler sur le procédé en réduisant la consommation de résines formolées (moins de résine avec ou sans substitution partielle. Les acteurs concernés seront attentifs aux effets possibles en matière de distorsion de la concurrence, toujours possible dans les faits.
- Substituer le produit totalement. Cette solution est envisageable pour les deux marchés principaux du formaldéhyde :
  - Les résines thermodurcissables utilisées comme colle/liant (industrie du bois, industrie de l'isolation), avec, entre autres, l'usage de résines chimiquement différentes (polyuréthanes..).
  - Le formaldéhyde comme conservateur de produits industriels (peintures..). Il existe des produits de substitution dans le commerce, étudiés dans le cadre de la directive biocide (Isothazoline-one...).

L'existence de produits totalement substitués sur le marché mondial montre que cette voie est possible. L'incidence sur le prix de revient est faible, si l'on laisse un temps raisonnable aux industriels pour adapter leur outil de production.

Familles	Résines UF à très bas taux de formol	Résines UF avec piègeurs de formol	Résines PF	Résines à base d'isocyanates	Résines à base de tannins	Résines à base de protéines	Résines à base d'huiles insaturées
Maturité de la technologie	•••	•••	•••	•••	••	•	○
Disponibilité	•••	•	••	••	••	•	○
Coût par rapport à une résine UF	•	•	•	○	○	•	○
Classement éligible par les panneaux en terme d'émissions de formol	De E1 à F**** (a)	De E1 à F****	De E1 à F****	Sans Formol	Sans formol	Sans formol	Sans formol

Légende :

- : bon
- : moyen
- : acceptable
- : insatisfaisant

**Tableau III:** Technologies permettant de réduire les émissions de formaldéhyde dans le domaine du bois et de l'ameublement (Source : FCBA)

### 7.2.1 Les dispositions incitatives

Parmi ces dispositions incitatives, les « labels volontaires » établis par les industriels de l'ameublement, fournissent d'utiles prototypes pour la réflexion.

Le Centre scientifique et technique du bâtiment fait état des labels volontaires qui ont cours en Finlande (M1), au Danemark (ICL), en Allemagne pour les produits d'installation de sol (EMICODE), ou pour les moquettes (GUT). Tous ces labels sont construits sur la norme ISO 16 000 (tout produit de construction). Les mesures sont souvent effectuées par des laboratoires de référence.

Bien que les niveaux d'exigence des différents labels soient variables, les expériences étrangères montrent que l'existence de ces labels a été un élément contributif à la décroissance des facteurs d'émission des produits et matériaux contenant du formaldéhyde. Malheureusement, à ce jour, il n'existe aucun label volontaire en France à l'échelle d'un secteur d'activité.

## **7.2.2 Les dispositions réglementaires actuelles sur les produits de construction et d'ameublement**

En France, le décret n° 88-693 du 6 mai 1988 régit l'utilisation des mousses urée-formol dans les locaux à usage d'habitation ou destinés à une occupation humaine (permanente ou semi-permanente). L'arrêté, pris pour son application, limite à 0,2 ppm (250 µg/m<sup>3</sup>) la variation maximale de la concentration en formaldéhyde dans chaque pièce après application d'un procédé urée-formol.

Dans l'Union européenne, les normes d'essais EN 717 sont appliquées pour le classement des panneaux de particules à base de bois collés (parquets contrecollés, bois lamellé collé, bois reconstitués et poutres en «I») selon leur dégagement de formaldéhyde (marquage CE réglementaire). Si, en application de cette norme d'essai, le niveau de formaldéhyde dégagé est inférieur à 123 µg/m<sup>3</sup>, le panneau est classé E1, sinon il est classé E2. Ce classement a été repris pour d'autres produits tels que les dalles de plafond et les revêtements de sol.

L'institut technique Forêt Cellulose Bois Ameublement rappelle que le parc existant de bâtiments ou de meubles comprend encore 80 % d'équipements anciens dont le niveau d'émission est supérieur à E1.

## **7.2.3 Les mesures réglementaires à venir**

Dans le cadre du « Grenelle de l'environnement », l'article 35 de la loi du 10 février 2009 tel qu'il a été confirmé par la commission du Sénat n° 489 (24 juin 2009), impose l'étiquetage obligatoire à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour « les produits de construction et d'ameublement ainsi que les revêtements muraux et de sol, les peintures et vernis, et l'ensemble des produits ayant pour objet ou pour effet d'émettre des substances dans l'air ambiant. Il prévoit par ailleurs l'interdiction des CMR 1 et 2 dans ces produits.

## **7.3 Impact de l'élaboration de valeurs repères d'aide à la gestion sur la qualité de l'air intérieur**

Dans deux pays, L'Allemagne et le Japon, l'élaboration de valeurs repères d'aide à la gestion a fortement favorisé une amélioration à terme de la qualité de l'air intérieur.

### **7.3.1 Cas de l'Allemagne**

Une étude conduite de 1975 à 1977 avait montré une corrélation positive statistiquement significative entre des concentrations de formaldéhyde - de l'ordre de 550 et 710  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - mesurées dans trois écoles et des nausées, des maux de tête, et des effets de somnolence chez les élèves. Suite à ce travail, en 1977, l'Office fédéral de santé publique a fixé une valeur repère à 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ce qui a fait évoluer la réglementation relative aux standards d'émission de formaldéhyde par les panneaux de particules et les mousses urée-formol. Cette valeur a été confortée par une expertise toxicologique du BFR en 2006. Il est à noter que, si cette valeur protège du cancer, elle ne prémunit pas l'ensemble de la population contre les irritations.

### **7.3.2 Cas du Japon**

Dans les années 1980, suite à la multiplication de troubles (irritation des yeux, eczéma) attribués aux résines urée-formol, le Japon met en place une réglementation des émissions de contre-plaqué et panneaux de particules.

Après de nombreux cas de syndromes des bâtiments malsains, le Ministère de la santé fixe, en 1997, une valeur repère égale à 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Plus de 25 % des logements dépassaient cette valeur selon une enquête menée en 1996 dans 230 logements. En 2003, la réglementation sur les émissions a été renforcée. La situation s'est améliorée mais la valeur repère est encore dépassée dans 5,6 % des logements.

## **7.4 L'utilisation de produits de substitution**

- **Cas des panneaux de particules**

D'après l'Union des industries de panneaux de process, tous les panneaux produits en France sont conformes à la norme E1 qui impose une émission maximum de formaldéhyde de 124  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les fabricants français seraient déjà à la moitié du maximum autorisé. Effectivement, le leader sur le marché français a lancé un OSB (Oriented Strand Board) « formol free ». Plus récemment, une autre société canadienne, un des leaders mondiaux, qui détient plus de 10 % du marché français des panneaux OSB, a commercialisé un panneau sans formaldéhyde ajouté qui ne contient que 0,15 % de formaldéhyde.

Dans tous les cas, les possibles effets sanitaires des produits alternatifs doivent être étudiés avec attention. Une étude préliminaire sur les avantages/inconvénients comparés des technologies est à prévoir. Chaque substitution fait émerger des problèmes potentiels. On peut ainsi citer le risque comparé, en cas d'incendie, des résines formolées et d'autres résines comme par exemple certaines issues de la famille du polyuréthane. Avec ces dernières, la propagation de l'incendie peut être favorisée et certains gaz de combustion peuvent contenir de l'acide cyanhydrique. Il sera alors

utilisé des retardateurs de flamme dans la formulation, qui ne sont pas toujours inertes pour l'environnement et la santé (organobromés par exemple).

- **Cas des laines minérales**

Des résultats positifs ont été obtenus sur les laines minérales dont certaines ont maintenant la caractéristique d'utiliser un liant qui ne contient pas de formaldéhyde (le liant est ajouté au matériau de base pour lui conserver sa tenue mécanique). L'ensemble de ces laines minérales est conforme aux normes en vigueur : marquage CE, Acermi et EUCEB (garantissant l'exonération au classement cancérigène).

- **Cas du textile**

Dans cette industrie, les principaux usages du formaldéhyde sont les traitements de finition des étoffes cellulosiques (stabilité dimensionnelle, infroissabilité, amélioration du tombé,...). Pour ces applications, il existe de plus en plus de produits de substitution à faible teneur en formaldéhyde voire sans formaldéhyde. Sa suppression est également possible dans les teintures pour l'habillement.

## **8 Valeur cible et valeurs repères pour le formaldéhyde**

Les valeurs proposées ci-dessous s'appliquent uniquement aux expositions chroniques<sup>3</sup>.

### **8.1 Valeur cible**

C'est la VGAI Afsset de **10 µg/m<sup>3</sup>** qui est retenue comme valeur cible à atteindre à terme. A ce niveau de concentration, dans l'état actuel des connaissances, aucun effet sanitaire n'est attendu pour la population générale. A l'évidence, toute teneur inférieure ou égale à cette valeur témoigne d'une très bonne qualité d'air vis-à-vis de ce polluant et n'implique aucune action si ce n'est de veiller à ne pas dégrader cette bonne situation. Cette valeur doit être atteinte à échéance de 10 ans.

### **8.2 Valeur repère de qualité d'air et valeur d'information et de recommandation**

Ces deux valeurs, **pour l'année 2009**, sont respectivement de **30 et 50 µg/m<sup>3</sup>**.

- La valeur de **30 µg/m<sup>3</sup>** constituera une teneur maximale acceptable pour une bonne qualité de l'air vis-à-vis de ce polluant dans les conditions d'occupation régulière d'un local privé, d'un

---

<sup>3</sup> S'agissant des expositions de court terme, le groupe de travail estime qu'il ne dispose pas pour le moment d'éléments suffisants de connaissance pour proposer des valeurs repères d'aide à la gestion.

établissement recevant du public ou d'un bâtiment du secteur tertiaire. En dessous de cette valeur il n'y a pas de raison objective d'entreprendre des actions correctives spécifiques mais il convient de profiter de travaux de rénovation ou de changement d'ameublement pour choisir les matériaux les moins émissifs et ainsi favoriser l'évolution « au fil de l'eau » vers la valeur cible de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Cette valeur de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  est proche du percentile 80 de la distribution des teneurs relevées dans la campagne logements de l'OQAI, point de repère initial de la démarche générale retenue par le HCSP.

**Justification du niveau retenu pour la valeur repère de qualité d'air** : C'est la valeur objectif fixée par le groupe européen INDEX, elle est proche de la valeur guide californienne (34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et enfin elle correspond, en terme de qualité d'air dans les bâtiments, aux meilleures classifications en Finlande (classe S1) comme au Japon (classe excellente).

- Un espace « provisoirement tolérable » est proposé entre 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  parce que les effets sanitaires auxquels sont exposées les personnes qui respirent un air chargé de formaldéhyde à une telle concentration ont un caractère modérément dangereux (irritation nasale ou oculaire). Cette « tolérance » provisoire est conforme aux principes exposés dans le rapport présentant la démarche générale adoptée par le HCSP.

- On considérera par contre qu'une valeur supérieure à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  n'est pas compatible avec une exposition humaine de longue durée dans un établissement scolaire ou préscolaire ou dans un habitat. Il est aussi peu probable que de telles teneurs puissent être diminuées de façon satisfaisante - visant à atteindre un niveau en dessous de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - uniquement en agissant sur les conditions thermohygrométriques, ou sur la ventilation du local. En conséquence, il est nécessaire dans les meilleurs délais – de l'ordre de quelques mois- d'identifier la (les) source(s) principale(s) de ces valeurs élevées et de la (les) réduire. Les occupants et propriétaires des locaux doivent être informés de cette situation pour qu'ils puissent mettre en œuvre des actions appropriées entraînant une diminution des concentrations en deçà de la valeur repère d'objectif de qualité, soit 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2009.

**Justification du niveau retenu pour la valeur d'information et de recommandations** : La valeur de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a été adoptée par Santé Canada pour limiter les effets à long terme ; elle a été retenue par la Pologne pour les bâtiments où on peut être présent toute la journée et par le Texas pour protéger des effets d'irritation. Enfin elle correspond à la classe S2 de la classification finlandaise des bâtiments.

On rappelle que c'est aussi la VGAI Afset pour les mesures sur le court terme (sur 2 heures) et qu'au plan de la gestion, c'est une concentration qui n'est dépassée que par 4 % des logements dans la campagne nationale de l'OQAI.

- Pour les locaux dont les teneurs sont comprises entre 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , les niveaux mesurés correspondent à la plage des valeurs hautes de la distribution des teneurs dans les habitats – entre les percentiles 80 et 95 de la distribution des valeurs dans la campagne logements de l'OQAI réalisée entre 2003 et 2005. S'il est possible d'identifier une source, une action de réduction des émissions est encouragée. Cependant, à ces niveaux de concentration, compte tenu du caractère ubiquitaire du formaldéhyde, il s'agit souvent d'émissions résultant de multiples sources diffuses ; en conséquence, il est souvent préférable dans un premier temps d'agir sur la ventilation du local, afin de ramener les niveaux en dessous de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Par ailleurs, il faudra aussi saisir l'opportunité de futurs travaux de rénovation sur la construction, l'ameublement ou la décoration pour diminuer les émissions en choisissant des produits peu émissifs, ce qui souligne encore l'intérêt d'un étiquetage des produits dans les meilleurs délais.

Ces différentes valeurs sont proposées au « point 0 », c'est-à-dire fin 2009. D'ici 10 ans (fin 2019), la valeur cible de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  devra être atteinte, et dans la période intermédiaire les deux valeurs (repère et information) de 30 et 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auront connu une décroissance selon une pente linéaire, comme le montre la figure 1 (page 39).

### **8.3 Valeur repère d'action rapide**

Une teneur mesurée supérieure à 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  doit être considérée comme une valeur entraînant une action rapide, c'est-à-dire que, au cours du mois suivant, la ou les sources en cause doivent être identifiées et retirées du bâtiment. Dans l'attente de la fin des travaux, la ventilation de la pièce concernée sera accrue afin de favoriser l'élimination du formaldéhyde. L'objectif sera de ramener au plus vite les teneurs ambiantes en dessous de la valeur repère d'objectif de qualité, soit 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2009.

On rappelle que cette valeur de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  n'a pas été rencontrée dans la campagne nationale logements de l'OQAI mais qu'elle a déjà été mesurée dans des bâtiments d'enseignement.

**Justification du niveau retenu pour la valeur d'action rapide VAR** : 100 ou 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sont des niveaux qui correspondent aux valeurs guides les plus élevées relevées dans les différents pays tant sur le long terme que sur le court terme. Si on s'en tient au long terme, ces valeurs sont retenues en Pologne (uniquement dans les locaux où on séjourne de 8 à 10 heures par jour), en Suisse et en Allemagne (à ce niveau le BFR considère encore qu'aucun effet cancérigène n'est à redouter pour des expositions chroniques). Enfin, dans les classements finlandais et japonais, 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  est la teneur maximale tolérée pour la catégorie de bâtiment la moins exigeante.

Cette VAR sera reconsidérée à mi parcours (en 2014) et le cas échéant abaissée, en fonction de l'évolution des connaissances sur le danger du formaldéhyde.

#### **8.4 Proposition de stratégie de mesure**

Dans les différentes études réalisées ces dernières années en France (campagne nationale logements de OQAI, mesures locales dans les crèches et les écoles), il apparaît que les teneurs en aldéhydes mesurées en saison chaude sont significativement supérieures à celles mesurées en saison froide pour tous les composés, sauf l'acétaldéhyde. Par exemple, concernant le formaldéhyde, le niveau moyen dans les crèches parisiennes a été de  $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en saison chaude contre  $11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en saison froide (12). Les niveaux maxima atteints ont été respectivement de  $23,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en saison froide et de  $40,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en saison chaude, et ont été obtenus dans la même crèche. Ce phénomène avait déjà été clairement mis en évidence dans l'étude des crèches et écoles maternelles en région Rhône-Alpes (11).

C'est pourquoi, dans les campagnes de surveillance initiées par le ministère en charge de l'environnement, il est prévu une mesure hivernale et une mesure estivale afin d'obtenir une estimation de la valeur moyenne annuelle plus proche de la réalité qu'une valeur unique conduisant à une sous-estimation des niveaux moyens annuels en hiver et à une surestimation en été.

Cette stratégie correspond au protocole développé par le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) pour les campagnes de mesures programmées dans 300 crèches et écoles entre 2009 et 2011. Elle présente à l'évidence une difficulté d'application au plan de la communication vers les occupants puisqu'elle peut conduire à retarder une décision d'intervention et ainsi prolonger une exposition qui aurait pu être réduite plus tôt. Compte tenu de la constance de cette observation dans différents contextes, un projet d'étude devrait être financé afin d'élaborer une modélisation permettant l'application d'un facteur de correction quelle que soit la période des mesurages.

En conclusion, il est apparu préférable que le processus décisionnel d'identification et de réduction des sources soit engagé dès le premier résultat montrant un dépassement du niveau de concentration correspondant à la valeur d'action rapide ou à celle d'information et de recommandations, et ceci quel que soit le moment du mesurage dans l'année.

## 8.5 Bilan sur les valeurs cible et repères

Le groupe propose pour le long terme de retenir quatre valeurs pour le formaldéhyde : une valeur cible à atteindre à terme, une valeur repère d'objectif de qualité, une valeur d'information et de recommandations et enfin une valeur d'action rapide.

- **La valeur cible est la VGAI long terme de l'AFSSET : 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

C'est, à terme, la valeur vers laquelle tous les environnements intérieurs doivent tendre.

- **La valeur repère de qualité d'air en 2009 est 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

C'est la valeur en dessous de laquelle, il n'y a pas d'action à engager en 2009.

La décroissance vers la valeur cible se fera linéairement au fil des années, avec les bornes suivantes : 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à 5 ans (2014) et 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à 10 ans (2019), ce qui implique un effort sur la conception de produits et matériaux sans formaldéhyde.

- **La valeur d'information et de recommandation en 2009 est 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

C'est une valeur de tolérance provisoire qui tient compte du caractère modérément dangereux des effets sanitaires auxquels sont exposées les personnes qui respirent un air chargé de formaldéhyde à cette concentration. Cette valeur ne doit pas être dépassée dans un local habité ; au-delà, il est nécessaire d'identifier les sources et de réduire celles dont l'impact est le plus important. En deçà de cette valeur, des mesures de meilleure ventilation des locaux sont à mettre en œuvre afin d'atteindre le niveau de la valeur repère d'objectif de qualité. Cette valeur connaîtra également une décroissance linéaire sur les 10 ans, avec une pente plus forte que la précédente afin d'atteindre la VGAI de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à cette échéance et 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  à 5 ans (2014).

- **La valeur d'action rapide est 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

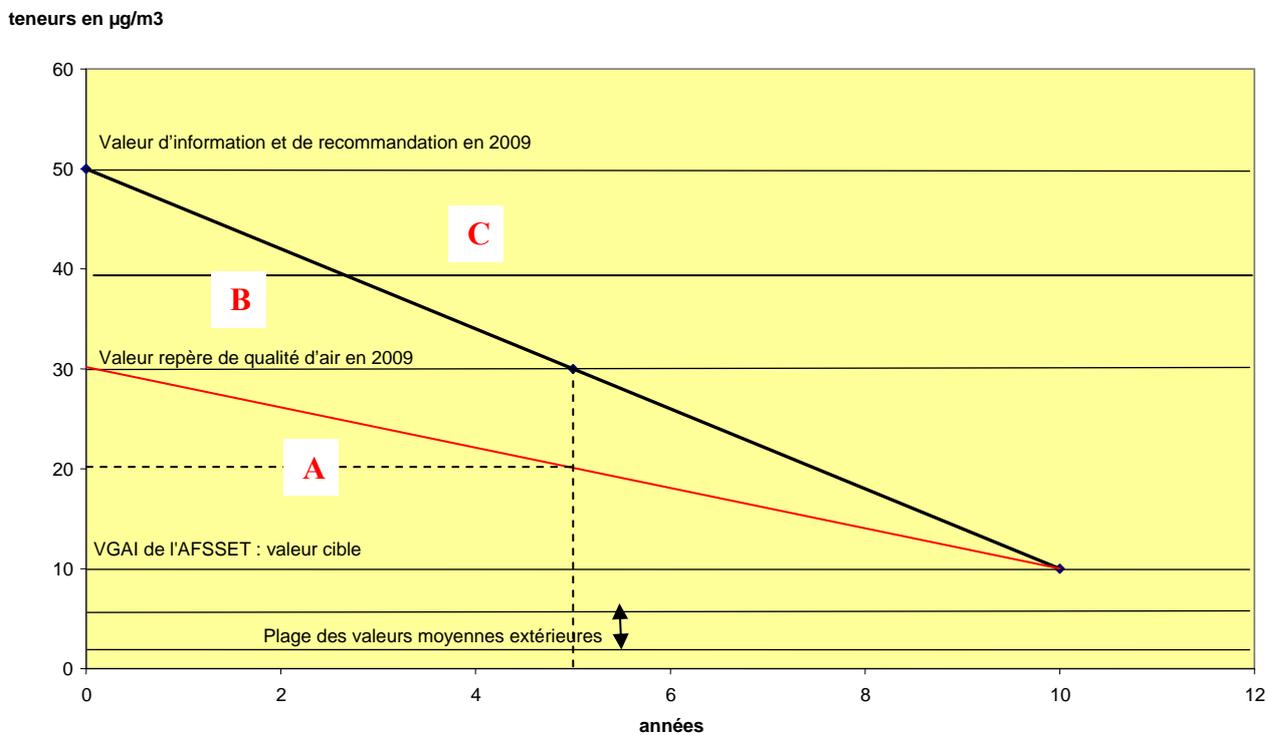
Des travaux sont nécessaires à court terme. Cette VAR sera reconsidérée à mi parcours (2014) en fonction de l'évolution des connaissances sur le danger du formaldéhyde.

La figure 1 résume ces différentes valeurs qui déterminent au total trois catégories de locaux :

- les locaux de catégorie A atteignent de très bonnes performances, avec des concentrations de formaldéhyde inférieures aux valeurs bornées par la droite rouge, selon l'année considérée
- les locaux de catégorie B atteignent des performances intermédiaires ;
- les locaux de catégorie C ont de piètres performances et des actions doivent y être engagées pour passer dans une meilleure catégorie.

La valeur de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ne devra pas être atteinte, c'est une valeur d'action rapide qui pourrait être revue en fonction de l'évolution des connaissances.

Figure 1 : Formaldéhyde : programmation de l'évolution des teneurs dans les bâtiments existants



## 8.6 Cas des immeubles neufs

Dans le cas des bâtiments neufs livrés à partir de 2012, et plus particulièrement pour les établissements recevant du public (ERP), ceux-ci devront présenter, avant livraison aux occupants, des teneurs moyennes inférieures à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , représentatives de l'exposition chronique due aux éléments constitutifs du bâti. Il en est de même pour ceux faisant l'objet d'opérations de rénovation de grande ampleur.

## 9 Bibliographie

1. CIRC (Centre international de recherche sur le cancer), IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol, Volume 88, Lyon, France, 2006.
2. Afsset. Valeurs guides de qualité d'air intérieur – document cadre et éléments méthodologiques – juillet 2007.
3. Afsset. Valeurs guides de qualité d'air intérieur – le formaldéhyde - juillet 2007.
4. Afsset. Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde. Etude de filières, risques professionnels, relation entre composition et émission - mai 2009.
5. OQAI. Campagne nationale logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final - novembre 2006.
6. Dassonville C, Demattei C, Laurent AM, Le Moullec Y, Seta N, Momas I. Assessment and predictor determination of indoor aldehyde levels in Paris newborn babies' homes. *Indoor Air*. 2009 Aug ;19(4):314-23. Epub 2009 Jan 19.
7. Domsic S, Squinazi F. Connaissance de l'exposition des jeunes enfants à la pollution atmosphérique dans les crèches parisiennes. Convention DRASSIF-LHVP. Avenant N°10. Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, Mairie de Paris – octobre 2002.
8. Annesi 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. Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Clean Air & Environment Congress and Exhibition, 26-31 August 2001, Seoul, Korea.
9. OQAI. Campagne pilote dans 90 logements et 9 écoles. Rapport synthétique - juillet 2004
10. ASPA. Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesurés - juin 2005.
11. ATMO Rhône-Alpes. Mesure du formaldéhyde dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches en Rhône-Alpes. Rapport de synthèse, janvier 2009. <http://www.rhone-alpes.sante.gouv.fr>
12. LHVP. Etude de la qualité de l'air dans 28 crèches parisiennes - Rapport - juin 2009 (données non publiées).
13. Atmos<sup>2</sup> Air Bourgogne. Qualité de l'air intérieur : mesures, analyses et recherches sur l'origine et la toxicité des polluants – 2003.
14. Ineris. Fiches de données toxicologiques et environnementales. Formaldéhyde - mai 2005
15. ATSDR. Toxicological profile for Formaldehyde. U.S. Department of Health and Human Services. <http://www.atsdr.cdc.gov/> - juillet 1999.
16. Afsset. Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. Toxicité du formaldéhyde. Etat des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence- mai 2008.
17. Ritchie IM, Lehnen RG. Formaldehyde-related health complaints of residents living in mobile and conventional homes. *Am. J. Public Health* 1987; 77(3) : 323-328.
18. KulleTJ, Sauder LR, Hebel JR, Green DJ, Chatham MD. Formaldehyde dose-response in healthy nonsmokers. *JAPCA*, 1987 ; 37(8): 919-24.
19. Kulle TJ. Acute odor and irritation response in healthy nonsmokers with formaldehyde exposure. *Toxicol. Ind. Health* 1993 ; 5:330-337.
20. Becher R, Hongslo JK, bake JV. Revised guidelines for indoor air quality in Norway, 99' Indoor air conference proceedings, Vol 1, 171-176, 1999.

21. Ministry of health, labour and welfare in Japan. Committee on sick house syndrome: indoor air pollution, Progress report N°4 – 2002.
22. COMEAP (Committee on the Medical Effects of Air Pollutants). Report : Guidance on the Effects on Health of Indoor Air Pollutants - 2004.
23. European Commission. Joint Research Centre (JRC). Final Report. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU: The INDEX project. Institute for Health and Consumer Protection, Physical and Chemical Exposure Unit. 337 pages. I-21020 Ispra (VA), Italy - 2005
24. Rumchev KB, Spickett, Bulsara MK, Phillips MR, Stick SM. Domestic exposure to formaldehyde significantly increases the risk of asthma in young children; Eur. Respir. J., 2002 ; 20: 403-406.
25. Texas Department of Health. Texas voluntary indoor air quality guidelines for government buildings - 2002.
26. THADE. Policies and Actions concerning indoor air pollution in dwellings in Europe and Overseas, Carrer P, Rameckers E., Kotzias D., projet THADE Towards Healthy Air in Dwellings in Europe - 2003.
27. Paustenbach D, Alarie Y, Kulle T, Schachter N, Smith R, Swenberg J, Witschi H, Horowitz SB. A recommended occupational exposure limit for formaldehyde based on irritation. J Toxicol Environ Health, 1997; 50(3): 217-263.
28. Arts JHE, Rennen MAJ, De Heer C. Inhaled formaldehyde : evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity. Regul Toxicol Pharmacol, 2006; 44 : 144-160
29. Lang I, Bruckner T, Triebig G. Formaldehyde and chemosensory irritation in humans: a controlled human exposure study. Regul Toxicol Pharmacol, 2008; 50 : 23-36.