

# Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde

Étude de filières  
Risques professionnels  
Relation entre composition et émission

- Avis de l'Afsset
- Rapports d'expertise collective



## AVIS

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

#### **Relatif aux risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels**

Saisine Afsset n°2004/016

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

#### **Présentation de la question posée**

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

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

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

#### **Contexte**

Le formaldéhyde a de multiples applications en raison de ses propriétés physico-chimiques en tant que biocide, conservateur ou fixateur. Il est largement utilisé, sous forme solide ou liquide, dans de nombreux secteurs industriels notamment comme intermédiaire chimique de réaction

et pour la fabrication de résines destinées à des produits de construction et de consommation d'usage courant (produits de bricolage, meubles, produits d'entretien, cosmétiques etc.).

Le formaldéhyde résulte également de phénomènes de combustion incomplète (fumée de tabac, bougie, feux de cheminée etc.).

La population peut être exposée au formaldéhyde dans son environnement général mais aussi en milieu professionnel, lors notamment d'activités spécifiques impliquant l'utilisation de formaldéhyde. L'exposition au formaldéhyde par voie aérienne constitue la principale source d'exposition à cette substance.

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

Au niveau européen, le formaldéhyde est classé cancérigène de catégorie 3 selon la directive 67/548/CEE (substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante). La révision de cette classification est actuellement en cours.

En France, l'arrêté du 13 juillet 2006 (modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993 qui fixe la liste des substances, préparations et procédés cancérigènes) a ajouté les travaux exposant au formaldéhyde à la liste des procédés cancérigènes du code du travail.

## Organisation de l'expertise

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

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

Le présent avis concerne les risques sanitaires associés à l'exposition de la population professionnelle au formaldéhyde (partie des points 3 et 4 de la saisine), fondé sur le rapport final « Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels ». L'exposition au formaldéhyde par voie orale étant peu probable dans l'environnement professionnel, la caractérisation des risques professionnels s'est limitée aux voies d'exposition cutanée et respiratoire.

Cette expertise s'est appuyée sur :

- le rapport de l'Afsset « Toxicité du formaldéhyde. Etat des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) » publié en mai 2008 ;
- les rapports de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) intitulés « Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France » et « Caractérisation des risques professionnels au formaldéhyde en France », transmis à l'Afsset en mars et juin 2008. Ces études répondent à une commande de l'Afsset inscrite dans le programme de travail de la convention cadre INRS – Afsset ;
- le rapport du groupe de travail « Formaldéhyde » sur l'étude de filières (à paraître) ;
- le rapport du groupe de travail « Formaldéhyde » sur les relations entre composition et émission (à paraître) ;
- les conclusions d'une journée internationale d'échanges et de réflexions sur la relation dose-effet du formaldéhyde, organisée par l'agence le 20 novembre 2007 et réunissant des représentants d'organismes d'expertise ayant travaillé sur ce sujet (Santé Canada, Dutch Expert Committee on Occupational Standards (DECOS), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)).

Le rapport du groupe de travail relatif aux risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels a été soumis au CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en septembre 2008 et en janvier 2009. Les conclusions et recommandations ont été adoptées par le CES en janvier 2009.

Le rapport a également été présenté au CES « Valeurs limites d'exposition professionnelle » en décembre 2008 qui n'a émis aucun commentaire.

## Méthodologie

L'expertise s'est appuyée sur la démarche retenue au niveau européen pour la réalisation des *Risk assessment reports* dont les principes fondamentaux sont décrits dans le *Technical guidance document*<sup>1</sup>.

### 1. Caractérisation de l'exposition

La caractérisation de l'exposition professionnelle vise à pouvoir disposer d'une estimation du nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde par secteurs d'activité. Pour cela, différents aspects ont été traités dans cette expertise :

- Filières d'utilisation du formaldéhyde

Le recensement des filières d'utilisation a été réalisé à partir de différentes enquêtes de filières (direction générale des entreprises, étude CMR de l'INRS, Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, Agence française de sécurité sanitaire des aliments...), de la littérature scientifique (Medline, étude de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) et de contacts avec des industriels concernés.

Des produits de substitution ont été recherchés selon les secteurs d'activité.

- Evaluation des expositions

L'évaluation des expositions professionnelles au formaldéhyde a été réalisée à partir d'une extraction puis d'une analyse des données météorologiques françaises enregistrées dans la base de données « COLCHIC ». Les situations étudiées s'appuient sur des mesures d'exposition réalisées par prélèvements d'ambiance<sup>2</sup> et individuels<sup>3</sup>. Les mesures d'exposition court-terme (maximum 15 minutes) ont été utilisées pour caractériser les situations d'exposition aiguë et les mesures jugées représentatives de l'exposition sur une journée de travail ont été utilisées pour caractériser les situations d'exposition chronique.

- Caractérisation de l'exposition professionnelle / estimation des travailleurs exposés

Aucune matrice emplois-expositions précise relative au formaldéhyde n'est disponible à l'heure actuelle pour reconstruire, en l'absence de données rétrospectives individuelles d'hygiène industrielle, les expositions professionnelles passées. La caractérisation de l'exposition s'est donc basée sur la connaissance des niveaux d'exposition recensés dans la base de données « COLCHIC », en référence à la période 2002-2007, et sur l'estimation des populations exposées issue de l'enquête SUMER 2003.

### 2. Caractérisation du danger

Le formaldéhyde exerce une toxicité locale au niveau des sites d'exposition directe (œil, sphère ORL, tractus gastro-intestinal, peau). Pour la voie aérienne, les effets critiques du formaldéhyde retenus chez l'homme sont des irritations oculaires et des voies respiratoires, observés pour des expositions aiguë et chronique. Le formaldéhyde est aussi à l'origine de cancers du

<sup>1</sup> ECB (European Chemicals Bureau). 2003. *Technical guidance document in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part I.*

<sup>2</sup> Niveau général d'empoussièrment au poste de travail

<sup>3</sup> Réalisés sur un opérateur au niveau de ses voies respiratoires

nasopharynx par voie aérienne chez l'homme sur la base d'études épidémiologiques en milieu du travail (groupe 1 du CIRC).

L'analyse du mécanisme d'action indique que l'effet cancérigène survient à des concentrations induisant une prolifération associée à une cytotoxicité et que la génotoxicité du formaldéhyde est principalement observée au niveau du site de contact à des concentrations élevées. Les effets irritants, qui apparaissent à des doses plus faibles que celles susceptibles d'induire de tumeurs, sont considérés comme des effets précurseurs de l'induction des tumeurs observées à de plus fortes concentrations. Ce constat soutient l'hypothèse d'un mécanisme cancérigène à seuil d'action et le choix des effets irritants comme effets critiques.

Par ailleurs, en l'état actuel des connaissances, un lien de causalité chez l'Homme, entre inhalation de formaldéhyde et risque de leucémie et de cancers des sinus et de la cavité nasale ne peut être formellement établi. De même, les actions irritante ou sensibilisante du formaldéhyde aggravant les pathologies allergiques n'ont pas été démontrées.

Concernant la voie respiratoire, les Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) proposées par l'Afsset et le Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL), élaborées sur des critères strictement sanitaires, ont été retenues :

- 0,5 mg.m<sup>-3</sup> (0,4 ppm) pour une exposition court-terme (proposition de valeur limite court-terme (VLCT) 15 minutes) ;
- 0,25 mg.m<sup>-3</sup> (0,2 ppm) pour une exposition long-terme (proposition de VLEP-8h (8 h/j, 5j/7, 40 ans)).

Les effets critiques considérés pour l'établissement de ces valeurs sont les irritations oculaires objectivées.

Pour compléter la caractérisation de la relation dose-effet, d'autres doses repères ont été retenues pour certains effets. Des irritations sensorielles oculaires et respiratoires chez l'homme (études d'exposition contrôlée), précurseurs d'effets plus sévères en particulier de l'induction des cancers du nasopharynx, a été relevée à partir de 1,23 mg.m<sup>-3</sup>. Les études épidémiologiques indiquent une augmentation significative du risque relatif de cancer du nasopharynx pour des expositions répétées supérieures ou égales à 5 mg.m<sup>-3</sup>.

Concernant la voie cutanée, les solutions de formaldéhyde peuvent induire une sensibilisation chez l'Homme et de faibles concentrations peuvent provoquer une réaction allergique chez des individus sensibilisés.

### 3. Caractérisation des risques sanitaires

Concernant la voie respiratoire, les VLEP proposées par l'Afsset ou le SCOEL sont basées sur des considérations uniquement sanitaires. Ces valeurs ont été utilisées pour conduire l'évaluation des risques sanitaires en milieu professionnel en les comparant aux niveaux d'exposition renseignés dans les différents secteurs d'activité.

La caractérisation des risques sanitaires s'appuie sur la connaissance de la relation dose-effet du formaldéhyde en indiquant les effets sanitaires attendus dans des situations d'exposition aiguë et chronique (effets non cancérigènes et cancérigènes) en milieu professionnel. Les secteurs d'activité les plus à risque associés à ces effets ont été recherchés.

Concernant la voie cutanée, en l'absence de relation dose-effet établie et de données d'exposition, il n'a pas été jugé possible de caractériser le risque sanitaire associé.

## Résultats

Les données recueillies ont été jugées de qualité suffisante afin de caractériser de manière assez fiable l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France.

- Secteurs d'activité utilisant le formaldéhyde

L'étude de filières met en évidence la grande diversité des secteurs utilisant le formaldéhyde : vétérinaire, cosmétique, médical, l'industrie du bois et de l'ameublement, l'agriculture... Le formaldéhyde est principalement utilisé comme agent désinfectant ou biocide (germicide,

insecticide, fongicide), comme fixateur pour les pièces histologiques, comme agent liant et comme agent réducteur ou oxydant. Il se présente principalement sous forme liquide (formol) mais également sous forme solide ou polymérisée (paraformaldéhyde et trioxane).

La consommation annuelle de formaldéhyde en France se situe entre 125 000 et 280 000 tonnes (estimation en 2005). L'écart des tonnages observés est lié à la formulation retenue pour le calcul (équivalent formol pur vs équivalent de solution à 37 %).

- Professions exposées au formaldéhyde

Les données disponibles ont permis de dénombrer 105 professions exposées au formaldéhyde. Les professions les mieux renseignées sont par ordre décroissant :

- Technicien/ne en laboratoire d'analyses médicales (examens d'anatomie et de cytologie pathologiques) ;
- Opérateur/trice sur machines de formage des matières plastiques et du caoutchouc ;
- Opérateur/trice de production de panneaux à base de bois ;
- Biologiste médical(e) (anatomopathologistes) ;
- Pilote d'installations des industries chimiques et de production d'énergie.

Cette liste n'est pas exhaustive et certaines professions identifiées par ailleurs comme exposées au formaldéhyde n'y figurent pas (par exemple les thanatopracteurs).

- Risques liés à une exposition court-terme

Les données d'exposition professionnelle court-terme disponibles en France sont peu nombreuses, limitant ainsi la représentativité des situations professionnelles concernées et l'interprétation des résultats. Plus de 78 000 travailleurs sur les 193 000 salariés exposés au formaldéhyde recensés dans l'enquête SUMER seraient exposés par inhalation à plus de  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$  (proposition de VLCT) avec des concentrations maximales pouvant atteindre plusieurs dizaines de  $\text{mg.m}^{-3}$ .

Ces travailleurs sont exposés *a minima* à un risque d'irritation oculaire. Les activités et secteurs professionnels les plus concernés incluent la réalisation d'examens d'anatomie et cytologie pathologiques ; les opérations de stérilisation ; les divers travaux menés dans l'industrie alimentaire (stérilisation, nettoyage) ; les applications de produits au trempé ou par pulvérisation ; l'agriculture, chasse, services annexes ; la construction ; la santé et action sociale et l'industrie textile.

- Risques non cancérogènes liés à une exposition long-terme

D'après l'analyse réalisée sur les données d'exposition professionnelle long-terme, environ 30 % des travailleurs exposés par inhalation au formaldéhyde en France seraient exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$  (proposition de VLEP-8h) soit environ 65 000 travailleurs sur les 193 000 de l'enquête SUMER 2003, avec des concentrations maximales pouvant atteindre plusieurs  $\text{mg.m}^{-3}$ . Les secteurs les plus à risque sont notamment :

- le secteur de la santé et des soins aux personnes (environ 20 000 travailleurs) : laboratoires d'anatomie et cytologie pathologiques, d'anatomie, désinfection de matériel et thanatopraxie. Les professionnels de la thanatopraxie sont exposés à des niveaux d'exposition au formaldéhyde pouvant dépasser la dizaine de  $\text{mg.m}^{-3}$  pendant de courtes périodes ;
- l'industrie chimique et le commerce, l'agriculture, l'industrie alimentaire, l'industrie du papier et du carton, de la construction ou des services à la personne (incluant les pompes funèbres).

Les travailleurs appartenant à ces secteurs d'activité sont exposés *a minima* à un risque d'irritation oculaire.

Pour certains secteurs d'activité, les niveaux d'exposition rapportés sur 8 heures peuvent être supérieurs à  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ , seuil à partir duquel des signes cliniques d'irritation respiratoire ont été observés. 9 % des travailleurs exposés au formaldéhyde sont exposés à des concentrations sur 8 heures supérieures à  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ . Parmi ces travailleurs, 50% de ces salariés relèvent de 3 secteurs d'activité : santé et action sociale, services à la personne (dont pompes funèbres) et industrie chimique.

Cette analyse doit aussi être modulée par la fréquence d'exposition. Les estimations de COLCHIC indiquent que la moitié des travailleurs exposés l'est de manière permanente alors que l'autre moitié l'est de manière occasionnelle ou intermittente.

- Risques cancérigènes liés à une exposition long-terme

Dans les secteurs présentant des expositions répétées à des pics d'au moins  $5 \text{ mg.m}^{-3}$ , les données issues d'études épidémiologiques mettent en évidence une augmentation du risque relatif de cancer du nasopharynx. Les secteurs concernés sont les domaines de l'agriculture, de la chasse et des services annexes ; la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques ; le commerce ; l'industrie chimique ; la santé et action sociale ; l'industrie alimentaire ; l'industrie textile ; l'industrie du papier et du carton ; la construction.

Dans les secteurs où les niveaux d'exposition rapportés sur 8 heures peuvent être supérieurs à  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ , 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  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$  (VLEP-8h) et  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ , le risque pour ces populations professionnelles de développer un cancer du nasopharynx ne peut être exclu. 34 % des travailleurs sont exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$  ; plus de 50% de ces salariés exercent dans les 3 secteurs d'activité suivants : santé et action sociale, services à la personne (dont pompes funèbres) et industrie chimique.

Le risque de cancer du nasopharynx lié à l'inhalation de formaldéhyde seul peut être considéré comme négligeable lorsque les concentrations sont inférieures à  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$ . Les secteurs concernés incluent le secteur du travail des métaux ( $P_{90} : 0,15 \text{ mg.m}^{-3}$ ), de la fabrication de meubles ( $P_{90} : 0,16 \text{ mg.m}^{-3}$ ) ou de l'industrie du caoutchouc et du plastique ( $P_{90} : 0,1 \text{ mg.m}^{-3}$ )<sup>4</sup>.

- Substitution du formaldéhyde

De nombreuses pistes ont été répertoriées par secteurs d'activité toutefois la revue réalisée n'est pas exhaustive. Par ailleurs, les pistes recensées n'ont fait l'objet ni d'une évaluation de risques sanitaires, ni d'une validation quant à leur efficacité dans l'usage souhaité. Une analyse complémentaire devra être réalisée dans le cadre des travaux menés à l'Afsset sur la substitution des CMR, notamment concernant la toxicité des alternatives évoquées et la problématique des libérateurs de formaldéhyde qui remplacent progressivement le formaldéhyde.

---

<sup>4</sup> Ceci est en accord avec le seuil proposé par le Decos et le Nordic Council of Ministers en 2003, concluant à l'absence d'excès de risque de cancer du nasopharynx à des concentrations dans l'air inférieures à  $300 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ .

## Recommandations

Les résultats de l'expertise soulignent le nombre important de travailleurs exposés au formaldéhyde provenant de multiples secteurs, avec des risques de développer des irritations et, pour certaines situations de travail, des cancers du nasopharynx. Ainsi, l'Afsset recommande de :

### Renforcer des actions de prévention

- Substituer le formaldéhyde par d'autres substances et/ou procédés en évaluant les conséquences des solutions retenues incluant la santé et la sécurité des travailleurs. Il est souhaitable que les industriels s'engagent dans les plus brefs délais dans une politique de substitution, en utilisant tous les moyens mis à leur disposition notamment le site de l'Afsset relatif à la substitution des CMR ([www.substitution-cmr.fr](http://www.substitution-cmr.fr)), et en les encourageant à partager leur expérience via ce même site ;
- Réduire dès à présent les expositions dans les secteurs à risques identifiés, tels que l'agriculture ; la fabrication d'autres produits minéraux non métalliques ; le commerce ; l'industrie chimique ; la santé et l'action sociale ; l'industrie alimentaire ; l'industrie textile ; l'industrie du papier et du carton ; la construction. La réduction des expositions devra être réalisée en priorité par la modification des procédés industriels ; en cas d'impossibilité, il conviendra d'appliquer des mesures de protection collective et, si l'exposition ne peut être réduite par d'autres moyens, des moyens de protection individuelle ;
- Abaisser les VLEP existantes sur la base des propositions de l'Afsset et les rendre contraignantes.

### Renforcer la surveillance des travailleurs exposés au formaldéhyde

- Etablir un protocole visant à permettre aux médecins du travail de surveiller et d'identifier précisément la survenue de cancers du nasopharynx pour les travailleurs exposés au formaldéhyde ;
- Programmer une nouvelle évaluation des niveaux d'exposition dans les secteurs d'activité exposant au formaldéhyde en vue d'apprécier l'efficacité des mesures mises en place, notamment en exploitant les données de la prochaine enquête SUMER.

Une vigilance particulière devra être portée dans la mise en œuvre des actions de prévention, d'aide à la substitution, de surveillance systématique des travailleurs exposés au formaldéhyde dans les secteurs d'activité identifiés comme étant les plus à risque et notamment dans les très petites entreprises, les petites et moyennes entreprises ainsi que chez les sous-traitants.

### Améliorer les connaissances

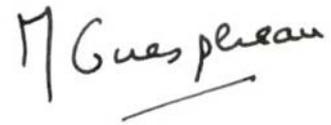
- Mieux caractériser la relation dose-réponse pour le cancer du nasopharynx et/ou affiner les modèles disponibles d'évaluation quantitative de l'excès de risque de cancer des voies respiratoires ;
- Acquérir des données d'exposition (mesure dans l'air ambiant /d'ambiance et au poste de travail, prélèvement passif, budget espace temps) dans les secteurs d'activités tertiaires : commerce, services personnels, soins aux personnes et secteur de collecte et de traitement des déchets diffus dangereux ;
- Développer une matrice emplois-expositions historisée c'est-à-dire permettant de documenter les expositions anciennes ;
- Acquérir des données sur l'exposition cutanée au formaldéhyde notamment dans les secteurs utilisant le formaldéhyde sous forme de solution ;

- Identifier tous les libérateurs de formaldéhyde et évaluer leur cinétique d'émission.

Par ailleurs, cet exercice a mis en évidence des divergences méthodologiques entre les pratiques d'évaluation des risques en population générale et en milieu professionnel, notamment quant au choix des valeurs sanitaires (Valeurs toxicologiques de référence pour la population générale, VLEP recommandées par l'Afsset et le SCOEL pour le milieu professionnel).

Dans ce contexte, l'Agence attire l'attention sur la nécessité de mener une réflexion visant à une clarification et une mise en cohérence de ces pratiques. Des travaux ont d'ores et déjà été engagés à l'Agence sur cette question.

**Le Directeur général**

A handwritten signature in black ink, reading "M Guespereau". The signature is written in a cursive style with a horizontal line underneath the name.

Martin GUESPEREAU



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

---

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

**Etude de filières**

---

Saisine n°2004/016

**RAPPORT  
d'expertise collective**

Groupe de travail « Formaldéhyde »

CES « Milieux aériens »

Avril 2009

## **Mots clés**

---

Formaldéhyde, filières, produits domestiques, substitution.

## Présentation des intervenants

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Pierre-André Cabanes – Service des études médicales, EDF GDF

#### Membres

M. Fernando Aguilar – Unité d'évaluation des risques physico-chimiques, Direction de l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires, Afssa

M. Stéphane Binet – Toxicologue, INRS

Mme Claudine Cabot – Centre antipoison de Toulouse

M. Gérard Deroubaix – Responsable environnement, FCBA

M. Frédéric Dor – Evalueur impact sanitaire, Unité méthodes et investigations, INVS

Mme Véronique Ezratty – Médecin, évaluateur de risques, Service des études médicales, EDF GDF

M. Yann Grosse – CIRC

Mme Séverine Kirchner – Division santé et bâtiment, CSTB

M. Jérôme Lavoué – Chargé de recherche, Institut universitaire romand de santé au travail (a démissionné en mai 2008)

Mme Béatrice Lalère – LNE

M. Fabien Lavergne – Evalueur toxicologue, Département Toxicologie, Afssaps

Mme Corinne Mandin – Direction des risques chroniques, Ineris

M. Jacques Manel – Centre antipoison Nancy

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

M. François Maupetit – Division santé, CSTB

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

Mme Corinne Pilorget – Hygiéniste industrielle, INVS / UMRESTTE

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

Mme Cécile Verdier – Evalueur toxicologue, Département d'évaluation des produits cosmétiques, biocides et de tatouage, AFSSaPS

M. Raymond Vincent – Chef de l'unité Caractérisation du risque chimique, Département métrologie des polluants, INRS

---

**RAPPORTEURS AUPRES DU CES « MILIEUX AERIENS »**

---

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

M. Christophe Paris – CHU Nancy

Mme Martine Ramel – ingénieur de qualité de l'air, Ineris

---

**PRESENTATION DU RAPPORT DEVANT LE COMITE D'EXPERTS SPECIALISES « MILIEUX AERIENS »**

---

**Président**

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

**Membres**

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

Mme Isabella Annesi Maesano - Responsable de l'équipe d'épidémiologie des réponses immunitaires et inflammatoires. Épidémiologie respiratoire

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

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

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

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

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

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

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

Mme Séverine Kirchner - Responsable du secteur "qualité de l'air intérieur" au CSTB

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

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

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

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

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

M. Christophe Paris - Médecin professeur des universités et praticien hospitalier

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

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

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

M. Rémy Slama - Chercheur. Épidémiologie, pollution atmosphérique

M. Fabien Squinazi - Médecin biologiste, directeur du LHVP

M. Jacques Vendel - Chef de laboratoire

Ce rapport a été soumis au CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en mars 2009 pour information.

---

## **PARTICIPATION AFSSET**

### **Coordination scientifique**

M. Guillaume Boulanger – Chef de projets scientifiques

M. Christophe Rousselle – Chef d'unité

Mme Cécilia Solal – Chef de projets scientifiques

### **Appui scientifique**

Mme Céline Dubois – Chargée de projets scientifiques

M. Pierre Lecoq – Chef de projets scientifiques

Mme Céline Melchior – Chef d'unité

### **Veille scientifique**

Melle Sophie Guitton – Responsable de cellule

### **Secrétariat administratif**

Mme Séverine Boix – Afsset

---

## **CONSULTATION DE PERSONNALITES EXTERIEURES**

Association française d'assurance de qualité en anatomie et cytologie pathologiques

Centre de développement des industries de mise en forme des matériaux

Centre technique du cuir, de la chaussure et de la maroquinerie

European photographic industry association

Fédération des entreprises internationales de la mécanique et de l'électronique

Fédération des industries des peintures, encres, couleurs, colles et adhésifs

Institut d'histopathologie de Nantes

Kodak

Société Clariant France

Syndicat des médecins pathologistes français

Syndicat national des abrasifs et super-abrasifs

Syndicat national des fabricants d'isolants en laines minérales manufacturées

Syndicat professionnel des fabricants de laine de roche

Union des fabricants de contreplaqué

Union des industries des panneaux de process

---

#### CONTRIBUTIONS EXTERIEURES AU GROUPE

---

« *Etat des connaissances liées à l'utilisation en France du formaldéhyde en alimentations humaine et animale et dans les médicaments vétérinaires* » (Afssa – janvier 2006)

« *Evaluation de la toxicité du formaldéhyde contenu dans les produits de santé* » (Afssaps – mai 2005)

« *Formaldéhyde. Les emplois du formaldéhyde dans différents secteurs d'activité* » (Direction générale des entreprises – juillet 2006)

« *Filières de production et d'utilisation du formaldéhyde, produits de substitution existants et en développement* » (Ineris – août 2007). Travail réalisé dans le cadre d'une prestation commandée et rémunérée à l'Ineris

« *Comparative Assessment of Alternatives to Formaldehyde in Consumer and Non-Consumer Products and Applications* » (RPA – décembre 2006). Travail réalisé dans le cadre d'une prestation commandée et rémunérée au cabinet RPA

# SOMMAIRE

<b>Abréviations .....</b>	<b>9</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>13</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>14</b>
<b>Liste des annexes .....</b>	<b>14</b>
<b>1 Synthèse .....</b>	<b>15</b>
1.1 Quantités.....	15
1.2 Produits primaires contenant du formaldéhyde .....	16
1.3 Description des usages industriels.....	18
1.4 Applications domestiques .....	27
1.5 Autres sources de formaldéhyde .....	28
1.6 Substitution .....	28
<b>2 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....</b>	<b>30</b>
2.1 Contexte .....	30
2.2 Objet de la saisine.....	30
2.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	31
<b>3 Fabrication et usages du formaldéhyde .....</b>	<b>32</b>
3.1 Procédés de fabrication .....	32
3.2 Formes commerciales (formes disponibles).....	32
3.3 Quantités.....	33
3.4 Produits primaires contenant du formaldéhyde .....	38
<b>4 Principales propriétés recherchées .....</b>	<b>41</b>
4.1 Biocide .....	41
4.2 Conservateur .....	44
4.3 Liant.....	44
<b>5 Secteurs utilisateurs .....</b>	<b>46</b>
5.1 Anatomie et cytologie pathologiques .....	46
5.2 Thanatopraxie.....	53
5.3 Milieu hospitalier .....	58
5.4 Laboratoires d'enseignement de biologie, de médecine, de médecine vétérinaire et de thanatologie.....	60
5.5 Cabinet dentaire .....	62
5.6 Laboratoire de recherche .....	63
5.7 Produits de santé .....	64
5.8 Médicaments vétérinaires et produits utilisés en santé animale.....	68
5.9 Alimentation humaine.....	71
5.10 Alimentation animale .....	75
5.11 Agriculture .....	78
5.12 Bois / ameublement .....	88
5.13 Textile / Habillement.....	103
5.14 Cuir .....	110
5.15 Caoutchouc, pneus.....	114
5.16 Plasturgie, transformation des matières plastiques .....	116
5.17 Electrique, électronique .....	119
5.18 Fonderie .....	121
5.19 Laines d'isolation .....	125
5.20 Revêtements .....	129
5.21 Abrasifs et super-abrasifs.....	134
5.22 Papeterie .....	135
5.23 Photographie .....	137
5.24 Autres utilisations .....	139

---

<b>6</b>	<b>Produits à usage domestique .....</b>	<b>141</b>
6.1	Quantités utilisées .....	141
6.2	Types d'utilisation.....	141
6.3	Substitution .....	148
<b>7</b>	<b>Autres sources de formaldéhyde.....</b>	<b>149</b>
7.1	Les sources primaires .....	149
7.2	Sources naturelles .....	152
7.3	Formation secondaire.....	153
7.4	Libérateurs de formaldéhyde.....	157
<b>8</b>	<b>Point sur les alternatives éventuelles.....</b>	<b>158</b>
8.1	Résines.....	159
8.2	Biocide .....	166
8.3	Conclusion.....	169
<b>9</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>171</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>.....</b>	<b>188</b>

## Abréviations

ACP : anatomie et cytologie pathologiques

Ademe : agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AESA : autorité européenne de sécurité des aliments

Afaqap : Association française d'assurance de qualité en anatomie et cytologie pathologiques

Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

Afssaps : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

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

AKD : dimères d'alkyl cétène

AMM : autorisation de mise sur le marché

ARN : acide ribonucléique

BMR : bactérie multi-résistante

BNPC : Base Nationale des Produits et Compositions

BTCA : acide butane-1,2,3,4-tétracarboxylique

CAP/TV : centre antipoison et de toxicovigilance

CCLIN : centre de coordination de la lutte contre les infections nosocomiales

CIRC : centre international de recherche sur le cancer

CLCC : Centre de lutte contre le cancer

CMC : carboxymethylcellulose

CMR : cancérogène, mutagène ou reprotoxique

COGEMA : compagnie générale des matières nucléaires

COLIPA : association européenne des cosmétiques

COV : composé organique volatil

CSTB : centre scientifique et technique du bâtiment

CTC : centre technique cuir chaussure maroquinerie

CTIF : centre de développement des industries de mise en forme des matériaux

CTP : centre technique du papier

CTTN : centre technique de la teinture et du nettoyage

DGE : direction générale des entreprises

DGS : Direction générale de la santé

DHA : dihydroxyacétone

DHDMI : dihydroxy-diméthyl-imidazolidinone ou 1,3-diméthyl-4,5-dihydroxy-2-imidazolidinone

DMeDHEU : diméthyl-dihydroxy-éthylène-urée ou N,N-diméthyl-4,5 dihydroxyéthylène urée

DMEU : diméthyl-N,N' éthylène urée

DMPU : diméthylolpropylène-urée

DVA : désinfection par voie aérienne

EDTA : acide éthylènediaminetétraacétique, sel de sodium

EPA : environmental protection agency

EPI : équipement de protection individuelle

EPIA : european photographic industry association

EVM : european vaccine manufacturers group

FIBC : fédération de l'industrie bois-construction

FILMM : syndicat national des fabricants d'isolants en laines minérales manufacturées

FIP : fédération des industries de la parfumerie

FIPEC : fédération des industries des peintures, encres, couleurs, colles et adhésifs

GIMELEC : groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle commande et des services associés

HB : hard board

HDF : high density fibreboard

HPVC : high production volume chemicals

IHC : immunohistochimie

Ineris : institut national de l'environnement industriel et des risques

INRA : institut national de recherche agronomique

INRP : Inventaire national des rejets de polluants au Canada

INRS : institut national de recherche et de sécurité

Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale

INSPQ : institut national de santé publique du Québec

InVS : Institut de veille sanitaire

IPV: inactivation des virus de la polio

IRSST : institut de recherche en santé et en sécurité du travail (Québec)

Leem : les entreprises du médicament

LEPI : laboratoire des particules inhalées – ville de Paris

MB : medium board

MDA : méthylènedianiline

MDF : medium density fiberboard

MDI : 4,4'-diisocyanate de diphénylméthane

MDI : méthylène diphényle diisocyanate

MDO : maladie à déclaration obligatoire

MF : mélamine-formol

MSA : mutuelle sociale agricole

MTBE : Méthyl Tertio Butyl Ether

MUF : mélamine-urée-formol

NCASI : national council for air and stream improvement

NTA : acide nitrilotriacétique

OMS : organisation mondiale de la santé

OSB : oriented strand board

PAE : polyamide-épichlorhydrine

PCAs : acides polycarboxyliques

PCB : polychlorobiphényl

PDMS : polydiméthylsiloxane

PETN : tétranitrate de pentaérythritol

PF : phénol-formol

PME : petites et moyennes entreprises

PMI : petites et moyennes industries

POM : polyoxyméthylène

PPSM : panneaux de particules surfacés mélaminés

PRF : phénol-résorcinol-formol

PTCA : acide propane 1,2,3 tricarboxylique

PU : polyuréthane

RF : résorcinol formaldéhyde

RPA : risk and policy analyst

SCCNFP : scientific committee on cosmetic products and non-food-products intended for consumers

SESSI : Service des études et des statistiques industrielles

SNA : syndicat national des accoueurs

SNAS : syndicat national des abrasifs et super-abrasifs

SNCF : société nationale des chemins de fer

SNFS : syndicat national des fabricants de sucre de France

SNPC : syndicat national du caoutchouc et des polymères

SPLR : syndicat professionnel des fabricants de laine de roche

SYCABEL : syndicat professionnel des fabricants de fils et câbles électriques

TEA : triéthylamine

TMP : triméthylolpropane

TURI : toxic use reduction of toxics

UF : urée-formol

UFC : Union des fabricants de contreplaqué

UIC : union des industries chimiques

UIPP : union des industries de la protection des plantes

UIPP : union des industries des panneaux de process

UIT : union des industries textiles

USPII : Union des syndicats professionnels de l'image et de l'information

VICH : international cooperation on harmonization of technical requirements for registration of veterinary medicinal products

## Liste des tableaux

Tableau I : données de tonnage du formaldéhyde .....	16
Tableau II : pourcentage de formaldéhyde utilisé pour la fabrication de différents produits en Europe en 2004 (Global insight, 2007) .....	18
Tableau III : consommation de formaldéhyde par secteurs d'activité (DGE, 2006) .....	34
Tableau IV : consommation de formaldéhyde dans les différents secteurs de l'industrie chimique pour l'année 2005 (INRS, 2007) .....	36
Tableau V : synthèse des différents types de résines et résines à base de formaldéhyde .....	39
Tableau VI : pourcentage de formaldéhyde utilisé pour la fabrication de différents produits en Europe en 2004 (Global Insight, 2007) .....	40
Tableau VII : utilisations de résines à base de formaldéhyde (Ineris, 2007) .....	45
Tableau VIII : Limites liées à la substitution ou à la conservation de l'usage du formaldéhyde en anatomie et cytologie pathologiques .....	50
Tableau IX : avantages et limites du formaldéhyde et d'autres procédés de fixation (Rochaix, 2007) .....	51
Tableau X : pistes de substitution du formaldéhyde selon les secteurs d'utilisation agricole (MSA, 2007) .....	83
Tableau XI : liste des secteurs agricoles concernés par l'usage du formaldéhyde (MSA, 2007) .....	84
Tableau XII : consommation des principales colles utilisées dans les industries du bois (CTBA, 2006) .....	94
Tableau XIII : procédés impliquant l'usage de formaldéhyde dans le secteur de la fonderie (CTIF, 2007) .....	123
Tableau XIV : données extraites de la base de données Sepia (INRS) .....	130
Tableau XV : préparations ou produits utilisant du formaldéhyde comme conservateur (BNPC, 2007) .....	143
Tableau XVI : préparations référencées dans la BNPC contenant du formaldéhyde libre en solution (BNPC, 2007) .....	145
Tableau XVII : préparations référencées dans la BNPC contenant du formaldéhyde polymérisé (BNPC, 2007) .....	146
Tableau XVIII : répartition des libérateurs de formaldéhyde dans les produits de consommation (BNPC, 2007) .....	147
Tableau XIX : principales sources naturelles de formaldéhyde (d'après INRS, 2007) .....	153
Tableau XX : libérateurs de formaldéhyde dans les cosmétiques (SCCNFP, 2002) .....	157

## Liste des figures

Figure 1 : répartition des utilisations des panneaux d'après l'Union des Industries des Panneaux de Process (d'après site Internet de l'UIPP, consulté le 29/09/08) .....	89
Figure 2 : technologies permettant de réduire les émissions de formaldéhyde dans le domaine du bois et de l'ameublement.....	100
Figure 3 : répartition du formaldéhyde pour les agents et préparations enregistrées dans la BNPC (BNPC, 2007) .....	141
Figure 4 : évolution des concentrations de formaldéhyde dans les produits de consommation (BNPC, 2007) .....	147
Figure 5 : mécanismes de réactions photochimiques conduisant à la formation des aldéhydes dans l'atmosphère (d'après Muller, 1997) .....	154
Figure 6 : schéma de l'oxydation des aldéhydes par photolyse et par réaction avec les radicaux O .....	155

## Liste des annexes

Annexe 1 : lettres des saisines.....	189
Annexe 2 : synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine .....	192
Annexe 3 : principales enquêtes et les bases de données utilisées: caractéristiques et limites de l'interprétation.....	202
Annexe 4 : utilisations réglementées et autorisées du formaldéhyde et de l'hexaméthylènetétramine dans le domaine des matériaux de contact.....	204
Annexe 5 : liste de libérateurs de formaldéhyde actuellement identifiés (BNPC, 2007) .....	206

# 1 Synthèse

Ce rapport répond à l'une des demandes de la saisine, en l'occurrence d'identifier toutes les applications impliquant le formaldéhyde et de recenser les procédés ou substances non dangereux ou moins dangereux susceptibles de substituer le formaldéhyde. La synthèse reprend de manière concise l'étude de filière explicitée dans la suite du rapport et s'attache à souligner les principales données démontrant l'usage ubiquitaire du formaldéhyde.

Le formaldéhyde est un gaz très volatil (pression de vapeur élevée), très soluble dans l'eau mais instable. Le formaldéhyde n'est pas commercialisé sous forme gazeuse, et se présente principalement sous forme liquide, le **formol**.

- Le **formol** ou la **formaline** contient 30 à 50 % (en poids, souvent à 37 %) de formaldéhyde dans une solution d'eau et la plupart du temps d'alcool pour éviter sa polymérisation (généralement 10 à 15 % de méthanol).

Le formaldéhyde se présente également sous forme solide, ou polymérisée :

- le **paraformaldéhyde** (polymère), sous forme de poudre ou de cristaux blancs, contient environ 90 % à 93 % de formaldéhyde et jusqu'à 10 % d'eau ;
- le **trioxane** (trimère), est un solide cristallin.

## 1.1 Quantités

Le formaldéhyde figure sur la liste HPVC (*High production volume chemicals*) de l'union européenne. Le tableau I décrit les données globales recensées concernant la production, la consommation, l'importation et l'exportation françaises de formaldéhyde.

Tableau I : données de tonnage du formaldéhyde

Source	Production	Consommation	Importation / exportation	Commentaires
Données du ministère de l'industrie	79200 tonnes (2002) 117600 tonnes (1995)			Cessation d'activité du site de production Arkema de Villers Saint Paul fin 2006
Etude de la direction générale des entreprises	300 000 tonnes (2005)	280 000 tonnes (85 et 90 % pour la fabrication de résines aminoplastes et phénoplastes)	En 2005, 68 000 tonnes importées (Pays-Bas, Espagne, Allemagne, Italie et Belgique)  En 2005, environ 6 500 tonnes exportées (Belgique)	Arkema disposait d'une capacité de fabrication annuelle de formaldéhyde de 230 000 tonnes sur son site de Villers-St-Paul
Données des douanes			de juin 2006 à mai 2007, 73216 tonnes importées (Pays Bas, Belgique, Espagne et Allemagne)	Comparé à 2005 le niveau des importations a fortement progressé: + 40% en 2006 et + 70% en 2007
Inventaire des agents et procédés CMR réalisé par l'INRS		126 352 tonnes de formaldéhyde en 2005, pour 30 secteurs d'activité « primaires » analysés		

Etant donné son instabilité, le formaldéhyde ne supporte pas des délais de livraison trop importants entre fabricants et utilisateurs. De ce fait, les producteurs de formaldéhyde sont aussi des auto-consommateurs (pour la fabrication d'intermédiaires ou de produits dérivés).

L'intervalle de consommation estimée en 2005 est relativement large. Il est lié à la nature des données collectées. Dans le cas de l'inventaire CMR de l'INRS, les quantités consommées de résines, de biocides...ont été exprimées en équivalent formol pur, ce qui n'est pas toujours le cas pour les données collectées par la DGE. En effet, les chiffres généraux de l'UIC ont été exprimés en équivalent de solution à 37 %.

Sur la base de ces diverses sources de données, **la consommation annuelle de formaldéhyde en France se situe entre 125 000 et 280 000 tonnes (estimation pour 2005)**.

## 1.2 Produits primaires contenant du formaldéhyde

Dans le secteur de l'industrie chimique, le formaldéhyde est principalement utilisé comme monomère pour la fabrication de résines, comme intermédiaire de synthèse de nombreuses substances chimiques, ainsi que pour la fabrication d'engrais.

## Fabrication de résines

On distingue deux types de résines : les thermoplastiques et les thermodurcissables. Leurs propriétés et principes de mise en œuvre sont détaillés dans le chapitre 5.16.

Le tableau suivant présente les différents types de résines à base de formaldéhyde.

		Résines à base de formaldéhyde
Résines thermo-durcissables	Résines aminoplastes (ou aminées)	urée-formol (UF)
		mélamine-formol (MF)
		mélamine-urée-formol (MUF)
Résines thermo-plastiques	Phénoplastes : résines phénoliques	phénol-résorcinol-formol (PRF), phénol-formol (PF) : <i>résols, résitols</i>
	Résines acétals ou polyacétals	phénol-formol (PF) : <i>novolaques</i> polyoxy-méthylène et copolymères (POM)

Ces résines sont à leur tour utilisées dans de nombreux secteurs d'activité détaillés dans les chapitres suivants.

## Fabrication de produits chimiques

Le formaldéhyde est également utilisé comme intermédiaire de synthèse de composés organiques, notamment :

- des agents chélatants (ou séquestrants) : sel tétrasodique d'EDTA (éthylènediaminetétraacétate de sodium) ...
- des polyols : éthylène-glycol, 1,4-butanediol ...
- des isocyanates : méthylène diphényle diisocyanate (MDI)...
- des produits acétyléniques, de 2-butyne-1,4-diol, d'hexaméthylènetétramine ...,
- des pyridines...

ainsi que pour la production de teintures, produits de diffusion, pesticides, parfums et vitamines (Global Insight, 2007).

Enfin, la production d'engrais chimiques utilise également du formaldéhyde, notamment de l'urée-formaldéhyde pour la fabrication d'engrais à diffusion lente (*voir le chapitre 5.11*).

Le tableau II présente la répartition européenne des produits pour lesquels le formaldéhyde entre dans la fabrication (Global Insight, 2007).

**Tableau II : pourcentage de formaldéhyde utilisé pour la fabrication de différents produits en Europe en 2004 (Global insight, 2007)**

Produits	Proportion de formaldéhyde utilisé dans leur fabrication
Résines urée-formol	55 %
Résines mélamine-formol	14 %
Résines phénol-formol	7 %
résines polyacétals (POM)	6 %
MDI	5 %
1,4-butanediol	4 %
Pentaérythritol	3 %
Autres (pyridines, TMP, hexaméthylènetétramine, agents chélateurs, fertilisants à libération prolongée, santé...)	5 %

### 1.3 Description des usages industriels

Le formaldéhyde est principalement utilisé :

- comme agent désinfectant (dispersé par fumigation), biocide (germicide, insecticide, fongicide), antiseptique et additif antibactérien ;
- comme fixateur pour les pièces histologiques ;
- comme agent liant ;
- comme agent réducteur ou oxydant dans les processus impliquant des réactions d'oxydo-réduction.

De nombreux domaines l'utilisent, notamment le domaine vétérinaire, cosmétique, médical, l'industrie du bois et de l'ameublement, l'agriculture, le travail des métaux, l'industrie du nettoyage (fabrication de détergents), le traitement de l'eau, l'industrie textile, l'industrie du cuir, la photographie, les secteurs des adhésifs, des peintures, vernis et revêtements, du papier, ...

Les différents usages du formaldéhyde, sous ses différentes formes, sont détaillés dans les chapitres suivants. Le tableau suivant propose, pour les secteurs d'activités professionnelles recensés en France, les principales données définissant les quantités utilisées et les applications associées.

Activités	Quantités utilisées en France	Usages / applications en France
Anatomie et cytologie pathologiques		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisé le plus souvent sous forme d'une solution à 10% (v/v) pour fixer et conserver les pièces anatomiques avant de les soumettre à des techniques diverses. Ces solutions sont préparées le plus souvent par dilution d'une solution mère de formol, plus rarement à partir de paraformaldéhyde.</li> <li>▪ constituant de nombreux fixateurs composés (Liquide de Bouin, AFA, etc.).</li> <li>▪ utilisé comme agent d'oxydo-réduction dans certaines techniques de coloration argentique.</li> </ul>
Thanatopraxie		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisé pour retarder le processus de décomposition naturelle du corps, neutralisé par l'injection de solutions chimiques à base de formaldéhyde (agent conservateur, désinfectant et déshydratant).</li> </ul>
Milieu hospitalier	1 000 tonnes de formaldéhyde pour 2005 (INRS, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisé pour la fixation en anatomopathologie, la désinfection des surfaces, la désinfection des circuits de dialyse et des dispositifs médicaux thermosensibles, la désinfection du linge, des instruments, à froid pour le matériel médico-chirurgical... Il se présente sous forme de formaldéhyde dilué, de liquide de Bouin ou encore de B5</li> <li>▪ désinfection et entretien des surfaces dont les produits contiennent fréquemment du formaldéhyde à des niveaux de concentration variable.</li> <li>▪ désinfection terminale des locaux (procédure obligatoire) à exécuter dans les lieux où se trouvait une personne atteinte d'une maladie à déclaration obligatoire</li> </ul>
Cabinet dentaire		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ solutions de formaldéhyde utilisées dans les autoclaves pour la stérilisation à vapeur chimique afin de prévenir le risque infectieux en détruisant les bactéries et virus sur les instruments utilisés dans la bouche des patients</li> <li>▪ usage de paraformaldéhyde en chirurgie dentaire pour la préparation de mastics visant à combler le canal des racines dentaires</li> <li>▪ produits domestiques et de soins personnels et dentaires contenant du formaldéhyde</li> </ul>

Laboratoire de recherche		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ biocide, conservateur, réactif de laboratoire (immuno-précipitation chromatinienne) ou fixateur (applications identiques dans ce cas à celles décrites pour les laboratoires d'anatomie pathologique).</li> </ul>
Produits de santé / Médicaments humains	<p>8 407 litres de formaldéhyde pour 2005 (DGE, 2006)</p> <p>Environ 1 000 tonnes de formaldéhyde (INRS, 2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ solutions de formaldéhyde destinées aux sites de fabrication comme adjuvant en production (fabrication des formes stériles, biosynthèse de principes actifs viraux...), essentiellement pour les vaccins (24,3% des quantités totales) ;</li> <li>▪ Principe actif ou excipient entrant dans la composition de 12 spécialités pharmaceutiques ;</li> <li>▪ Conservateur antimicrobien ou agent d'inactivation entrant dans la composition de 45 vaccins. Dans le second cas, le formaldéhyde est éliminé au cours du procédé de purification et ne restera qu'à l'état de traces. La teneur de formaldéhyde dans les vaccins est limitée à 0,2 g/l ;</li> <li>▪ réactifs dans les laboratoires de contrôle (contrôle des matières premières et des produits finis dont tests de révélation et d'identification pour la recherche des aldéhydes et des noyaux phénoliques, réactions colorées mais aussi contrôle microbiologique) (53,4% des quantités totales) ;</li> <li>▪ autre usage (décontamination aérienne de zone et de surface, la désinfection des locaux par fumigation par exemple ou dans les laboratoires de recherche et développement) (22,3% des quantités totales).</li> </ul>
Produits de santé / produits cosmétiques	<p>moins de 150 kg pour 2005 (Afssaps, 2007)</p>	<p>ingrédient cosmétique autorisé par la Directive du Conseil n°76/768/CE modifiée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ conservateur (annexe VI, N° d'ordre 5) à une concentration maximale de 0,2% exprimée en formaldéhyde libre pour, par exemple, des gels douche ou des produits de soin pour le corps</li> <li>▪ soumis à certaines conditions d'utilisation (annexe III, N° d'ordre 13) à une concentration maximale de 5% (calculée en aldéhyde formique) dans les préparations pour durcir les ongles.</li> </ul>

Médicaments vétérinaires et produits utilisés en santé animale		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ principe actif pour le traitement externe des poissons en vue de lutter contre des agents externes (parasites, bactéries...).</li> <li>▪ Dans les élevages ovin ou bovin, le formaldéhyde est utilisé pour le nettoyage et la désinfection des onglons lors des problèmes de boiteries ou la désinfection du cordon ombilical chez le veau ou le poulain à la naissance</li> <li>▪ agent inactivant pour la fabrication de vaccins (à la concentration de 0,5 mg/ml) ou conservateur ainsi que pour la désinfection de surfaces</li> <li>▪ Solution/suspension pour pulvérisation cutanée...</li> </ul>
Alimentation humaine	<p>2600 tonnes de solutions de formaldéhyde / an pour l'extraction du sucre (INRS, 2007)</p> <p>7 000 tonnes de formaldéhyde pour la fabrication des résines destinées au traitement des eaux en 2005 (DGE, 2006)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ auxiliaire technologique pour ses propriétés biocides dans la fabrication de sucre (extraction du saccharose des betteraves par diffusion pour lutter contre les proliférations bactériennes)</li> <li>▪ conservateur lors de la fabrication des additifs alimentaires ou comme additif alimentaire (E239 : libération continue à partir d'hexaméthylènetétramine)</li> <li>▪ produit de nettoyage de surface ou substance réactive de synthèse de matériaux plastiques utilisés dans les matériaux et objets en contact avec des aliments pour l'homme ou les animaux</li> <li>▪ fabrication de résines cationiques fonctionnalisées à base de mélamine-formaldéhyde utilisées pour le traitement des eaux mais également en tant qu'agent biocide dans les systèmes de refroidissement</li> <li>▪ matériaux au contact de l'eau de consommation ; les aldéhydes pourraient être utilisés dans certaines formulations de colles et d'adhésifs employés au niveau des raccords de canalisations plastiques</li> </ul>
Alimentation animale	8000 à 8500 tonnes de formaldéhyde à 30% ; soit 2400 à 2500 tonnes de formaldéhyde pur en 2005 (Afssa, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ agent conservateur, sous forme de formol (solution aqueuse), associé ou non à l'acide formique, ou d'hexaméthylènetétramine (combinaison chimique solide), pour l'ensilage de fourrages frais, mais également de certains coproduits, destinés à toutes les espèces animales ou catégories d'animaux.</li> <li>▪ tannage des protéines (limiter la dégradation microbienne dans les aliments pour ruminants), au sein du rumen, de protéines de certaines matières premières (tourteaux notamment) ou de certains substrats qui leurs sont associés (amidon de céréales ou</li> </ul>

		<p>lipides de graines oléagineuses).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ détoxification des tourteaux d'arachide, en combinaison avec l'ammoniaque, en diminuant leur teneur en aflatoxine B1.</li> <li>▪ agent conservateur, sous forme de solution aqueuse, pour le traitement du lait écrémé à destination des porcelets.</li> <li>▪ en fumigation comme agent antibactérien pour la décontamination microbienne, notamment vis-à-vis des salmonelles, des aliments pour animaux (essentiellement des farines de poisson) ou des cellules de stockage.</li> </ul>
Agriculture	41 000 tonnes pour le secteur de la fabrication de produits agrochimiques en 2005 (INRS, 2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Utilisé pour la fabrication de produits agrochimiques incluant les fertilisants à libération prolongée, les insecticides, les pesticides, les fongicides, les herbicides et autres produits phytosanitaires, à usage agricole ou domestique (inhibiteurs de germination, régulateurs de croissance pour plantes, désinfectants).</li> <li>▪ Utilisé pour la désinfection et de conservation (par déversement, par pulvérisation, par fumigation, par nébulisation, par thermo nébulisation...) pour la stérilisation des sols dans les champignonnières, la fumigation contre le mildiou pour les graines, l'épeautre du blé ou la putréfaction de l'avoine, la désinfection générale (en pulvérisation ou fumigation) pour les serres mais aussi la désinfection des locaux, du matériel de culture, d'élevage, de laiterie, de stockage et de transport ;</li> </ul> <p>Les domaines sont multiples et concernent les couvoirs, la pisciculture, l'élevage aviaire, bovin, ovin, l'horticulture...</p> <p>Le formaldéhyde est utilisé dans 15 types de produits biocides sur les 23 types répertoriés par la directive 98/8/CE, représentant 140 à 145 spécialités désinfectantes principalement utilisées dans les secteurs de l'agroalimentaire et de l'élevage</p>
Bois / ameublement	<p>environ 5 000 tonnes de formaldéhyde dans le secteur de la fabrication de panneaux de bois (INRS, 2007).</p> <p>13 000 tonnes par an de résine phénolique, soit 5 000 tonnes de formaldéhyde en solution à 50%, pour les panneaux de</p>	<p>Utilisation, principalement pour leurs activités de liant et comme agent de conservation <i>via</i> ses propriétés fongicides et bactéricides, de résines aminoplastes (mélamine-formol (MF), urée-formol (UF) et mélamine-urée-formol (MUF)) phénoplastes (PF) et de colles phénol-formol.</p> <p>Les matériaux concernés incluent les panneaux de contreplaqué / stratifié (collage du contreplaqué et imprégnation de papier destiné au revêtement de contreplaqué ou à la fabrication de stratifié), les panneaux de fibres de bois, les panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB), les panneaux de particules bruts, les panneaux de particules</p>

	<p>contreplaqué / stratifié en 2005 (selon UFC, DGE 2006)</p> <p>135 000 tonnes de formaldéhyde pour les colles utilisées dans les panneaux de particules en 2005 (selon UIPP, DGE 2006).</p>	<p>surfacés mélaminés (PPSM), les portes planes, les panneaux revêtus de placage, les parquets contrecollés, les charpentes lamellées-collées ...</p>
Textile / Habillement	<p>environ 3 500 tonnes de résines urée-formol pour 2005 (DGE, 2006).</p>	<p>Résines à base de formaldéhyde (urée-formol, phénol-formol, mélamine-formol et polyacétals) utilisées pour</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Infroissabilité et stabilité dimensionnelle des tissus (habillement, tissus d'ameublement (tentures, canapés))</li> <li>▪ durcissement (voiles de bateaux, tissus d'ameublement nécessitant une certaine raideur, par exemple pour modifier le tombé d'une étoffe)</li> <li>▪ Adoucissant et réduction de l'électricité statique (produits assouplissants).</li> <li>▪ Colorants et impression pigmentaire (étape de synthèse chimique pour la fabrication de teinture. Des résines de MF sont ajoutées aux encres utilisées pour imprimer des motifs sur les tissus)</li> <li>▪ Ignifuge</li> <li>▪ Liant</li> <li>▪ Résistance aux intempéries (pyridine, synthétisée à partir du formaldéhyde, utilisée dans l'industrie textile pour l'imperméabilisation de tissus)</li> </ul>
Cuir	<p>entre 11 et 15 tonnes pour 2005 (DGE, 2006)</p> <p>15,7 tonnes de formaldéhyde pour 2005 (INRS, 2007).</p>	<p>Résines à base de formaldéhyde consommées par les tanneries, mégisseries, chamoiseries et pelleteries pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Finissage caséine (agent de réticulation de protéine (la caséine) pour le finissage de certains cuirs notamment le box calf et certains cuirs exotiques de type crocodiles)</li> <li>▪ Conservation afin de limiter la décomposition des fibres de collagène dans le processus</li> </ul>

		<p>de tannerie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pré tannage des cuirs (dans certains cas particuliers, utilisation pour le (pré)tannage de cuirs (fourrures et chamoiserie))</li> <li>▪ transformation du cuir (agent poisseux avec le polychloroprène)</li> </ul>
Caoutchouc, pneus	<p>environ 3 500 tonnes en 2005 (DGE, 2006). 27 tonnes de formaldéhyde (INRS, 2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ systèmes adhésifs à base de colles résine formophénolique / latex assurant dans l'article (pneumatique, courroie, bande transporteuse) la liaison entre les renforts textiles et la matrice caoutchouc</li> <li>▪ systèmes résines formophénoliques / agent de réticulation destinés au renforcement de la matrice caoutchouc pour certaines zones du pneumatique sous forte contrainte ou pour certains articles en caoutchouc technique (tuyaux, bandes transporteuses, cylindres, ...)</li> </ul>
Plasturgie, transformation des matières plastiques	<p>environ 1 700 tonnes de formaldéhyde (INRS, 2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ constituant de certaines colles, résines (résines aminoplastes, phénoplastes et polyacétals), vernis</li> <li>▪ matière résiduelle dans certaines matières thermodurcissables (résines phénoliques ou résines aminées (ou aminoplastes), telles que les résines urée- formaldéhyde (UF) ou mélamine-formaldéhyde comme matériaux d'isolation tels que les poignées de casseroles, les composants électriques de radio, de télévision et de téléphone et les fers à lisser...)</li> <li>▪ produit de dégradation thermo-oxydative de matières thermodurcissables et de certaines matières thermoplastiques (résines acétals ou polyacétals, et notamment le polyoxyméthylène et ses copolymères (POM) utilisées pour la confection de composants fonctionnels d'équipement électroniques audio et vidéo, des équipements domestiques et biens de consommation, des équipements sanitaires et médicaux, des articles de sport, des applications industrielles et agricoles, dans le domaine du transport et de la construction...)</li> </ul>
Electrique, électronique		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisation de vernis liquides pour les câbles émaillés dans le but d'assurer l'isolation des câbles</li> <li>▪ résine phénolique également retrouvée dans les bois de calage utilisés pour fixer le</li> </ul>

		<p>cercle magnétique et bloquer les bobines des transformateurs électriques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ résines à base de formaldéhyde utilisées dans les fils et câbles électriques, l'électroménager ou la fabrication de composants fonctionnels pour des équipements électroniques audio et vidéo.</li> <li>▪ agent réducteur dans les solutions de placage ...</li> </ul>
Fonderie	négligeable (inférieur à 10 kg) pour 2005 (INRS, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ résines phénoliques (PF), résines urée-formaldéhyde (UF), résorcinol- formaldéhyde (RF), mélamine formaldéhyde (MF), utilisées comme liants pour la fabrication de moules et de noyaux</li> </ul>
Laines d'isolation	5 500 tonnes pour 2005 (DGE, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ résines formophénoliques destinées à lier les fibres entre elles et donner aux produits leurs caractéristiques physiques et mécaniques (éventuellement activité biocide)</li> </ul>
Revêtements	<p>environ 4 tonnes de formaldéhyde pour le secteur de la fabrication de colorants et pigments en 2005</p> <p>0,8 tonne de formaldéhyde pour la fabrication de peintures et vernis en 2005</p> <p>131 tonnes de formaldéhyde pour la fabrication de colles et gélatine en 2005 (INRS, 2007)</p>	<p>Résines aminoplastes utilisées dans le secteur de la fabrication de colorants et pigments, pour la fabrication de peintures et vernis ou la fabrication de colles et gélatine comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Additifs de protection en pot (assurer la protection de la préparation contre le pourrissement)</li> <li>▪ Liants / résines pour la mise au point de revêtements professionnels ou industriels, peintures, vernis et colles (utilisés pour leurs propriétés d'adhérence sur supports difficiles, résistances mécanique et chimique, en apportant une plus ou moins grande souplesse aux revêtements)</li> </ul>
Abrasifs et super-abrasifs		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ résines formophénoliques nécessaires à la fabrication des abrasifs appliqués (papiers, bandes) pour les meules minces et les meules abrasives organiques</li> </ul>
Papeterie	2 000 tonnes dans les résines pour la fabrication des papiers spéciaux et le traitement des	<p>Sous forme de résines, utilisées pour les papiers à usage graphique (tels que les papiers d'imprimante), à usage hygiénique (tel que les papiers absorbants), les papiers et cartons d'emballage, enfin ceux dits à usages spéciaux ou de sécurité (passeports, billets de banques..), notamment comme :</p>

	<p>liqueurs en 2005</p> <p>0,05 tonne par an dans la fabrication de pâte à papier en 2005 (INRS, 2007)</p> <p>115-20 tonnes par an de formaldéhyde en solution (à 30/40 %) pour les années 2005-2006</p> <p>50-80 tonnes de formol pur utilisé pour les résines.</p> <p>2 000 tonnes pour le traitement des liqueurs (DGE, 2006)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ agent de rétention humide (retenir les fibres de bois ou de coton pour aider à la fabrication de la feuille lorsqu'il y a encore une forte présence d'eau dans le process) aussi bien pour le papier que pour l'emballage alimentaire ;</li> <li>▪ agent de rétention sèche ;</li> <li>▪ agent de collage. ;</li> <li>▪ agent de couchage (conférer à la feuille de papier un état de surface désiré en termes de brillance, d'opacité, de gloss, de lissé) ;</li> <li>▪ agent plastifié résistant à l'eau (notamment pour les emballages) ;</li> <li>▪ agent de fixation des pigments organiques dans la fabrication de papiers de couleurs.</li> </ul>
Photographie	inférieur à 0,5 tonne de formaldéhyde (INRS, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisé, en tant qu'intermédiaire, par certains fabricants lors de l'étape de couchage des émulsions, afin de durcir (lier) la gélatine dans certaines couches d'émulsion et lui donner les propriétés physico-chimiques souhaitées</li> </ul>
Bâtiments et travaux publics	3 400 tonnes en 2005 (DGE, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Outre les produits d'isolation et les matériaux du bois, utilisation sous forme de résines aminoplastes pour l'industrie du béton (résines mélamine sulfonée) en retardateur ou accélérateur de prise</li> <li>▪ agent de décoffrage ou produits d'étanchéité</li> </ul>
Nucléaire	2 300 tonnes en 2005 (DGE, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ utilisé pour le retraitement des déchets nucléaires</li> </ul>
Industrie mécanique et métallurgique		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inhibiteur de corrosion</li> <li>▪ agent réducteur pour la récupération des métaux précieux (or, argent) et la fabrication des émaux</li> </ul>
Métallurgie		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ agent oxydo-réducteur dans les bains chauds sans électrolyse pour le cuivre et l'argent.</li> </ul> <p>La production de miroirs est l'application la plus répandue de galvanisation à l'argent sans électrolyse (argenture)</p>

## 1.4 Applications domestiques

Le formaldéhyde peut être utilisé dans divers produits de consommation afin d'éviter une contamination microbienne. Il constitue ainsi un agent de conservation dans les nettoyants domestiques, les détergents pour vaisselle, les adoucissants, les produits d'entretien des chaussures, les shampooings et les cires pour automobiles, les nettoyants pour tapis... (OMS, 1989).

En 2005, un recensement des agents et préparations disponibles dans la Base Nationale des Produits et Compositions (BNPC) a permis de mettre en évidence la variabilité des sources domestiques au formaldéhyde. 4 118 préparations – soit 5% de l'ensemble des préparations référencées - contenant du formaldéhyde ont ainsi été recensées parmi lesquelles se trouvent 2 grandes catégories de préparations dans lesquelles le formaldéhyde est utilisé comme agent conservateur ou agent spécifique.

Pour les préparations ou produits utilisant du formaldéhyde comme **conservateur**, elles sont de composition assez homogène et contiennent du formaldéhyde à une concentration < 1% (généralement 0,2 à 0,3%). 3 246 préparations sont ainsi référencées et incluent, entre autres, des produits à usage ménager (54,4% des préparations), des produits pour le corps / hygiène (21,8 %), des produits ménagers pour le linge (10 %), des produits d'entretien automobile (1,8 %), des produits pour le bricolage (3.6 %), des médicaments (1,2 %) et des produits à usage vétérinaire (2,1 %).

La BNPC recense également les préparations ou produits utilisant du formaldéhyde pour **d'autres usages** (désinfectant, résines urée-formol, phénoplastes,...). Ils sont de composition hétérogène et contiennent du formaldéhyde à des concentrations comprises entre 0,1 et 40%. 755 préparations sont ainsi référencées dont 566 préparations contenant du formaldéhyde libre en solution utilisées comme désinfectant ménager, détartrant WC et salle de bains, décolleur de papier peint, peinture, conservateur de bouquet...et 189 préparations contenant du formaldéhyde polymérisé utilisées comme herbicide, gel ou bloc allumage de cheminées ou barbecues, vernis pour matériaux, bois, parquets, produit d'étanchéité...

Par ailleurs, le formaldéhyde peut également être retrouvé dans des produits de consommation courante comme impureté résiduelle suite à une contamination involontaire par des matières premières contenant du formaldéhyde comme conservateur ou par du matériel de production désinfecté avec du formaldéhyde.

En conclusion, le formaldéhyde est présent dans de nombreuses préparations actuellement sur le marché. Les usages en sont extrêmement variés. Le rôle du formaldéhyde comme conservateur est toutefois prédominant (78% des préparations). Certaines préparations sont utilisées en aérosols ou pyrolysées.

La BNPC note une évolution notable en faveur d'une baisse voire d'une disparition des concentrations de formaldéhyde dans les produits de consommation émergents. Cependant, cette évolution se fait au profit d'une apparition croissante de libérateurs de formaldéhyde dans la composition des produits de consommation. La BNPC propose dans le rapport une liste des principaux libérateurs de formaldéhyde reconnus. Sur 2017 préparations déclarées comme contenant un ou plusieurs libérateurs de formaldéhyde, 692 soit 34 % des préparations concernent des produits d'usage ménager.

Les produits à usage domestique présentés dans ce chapitre constituent l'une des sources contributrices de formaldéhyde en air intérieur. D'autres sources correspondant notamment aux produits finis issus des secteurs industriels détaillés auparavant (produits d'ameublement, produits de construction, matériel informatique...) peuvent également contribuer à la présence de formaldéhyde en air intérieur.

## 1.5 Autres sources de formaldéhyde

La formation de formaldéhyde résulte surtout de la combustion de matières organiques ainsi qu'à diverses activités naturelles et anthropiques. L'oxydation dans l'air de composés organiques volatils (COV) d'origine naturelle et anthropique donne lieu à la formation secondaire de formaldéhyde dans l'atmosphère.

Les sources anthropiques de formaldéhyde comprennent les sources directes, comme la combustion de carburants, les utilisations industrielles et les émissions des matériaux de construction ou des produits de consommation. En effet, bien que l'essence ne contienne pas de formaldéhyde, ce dernier est produit lors d'une combustion incomplète. Tous les moteurs à combustion interne peuvent ainsi produire du formaldéhyde, dont la quantité dépend surtout de la composition du carburant, du type de moteur, du dispositif antipollution utilisé, de la température de fonctionnement ainsi que de l'âge et du plus ou moins bon état du véhicule. Les taux d'émission sont donc variables.

Par ailleurs, les sources anthropiques industrielles s'avèrent multiples et les rejets industriels de formaldéhyde peuvent se produire à n'importe quelle étape de la production, de l'utilisation, du stockage, du transport ou de l'élimination des produits contenant du formaldéhyde résiduel. Les émissions gazeuses et les rejets d'eaux usées résultant de la fabrication ou des diverses utilisations du formaldéhyde constituent également des sources d'exposition environnementale au formaldéhyde.

Concernant les sources anthropiques domestiques, outre les émissions éventuelles provenant des matériaux ou des produits décrits précédemment, les sources comprennent également toutes les formes de combustion qu'elles aient pour origine la cuisson des aliments, le chauffage des bâtiments, l'utilisation d'encens ...

Il existe également d'autres sources anthropiques de combustion (où les combustibles peuvent être du bois aussi bien que des matières plastiques) : les poêles à bois, les foyers, les fours, les centrales énergétiques, les brûlis, les incinérateurs de déchets et la cuisson des aliments.

Les émissions naturelles contribuent également à la présence d'aldéhydes dans l'atmosphère. La végétation ainsi que les processus microbiens semblent être les sources naturelles d'aldéhydes les plus fréquentes (Marchand, 2005). Il se dégage, notamment, pendant la combustion de la biomasse, par exemple, pendant les feux de forêt et de broussailles (Howard, 1989; Reinhardt, 1991), la décomposition des déchets d'animaux et des résidus végétaux dans les sols, l'irradiation des substances humiques par la lumière du soleil (Kieber *et al.*, 1990).

Enfin, le formaldéhyde peut être formé consécutivement à une réaction secondaire. En effet, le formaldéhyde se forme dans la troposphère à la suite de l'oxydation photochimique de nombreux types de composés organiques, y compris ceux que l'on retrouve dans la nature, comme le méthane (OMS, 1989; U.S. EPA, 1993) et l'isoprène (Tanner *et al.*, 1994), ainsi que de polluants provenant de sources mobiles et fixes, comme les alcanes, les alcènes (p. ex., l'éthène et le propène), les aldéhydes (p. ex., l'acétaldéhyde et l'acroléine) et les alcools (p. ex., l'alcool allylique, le méthanol et l'éthanol).

## 1.6 Substitution

La saisine demande explicitement d'indiquer l'existence de produits de substitution non ou moins dangereux, selon les types d'utilisation. Par ailleurs, l'arrêté du 13 juillet 2006 classe les travaux professionnels exposant au formaldéhyde dans la catégorie des procédés cancérogènes de catégorie 1 soumis aux prescriptions du décret CMR daté de février 2001.

Les experts attirent l'attention du lecteur sur la complexité de la démarche de substitution et rappellent les éléments nécessaires à sa validation. L'INRS développe précisément dans un document la méthodologie indispensable à la réussite d'une substitution (INRS, 2007b). La

démarche demande notamment d'apprécier au préalable le rapport bénéfice / risque consécutif à une éventuelle substitution, d'évaluer les conséquences des solutions retenues incluant la santé et la sécurité des travailleurs, la compatibilité technique du procédé ou de la substance avec le process industriel (cette dernière étape ne pouvant être validée que sur le site).

Ainsi, les experts du groupe de travail Afsset ne disposant pas de compétences techniques spécifiques pour tous les secteurs d'activité professionnelle décrits, la revue réalisée n'est pas exhaustive et devra faire l'objet d'une analyse complémentaire dans le cadre des travaux menés à l'Afsset sur la substitution des CMR, notamment concernant la toxicité des alternatives évoquées. **Les substituts proposés ne sont en aucun cas recommandés par l'Afsset et aucune analyse critique en termes de faisabilité ou de coût économique n'est réalisée.**

A titre indicatif, le rapport propose, pour tous les secteurs d'activité professionnelle recensés, des pistes de substitution. Les alternatives possibles ont été relevées dans la littérature et au cours de contacts auprès d'associations d'industriels. Pour les principaux substituts relevés, le rapport recense les éléments existants sur la classification et la réglementation inhérentes aux alternatives ciblées.

Le groupe de travail ne peut donc, en l'état actuel des connaissances, valider ou recommander l'une des alternatives proposées par le rapport. Néanmoins, les experts rappellent l'importance, en parallèle de la démarche de substitution, soit d'envisager un changement du process industriel, soit de mettre en place, à défaut (impossibilité technique) les protections collectives puis individuelles nécessaires.

Deux exemples peuvent illustrer la complexité et les difficultés associées à la démarche de substitution. Pour le secteur du bois et de l'ameublement, les propriétés recherchées sont doubles et incluent le caractère liant et biocide du formaldéhyde. Après analyse de la littérature, les résines à base d'isocyanates semblent émerger comme alternative possible. Certes, le monomère (MDI) à la base de la résine est classé cancérigènes de catégorie 3 par l'Union Européenne et présente également un pouvoir sensibilisant reconnu et de forte intensité pour les travailleurs exposés. Il s'agit typiquement d'un transfert de risque à éviter pour les professionnels à moins que les émissions soient parfaitement contrôlées.

Pour le secteur de l'anatomie et cytologie pathologiques, les produits alternatifs au formaldéhyde doivent répondre à une multitude de caractéristiques et d'exigences : conservation des caractéristiques morphologiques et antigéniques des tissus, résultats reproductibles, stabilité des caractéristiques tissulaires pendant plus de 10 ans, potentiel biocide équivalent à celui du formaldéhyde, risque chimique faible ou nul pour les utilisateurs et compatibilité avec le fonctionnement des automates d'inclusion conventionnels. Ainsi, la démarche de substitution devra répondre à l'ensemble de ces paramètres.

## **2 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine**

### **2.1 Contexte**

Ce document a été rédigé dans le cadre du groupe de travail « Formaldéhyde » coordonné par l'Afsset et composé d'experts francophones appartenant à des instituts techniques ou à des organismes nationaux ou internationaux ayant compétence d'expertise et de veille en sécurité sanitaire, mettant en œuvre ou enseignant la démarche de l'évaluation quantitative du risque sanitaire (Afssa, CAP/TV, Ineris, INRS, Inserm, InVS, IST...).

Ce document répond uniquement au second point de la saisine en s'attachant à recenser toutes les filières produisant ou utilisant du formaldéhyde sous toutes ces formes tant dans le domaine professionnel que général.

### **2.2 Objet de la saisine**

#### **2.2.1 Demande à l'Afsset**

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

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

Le 30 décembre 2004, le ministère chargé du travail a sollicité l'Agence afin d'étendre le champ de la saisine aux aspects relatifs à l'exposition des travailleurs (Annexe 1).

#### **2.2.2 Contexte de la saisine**

Le formaldéhyde connaît de multiples applications en raison de ses propriétés physico-chimiques en tant que biocide, conservateur ou fixateur. Le formaldéhyde est présent dans de nombreux produits de construction et de consommation d'usage courant (produits de bricolage, meubles, produits d'entretien, produits cosmétiques etc.). Il résulte également de phénomènes de combustion incomplète (fumée de tabac, bougie, feux de cheminée etc.).

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

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

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

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

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

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

### **2.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation**

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

L'Afsset a confié l'instruction de cette saisine à un groupe de travail mis en place en février 2005. Ce dernier a été rattaché au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en octobre 2005 (Annexe 2).

Les travaux d'expertise du groupe de travail « formaldéhyde » ont été soumis régulièrement au CES « milieux aériens ». Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

La rédaction a été réalisée en interne par l'Afsset en s'appuyant sur la littérature, et d'autres rapports techniques, notamment la compilation des auditions réalisées par la direction générale des entreprises (DGE), ou des rapports d'expertise, notamment les documents réalisés par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) et l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps).

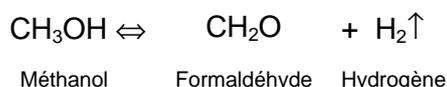
Le rapport a ensuite été relu, commenté et amendé par le groupe de travail « Formaldéhyde » puis le CES « Milieux aériens ».

## 3 Fabrication et usages du formaldéhyde

### 3.1 Procédés de fabrication

Le formaldéhyde est produit industriellement par oxydation catalytique du méthanol en phase vapeur. Deux grands procédés sont principalement mis en œuvre pour la fabrication du formaldéhyde, en réacteur fermé et avec récupération des gaz résiduels :

- la conversion partielle, avec un catalyseur à base d'argent (argent ou cristal d'argent), chauffé à une température de 600 à 720°C (DGE, 2006).



*La réaction de déshydrogénation se fait en présence d'air. La conversion de méthanol en formaldéhyde est partielle, ce qui implique une étape de distillation. Les gaz résiduels (N<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>) sont valorisés dans une chaudière.*

- la conversion totale, avec un catalyseur à base d'oxyde de métal (fer modifié, vanadium, molybdène) portés à une température entre 270 et 380°C.



*La conversion du méthanol en formaldéhyde est totale. Les gaz sont recyclés vers la réaction et les évènements sont traités sur oxydeur catalytique.*

### 3.2 Formes commerciales (formes disponibles)

Le formaldéhyde n'est pas commercialisé sous forme gazeuse, et se présente généralement sous forme liquide, le **formol**.

- Le **formol** ou **la formaline** contient 30 à 50 % (en poids, souvent à 37 %) de formaldéhyde dans une solution d'eau et la plupart du temps d'alcool pour éviter sa polymérisation (généralement 10 à 15 % de méthanol).

Le formaldéhyde se présente également sous forme solide, ou polymérisée :

- le **paraformaldéhyde** (polymère), sous forme de poudre ou de cristaux blancs, contient environ 90 % à 93 % de formaldéhyde et jusqu'à 10 % d'eau ;
- le **trioxane** (trimère), solide cristallin.

### 3.3 Quantités

#### Production

Le formaldéhyde figure sur la liste HPVC (*High production volume chemicals*) de l'Union européenne.

#### Données du ministère de l'industrie

La production de formaldéhyde en France a été rendue publique par le ministère de l'industrie jusqu'en novembre 2003 (SESSI, 2003). La production moyenne mensuelle pour l'année 2002 se montait à 6600 tonnes soit une production annuelle de 79200 tonnes. Cette production est en baisse par rapport aux dernières années : 117600 tonnes en 1995 selon les mêmes sources. Par ailleurs le site de production Arkema de Villers Saint Paul a cessé son activité fin 2006. Arkema produisait sur ce site à partir de méthanol, du formaldéhyde destiné à la synthèse de résines aminoplastes.

#### Etude de la direction générale des entreprises

300 000 tonnes de formaldéhyde ont été produites en France en 2005 (DGE, 2006). Parmi les **3 producteurs français**, ARKEMA disposait d'une capacité de fabrication annuelle de formaldéhyde de 230 000 tonnes (sur son site de Villers-St-Paul (Oise)).

Etant données sa faible teneur en matière active et son instabilité, le formaldéhyde ne supporte pas des délais de livraison trop importants entre fabricant et utilisateur. De ce fait, les producteurs de formaldéhyde sont aussi des auto-consommateurs (pour la fabrication d'intermédiaires ou de produits dérivés).

En 2005, l'UIC a estimé la consommation annuelle de formaldéhyde en France à environ 280 000 tonnes au total, dont 235 000 tonnes environ utilisées pour la fabrication de **résines aminoplastes et phénoplastes** (soit entre 85 et 90 % de la consommation de formaldéhyde en France).

Environ 38 500 tonnes par an sont utilisées pour la fabrication de colles phénol-formol (résines phénoplastes).

Le Tableau III présente la consommation de formaldéhyde par secteurs d'activité recensée par l'étude de la DGE (2006).

Tableau III : consommation de formaldéhyde par secteurs d'activité (DGE, 2006)

Secteur d'activité	Utilisation	Consommation annuelle (en tonnes)
Fabrication de résines pour bois	Résines aminoplastes (urée-formol, mélamine-formol), résines ou colles phénol-formol	190 000 (70 %)
Fabrication de résines pour les autres secteurs d'activité	Fabrication de colle phénol formol (dont application pour produits d'isolation)	38 500 (14 %) (5 500)
	Industrie textile	3 500
	Industrie du béton	3 400
<i>Total résines</i>		<i>235 400 (85 %)</i>
Autres	Traitement des eaux (polyacrylamides, résines échangeuses d'ions)	7 000
	Biocides	8 000
	Nutrition animale	3 000
	Industrie nucléaire	2 300
	Papeterie	2 000
	Autres (produits chimiques ...)	20 000
<i>Total autres</i>		<i>42 300 (15 %)</i>
<i>TOTAL</i>		<i>277 300</i>

L'UIC indique que les principales importations de formaldéhyde pour la France proviennent des pays frontaliers.

En 2005, 38 000 tonnes ont été importées des Pays-Bas, 14 000 tonnes d'Espagne, 12 000 tonnes d'Allemagne, 2 000 tonnes d'Italie et 2 000 tonnes de Belgique (DGE, 2006).

Les exportations françaises de formaldéhyde ne concernent que la Belgique, pour environ 6 500 tonnes en 2005.

*En résumé :*

Les chiffres généraux de l'UIC, **en équivalent de solution à 37 %**, sont, **pour la France en 2005** :

Quantité produite :	<b>300 000 tonnes</b>
Quantité importée (Pays-Bas, Espagne, Allemagne, Italie, Belgique) :	68 000 tonnes
Quantité exportée (Belgique) :	6 500 tonnes
Quantité consommée* :	<b>280 000 tonnes</b>

\* A noter que la quantité consommée rapportée est inférieure à la somme des quantités produites et importées, retranchée de la quantité exportée.

L'Institut national de l'environnement industriels et des risques (Ineris) indique que ces chiffres n'ont pu être corroborés par ceux du service statistique du Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (le SESSI), consulté en septembre 2006, car ils sont « couverts par le secret statistique ».

### Données des douanes

Sur les douze derniers mois – de juin 2006 à mai 2007- les importations de formaldéhyde se montent à 73216 tonnes en provenance essentiellement des Pays Bas (25894 t), de Belgique (18398 t), d'Espagne (17892 t) et d'Allemagne (9063 t). Comparé à 2005 le niveau des importations a fortement progressé: + 40% en 2006 et + 70% en 2007 (Direction générale des douanes et droits indirects, 2007<sup>1</sup>).

### Inventaire INRS 2005 des agents CMR

L'inventaire des agents et procédés cancérigènes mutagènes ou reprotoxiques (CMR) réalisé par l'INRS en 2005 indique quant à lui une consommation annuelle de 126 352 tonnes<sup>2</sup> de formaldéhyde, pour 30 secteurs d'activité « primaires » analysés (INRS, 2007).

D'après cet inventaire, plus de 90 % de la consommation de formaldéhyde se fait dans des secteurs de l'industrie chimique (118 260 tonnes), et plus de 50 % dans des secteurs de l'industrie chimique de base (64 470 tonnes).

Sur la base de ces diverses sources de données, l'INRS indique que **la consommation annuelle de formaldéhyde en France se situe entre 125000 et 280000 tonnes (estimation pour 2005)**. L'intervalle de consommation estimée en 2005 est relativement large. Il est lié à la nature des données collectées. Dans le cas de l'inventaire CMR de l'INRS, les quantités consommées de résines, de biocides...ont été exprimées en équivalent formol pur, ce qui n'est pas toujours le cas pour les données collectées par la DGE.

Le Tableau IV ci-après présente les consommations de formaldéhyde des différents secteurs de l'industrie chimique pour l'année 2005.

---

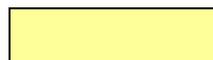
<sup>1</sup> Direction générale des douanes et droits indirects. Le chiffre du commerce extérieur, [http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/portail\\_default.asp](http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/portail_default.asp), site consulté le 8 juin 2007.

<sup>2</sup> Indice de confiance égal à 1 pour l'estimation des quantités (maximum) : différentes occurrences de terrain + validation avec un expert et/ou producteur et/ou douanes du volume global de consommation + en accord avec la bibliographie.

Tableau IV : consommation de formaldéhyde dans les différents secteurs de l'industrie chimique pour l'année 2005 (INRS, 2007)

Secteur d'activité (de l'industrie chimique) [exemples]	Utilisation	Consommation annuelle (t)	%
Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base (code NAF 24.1G) [ex : hydrocarbures cycliques ou acycliques, saturés ou non, dérivés halogénés et autres composés organiques, alcools et acides organiques, dérivés oxygénés (aldéhydes, cétones, quinones,...), dérivés nitrés (amines, nitriles,...), etc.]	Synthèse des résines de l'urée formaldéhyde, de résines phénoliques	62 300	49,3
Fabrication de matières plastiques de base (code NAF 24.1L) [ex : polymères d'éthylène, de propylène, de styrène, de chlorure de vinyle, résines phénoliques, époxydes, alkydes, polyesters, silicones et échangeurs d'ions, préparation de mélanges de matières plastiques de base, colorées ou non]	Fabrication de matières plastiques : résines (colle néoprène), latex, mélamine...	1 700	1,35
Fabrication de colles et gélatines (code NAF 24.6C)	Fabrication de colles urée-formol	131	0,1
Fabrication de produits agrochimiques (code NAF 24.2Z)	Désinfectant et antimycosique	41 000	32,4
Fabrication de produits chimiques à usage industriel (code NAF 24.6L) [ex : préparations pour décapage, dé-grippage, soudage, brasage, produits utilisés pour le finissage des textiles et du cuir, charbons et matières minérales activées, encres de bureau, préparations antidétonantes, antigel, et pour transmissions hydrauliques, catalyseurs et accélérateurs, additifs pour ciments, lubrifiants spéciaux et additifs pour lubrifiants, huiles et graisses modifiées chimiquement, peptones et matières protéiques n.c.a. ainsi que leurs dérivés]		10 700	8,47
Fabrication de médicaments (code NAF 24.4C)		1 011	0,8
Fabrication de savons, détergents, et produits d'entretien (code NAF 24.5A)		935	0,74
Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base (code NAF 24.1E) [ex : fabrication d'éléments chimiques et de composés inorganiques tels que les acides, les bases, leurs sels, etc., et en général tout produit chimique inorganique non repris ailleurs ; fabrication de noir de carbone]		500	0,4

Fabrication de caoutchouc synthétique (code NAF 24.1N)		27	0,02
Fabrication de produits pharmaceutiques de base (code NAF 24.4A) <i>[ex : étude, mise au point et production des principes actifs destinés à la fabrication de médicaments, transformation du sang et fabrication de dérivés, fabrication de sucres chimiquement purs et d'édulcorants de synthèse, production d'extraits de glandes]</i>		24	0,02
Autres secteurs de l'industrie chimique : fabrication de colorants et de pigments, d'huiles essentielles, de parfums et de produits pour la toilette, de peintures et de vernis, de produits chimiques pour la photographie, de produits azotés et d'engrais)		< 6	



*Secteurs de l'industrie chimique de base*

### 3.4 Produits primaires contenant du formaldéhyde

Dans le secteur de l'industrie chimique, le formaldéhyde est principalement utilisé comme monomère pour la fabrication de résines susceptibles d'en libérer, comme intermédiaire dans la synthèse de nombreuses substances chimiques, ainsi que pour la fabrication d'engrais.

#### Fabrication de résines

On distingue deux types de résines : les thermoplastiques et les thermodurcissables. Leurs propriétés et principes de mise en œuvre sont détaillés dans le chapitre 5.16.

##### 1. Résines thermoplastiques

Cette famille se compose d'une variété de résines à base de formaldéhyde : les **résines acétals ou polyacétals**.

Les résines acétals sont généralement des polyoxyméthylènes (POM) obtenus par polymérisation du formaldéhyde ou des copolymères de ce composé avec l'oxyde d'éthylène. Ces acétals de polyvinylalcool et d'aldéhydes peuvent également utiliser l'aldéhyde acétique (éthanal) ou l'aldéhyde butyrique (butanal).

##### 2. Résines thermodurcissables

- Les **résines aminoplastes** sont des résines synthétiques produites par la réaction du formaldéhyde avec l'urée ou la mélamine. Elles sont utilisées à différentes concentrations, en solution ou en poudre, dans des secteurs variés. Avec des propriétés identiques aux résines phénoliques, leurs teintes très claires leur permettent d'être faciles à colorer.
- Les **résines phénoliques** sont des résines synthétiques obtenues par polycondensation d'un phénol et d'un aldéhyde, généralement le formaldéhyde. Lorsque la réaction se fait en présence d'un catalyseur de type acide fort, on obtient des résines thermoplastiques (résines **novolaques**), alors qu'en présence d'un catalyseur de type basique, on obtient des résines thermodurcissables (**résols / résitols**). Les novolaques peuvent également être transformés en matières thermodurcissables par l'ajout d'hexaméthylènetétramine.

Les résines phénoliques peuvent se présenter sous forme liquide, en solution (dans des alcools, des cétones ou des hydrocarbures) ou solide (poudre, écailles, pastilles ou morceaux).

Les résines phénoliques sont particulièrement intéressantes pour leur très bonne résistance au feu et leur excellente tenue thermique.

La bakélite, matériau très utilisé pour ses propriétés isolantes et thermorésistantes (notamment pour la fabrication de boîtiers de radios et de téléphones, comme isolant électrique, ainsi que dans divers ustensiles de cuisine), est un matériau constitué à base de résine phénolique.

Le Tableau V présente les différents types de résines à base de formaldéhyde.

Tableau V : synthèse des différents types de résines et résines à base de formaldéhyde

		Résines à base de formaldéhyde	Exemples de résines de la même famille sans formaldéhyde
Résines thermo-durcissables	Résines aminoplastes (ou aminées)	urée-formol (UF)	Résines (poly)époxydes, polyuréthanes, polyesters insaturés, polyimides
		mélamine-formol (MF)	
		mélamine-urée-formol (MUF)	
	Phénoplastes : résines phénoliques	phénol-résorcinol-formol (PRF), phénol-formol (PF) : <i>résols, résitols</i>	
Résines thermo-plastiques		phénol-formol (PF) : <i>novolaques</i>	Polyoléfines (polyéthylène, polypropylène), polyvinyliques (polychlorure de vinyle (PVC), ...), polyamides, polycarbonates, polysulfones, ...
	Résines acétals ou polyacétals	polyoxyméthylène et copolymères (POM)	

Ces résines sont à leur tour utilisées dans de nombreux secteurs d'activité détaillés dans les chapitres suivants.

### Fabrication de produits chimiques

Le formaldéhyde est utilisé comme intermédiaire de synthèse de composés organiques, notamment :

- des agents chélatants (ou séquestrants) : sel tétrasodique d'EDTA (acide éthylènediaminetétraacétique, sel de sodium), acide nitrilotriacétique (NTA), ...
- des polyols : éthylène-glycol, 1,4-butanediol (utilisé principalement pour la production de tetrahydrofurane (43 % en Europe) dans le secteur de l'automobile, des adhésifs, de la cosmétique, de l'électronique, des produits de consommation...), pentaérythritol (utilisé principalement (53 % en Europe) pour la production de résines alkydes incorporées dans des liants, des lubrifiants ou autres), 2,2-Diméthyl-1,3-propanediol, triméthylolpropane ou TMP (utilisé pour les résines acryliques, alkydes et uréthane) (Global Insight, 2007),
- des isocyanates : méthylène diphenyle diisocyanate (MDI). Le MDI sert notamment à la production de polyuréthane rigide (50 % en Europe) utilisé principalement pour l'isolation dans le secteur de la construction, des équipements domestiques, de l'automobile... (Global Insight, 2007). Les autres applications concernent la production de polyuréthanes sous forme flexibles, élastomères ou fibres, de liants, d'adhésifs, de produits microcellulaires...
- des produits acétyléniques, de 2-butyne-1,4-diol, d'hexaméthylènetétramine (utilisé comme intermédiaire chimique principalement dans la production d'agents de traitement, d'accélérateurs pour le caoutchouc et d'explosifs) dans les agents de traitement des résines), de tétranitrate de pentaérythritol (PETN), de méthylènedianiline (MDA),
- de pyridines par réaction d'acétaldéhyde, d'ammoniac avec ou sans formaldéhyde (90 % en Europe incluant cette substance) (utilisées principalement pour la production de produits agricoles, de 2-chloropyridine, de piperidine et de solvants) (Global Insight, 2007)

- de teintures, produits de diffusion, pesticides, parfums et vitamines,
- d'engrais chimiques utilisant du formaldéhyde, notamment de l'urée-formaldéhyde pour la fabrication d'engrais à diffusion lente (*voir le chapitre 5.11*).

Le Tableau VI présente la répartition européenne de produits dans lesquels est impliqué le formaldéhyde dans leur fabrication. Il n'est en général plus contenu dans le produit fini sauf dans le cas des résines qui peuvent émettre du formaldéhyde. Ce tableau provient d'un rapport rédigé par Global Insight en 2007 à la demande du syndicat européen représentant notamment les producteurs de formaldéhyde.

**Tableau VI : pourcentage de formaldéhyde utilisé pour la fabrication de différents produits en Europe en 2004 (Global Insight, 2007)**

Produits	Proportion de formaldéhyde utilisé dans leur fabrication
Résines urée-formol	55 %
Résines mélamine-formol	14 %
Résines phénol-formol	7 %
Résines polyacétals (POM)	6 %
MDI	5 %
1,4-butanediol	4 %
Pentaérythritol	3 %
Autres (pyridines, TMP, hexaméthylènetétramine, agents chélateurs, fertilisants à libération prolongée, santé...)	5 %

## 4 Principales propriétés recherchées

Le formaldéhyde est principalement utilisé :

- comme agent désinfectant (dispersé par fumigation), biocide (germicide, insecticide, fongicide), antiseptique et additif antibactérien ;
- comme fixateur pour les pièces histologiques ;
- comme agent liant ;
- comme agent réducteur ou oxydant dans les processus impliquant des réactions d'oxydo-réduction.

De nombreux domaines l'utilisent : le domaine vétérinaire, cosmétique, de la médecine, le bois et de l'ameublement, l'agriculture, l'industrie du cuir, la photographie... Les différents usages du formaldéhyde sont détaillés dans le chapitre 5 « Secteurs utilisateurs ».

### 4.1 Biocide

Tout produit désinfectant est soumis à la réglementation européenne relative aux produits biocides<sup>3</sup> (directive 98/8/CE du 16 février 1998).

#### 4.1.1 Quantités utilisées

Le formaldéhyde est utilisé comme **biocide** dans de nombreux domaines (désinfection, conservateurs...). Cette application représente 8.000 tonnes (y compris l'utilisation d'auxiliaires technologiques en sucrerie) (DGE, 2006).

L'effet **biocide**, visant à détruire les microorganismes, est à différencier d'un effet **bactériostatique** qui consiste à limiter leur croissance. Le formaldéhyde a une forte propension à interagir avec les protéines et autres macromolécules conduisant à la formation de ponts (*crosslinks*) qui peuvent nuire aux fonctions essentielles des microorganismes. Le spectre d'activité du formaldéhyde est ainsi un spectre large comprenant de nombreuses variétés de bactéries, virus, champignons et même certaines spores (Harvey, 2005 dans RPA, 2006).

#### 4.1.2 Types d'utilisation

En raison des propriétés citées ci-dessus, le formaldéhyde est utilisé dans **de nombreux produits** comme :

- Antiseptique : Les antiseptiques sont des substances chimiques que l'on applique sur la peau pour interrompre ou prévenir le développement de bactéries ou d'autres microorganismes ;

---

<sup>3</sup> Biocide : « substance active destinée à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre par une action chimique ou biologique ». Le **groupe 1** concerne les désinfectants et produits biocides généraux ; le **type de produit 2** : les produits utilisés pour désinfecter l'air, les surfaces, les matériaux, les équipements et le mobilier dans les lieux privés publics et industriels, y compris les hôpitaux.

- Désinfectant : substance capable de détruire ou d'empêcher le développement des micro-organismes pathogènes au niveau des milieux inertes (non vivants : sols, instruments, etc.) ;
- Conservateur : substance qui protège les produits des contaminations microbiennes et fongiques au cours de la fabrication et lors de l'utilisation

En général, ce qui différencie ces différents types d'usage est la concentration à laquelle la substance active est ajoutée. Par exemple, les concentrations sont plus faibles dans les antiseptiques par rapport aux désinfectants, de manière à limiter la toxicité cutanée.

Le formaldéhyde est également utilisé en tant que tel comme **désinfectant en milieu professionnel dans les domaines de la production animale, de l'industrie alimentaire et des circuits de distribution des aliments.**

Un grand nombre de spécialités contiennent du formaldéhyde (145 produits recensés en 2005 par l'Afssa). Ces spécialités reçoivent un agrément du Ministère de l'Agriculture en application de la Loi n° 525 du 2 novembre 1943 relative à l'organisation du contrôle des produits antiparasitaires à usage agricole (codifiée dans le code rural et le code de l'environnement) : il s'agit notamment des désinfectants pour les locaux et le matériel d'élevage, pour les locaux et le matériel de transformation, stockage, et transport des produits d'origine animale (industrie-agro-alimentaire), de désinfectants pour vide-ordures.... La teneur en formaldéhyde pour ce type de produit est variable pouvant aller d'environ 1% jusqu'à 10-12%.

Le formaldéhyde est l'un des 4 seuls désinfectants autorisés par l'arrêté du 8/09/99 dans l'industrie agro-alimentaire pour une utilisation sans rinçage.

Le formaldéhyde fait également partie des molécules désinfectantes agréées au titre de l'arrêté du 28 février 1957 relatif à la désinfection dans le cas de maladies contagieuses des animaux.

Afin d'avoir un spectre large sur le plan de l'efficacité (bactéricide, fongicide, virucide...), le formaldéhyde est quasiment toujours associé à d'autres aldéhydes (le plus souvent le glutaraldéhyde mais aussi le glyoxal) ou des ammoniums quaternaires.

Dans les formules mises sur le marché, les produits concentrés contiennent de 3 % à 10 % de formaldéhyde et la somme des aldéhydes est de l'ordre de 15 à 20 %. Lors de leur utilisation par pulvérisation, trempage ou nébulisation, les concentrations en aldéhydes sont de l'ordre de 0,15 % à 0,6 %. Par ailleurs certains usages spécifiques (élevages avicoles, couvoirs) pour la désinfection des œufs dans des sas ou dans les incubateurs industriels peuvent conduire à des doses pouvant aller de 4 à 10 g de formaldéhyde appliqués sous forme de fumigène naturellement hors présence animale ou humaine.

Les secteurs concernés sont détaillés dans le chapitre 5.11.

Le formaldéhyde est également utilisé **en milieu médical** pour son activité biocide (dentisterie, hôpitaux, industries pharmaceutiques...).

La **désinfection des locaux hospitaliers** est prévue dans le cadre de l'application des dispositions précisées dans l'article L 3114-1 du Code de la santé Publique<sup>4</sup>. A ce titre, « la désinfection est réalisée selon des procédés ou avec des appareils agréés par l'Afssaps ».

---

<sup>4</sup> Loi n°2004-806 du 9 août 2004, relative à la politique de Santé Publique

Le formaldéhyde est moins corrosif pour le matériel en acier carboné que la désinfection à la vapeur. Le formaldéhyde est également utilisé pour la désinfection terminale dans le cas de maladies contagieuses<sup>5</sup>. La désinfection aérienne obligatoire ne concerne que les maladies à déclaration obligatoire (MDO). Elle doit être pratiquée hors présence humaine au moyen de dispersats non dirigés. Les procédés utilisés doivent obligatoirement être agréés par le Ministère de la Santé. Celui-ci a donné son agrément pour 12 procédés (n 265 à 278) concernant 13 appareils et 13 produits (12 formulations aldéhydiques et 1 formulation non aldéhydique). Cette désinfection par voie aérienne inopérante pour la désinfection de l'air, ne concerne que les surfaces et les locaux.

Concernant la désinfection des établissements de soins, une enquête du Centre de Coordination de la Lutte contre les Infections Nosocomiales (CCLIN) -Sud-ouest réalisée en 2004 auprès de 66 établissements a permis de recenser les procédures utilisées et leurs indications. Cette enquête faisait notamment suite au constat de disparités dans les pratiques de désinfection dans les établissements avec parfois des procédures inadaptées.

54 établissements ont répondu au questionnaire. Les différentes techniques de désinfection utilisées ont été recensées :

- Désinfection par voie aérienne (DVA) : 48% des établissements
  - par fumigation de formaldéhyde (couple appareil/produit agréé, indissociable si F>3%) : 34%
  - par fumigation de désinfectants autres que du formaldéhyde : 14%

La DVA est indiquée systématiquement dans les cas suivants :

- maladies à déclaration obligatoire (dont tuberculose)
- accueil d'un patient immunodéprimé
- bloc opératoire après chirurgie septique, avant prothèse
- unité de greffe de moelle/flux laminaire
- contamination de l'environnement par *Aspergillus*
- après travaux ou changement de filtres HEPA
- salles propres en environnements maîtrisés (salle de préparation des nutriments parentéraux)
- Bactéries Multi-Résistantes (BMR) ayant une survie prolongée dans l'environnement
- Patient en isolement septique
- Patient porteur de BMR, de varicelle, de gale, de rotavirus, de spores (*Clostridium difficile*).

---

<sup>5</sup> Le terme de désinfection terminale a été remplacé par celui de désinfection aérienne obligatoire suite à l'arrêté du 25/03/1992. En 2004, le lien existant entre la désinfection et les maladies à déclaration obligatoire a été supprimé par l'article L 3114-1 du Code de la santé Publique. La désinfection des locaux hospitaliers est désormais prévue dans le cadre de l'application des dispositions précisées dans cet article. A ce titre, «lorsqu'elle est nécessaire en raison soit du caractère transmissible des infections des personnes hébergées, soignées ou transportées, soit des facteurs de risque d'acquisition des infections par les personnes admises dans ces locaux ou transportées dans ces véhicules, il doit être procédé à la désinfection par des produits biocides :

- des locaux ayant reçu ou hébergé des malades et de ceux où sont donnés des soins médicaux, paramédicaux ou vétérinaires
- des véhicules de transport sanitaire ou de transport de corps
- des locaux ou véhicules exposés aux microorganismes et toxines mentionnés à l'article L 5139-1

Cette désinfection est réalisée selon des procédés ou avec des appareils agréés par l'Afssaps ».

- Désinfection de contact : 96%
  - des surfaces par dispersats dirigés (sprays) : 74%
    - contenant des aldéhydes : 12%
    - ne contenant pas des aldéhydes : 62%
  - désinfection par application
    - d'un désinfectant après nettoyage des surfaces : 22%
    - de détergent désinfectant seul sur les surfaces : 45%

Concernant le matériel, la stérilisation au moyen de vapeur formaldéhyde est réservée au matériel qui ne résiste pas à plus de 80°C et qui ne peut donc pas être traité par la vapeur d'eau sous pression.

Ces différents usages sont détaillés dans les sections correspondantes. La propriété biocide du formaldéhyde concerne de nombreux secteurs industriels (fonderie, agro-alimentaire, secteur médical...) et de multiples produits de consommation domestiques, toutes ces entités sont détaillées dans la suite du rapport.

## 4.2 Conservateur

Un conservateur se définit comme toute substance capable de s'opposer aux altérations d'origine chimique ou microbiologique.

L'emploi du formaldéhyde comme agent conservateur concerne de nombreux secteurs incluant notamment le domaine de la **thanatopraxie** ou le secteur de **l'agro-alimentaire** (dans les produits alimentaires ou matériaux destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires), de la **cosmétique**...

Pour les secteurs cités, l'agent conservateur, notamment le formaldéhyde, fait l'objet d'une réglementation stricte avec une inclusion à une liste positive et des seuils sanitaires à ne pas dépasser.

## 4.3 Liant

Le liant permet d'assurer la cohésion entre différents éléments du matériau et conférer ainsi une texture adaptée à l'application souhaitée et/ou éviter la libération de particules.

Le formaldéhyde se retrouve dans les résines aminoplastes (mélamine-formol (MF), urée-formol (UF) et mélamine-urée-formol (MUF)) et phénoplastes (PF) pour ses propriétés de liant.

- Ces adhésifs sont utilisés en grande quantité par les **industries du bois** (panneaux à base de bois, portes planes, panneaux revêtus de placage, parquets contrecollés, charpentes lamellées-collées...). Outre le rôle de liant des résines, le formaldéhyde peut agir comme agent de conservation *via* ses propriétés fongicides et bactéricides.

Ces adhésifs se retrouvent plus globalement dans des produits de construction, d'ameublement et de décoration variés.

- Ces résines ont un rôle essentiel dans la mise au point de **revêtements** professionnels ou industriels, peintures, vernis et colles. Ces résines sont utilisées pour leurs propriétés d'adhérence sur supports difficiles, résistances mécanique et chimique, et apportent une plus ou moins grande souplesse aux revêtements. L'usage du revêtement conditionne le choix des liants / résines qui le constitue.
- Les résines formo-phénoliques sont également nécessaires à la fabrication des **abrasifs** appliqués.

- Les résines à base de formaldéhyde servent à la fabrication des **papiers** spéciaux mais également lors du traitement des liqueurs<sup>6</sup>.

Le Tableau VII synthétise les principales utilisations de **résines** à base de formaldéhyde, qui représentent la plus importante forme de consommation de cette substance.

**Tableau VII : utilisations de résines à base de formaldéhyde (Ineris, 2007)**

Type de résine	Secteur d'activité utilisant ce type de résine	Fonction de la résine
Résines aminoplastes (ou aminées)	industrie de la peinture (pour l'automobile par exemple)	agent liant dans certains types spéciaux de laques et de peintures
	agriculture	conservateur
	nettoyage des tapis	sous la forme de mousses
	traitement textile pour le coton et les tissus contenant des fibres synthétiques	« infroissables » et « apprêt permanent » (repassage inutile)
	menuiserie	agglomération de panneaux (caractéristiques mécaniques)
	béton	retardateur ou accélérateur de prise
Résines phénoplastes	production de matériaux durs (moulages)	agglomération du sable, matériau de base
	verniss, peintures et laques	liant
	caoutchouc	collage ou renforcement de la matrice
Résines acétals ou polyacétals	pour les produits d'isolation, industrie du bois, industrie du béton	agglomération
	dans les pièces de moteurs de véhicules et de machines	résistance aux contraintes mécaniques ou thermiques
	dans l'ingénierie de précision et de communication, dans les installations domestiques, dans les appareils ménagers et les installations de plomberie	
	élaboration des agglomérés à base de bois	comme colles et adhésifs

<sup>6</sup> Une liqueur correspond au mélange eau - additifs résiduels extraits lors de la fabrication du papier.

## 5 Secteurs utilisateurs

### 5.1 Anatomie et cytologie pathologiques

#### 5.1.1 Quantités utilisées

Il n'existe pas à l'heure actuelle de données spécifiques pour ce secteur sur le territoire français. Cependant, un rapport récent fait état des résultats d'une enquête conduite auprès de 57 laboratoires d'Anatomie et de cytologie pathologiques (ACP) de l'AP-HP et hors AP-HP inscrits au « Club des cadres des services d'ACP » en février 2007. Les réponses obtenues sont exclusivement déclaratives (AP-HP, 2008). Parmi les 42 laboratoires ayant répondu, tous déclarent utiliser du formol ou des préparations à base de formol. Parmi eux, seuls deux laboratoires hors AP-HP déclarent utiliser un substitut au formaldéhyde. La consommation moyenne mensuelle de formol dilué à 10% v/v est de 400 litres. Un laboratoire déclare une consommation mensuelle supérieure à 1 000 litres, pouvant s'expliquer par une activité en relation avec le type de pièces opératoires traitées (AP-HP, 2008).

#### 5.1.2 Types d'utilisation

L'ACP a pour mission hospitalière de i) poser le diagnostic de maladies ou d'y contribuer, par l'interprétation morphologique, macroscopique, microscopique ou moléculaire d'organes, de tissus ou de cellules et de ii) fournir le cas échéant aux cliniciens des informations à valeur pronostique et/ou prédictive de la réponse thérapeutique.

Les échantillons étudiés sont prélevés chez des sujets vivants ou décédés (autopsies scientifiques ou médico-légales). Ils sont divers tant dans leur nature que dans leur volume. Ce dernier peut varier de quelques cellules à un organe entier (poumon, rate etc.) voire à un individu entier (pathologie embryofœtale par exemple).

Les échantillons doivent dans l'immense majorité des cas être fixés avant de pouvoir être examinés. La fixation consiste à conserver les structures cellulaires ou tissulaires dans un état aussi proche que possible de l'état vivant et à inhiber l'autolyse qui se développe dès le prélèvement des échantillons. La fixation permet également leur conservation temporaire (quelques semaines) ou à long terme ainsi qu'une décontamination microbienne (à l'exception du prion pour la décontamination formolique). Idéalement, la fixation devrait être réversible de façon à faciliter la réalisation d'études moléculaires à partir de tissus fixés.

Depuis son introduction en 1893, le formaldéhyde, dans l'immense majorité des cas sous la forme d'une solution de formol diluée au 1/10<sup>ème</sup> ou de fixateurs de formulation diverse, est l'agent fixant et de conservation le plus utilisé en ACP. Il est également utilisé comme réactif mais ces applications sont minoritaires. Il s'agit d'un fixateur polyvalent, relativement permissif en termes de variation de volume des échantillons et de durée de fixation, permettant la réalisation de nombreuses études moléculaires (immunohistochimie, hybridation *in situ* etc.). Le formaldéhyde est devenu le fixateur de référence international. L'immense majorité des protocoles nationaux et internationaux de prise en charge des patients, notamment en cancérologie, fait appel à l'établissement d'indices pronostiques ou prédictifs établis à partir de tissus formolés. Cette prééminence témoigne d'efforts de standardisation menés par les sociétés savantes.

Il convient toutefois de signaler que le formaldéhyde n'est pas un fixateur idéal permettant de satisfaire tous les besoins de la morphologie. D'autres fixateurs ou mélanges fixateurs sont utilisés dans des applications particulières : le glutaraldéhyde et l'acide osmique pour la microscopie électronique, des fixateurs à base d'éthanol, de méthanol, d'alcool isopropylique pour la cytologie. Les techniques de biologie moléculaire sont au mieux réalisées à partir d'échantillons congelés mais peuvent être pratiqués avec succès après fixation à base de fixateurs non aldéhydiques.

### **Description du circuit des prélèvements** (Botta, 2006 ; AP-HP, 2008)

- prélèvement : réalisé au cours de consultation, au bloc technique (chirurgical, endoscopique...) ou en salle d'autopsie. Les échantillons tissulaires (pièces opératoires, biopsies) ou cellulaires peuvent être fixés et conservés dans une solution de formaldéhyde (pièces formolées) ou transportés non fixés au laboratoire (spécimens « frais ») ;
- réception : dans la salle dédiée de réception / tri des échantillons, les échantillons sont reçus sous emballage étanche. La prise en charge des échantillons varie selon leur caractère fixé ou frais ;
- étude macroscopique : description du prélèvement à l'œil nu (observation, mensuration, éventuellement pesée et photographie) et dissection. Cette étape est réalisée sur pièce fraîche ou fixée. Des prélèvements destinés à l'étude microscopique sont disposés dans des cassettes avec post-fixation dans des solutions de formol ;
- inclusion : après étude macroscopique, des techniques sont mises en œuvre afin de permettre l'analyse microscopique du spécimen. L'inclusion est le plus souvent réalisée par automate et comporte les étapes de déshydratation et de clarification rendues nécessaires par l'hydrophobie du milieu d'enrobage. Ces étapes sont réalisées dans un local dédié. L'inclusion consiste en l'imprégnation du spécimen par un milieu capable de durcir et de donner un bloc à partir duquel des coupes peuvent être réalisées. L'inclusion peut être réalisée soit en paraffine, soit en résine. Les blocs obtenus sont ensuite débités au microtome en coupes épaisses de 3 à 10 µm, elles-mêmes apposées sur des lames de verre ;
- microscopie : les coupes obtenues à partir des prélèvements inclus sont montées sur lames et colorées pour permettre l'observation des structures au microscope. De nombreuses techniques peuvent alors être utilisées selon le diagnostic recherché : immunohistochimie etc. A ce stade, certaines macromolécules, acides nucléiques principalement, peuvent être extraites des coupes pour étude moléculaire ;
- conservation : les pièces opératoires non incluses dans leur totalité sont conservées dans des conteneurs étanches au sein de salle d'entreposage et/ou dans des armoires ventilées. Ainsi, de nouveaux prélèvements sur le spécimen fixé pourront être effectués si nécessaire ;
- archivage : les blocs tissulaires en paraffine et les lames utilisées pour poser le diagnostic sont conservées au minimum 10 ans. La tenue de ces archives constitue une obligation médico-légale ;
- élimination : après le temps requis de conservation, les pièces ou déchets anatomiques fixés au formol doivent être éliminés conformément aux filières d'élimination des déchets chimiques sans vider le fixateur des flacons (INRS, 2007b). En effet, la séparation du spécimen et de la solution de formol entraîne une exposition du personnel si elle est effectuée hors équipements de protection collective et individuelle. Le recyclage du formol est une manipulation qui n'est plus recommandée car elle ne répond pas aux conditions fixées par les décrets 84-1093 et 84-1094, et les arrêtés s'y référant, fixant les conditions d'aération et d'assainissement des locaux professionnels.

## Exposition au formaldéhyde selon les postes de travail

L'exposition au formaldéhyde dépend de l'organisation de chaque laboratoire d'ACP. Il est toutefois possible d'identifier les postes de travail à risque :

- salle de macroscopie : ces salles sont en général équipées de tables de macroscopie à aspiration latérale et inférieure ou sorbonnes. C'est dans cette salle que sont faits les examens macroscopiques des spécimens fixés, les dilutions des solutions de formaldéhyde ;
- salle de réception / tri des échantillons : l'exposition devrait y être mineure à condition que les emballages soient parfaitement étanches et non souillés et qu'aucune manipulation des pièces ne soit réalisée par le personnel ;
- poste de dilution / reconditionnement du formol : l'utilisation de solutions prêtes à l'emploi dans des conteneurs de volume adapté permet de diminuer significativement l'exposition à ce stade ;
- salle d'automates à inclusion : l'exposition au formaldéhyde peut se faire lors des premières étapes techniques avant inclusion (par exemple, renouvellement des réactifs mais les automates modernes sont conçus pour limiter au maximum l'exposition à ce stade) et lors de l'entretien de l'automate ;
- local d'entreposage des pièces opératoires ;
- circuit d'acheminement des pièces : l'exposition devrait être mineure à condition que les emballages soient parfaitement étanches et non souillés et qu'aucune manipulation des pièces ne soit réalisée par le personnel ;
- local des examens extemporanés ;
- local de stockage des produits : le stockage des solutions concentrées de formol dépend de l'organisation des laboratoires d'ACP. Certains disposent d'une salle dédiée munie d'une ventilation efficace, garantissant une exposition mineure au formaldéhyde pour le personnel impliqué. Le conditionnement initial du fournisseur doit être respecté ;
- poste de sécurité microbiologique (PSM) en désinfection : la norme NF EN 12469 (2000) dans son annexe J « Recommandations pour la décontamination, le nettoyage et la fumigation des postes de sécurité microbiologique et des filtres » préconise la fumigation avec de la vapeur de formaldéhyde.

### 5.1.3 Substitution

#### Caractéristiques d'un fixateur alternatif au formaldéhyde en ACP

L'utilisation d'alternatives au formaldéhyde en ACP est complexe étant donné la polyvalence d'usage du formaldéhyde. Un produit de fixation en ACP doit pouvoir répondre aux caractéristiques suivantes :

- Potentiel d'efficacité équivalent à celui du formaldéhyde : le diagnostic d'ACP a en effet une obligation de résultat pour les patients sur le diagnostic posé. Le substitut doit avoir une bonne tolérance aux variations de durées de fixation, des propriétés de diffusion intra tissulaire, permettre la mise en œuvre d'une majorité des techniques immunohistochimiques et être utilisable sur tout type de tissu ou organe ;
- Potentiel biocide équivalent à celui du formol : selon les spécifications de l'arrêté du 16 juillet 2007, la distinction des spécimens « frais » des pièces fixées doit être

réalisée dès réception des échantillons car le risque infectieux est majeur en salle de macroscopie et dans les locaux d'examen extemporané et de cytologie pathologique ;

- Potentiel fixateur équivalent à celui du formaldéhyde : stabilité de la composition des tissus fixés sur une longue période de conservation (plus de 10 ans), indispensable à l'archivage (obligation médico-légale) ;
- Sécurité d'utilisation équivalente ou supérieure au formaldéhyde : risque d'explosion, risque d'inflammabilité, toxicité caractérisée moindre que celle du formaldéhyde ;
- Méthodologie connue et reproductible permettant une garantie de résultats et une possibilité de standardisation des méthodes à l'international (pour le formaldéhyde, cette standardisation a fait l'objet d'efforts soutenus depuis plusieurs années) ;
- Elimination de déchets présentant moins de risques pour le personnel et pour l'environnement que les déchets traités au formaldéhyde ;
- Composition du fixateur alternatif connue : de nombreux fixateurs alternatifs ont des compositions difficilement accessibles et pouvant évoluer dans le temps. Il n'est alors pas possible d'identifier convenablement les risques chimiques et infectieux encourus.

Les mécanismes de la fixation ne sont qu'au nombre de deux : 1) l'insolubilisation des macromolécules par réticulation ou coagulation ; 2) le piégeage de composés solubles dans les mailles de macromolécules réticulées ou pontées.

Les formulations proposées aujourd'hui comme substituts sur le marché français se répartissent en plusieurs familles selon leur composition (Rochaix, 2007 ; Afaqap, 2007) :

- des substituts composés d'acétone, de chloroforme et de méthanol (ex : Methacarn™, Mod(Amex)™) : en raison de leur toxicité et leur inflammabilité, ils ne constituent pas à l'heure actuelle une piste sérieuse de substitution ;
- des substituts composés de glyoxal (ex : Excell+™, Glyo-Fixx™) : dialdéhyde de toxicité plus faible que le formaldéhyde (bien que classé mutagène de catégorie 3 par l'Union européenne, cf. chapitre 0), le glyoxal apparaît comme le substitut le plus efficace au regard des techniques d'ACP ;
- des substituts sans aldéhyde et sans acide acétique (ex : FineFix™, HOPE™) ou avec acide acétique (RCL2™) : fixateurs essentiellement alcooliques et donc inflammables, leur utilisation suppose des équipements adaptés et une conformité par rapport aux directives européennes ATEX (Atmosphères Explosibles) 1999/92/CE et 94/9/CE d'application obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2003 sur l'ensemble de la Communauté Européenne. De plus, ces substituts alcooliques auraient un spectre biocide plus limité que celui de formaldéhyde (pas d'effets sporicides) (Afaqap, 2006). Toutefois, une amélioration des extractions moléculaires des tissus fixés avec les substituts par rapport au formaldéhyde est rapportée.

Une étude préliminaire comparative des performances des substituts pour différents examens réalisés en ACP a été réalisée par l'Afaqap en 2007, en l'absence de données publiées dans la littérature scientifique [Afaqap, 2007. Communication interne]. Cette étude visait 4 objectifs :

- estimer la quantité de travail nécessaire pour passer à un substitut « X » à partir des connaissances de base acquises dans un laboratoire travaillant avec du formaldéhyde,
- déterminer les difficultés lors de la substitution,
- comparer les performances en colorations standards, en colorations spéciales, en IHC, des substituts par rapport au formaldéhyde,
- estimer les capacités de préservation des structures cellulaires pour les analyses de biologie moléculaire.

Les résultats ont montré des différences entre substituts selon les techniques d'ACP utilisées. Par exemple, pour un même anticorps, les résultats variaient selon l'organe testé posant alors le problème de pénétration du fixateur dans les tissus. Certains clones d'anticorps utilisés sur tissus formolés s'avèrent inefficaces sur les tissus fixés avec des substituts. Les automates utilisés et les méthodes de coloration ou d'immunohistochimie ont été développés sur la base de prélèvements fixés au formol, posant alors le problème de l'adéquation des outils actuellement disponibles pour évaluer le mieux possible l'efficacité d'alternatives. Il est ressorti de cette étude préliminaire que les fixateurs à base de glyoxal produisent les préparations au comportement le plus proche de celui du formol. Toutefois aucun substitut n'a apporté de résultats comparables à ceux obtenus après fixation formolée.

Par ailleurs, l'Afaqap propose un tableau récapitulatif comparant les contraintes imposées par la substitution ou la conservation d'une technique au formaldéhyde.

**Tableau VIII : Limites liées à la substitution ou à la conservation de l'usage du formaldéhyde en anatomie et cytologie pathologiques**

<u>Substitution</u>	<u>Conservation du formaldéhyde</u>
Obligation de résultats / malade	Contraintes réglementaires importantes
Problèmes techniques (adaptation des techniques histologiques et d'immunohistochimie)	- adaptation des installations : sorbonnes, confinement des automates, armoires...
Ventilation nécessaire si substitut inflammable (alcool) ou à risque différent (Glyoxal)	- contrôles métrologiques
Risques Atex (Atmosphère Explosive) et biologique	- formation et surveillance spécifiques du personnel
	- évolution à la baisse des VLEP

### Exemples de substitution en France et à l'international

Au préalable, il est important de noter que l'activité d'ACP en France est répartie entre les laboratoires hospitaliers (publics) et les laboratoires privés : en effectif respectivement, 60% contre 40% (Ordre national des médecins, 2008). De par leur responsabilité civile et pénale directe, les responsables des laboratoires privés ont incité depuis 2007 des essais de substitution du formaldéhyde dans leur activité de routine.

En France, un essai de substitution du formaldéhyde est toujours actuellement en cours à l'Institut d'histopathologie de Nantes (CNAM, 2007). Le laboratoire a procédé à de nombreux essais notamment en substituant par le Finefix qui s'avéra un échec. L'emploi quotidien d'Excell+ sur plus de 100 000 dossiers donne des résultats identiques au formaldéhyde même si des adaptations ont été nécessaires pour l'immunohistochimie. Ces produits étant déjà employés depuis longtemps pour la biologie moléculaire, les résultats sont également

satisfaisants. En 2007, 90 % de l'activité du laboratoire a été substituée. Il reste toutefois des limites à cette étude : la sécurité du fixateur alternatif utilisé (2 personnes qui avaient déjà une allergie de contact au formaldéhyde sur 30 en 8 mois ont déclenché une allergie de contact) et le pouvoir biocide de l'alternative qui n'a pas été comparé à celui du formaldéhyde.

A Toulouse, le laboratoire d'ACP de l'Institut Claudius Regaud (CLCC Midi-Pyrénées) a également initié un essai de substitution du formaldéhyde visant notamment à tester à comparer les propriétés fixatrices du RCL2™, substitut développé depuis 1999 par cet Institut (Rochaix, 2007). Le Tableau IX compare le formaldéhyde avec certains produits de substitution au regard de leurs performances pour les techniques d'ACP.

**Tableau IX : avantages et limites du formaldéhyde et d'autres procédés de fixation (Rochaix, 2007)**

	formol	glyoxal	ethanol	Micro-ondes
coût	☺	☺/☹	☺/☹	☹☹
organisation	☺	☺	☺	☹☹
macroscopie	☺	☺	☺/☹	☹/☹
microscopie	☺	☺	☺/☹	☺
IHC	☺	☺/☹	☺/☹	☺
stabilité	☺	☺	☺	☺
ADN	☹/☹	☹/☹	☺	☺
ARN	☹☹	☹☹	☺	☺
Protéines	☹☹	☹☹	☺	☺
Facilité	☺	☺	☺/☹	☹/☹

A Nancy, le laboratoire d'ACP du CHU de Nancy a entrepris une étude comparative des propriétés fixatrices du formol et du glyoxal en pratique anatomopathologique sur quelques spécimens (Marcon, 2008). Une solution de formol tamponné à 10% a été comparée à plusieurs solutions de glyoxal préparées au laboratoire ainsi qu'à la solution commerciale Glyo-Fixx™ dont la composition exacte n'est pas connue. D'autres fixateurs ont également été testés : le glutaraldéhyde, un fixateur à base de sel de zinc et de l'éthanol absolu. Les résultats montrent que, bien que moins toxique que le formaldéhyde, le glyoxal est un mauvais conservateur des pièces anatomiques en raison notamment de sa lente diffusion. Ainsi il ne pourrait être utilisé que pour des biopsies de petit volume. Son spectre d'activité biocide est plus restreint que celui du formaldéhyde. Cette étude conclut que le glyoxal ne peut prétendre au statut de substitut du formaldéhyde en tant que fixateur polyvalent en ACP.

L'accélération de la fixation par emploi des micro-ondes est connue depuis 1980. L'avantage de cette technique repose notamment sur la toxicité négligeable des micro-ondes sur l'opérateur et des résultats satisfaisants obtenus (Tableau IX) Cependant cette technique ne fait toujours pas l'objet de méthodes validées et reste difficilement applicables à la fixation de grosses pièces. Même si cette alternative ne semble pas, pour certains auteurs, constituer

une piste solide de substitution au formaldéhyde, des expériences sont toujours en cours au laboratoire d'ACP de l'Institut Bergonié de Bordeaux (CLCC du Sud-Ouest) (Carrefour Pathologie, 2007).

A l'international, l'IRSST québécois rapporte que certains produits de substitution sont destinés à des domaines spécifiques comme l'immunohistochimie (IRSST, 2004) et ont remplacé le formaldéhyde avec succès. La Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal aurait utilisé le « NoTox » mais la composition de ce produit commercial est mal connue (fiche signalétique : éthanol, composés dicarboxylés, humectants, biocides). Il n'est donc pas possible de se prononcer sur le risque toxique. L'IRSST avance surtout des pistes concernant plus particulièrement la maîtrise de l'exposition notamment à travers l'utilisation de solutions de formaldéhyde moins concentrées, la ventilation générale ou locale ou le port des équipements de protection individuelle (IRSST, 2004).

Des essais de substitution du formaldéhyde ont été lancés par des laboratoires français d'ACP sans résultats publiés à ce jour et sans coordination nationale. Selon l'Afaqap et suite à son enquête préliminaire, une étude nationale multicentrique avec méthodologie stricte devrait être mise en place (taille des échantillons, durée de fixation, nature du fixateur en tenant compte notamment de l'évolution de leur composition au cours du temps, température, pH, lecture des lames par l'opérateur etc.). Elle devra porter sur plusieurs années afin de garantir la stabilité des spécimens dans le temps et être réalisée sur un grand nombre d'échantillons d'origine tissulaire différente.

La substitution du formaldéhyde correspond à un changement de référentiel dont les conséquences diagnostiques et pour la prise en charge des patients devraient être estimées. Dans ce cadre, il conviendrait de s'interroger sur la capacité du substitut étudié à devenir une référence internationale de telle sorte que les patients français puissent être inscrits si nécessaires dans des protocoles internationaux et que les résultats de la recherche menée en France puissent être comparés à ceux de la communauté internationale. Par ailleurs, si les risques sanitaires liées à la présence du formaldéhyde dans les environnements professionnels ont fait l'objet de nombreuses études, il n'en va pas de même de celle des autres solutions fixatrices qui n'ont pour la plupart pas ou peu été étudiées sous cet angle.

## 5.2 Thanatopraxie

### 5.2.1 Quantités utilisées

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

### 5.2.2 Types d'utilisation

Le décret n°76-435 du 18 mai 1976 et la circulaire d'application du Ministère de l'intérieur du 5 juillet 1976 définissent la thanatopraxie comme un soin de conservation du corps d'une personne décédée durant huit à dix jours, par injection dans le corps d'un liquide antiseptique. L'article R.2213-3 du Code général des collectivités territoriales (CGCT) définit les fluides de thanatopraxie comme un « *produit destiné aux soins de conservation du corps de la personne décédée* ».

La législation française impose la réalisation de soins de conservation notamment :

- formolisation obligatoire pour un transfert sans cercueil (dit à visage découvert) effectué entre 24 et 48 heures après le décès. Cette injection peut être évitée si le transport est terminé dans les premières 24 heures.
- l'injection de produits formolés est imposée lors d'un transport avant mise en cercueil de plus de 600 kilomètres (décret n°76-435 du 18 mai 1976)
- enfin, certains pays exigent des injections formolées pour la rentrée d'un cercueil sur leur territoire.

En dehors des cas prévus par la loi, la décision de pratiquer ce type de soins revient à la famille du défunt.

Enfin, les soins de conservation sont proscrits dans un certain nombre de cas où les défunts présentaient des maladies contagieuses (arrêté pris en Conseil d'Etat du 20 juillet 1998 fixant la liste des maladies contagieuses portant interdiction de certaines opérations funéraires).

En France, le nombre de soins de conservation pratiqués sur les défunts s'élevait à plus de 200 000 par an sur 537 459 décès en 1999 (37 %). Depuis 1976, le nombre de ces prestations est en constante augmentation, soit 7 à 10 % par an (INRS, 2005). De multiples raisons peuvent expliquer cette croissance, notamment la dispersion des familles (et donc la durée nécessaire pour rassembler les proches), le délai légal d'inhumation (au moins 24 heures et au plus de 6 jours après le décès) ou le nombre croissant de conventions obsèques entraînant *de facto* une hausse des actes de thanatopraxie.

Les soins peuvent être réalisés dans une salle de préparation réglementée (chambre funéraire ou chambre mortuaire, locaux normés disposant d'un système de ventilation) ou tout autre type de lieu tel que domicile, maison de retraite (INRS, 2005). Près de 50% des soins sont réalisés dans des locaux normés.

Deux types de fluides sont utilisés en thanatopraxie (Lemonnier et Pesquera, 2007 ; Rescoll, 2008) :

- un fluide « artériel » conditionné dans des flacons d'1 L contenant 20 à 26% de formaldéhyde (en masse). Ce fluide est dilué par le thanatopracteur en fonction de l'état du corps à traiter au moment de l'intervention, afin d'injecter dans le

système vasculaire environ 6 L de solutions contenant entre 0,5 et 1,5% de formaldéhyde (en masse) ;

- un fluide « cavité » conditionné dans des flacons d'1 L contenant entre 20 et 22% de formaldéhyde (en masse). Ce fluide est utilisé sans dilution par épandage dans les cavités abdominale et thoracique (entre 0,5 et 1 L).

**Etapes critiques d'un soin de conservation du corps** (CPFM, 2006 ; IRSST, 2005 ; Lemonnier et Pesquera, 2007)

Certaines étapes d'un soin de conservation présentent des risques d'exposition au formaldéhyde et concernent essentiellement les étapes de désinfection et de préservation du corps (IRSTT, 2005). L'étape de restauration<sup>7</sup> n'est pas concernée.

- Lors d'un soin réalisé dans un local normé, le corps est placé sur une table en acier inoxydable munie d'un système d'évacuation des liquides. La table est légèrement inclinée permettant l'évacuation continue des liquides résiduels. Il existe des tables dotées d'un système de ventilation permettant l'aspiration des gaz nocifs (dont le formaldéhyde) au niveau du plan de travail.
- Les solutions de conservation sont préparées à l'intérieur d'un appareil à injection. Il est composé d'une cuve pouvant recevoir 8 à 12 litres de solution reliée à une pompe à injection à pression variable. Le réservoir est doté d'un couvercle amovible, intentionnellement non étanche pour éviter les problèmes de pression. La concentration et la quantité de formaldéhyde utilisées lors d'une thanatopraxie dépendent essentiellement de l'état du corps à traiter.
- Injection du fluide « artériel » : l'artère est raccordée au tube de l'appareil à injection. À partir de cette étape, le réservoir de l'appareil à injection est régulièrement ouvert pour permettre les préparations successives des solutions diluées; entre chaque étape, il doit être maintenu fermé. La pression d'injection et la dilution sont évaluées par le thanatopracteur au moment de l'intervention. Afin d'optimiser la fixation tissulaire, les solutions sont injectées selon un gradient de concentration en formaldéhyde croissant (des moins concentrées au plus concentrées).
- Epandage du fluide « cavité » : la dégradation tissulaire du corps est principalement liée à la présence d'éléments présents dans les cavités abdominale et thoracique. Pour y remédier et compenser la mauvaise aspiration des solides à ce niveau, la teneur en formaldéhyde du fluide à cavité est plus élevée. Cette solution ne subit aucune dilution et est introduite par simple effet de la gravité.
- Traitement particulier des zones à risque : pour les zones n'ayant pas été irriguées par les fluides (par exemple une plaie), le thanatopracteur applique localement de la gelée ou de la poudre pour les désinfecter et les déshydrater. Ces produits contiennent généralement entre 1 et 7% de formaldéhyde.
- Soins de conservation de cas difficiles : lorsque le corps est fortement œdémateux ou que le délai entre la survenue de la mort et la thanatopraxie est important, les fluides artériel et cavité utilisés sont plus concentrés.

---

<sup>7</sup> Appelée également thanatoplastie, elle permet de rendre le corps présentable à la famille par l'utilisation de cosmétiques ou par la reconstruction plus complexe des parties visibles du corps (Lemonnier et Pesquera, 2007).

- Soins de conservation de cas de décomposition sévère : les corps ne font pas l'objet de soins de thanatopraxie. Les cavités sont drainées et traitées avec un litre en moyenne de solution à cavité. Le corps est ensuite déposé dans une housse mortuaire et recouvert de poudre à forte concentration en paraformaldéhyde. Enfin, le sac est scellé.
- Soins de conservation de corps autopsiés : la segmentation des vaisseaux oblige le thanatopracteur à injecter les fluides de conservation membre par membre. Les liquides injectés reviennent dans le tronc, et comme les cavités sont ouvertes, la durée et l'importance de l'exposition moyenne du thanatopracteur sont augmentées. Les cavités sont traitées au gel formolé. Les viscères sont traités avec des solutions concentrées de formaldéhyde (environ 1 litre) pour en saturer les tissus et sont replacés dans les cavités dans un sac plastique saupoudré de poudre formolée. A ce stade, le thanatopracteur peut être exposé à de fortes concentrations de formaldéhyde. Le thanatopracteur peut être amené à combler des espaces laissés vides avec de la poudre à base de paraformaldéhyde de concentration élevée.

Au final, l'exposition des thanatopracteurs au formaldéhyde est variable. Elle dépend du nombre de cas traités par jour, de la difficulté des cas, de la durée du travail sur le corps et de la ventilation. De nombreux facteurs jouent sur l'exposition des travailleurs :

- les paramètres physiques du corps (état, corpulence, antécédents),
- le délai entre la date du décès et la date du soin de conservation (plus le délai est court, moins les fluides utilisés seront concentrés),
- l'écoulement des liquides résiduels sur la table de travail,
- la concentration en formaldéhyde du produit utilisé,
- la préparation du fluide artériel et l'appareil à injection contenant cette solution,
- la taille de la salle de thanatopraxie, en particulier le nombre de thanatopracteurs et de tables de travail où des corps peuvent être traités simultanément,
- le type et l'importance de la ventilation utilisée.

### 5.2.3 Substitution

Deux produits de substitution ont été agréés mais ne le sont plus aujourd'hui (Avis

Dessart *et al.* (2006) détaille les applications actuelles du formaldéhyde dans le secteur de la thanatopraxie en énumérant les éventuelles alternatives. Pour la substitution, l'agent de conservation doit présenter une activité biocide, fixer les tissus et retarder la dessiccation.

Dans la littérature, plusieurs brevets, le plus souvent américains, traitent de la formulation de fluides sans formaldéhyde :

- Dialdéhydes : glutaraldéhyde, butanedialdéhyde, glyoxal, éthanedial ;
- Cétone : peroxyde de dialkyl cétone ;
- Libérateurs de formol : Dowacil et hydantoïne ;
- Sels d'aluminium : alun (potassium aluminium sulfate) ;
- Chlorure de zinc
- Acétal : diéthylacétal ;
- Acides : acides ascorbique et citrique ;
- Composés iodés : polyvinylpyrrolidone-iodée.

Les sels de métaux présentent des propriétés conservatrices reconnues. Le chlorure de zinc est utilisé seul comme conservateur dans les laboratoires d'anatomie cependant l'aspect esthétique n'est pas satisfaisant pour un usage en thanatopraxie puisqu'il produit une coloration grisâtre et un manque de souplesse des tissus après injection. Dessart *et al.* (2006) suggère de compléter son action conservatrice et biocide par des agents humectants, tensioactifs, colorants... Toutefois, le chlorure de zinc présente une action caustique et corrosive sur la peau. Par ailleurs, des affections cutanées plus sévères ont été observées (ulcérations au niveau des doigts et de la main, brûlures sévères).

L'hydrate de chloral ou chloral ou trichloroacétaldéhyde, sous sa forme hydratée, était déjà employé il y a quelques années sous le nom de « solution de Winckler ». En effet, l'hydrate de chloral est un aldéhyde ayant donc des propriétés fixatrices et conservatrices de par sa fonction carbonyle. Peu d'études toxicologiques ont été publiées.

Le diéthylacétal ou 1,1-diéthoxyéthane est le principal agent conservateur d'une solution de thanatopraxie formulé à 30-33 %. Il est associé à des tanins à des concentrations de 7 à 9 % et au carbonate de potassium, lui aussi utilisé dans le tannage. Dessart *et al.* (2006) indiquent qu'il semble dépourvu de toxicité.

Le glyoxal est un dialdéhyde utilisé dans des fluides de thanatopraxie brevetés. Dessart *et al.* (2006) justifient son utilisation en indiquant les raisons suivantes :

- Le glyoxal est un conservateur très satisfaisant en n'étant formulé qu'à 4 % dans les fluides brevetés ;
- Les qualités de fixation et antiseptique des dialdéhydes semblent être dissociées de leur toxicité. Le pouvoir fixateur et les capacités antiseptiques sont le fait des fonctions aldéhydes mais la toxicité paraît dépendre du nombre d'atomes du squelette séparant les deux fonctions carbonyle.

Garnier (2009) conclut que les risques encourus par les thanatopracteurs utilisant des fluides de conservation contenant du glyoxal (irritation et sensibilisation cutanée, génotoxicité) restent difficiles à évaluer mais peuvent être efficacement prévenus par des moyens de protection individuelle adaptés.

La publication évoque également une composition originale non toxique pour l'utilisateur et son environnement puisqu'elle contient acide ascorbique, acide citrique, carbonate et bisulfite de sodium formulés en quantités égales dans des proportions allant de 10 à 40 %. C'est par une action synergique entre les différents constituants que de bons résultats ont été observés sur la conservation de tissus animaux. Cette piste semble intéressante pour les auteurs.

Une autre composition originale d'un fluide ayant des propriétés pseudoplastiques et sans aldéhyde est décrite. L'agent de conservation est un désinfectant iodé non toxique (les réactions allergiques dues à des désinfectants iodés sont rares dans la littérature selon les auteurs). Il s'agit préférentiellement de polyvinylpyrrolidone-iodé formulé à de faibles quantités (de 0,05 à 2 %) et associé à des additifs relativement classiques.

Les tannins pourraient se révéler une alternative intéressante. Ils sont issus de l'écorce de plantes et d'arbres comme le mimosa, le chêne et l'acacia. Ils sont parfois associés à des sels métalliques pour la conservation du bois. Certaines études s'intéressent aux oxopolysaccharides, dérivés de sucres avec une ou plusieurs fonctions carbonylées libres.

La publication exclut le glutaraldéhyde de l'analyse. En solution concentrée, il provoque des irritations sévères de la peau et des muqueuses et peut être responsable de phénomènes allergiques cutanés et respiratoires.

D'un point de vue international, l'IRSST québécois n'a relevé aucune alternative susceptible de répondre à toutes les propriétés du formaldéhyde dans son usage en thanatopraxie. Cependant, il est possible de se procurer des solutions préservatrices contenant de plus faibles concentrations de formaldéhyde. L'IRSST préconise davantage la maîtrise de l'exposition, notamment l'organisation du travail, la ventilation générale ou locale et les équipements de protection individuelle (EPI) (IRSST, 2007).

## 5.3 Milieu hospitalier

Dans le secteur hospitalier, le formaldéhyde est utilisé comme fixateur en ACP, désinfectant de surfaces, désinfectant des circuits de dialyse et des dispositifs médicaux thermosensibles, désinfectant du linge, des instruments, à froid pour le matériel médico-chirurgical... Il se présente sous forme de formaldéhyde dilué, de liquide de Bouin ou encore de B5 (Botta, 2006)

### 5.3.1 Quantités utilisées

D'après l'enquête relative aux CMR réalisée par Alcimed pour l'INRS (2007), le secteur hospitalier consomme 1 000 tonnes de formaldéhyde par an.

Une enquête a été conduite par un groupe de travail de l'AP-HP d'octobre 2007 à juin 2008 auprès de 45 établissements. Les réponses obtenues sont exclusivement déclaratives. Les blocs-opératoires utilisent surtout du formol dilué dans des quantités supérieures à 1 L, le maximum étant de 60 L par mois (service de gynécologie obstétrique). Les autres services représentent des quantités variant de 10 mL à 1,5 L (hospitalisations), à 4 L (consultations) jusqu'à 12 L (endoscopies) (AP-HP, 2008).

### 5.3.2 Types d'utilisation

Cette partie a été largement explicitée dans le chapitre relatif aux propriétés **biocides** (chapitre 4.1). Le formaldéhyde étant inactivé par les matières organiques, seuls des surfaces et des matériaux nettoyés peuvent être désinfectés. Les produits destinés à l'entretien des surfaces contiennent fréquemment du formaldéhyde à des niveaux de concentration variable. S'ils associent détergent et désinfectant, les surfaces n'ont pas besoin d'être préalablement nettoyées. Il est actif sur les bactéries à gram + et - ainsi qu'à moindre degré sur les mycobactéries, les spores, virus et champignons.

#### *Désinfection terminale des locaux*

La désinfection terminale des locaux par voie aérienne est une procédure obligatoire à exécuter dans les lieux où se trouvait une personne atteinte d'une maladie à déclaration obligatoire (Art L 14 du code de la santé publique et décret n°67743 du 30.08.67). Les procédés utilisés font l'objet d'un agrément du ministère de la santé, donné pour une période de 10 ans, pour un couple indissociable appareil/produit. Toutefois, lorsque la concentration en formaldéhyde est inférieure à 3%, l'utilisation de ce couple n'est pas nécessaire. Toute désinfection terminale des locaux nécessite un accord préalable des hygiénistes. Elle peut être indiquée dans le cadre de la lutte contre les infections nosocomiales. Les locaux faisant l'objet d'une désinfection terminale doivent être préalablement nettoyés avec des produits détergents non ammoniacés. Ils doivent être étanches et fermés, la désinfection s'effectuant hors présence humaine.

L'émission de formaldéhyde gazeux peut être réalisée soit par évaporation de solution liquide de formaldéhyde à 35%, soit par sublimation de paraformaldéhyde en gaz par la chaleur. Ces deux procédés nécessitent la neutralisation secondaire du formaldéhyde par les vapeurs d'ammoniac. Une alternative consiste en l'émission de solution d'aldéhyde par dispersats non dirigés, c'est à dire émission de particules très fines (0,5 à 2 µm) de produits actifs au moyen d'un compresseur. Si certains locaux ne peuvent être rendus étanches, des dispersats dirigés sont émis par des pulvérisations mécaniques, électriques ou à air comprimé. Les sprays utilisant le formaldéhyde sous forme alcoolique en pulvérisations n'ont pas reçu l'agrément du Ministère de Santé. Par ailleurs, il s'agit là d'une méthode manuelle nécessitant un opérateur.

*Désinfection des circuits de dialyse*

La désinfection des circuits de dialyse a recours à l'utilisation de produits associant du formaldéhyde ainsi que du glutaraldéhyde.

*Désinfection du linge et de la literie*

La désinfection du linge et de la literie est le plus souvent effectuée à l'aide d'une étuve à formaldéhyde gazeux pour la literie (matelas et oreillers). En ce qui concerne le linge, il existe deux modes de désinfection, soit à l'étuve à formaldéhyde, soit lors du blanchissage par trempage dans du formaldéhyde dilué.

*Désinfection des instruments et du matériel médico-chirurgical*

Le formaldéhyde est employé dans les opérations de désinfection du matériel médico-chirurgical à froid.

Les agents contenant du formaldéhyde sont commercialisés sous forme de solutions concentrées et doivent être dilués de manière appropriée par l'utilisateur. Le pourcentage de formaldéhyde s'élève habituellement entre 6 et 10 % mais peut atteindre 30 %. La solution diluée contient entre 0,3 et 0,5 % de formaldéhyde et, pour certaines applications, 0,9 %. L'efficacité biocide dépend évidemment de la concentration en formaldéhyde, de la durée d'application et de la température.

Les instruments destinés à la désinfection sont plongés dans des solutions de formaldéhyde ou essuyés et/ou pulvérisés par la solution. L'association de formaldéhyde et de vapeur d'eau est également utilisée pour la désinfection des incubateurs destinés aux prématurés et les équipements d'hémodialyse (OMS, 1989).

## 5.4 Laboratoires d'enseignement de biologie, de médecine, de médecine vétérinaire et de thanatologie

Ce secteur est composé de quatre services de formation semblables dans la mesure où le nombre de personnes exposées au formaldéhyde est restreint en excluant les étudiants. L'IRSST (2004) décrit l'usage du formaldéhyde pour l'enseignement de ces matières.

Dans tous les services, le formaldéhyde est utilisé en solution comme produit de fixation des tissus animaux ou humains et pour la conservation des corps humains ou des corps d'animaux, pour la dissection ou pour la pratique de la thanatopraxie.

En biologie, le formaldéhyde est utilisé comme conservateur des corps d'animaux utilisés pour les dissections (bébés requins, chats, etc.) et comme fixateur dans l'analyse de certains tissus.

En thanatopraxie, le formaldéhyde est utilisé pour la conservation des corps. Le soin de conservation est réalisé par un technicien avant la session d'enseignement par saturation de formaldéhyde jusqu'au derme. Les techniciens et les professeurs participent aux sessions de formation des étudiants et sont donc exposés durant ces deux périodes.

Pour la médecine vétérinaire, la préparation des corps d'animaux est semblable à celle faite pour les cours de biologie, la différence étant dans les espèces animales utilisées pour la formation.

### 5.4.1 Substitution

Le Toxic Use Reduction of Toxics (TURI, 2006) s'est intéressé à la substitution du formaldéhyde pour les enseignements d'anatomie. L'institut a exclu de l'analyse les solutions soit à base d'alcool éthylique, de chloroforme et d'acide acétique ; soit à base d'alcool éthylique et de glyoxal ; soit à base d'eau, d'acétate de sodium, de chlorure de zinc et de glutaraldéhyde. Ces dernières ne semblaient pas viables pour la conservation des spécimens.

L'étude a retenu des solutions soit à base de propylène glycol, d'éthylène glycol phényle éther et de phénol ; soit à base de glutaraldéhyde ou soit à base de diazolidinyl urée, de 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol, de sulfate de zinc et de citrate de sodium. Cependant, cette dernière solution contient des libérateurs de formaldéhyde. L'institut évoque aussi la dissection virtuelle par vidéo.

Les critères de comparaison retenus concernaient la couleur du spécimen, la texture du tissu, la raideur, l'odeur, la longévité qui, malheureusement, n'a pu être évaluée faute de temps, et enfin la manipulation du produit.

Selon l'institut, l'usage de ces alternatives n'engendre pas de coût supplémentaire vis-à-vis du formaldéhyde et semble équivalent voire meilleur d'un point de vue technique. Concernant l'évaluation sanitaire des alternatives, le TURI souligne que, de manière analogue au formaldéhyde, les alternatives employées comme agents de conservation sont irritants pour la peau, les yeux ou le tractus respiratoire. Par ailleurs, certains sont des sensibilisants, notamment le glutaraldéhyde susceptible de causer des dermatites et de l'asthme. Le phénol peut pénétrer à travers les gants de latex. L'institut relève que les alternatives étudiées n'ont pas d'effets chroniques ou toxiques pour la reproduction connus. Aucune des alternatives analysées ne contient des substances très volatiles, limitant ainsi le potentiel d'émission par inhalation. Toutefois, le TURI recommande d'initier des études complémentaires afin de déterminer précisément les éventuels effets chroniques ou toxiques pour la reproduction. Certaines des alternatives proposées semblent plus toxiques que le

formaldéhyde pour l'environnement, notamment le phénol. De manière générale, l'institut souligne que la faible volatilité et les faibles quantités d'agents de conservation dans les alternatives suggèrent que l'exposition humaine et environnementale semble faible.

## 5.5 Cabinet dentaire

L'Afsset (2008) rappelle l'usage du formaldéhyde dans le domaine de la chirurgie dentaire et notamment en endodontie, où il entre dans la composition de différents matériaux destinés à obturer les canaux dentaires.

Dans cette application, toutefois, les volumes mis en œuvre à chaque application restent faibles. L'impact de l'utilisation dans ce domaine est difficile à évaluer, tout comme l'existence de solutions alternatives.

L'OMS (1989) et Santé Canada (2000) confirment l'usage de paraformaldéhyde en chirurgie dentaire pour la préparation de mastics visant à combler le canal des racines dentaires. Santé Canada signale le cas de réactions allergiques systémiques (p. ex., d'anaphylaxie) ou plus souvent localisées (p. ex., de dermatite de contact) attribuées au formaldéhyde (ou aux résines de formaldéhyde) présent dans les produits domestiques et de soins personnels et dentaires.

Le formaldéhyde entre également dans la composition de solutions utilisées dans les autoclaves pour la stérilisation à vapeur chimique. Les stérilisateurs sont employés pour prévenir le risque infectieux en détruisant les bactéries et virus sur les instruments utilisés dans la bouche des patients. La stérilisation des instruments est effectuée par l'assistante ou l'hygiéniste dentaire.

L'IRSST (2004) indique que les stérilisateurs peuvent être utilisés plusieurs fois par jour, plus de vingt fois dans certains cas. L'IRSST a observé que le personnel effectuant la stérilisation n'observe pas toujours les directives du fabricant de l'autoclave (la pression doit être abaissée avant l'ouverture de la porte de l'appareil). Ils indiquent de plus que les autoclaves ne sont généralement pas munis de ventilation locale. L'exposition au formaldéhyde se fait donc surtout à l'ouverture des autoclaves. Dans une enquête téléphonique menée en 1993 auprès de vingt-cinq cabinets de dentistes de la région de Québec, les mêmes auteurs ont recensé la présence de stérilisateurs à vapeur chimique dans 40 % des cas.

Une étude recensée par l'IRSST (2004) indique que certains autoclaves peuvent générer de fortes expositions s'ils ne sont pas munis de systèmes de purge. La consultation de la littérature commerciale de ces appareils indique toutefois qu'ils sont tous munis à l'heure actuelle de systèmes de purge.

## 5.6 Laboratoire de recherche

De nombreux laboratoires de recherche emploient le formaldéhyde comme biocide ou conservateur. Les exemples sont multiples. Dans les laboratoires de recherche histologiques, le formaldéhyde peut servir de fixateur afin d'immobiliser les tissus dans leur nature native. L'usage dépend de l'analyse souhaitée et de la nature du prélèvement étudié. Ainsi, le paraformaldéhyde à 4 % sera privilégié dans le cas d'hybridation acide ribonucléique (ARN) In Situ ou pour l'immunologie. Ce dernier assure en effet une conservation moyenne des tissus mais satisfaisante pour les ARN. Le laboratoire contacté utilise également le Carnoy (alcool, chloroforme et acide acétique) afin de conserver le muscle de poisson.

Le formaldéhyde est utilisé en faibles quantités comme **réactif de laboratoire**, notamment pour le séquençage chimique et la méthode de Sanger et la cartographie à la nucléase S1 (Lefebvre, 2001), ainsi que dans les laboratoires de chimie (synthèse aromatique, réaction de Mannich).

## 5.7 Produits de santé

### 5.7.1 Médicaments humains

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

Ce chapitre s'inspire principalement du rapport d'expertise rédigé par l'Afssaps consécutivement à la demande du ministère en charge de la santé, transmis à l'Afsset en mai 2005 et actualisé en juillet 2008.

#### 5.7.1.1 Quantités utilisées

Une enquête des Entreprises du Médicaments (Leem), réalisée en 2005 à la demande du Ministère de l'Industrie sur la base d'un questionnaire adressé à 120 sites de production pharmaceutique en France, montre que la **quantité globale achetée par ce secteur est faible (8 407 litres de formaldéhyde/an)**. Parmi les 100 laboratoires qui ont répondu à l'enquête, ¼ n'utilisent pas de formaldéhyde sur leur site de production, 60% en utilisent moins de 10l/an et seulement 3 laboratoires achètent plus de 1000 l de formol/an. Les quantités totales achetées chaque année par laboratoire s'échelonnent entre 200 ml et 4 675 l (DGE, 2006).

#### 5.7.1.2 Types d'utilisation

24,3% des quantités totales, soit 2 040 litres de formaldéhyde acheté sont destinés à la **fabrication** comme adjuvant en production, essentiellement pour les vaccins ; 53,4% soit 4495 litres de formaldéhyde sont utilisés comme **réactifs** dans les laboratoires de contrôle et 22,3% soit 1 872 litres sont destinés à un **autre usage** (désinfection des locaux par exemple).

Les **domaines d'activité** concernés sont donc essentiellement représentés par les **laboratoires de contrôle de la qualité** (contrôle des matières premières et des produits finis dont tests de révélation et d'identification pour la recherche des aldéhydes et des noyaux phénoliques, réactions colorées mais aussi contrôle microbiologique), **les locaux de fabrication** (fabrication des formes stériles, biosynthèse de principes actifs viraux...) et les **laboratoires de recherche et développement** (non référencés dans l'enquête du Leem).

Le formaldéhyde est surtout très utilisé pour la **décontamination aérienne** de zone et de surface, la **désinfection des locaux** par fumigation ainsi que pour certaines analyses en laboratoire.

Une enquête réalisée par l'Afssaps en 2005 a permis d'identifier 14 spécialités pharmaceutiques contenant du formaldéhyde, parmi lesquelles deux ont été abrogées depuis, quatre ne sont pas commercialisées, et trois sont destinées à un usage spécifique en chirurgie dentaire. Par ailleurs, il a été établi que 52 spécialités pharmaceutiques contiennent un libérateur de formaldéhyde, parmi lesquelles deux ont vu leur AMM abrogée depuis 2005, et une a été reformulée pour éliminer le formaldéhyde. A noter également que cinq de ces spécialités ne sont pas commercialisées.

Il est à noter qu'aucune de ces spécialités pharmaceutiques n'est destinée à une utilisation par inhalation.

Le formaldéhyde entre également dans la composition de 45 vaccins où il est utilisé soit comme conservateur antimicrobien, soit comme agent d'inactivation, et dans ce cas, il sera éliminé au cours du procédé de purification et ne restera qu'à l'état de traces. Il y a lieu de rappeler que la teneur de formaldéhyde dans les vaccins est limitée à la dose maximale de 0,2 g/l (200 microgrammes/ml), fixée par la Pharmacopée européenne.

### 5.7.1.3 Substitution

S'agissant de la problématique de la substitution, les industriels du secteur interrogés par l'Afssaps ont indiqué qu'un substituant « universel » au formaldéhyde n'existe pas. Les propriétés du formaldéhyde qui en font un biocide à spectre d'activité large rendent en effet difficile sa substitution par un seul produit ayant la même efficacité. De plus, il faut noter que toute substitution nécessiterait des travaux de reformulation ainsi que des études de stabilité et de validation.

## 5.7.2 Dispositifs médicaux

Pour rappel, l'Afssaps rappelle que le cadre réglementaire de la mise sur le marché des dispositifs médicaux ne permet pas l'accès à une liste de référence contenant une substance donnée. Il convient donc de considérer les informations suivantes comme n'ayant qu'un caractère indicatif sans considération d'exhaustivité ni de valeur qualitative.

L'utilisation du formaldéhyde comme agent désinfectant ou stérilisant est une des applications connues de cette substance dans le secteur du dispositif médical. Des stérilisateur à base de vapeur de formaldéhyde sont encore utilisés, principalement dans le secteur libéral.

Si le degré d'utilisation de ce type de matériel est difficile à mesurer, il convient de préciser qu'un grand nombre de stérilisateur à la vapeur d'eau sont proposés pour des activités libérales. L'utilisation du formaldéhyde dans ces activités tend à disparaître du fait de sa toxicité.

## 5.7.3 Produits cosmétiques

Le formaldéhyde est un ingrédient cosmétique dont l'usage est autorisé par la Directive du Conseil n°76/768/CE modifiée, reprise dans la réglementation française, au titre :

- des conservateurs (annexe VI, N° d'ordre 5) à une concentration maximale de 0,2% exprimée en formaldéhyde libre (concentration limitée à 0,1% pour les produits d'hygiène buccale). Il est d'autre part interdit comme conservateur dans les aérosols.
- des substances soumises à certaines conditions d'utilisation (annexe III, N° d'ordre 13) à une concentration maximale de 5% (calculée en aldéhyde formique) dans les préparations pour durcir les ongles. De plus, l'étiquetage de ces produits doit indiquer qu'ils contiennent du formaldéhyde et de mentionner une protection des cuticules par un corps gras.

Il peut également être présent à l'état de traces suite à une contamination par des matières premières qui en contiennent ou par des résidus de désinfection du matériel de production.

Sont considérés comme libérateurs de formaldéhyde en cosmétique :

- bromo-5-nitro-5-dioxane-1,3 (0,1% dans les produits rincés uniquement) (annexe VI, n°20)
- bromo-2-nitro-2 propanediol 1,3 (bronopol) (0,1%) (annexe VI, n°21)
- imidazolidinyl urée (0,6%) (annexe VI, n°27)

- hexaméthylène tétramine (0,15%) (annexe VI, n°30)
- chlorure de 1-(3-chloroallyl)-3,5,7-triaza-1-azonia adamantane (quaternium 15) (0,2%) (annexe VI, n°31)
- diméthylhydantoïne (dymethylol, 0,6%) (annexe VI, n°33)
- N-(hydroxyméthyl)-N-(dihydroxyméthyl-1,3-dioxo-2,5-imidazolidinyl-4)-N'-(hydroxyméthyl)urée (0,5%) (annexe VI, n°46)
- Hydroxyméthyl-aminoacétate de sodium (Hydroxyméthyl-glycinate de sodium) (0,5%) (annexe VI, n°51)
- Benzylhémiformal (0,15%) (annexe VI, n°55).

#### 5.7.3.1 Quantités utilisées

**Au niveau mondial**, parmi l'ensemble des ingrédients utilisés comme conservateur dans les produits cosmétiques, le formaldéhyde et le paraformaldéhyde arrivent en 21<sup>ème</sup> position et ont été retrouvés dans 139 formulations (Steinberg, 2004) alors que les libérateurs de formaldéhyde sont largement utilisés (les plus utilisés aux Etats-Unis après les parabens).

En 2003, l'industrie cosmétique **européenne** a utilisé **76 100 kg** de formaldéhyde dont près de 80% dans les produits pour durcir les ongles.

**En France**, les représentants de l'industrie cosmétique déclarent ne pas ou peu utiliser le formaldéhyde et le paraformaldéhyde (moins de **150 kg/an** ; données transmises en 2005 par l'Afssaps). Les libérateurs de formaldéhyde sont également largement utilisés en France puisqu'ils arrivent en 2<sup>ème</sup> position après les parabens.

#### 5.7.3.2 Types d'utilisation

Une enquête réalisée au niveau européen par la Fédération des Industries de la Parfumerie (FIP) montre que le formaldéhyde entre dans la composition, en association à d'autres **agents conservateurs**, de gels douche à une concentration inférieure à 0,02% dans les produits d'hygiène rincés.

Le formaldéhyde étant peu soluble dans les lipides, il ne sera pas utilisé dans les produits cosmétiques types rouge aux lèvres ou autres crèmes hydratantes.

Par ailleurs, comme dans d'autres secteurs industriels, le formaldéhyde peut être utilisé pour la désinfection des locaux et des équipements (DGE, 2006).

#### 5.7.3.3 Substitution

Le formaldéhyde comme conservateur, est considéré dans ce secteur comme doté d'une bonne efficacité, bon marché et compatible avec des formulations à forte teneur en eau (shampoings, gels douche, produits pour le bain...).

Le Japon ayant interdit le formaldéhyde depuis plusieurs années comme conservateur dans les produits cosmétiques, une grande majorité de l'industrie l'a progressivement remplacé par d'autres agents conservateurs autorisés. Selon la FIP, des solutions de substitution (par exemple à base de kératine ou d'autres protéines) existent également pour les produits destinés à durcir les ongles.

Néanmoins, il convient de remarquer que même si le formaldéhyde lui-même n'est quasiment plus utilisé dans ce secteur en Europe, parmi les 56 conservateurs actuellement autorisés en cosmétique, seulement 30 sont effectivement utilisés parmi lesquels 9 sont susceptibles de libérer de formaldéhyde. Si en théorie, les 20 conservateurs restants sont susceptibles de

pouvoir se substituer aux libérateurs de formaldéhyde, le COLIPA fait observer que peu de conservateurs sont aussi performant que le formaldéhyde et que des efforts de reformulation sont à prévoir. Par ailleurs, pour les représentants de l'industrie, l'emploi de conservateurs libérant du formaldéhyde de façon régulière et à faible dose (mais toujours active) peut être considéré dans une démarche de substitution au formaldéhyde puisque cela contribue à diminuer l'exposition au formaldéhyde à un moment donné. Par conséquent, les industriels du secteur seraient assez peu enclins à rechercher d'autres alternatives (DGE, 2006).

Par ailleurs, du point de vue de la santé des consommateurs, notamment vis-à-vis du risque allergique, il est important de maintenir une certaine diversité dans l'exposition à ce type de substance. Limiter le nombre de conservateurs utilisables dans les produits cosmétiques risquerait de favoriser l'apparition ou le développement de réactions allergiques à ces substances.

## 5.8 Médicaments vétérinaires et produits utilisés en santé animale

Dans les médicaments vétérinaires, le formaldéhyde est utilisé en tant qu'agent inactivant dans les vaccins et en tant que conservateurs pour les spécialités chimiques.

Comme indiqué précédemment, l'Afssa a été saisie afin de procéder à une expertise pour les médicaments vétérinaires et les catégories d'aliments destinés à l'homme ou à l'animal ainsi que les matériaux et objets destinés à entrer au contact des denrées susceptibles de contenir du formaldéhyde ou des substances libérant du formaldéhyde.

Ce chapitre s'inspire principalement du rapport d'expertise rédigé par l'Afssa consécutivement à la demande du ministère en charge de la santé, transmis à l'Afsset en janvier 2006.

### 5.8.1 Quantités utilisées

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

### 5.8.2 Types d'utilisation

#### 5.8.2.1 Médicaments ou produits d'hygiène vétérinaire

##### 5.8.2.1.1 *Substance active médicamenteuse*

Le formaldéhyde est également utilisé comme **principe actif pour le traitement externe des poissons** en vue de lutter contre des agents externes (parasites, bactéries...). Dans ce cas, le produit répond à la définition du médicament vétérinaire et doit à ce titre n'être utilisé que sur ordonnance. Le formaldéhyde est classé dans l'annexe II (toutes espèces) du règlement 2377/90 CEE car il ne génère pas de résidu toxique pour le consommateur dans la chair des poissons. En aquaculture, le formaldéhyde est également employé pour la désinfection des aquariums et du matériel.

Dans les élevages ovin ou bovin, le formaldéhyde est utilisé pour **nettoyer et désinfecter** les onglons lors des problèmes de boiteries. Des **produits d'hygiène animale** destinés à la désinfection du cordon ombilical chez le veau ou le poulain à la naissance (NUT@OMBYL dosé à 10% de formaldéhyde) ou des pieds des bovins (NUTA@SEPT P dosé à 10 % de formaldéhyde) sont également commercialisés.

### EXCIPIENT

Comme dans le domaine de la santé humaine, le formaldéhyde est utilisé en santé animale pour la **fabrication de vaccins** (à la concentration de 0,5 mg/ml) et comme **agent d'inactivation** ou **conservateur** ainsi que pour la désinfection de surfaces à raison de 4 g/m<sup>2</sup>. Cette utilisation dans les vaccins répond à des prescriptions de la Pharmacopée européenne.

L'Afssa a procédé à une analyse des différentes formes pharmaceutiques en vue de déterminer celles pour lesquelles il serait nécessaire de procéder à une analyse approfondie en raison des risques pour le manipulateur. Les comprimés ou médicaments administrés par voie injectable n'ont ainsi pas été retenus et seuls ceux susceptibles d'induire une exposition par la voie respiratoire ont été considérés.

**En milieu professionnel**, les formes galéniques pouvant conduire à une exposition par voie respiratoire pour l'homme sont les suivantes :

- Médicaments par balnéation (poisson) : vaccin dissout dans l'eau de balnéation

Le formaldéhyde est très soluble dans l'eau (solubilité =  $5,5 \cdot 10^5$  mg/l). Après mise en solution, le risque d'émanation de vapeurs et donc le risque d'inhalation du formaldéhyde par le manipulateur est négligeable (le vaccin en question est une suspension pour balnéation destinée à être dissoute dans l'eau à raison de 1 litre dans 9 litres d'eau). De plus, la concentration en formaldéhyde reste inférieure à la limite recommandée dans la ligne directrice « International Cooperation on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Veterinary Medicinal Products » (VICH) (<0,5 mg/l vs 2g/l recommandé).

- Pré-mélange médicamenteux (vaccin pour poisson) :

Pour cette forme pharmaceutique, le risque d'inhalation par le manipulateur n'est pas négligeable ; en effet, les instructions de préparation de l'aliment médicamenteux vaccinal sont les suivantes : « verser directement le vaccin sur l'aliment. En cas d'utilisation d'un vaporisateur, laisser reposer l'aliment vaccinal pendant 1h avant de le distribuer... ». Le port du masque n'est pas recommandé pendant la préparation du pré-mélange. Cependant, la concentration en formaldéhyde est faible (< 0,05 mg/l soit 0,05%). La durée de traitement recommandée est de 10j avec une fréquence annuelle.

- Pour-on<sup>8</sup> et shampoing

Deux médicaments sont concernés, il s'agit de :

- PULVEX shampoing® (principe actif: perméthrine; indications: élimination des ectoparasites (puces, tiques, aoûtats, poux) chez le chien)
- BUTOX 7,5 pour-on® (principe actif: deltaméthrine; indications: chez les bovins et ovins, prévention et traitement des infestations par les mouches, les poux, les tiques et les mélanophages des ovins).

Des vapeurs de formaldéhyde sont susceptibles d'être émises lors de l'utilisation de ces produits. De plus, la fréquence d'utilisation peut être régulière et il faut également garder à l'esprit que ces vapeurs peuvent être émises non seulement pendant l'utilisation mais aussi après que l'animal a été traité (le taux d'absorption cutanée du formaldéhyde est faible, de l'ordre de 3-5%).

La quantité de formaldéhyde contenu dans PULVEX est de 2,1 g/l et dans BUTOX 7,5 pour-on de 0,19 g/l de solution de formaldéhyde à 30%.

	Quantité de formaldéhyde (masse et %)	
PULVEX	2,1 g/l	0,21%
BUTOX	0,19 g/l	0,0057%*

\*solution de formaldéhyde à 30%

Pour les 2 produits vétérinaires considérés, les concentrations de formaldéhyde en % de préparation sont très inférieures à la valeur limite de 25% de formaldéhyde (aldéhyde formique en solution aqueuse, arrêté du 20 avril 1994).

---

<sup>8</sup> Permits de traiter par voie externe transcutanée des maladies internes systémiques.

- Solution/suspension pour pulvérisation cutanée

Aucune spécialité vétérinaire sous cette forme galénique ne renferme de formaldéhyde dans sa composition.

Il n'y a pas de vaccins sous forme d'aérosol avec le formaldéhyde comme excipient car ce type de vaccins est à virus/bactéries vivants.

Le formaldéhyde est également utilisé en aquariophilie. La manipulation des produits peut présenter un risque d'inhalation sous la forme de gouttelettes par l'utilisateur si celui-ci n'est pas protégé.

### **5.8.3 Substitution**

La substitution pour les composants de vaccins semble très difficile et, actuellement, aucun travail de recherche et de développement n'a été recensé pour cet usage.

L'Afssa considère que la substitution ne pourrait être envisagée qu'usage par usage.

En ce qui concerne PULVEX shampooing, il existe d'autres spécialités vétérinaires sous forme de shampooing, avec la perméthrine comme principe actif et les mêmes indications, il existe donc des alternatives.

Par contre BUTOX 7,5 pour-on est la seule spécialité vétérinaire sous forme de pour-on indiquée chez les bovins et ovins avec la deltaméthrine comme principe actif.

Concernant l'utilisation dans le secteur avicole et les couvoirs, il n'existe pas à l'heure actuelle de substituant, néanmoins une station INRTA effectue des recherches à ce sujet.

## 5.9 Alimentation humaine

### 5.9.1 Quantités utilisées

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

### 5.9.2 Types d'utilisation

Le formaldéhyde peut être utilisé comme **auxiliaire technologique** pour ses propriétés biocides dans la fabrication de sucre (< 400 g/tonne de betteraves, solution 30% v/v)<sup>9</sup>. En moyenne les doses d'utilisation déclarées à la DGE (2006) par le Syndicat National des fabricants de sucre de France (SNFS) vont de 110 à 150 g/t de betteraves. Le formaldéhyde est utilisé lors de l'extraction du saccharose par diffusion pour lutter contre les proliférations bactériennes pouvant avoir lieu dans un milieu sucré à ces températures (bactéries mésophiles et thermophiles) qui dégradent les sucres extraits par fermentation et altèrent la qualité des jus et les rendements d'extraction. La forme du produit est la forme commerciale courante : solution aqueuse à 30%. Cette substance est le biocide le plus utilisé pour lutter contre les bactéries se développant dans les appareils d'extraction de jus de betteraves.

Le formaldéhyde peut également être utilisé comme **conservateur lors de la fabrication des additifs alimentaires**. Le groupe de travail sur les additifs alimentaires, les arômes, les auxiliaires technologiques et les matériaux en contact avec les aliments de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (AESA) a été saisi par la Commission européenne pour émettre un avis sur l'emploi du formaldéhyde pour cet usage. En effet, le formaldéhyde est utilisé comme agent antimicrobien dans la production des carraghénanes et alginates (polysaccharides obtenus à partir d'algues, utilisés comme additifs alimentaires épaississants, gélifiants et stabilisants) afin d'éviter la dépolymérisation des matières premières, et en tant qu'antioxydant et agent blanchissant au cours de la fabrication des alginates. Aucune limite de résidus pour le formaldéhyde dans ces additifs n'avait précédemment été déterminée du point de vue de la sécurité sanitaire, et par conséquent aucune limite de résidus n'est incluse dans la réglementation actuelle dans le cadre des critères de pureté de ces additifs. L'AESA précise que, malgré l'abandon progressif de formaldéhyde par certains fabricants, un niveau maximal de résidus de 50 mg/kg de formaldéhyde dans l'acide alginique et dans ses sels est demandé par d'autres fabricants (EFSA, 2006). Le groupe scientifique de l'EFSA a rendu son avis le 30 novembre 2006<sup>10</sup>.

Le formaldéhyde peut par ailleurs être libéré à partir d'hexaméthylènetétramine (complexe constitué de formaldéhyde et d'ammoniac se décomposant lentement en milieu acide) utilisé comme **additif alimentaire** (E239).

---

<sup>9</sup> Arrêté du 6 février 1989 modifié. JO 24-02-89.

<sup>10</sup> Pour information, le groupe scientifique AFC a conclu qu'il n'existait aucun élément indiquant que le formaldéhyde était cancérigène par voie orale. En considérant que les estimations d'exposition alimentaire potentielles restent faibles par rapport aux valeurs toxicologiques de référence, et qu'aucune exposition systémique au formaldéhyde n'est à attendre au niveau résiduel estimé, le groupe d'experts estime que l'exposition aux additifs gélifiants contenant du formaldéhyde résiduel à des niveaux de 50 mg/kg d'additif n'entraînerait aucun problème en matière de sécurité sanitaire alimentaire.

D'autres additifs peuvent contenir du formaldéhyde résiduel, notamment provenant de leur synthèse ou procédé de fabrication (matières premières : algues). Par conséquent, 4 additifs alimentaires comportent une valeur limite de concentration en aldéhyde exprimé en formaldéhyde :

- sorbate de potassium E 202 (aldéhydes <0,1 % p/p, exprimés en formaldéhyde) ;
- sorbate de calcium E 203 (aldéhydes <0,1 % p/p, exprimés en formaldéhyde) ;
- acide propionique E 280 (aldéhydes <0,1 % p/p, exprimés en formaldéhyde) ;
- acide sorbique E 200 (aldéhydes <0,1 % p/p, exprimés en formaldéhyde).

Parmi les additifs alimentaires autorisés se trouvent des additifs pour lesquels des teneurs résiduelles en formaldéhyde sous la forme d'impureté non réglementée ont été rapportée par les producteurs<sup>11</sup> :

- alginates de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup> E 401-404;
- carraghénanes E 407 ;
- farines de grains de caroube E 410 , gomme de guar E 412.

Le formaldéhyde peut enfin être utilisé dans le domaine des **matériaux et objets en contact des aliments** pour l'homme ou les animaux, comme produit de nettoyage de surface ou comme substance réactive de synthèse de matériaux plastiques utilisés dans les produits au contact des aliments.

Les utilisations réglementées et autorisées du formaldéhyde et de l'hexaméthylènetétramine dans le domaine des matériaux de contact ont été identifiées par l'Afssa à partir de la brochure n°1227 du journal officiel et explicitées en Annexe 4. Par ailleurs, l'Annexe 4 inclut les autres dérivés du formaldéhyde (acide formique, formiate de sodium) en présentant les teneurs autorisées et leurs applications.

### Cas de l'eau de distribution

L'UIC (DGE, 2006) évoque la fabrication de résines cationiques fonctionnalisées à base de mélamine-formaldéhyde utilisées pour le **traitement des eaux**. Cette application consomme environ 7 000 tonnes de formaldéhyde par an. On le retrouve également en tant qu'agent biocide dans les **systèmes de refroidissement**.

Pour ce qui des matériaux au contact de l'eau de consommation, les aldéhydes pourraient être utilisés dans certaines formulations de colles et d'adhésifs employés au niveau des raccords de

---

<sup>11</sup> voir Note du 19 mai 2004 à la DGCCRF sur une demande d'appui technique concernant la présence de formaldéhyde dans certains lots d'additifs alimentaires. N. Réf. : 04-0235. : Utilisation rapportée en tant qu'auxiliaire technologique pour la désinfection des matières premières ou dépolymérisation des molécules de galactomonans

canalisations plastiques. Mais aucune donnée n'est disponible sur une quelconque migration et teneur résiduelle dans l'eau

Aucune trace de formaldéhyde ne subsiste dans les produits commercialisés suite à l'épuration par action de la chaux.

Les limites et restrictions relevées, toutes utilisations confondues, pour le formaldéhyde sont les suivantes :

- $\leq 3$  mg/kg d'aliment ou de simulant : Limite de Migration Spécifique de (résines, capsules, joints, bouchon en caoutchoucs),
- $\leq 0,5$ mg/dm<sup>2</sup> de matériau, ce qui revient à 3 mg/6dm<sup>2</sup> ou 3 mg/kg d'aliment ou de simulant : teneur résiduelle en formaldéhyde libre (réactif de pellicules de cellulose régénérée),
- 15 mg/kg d'aliment ou de simulant exprimé comme le Total du groupement ou de la substance (inclut l'hexaméthylènetétramine) : Limite de Migration Spécifique (monomère de matière plastique),
- $< 3$  mg/m<sup>3</sup> air : teneur résiduelle en formaldéhyde (constituant de produit de nettoyage).

**En conclusion, d'après l'Afssa (compte-rendu réunion DGS du 15 mars 2007), les données disponibles permettent d'estimer que l'apport lié à une exposition alimentaire au formaldéhyde consécutive à la transformation ou au conditionnement des produits paraît très faible proportionnellement aux teneurs naturelles de formaldéhyde dans les aliments.**

Selon les données de la littérature rapportées dans le rapport de Santé Canada, les plus fortes concentrations de formaldéhyde **naturellement présentes** dans les aliments (jusqu'à 60 mg/kg) ont été mesurées dans certains fruits (Mohler et Denbsky, 1970 ; Tsuchiya *et al.*, 1975) et poissons marins (Rehbein, 1986 ; Tsuda *et al.*, 1988).

Dans les **poissons marins et les crustacés morts**, il se forme du formaldéhyde à la suite de la réduction enzymatique de l'oxyde de triméthylamine en formaldéhyde et en diméthylamine (Sotelo *et al.*, 1995, Nielsen and Jorgensen, 2004). Du formaldéhyde peut se former pendant le vieillissement et la détérioration de la chair de poisson, mais de fortes quantités de cette substance ne s'accumulent pas dans les tissus du poisson en raison d'une transformation du formaldéhyde en d'autres composés chimiques (Tsuda *et al.*, 1988).

De très fortes concentrations de formaldéhyde (jusqu'à 800 mg/kg) ont été signalées dans des jus de **fruits et de légumes** en Bulgarie sans pouvoir dire si elles provenaient de la transformation (cf. utilisation de formaldéhyde pour la fabrication de sucre) ou si elles résultaient d'une teneur naturelle. Dans **d'autres aliments transformés**, les plus fortes concentrations de formaldéhyde ont été mesurées dans la couche extérieure du jambon fumé (Brunn et Klotermeyer, 1984) ainsi que dans certaines variétés de fromage italien, où le formaldéhyde est utilisé comme agent bactériostatique.

Du formaldéhyde a également été retrouvé dans divers **boissons alcoolisés ou non** (boissons gazeuses, café...), en bouteille et en canette.

Enfin, les données de plusieurs études indiquent que le formaldéhyde peut être présent en faibles concentrations dans divers **aliments préparés** et que différentes méthodes de cuisson peuvent être à l'origine des concentrations élevées de formaldéhyde retrouvé (Santé Canada, 2000). Les résultats de récents travaux réalisés aux Etats-Unis ont permis de constater que le

taux d'émission de formaldéhyde pour la viande grillée sur charbon de bois, comparativement au gaz naturel dans une installation commerciale était plus élevé que les taux d'émission de tous les autres composés organiques volatils (COV) mesurés, exception faite de l'éthylène (Schauer *et al.*, 1999).

Dans une étude, les concentrations de formaldéhyde dans le lait commercial à 2% et dans le lait frais de vache dont l'alimentation diversifiée était caractéristique d'une exploitation laitière nord-américaine ont été déterminées. Les concentrations dans le lait frais (de vaches Holstein traites le matin) variaient entre 0,013 et 0,057 mg/kg et la concentration moyenne (n = 18) était de 0,027 mg/kg. Pour le lait transformé (contenant 2% de matières grasses du lait, partiellement écrémé et pasteurisé), les concentrations variaient entre 0,075 et 0,255 mg/kg, et la concentration moyenne (n=12) était de 0,164 mg/kg. Les concentrations un peu plus élevées dans le lait commercial à 2% ont été attribuées à la technique de transformation, à l'emballage et au stockage mais ces facteurs n'ont pas été examinés davantage (Kaminski *et al.*, 1993).

### 5.9.3 Substitution

Concernant l'utilisation du formaldéhyde comme auxiliaire technologique dans la fabrication du sucre, aucune solution de substitution opérationnelle satisfaisante dans les conditions technico-économiques du secteur n'a été recensée dans le cadre de l'enquête de la DGE (2006). Des travaux sur des extraits de houblon ont été conduits mais l'absence d'effet bactéricide les rend inefficaces en cas de forte infection bactérienne.

## 5.10 Alimentation animale

### 5.10.1 Quantités utilisées

Suite à l'enquête conduite par la DGE (2006), les données évaluent les tonnages de formaldéhyde annuellement mis en œuvre en France par l'industrie de la nutrition animale à 8 000 à 8 500 tonnes de formaldéhyde à 30% ; soit 2 400 à 2 500 tonnes de formaldéhyde pur.

### 5.10.2 Types d'utilisation

L'Afssa a été saisie le 14 novembre 2001 par la Direction Générale de l'Alimentation d'une demande d'évaluation des risques liés à l'utilisation du formaldéhyde en alimentation animale. Cette saisine a fait l'objet d'un rapport publié en janvier 2004<sup>12</sup>.

L'expertise de l'Afssa (2008) fait état des différentes utilisations du formaldéhyde en alimentation animale :

- en tant **qu'agent conservateur** des ensilages de fourrages frais, mais également de certains coproduits, destinés à toutes les espèces animales ou catégories d'animaux. Le formaldéhyde est apporté sous forme de formol (solution aqueuse), associé ou non à l'acide formique, ou d'hexaméthylènetétramine (combinaison chimique solide).

Les agents chimiques d'ensilage sont efficaces pour obtenir une bonne qualité de conservation avec les fourrages difficiles à ensiler (luzerne, dactyle et la plupart des prairies permanentes) Parmi ces agents chimiques, ceux qui contiennent du formol ou de l'hexaméthylène tétramine sont les plus utilisés. L'acide formique seul peut remplacer le mélange acide formique-formol. Les réactions chimiques pendant le processus de fermentation entraînent une réduction de la quantité de formaldéhyde d'autant plus importante que la température est élevée. Les résidus de formaldéhyde après deux mois représentent moins de 10 % de la quantité initiale.

Jusqu'au 18 octobre 2004<sup>13</sup>, les agents d'ensilage étaient commercialisés et utilisés dans la Communauté européenne sans autorisation en vertu de la directive 70/524/CEE. En France, les agents d'ensilage devaient faire l'objet d'une homologation pour être commercialisés sur le territoire national. Cette homologation était accordée par le ministère de l'agriculture après avis de l'AFSSA sur la base d'un dossier établi selon les lignes directrices de demande de mise sur le marché d'un agent d'ensilage (documents CERFA n°11886\*01 et 11887\*01). Les tests visent à démontrer la stabilité, la sécurité et l'efficacité de l'agent d'ensilage. Trois produits contenant du formaldéhyde sont ainsi autorisés en France : Ucasil 620, Ascasil et Ensipron. D'autres produits sont homologués : la Lithioxine sous forme solide (nodulette) ou liquide associant l'hexaméthylènetétramine au nitrite de sodium et au formiate de calcium.

Aujourd'hui, les agents d'ensilage ont le statut d'additif pour l'alimentation animale (règlement 1831/2003) et doivent faire l'objet d'une évaluation au même titre que les autres additifs pour pouvoir être commercialisés dans l'Union européenne.

---

<sup>12</sup> Evaluation des risques liés à l'utilisation du formaldéhyde en alimentation animale

<sup>13</sup> Date d'applicabilité du règlement CE 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil, du 22 septembre 2003, relatif aux additifs destinés à l'alimentation animale.

- dans les aliments pour ruminants, **le tannage des protéines**, permet de limiter la dégradation microbienne, au sein du rumen, de protéines de certaines matières premières (tourteaux notamment) ou de certains substrats qui leurs sont associés (amidon de céréales ou lipides de graines oléagineuses).

La très forte réactivité du formaldéhyde avec les groupements aminés confère à cette substance une capacité de liaison particulière avec les protéines. L'objectif visé est d'accroître, pour une même quantité de tourteau ingérée, la fraction de protéines effectivement disponible dans l'intestin. La dose utilisée est de l'ordre de 3 g à 4 g de formaldéhyde par kilogramme d'aliment, à partir de formol à 30%. Après un traitement, on peut estimer que 40 à 60 % du formaldéhyde ajouté se retrouve sous forme réversiblement liée et moins de 25 % sous forme de formaldéhyde libre. Moins du tiers (10 à 20 %) se retrouve sous forme irréversiblement liée et sera éliminé dans les fèces. Moins de 1 % du formaldéhyde ingéré est retrouvé dans le lait.

- en combinaison avec l'ammoniaque, la **détoxication des tourteaux d'arachide** en diminuant leur teneur en aflatoxine B1.

Le traitement des tourteaux d'arachide par un mélange de formaldéhyde et d'ammoniaque permet de diminuer sensiblement leur teneur en aflatoxine B1. Les aflatoxines sont des mycotoxines produites par un champignon de type *Aspergillus* qui peut se développer dans les tourteaux d'arachide si la température et le taux d'humidité de conservation sont élevés. Les mycotoxines sont des substances cancérigènes et génotoxiques puissantes. Les aflatoxines peuvent se retrouver dans le lait d'animaux nourris avec des aliments contaminés.

Environ 60 % des tourteaux d'arachide utilisés en France pour l'alimentation animale sont traités à l'ammoniaque et au formaldéhyde, soit environ 80 000 tonnes. Ce traitement nécessite de 7 à 15 kg de formaldéhyde par tonne d'aliment. Le plus souvent le processus d'incorporation du formaldéhyde est automatisé et en vase clos ce qui évite le contact direct avec les opérateurs.

- en tant **qu'agent conservateur pour le traitement du lait écrémé à destination des porcelets**. Ce sont ici les propriétés antimicrobiennes du formaldéhyde qui sont utilisées. Il est rajouté aux aliments sous forme de solution aqueuse. La teneur maximale autorisée par Kg de lait est de 600 mg.
- en **fumigation comme agent antibactérien pour la décontamination microbienne**, notamment vis-à-vis des salmonelles, des aliments pour animaux (essentiellement des farines de poisson) et des cellules de stockage.

A la dose de 660 mg de formaldéhyde par kilogramme d'aliment, le formaldéhyde a une certaine action antimicrobienne sur *E. coli* et *S. typhimurium*, mais ne garantit l'apparition de contaminations ultérieures. De plus, à cette dose unique, l'efficacité du formaldéhyde peut dépendre de la variété des ingrédients entrant dans la composition des aliments (SCAN, 2002<sup>14</sup>). Cet usage n'est pas autorisé en France.

---

<sup>14</sup> Comité scientifique de l'alimentation animale (SCAN), 2002. Update of the opinion of the Scientific Committee for Animal Nutrition on the use of formaldéhyde as a preserving agent for animal feedingstuffs of 11 June 1999.

### **5.10.3 Substitution**

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

## 5.11 Agriculture

### 5.11.1 Quantités utilisées<sup>15</sup>

D'après l'enquête relative aux CMR réalisée en 2005 par Alcimed pour l'INRS (2007), le secteur de la fabrication de **produits azotés et engrais** consomme principalement de la 1,3-propanesultone avec 26 tonnes de produits CMR consommés au total. La consommation annuelle de formaldéhyde en France serait faible pour ce secteur.

Pour le secteur de la fabrication de **produits agrochimiques** (70 080 tonnes de CMR utilisés), le formaldéhyde reste la principale substance employée et représente 41 000 tonnes. La fabrication de produits agrochimiques comprend les insecticides, les pesticides, les fongicides, les herbicides et autres produits phytosanitaires, à usage agricole ou domestique (inhibiteurs de germination, régulateurs de croissance pour plantes, désinfectants).

### 5.11.2 Types d'utilisation

Pour le domaine agricole, le cabinet RPA (2006) rapporte que le formaldéhyde est employé principalement pour ses propriétés de désinfection et de conservation. Le formaldéhyde peut se présenter sous forme de solutions (formol, trimère de para formaldéhyde), en combinaison avec d'autres substances dans des concentrations variables. L'application peut être réalisée par déversement, par pulvérisation, par fumigation, par nébulisation, par thermo nébulisation...

Il existe quatre méthodes principales de désinfection :

- **La fumigation** n'est utilisée qu'en milieu clos. Il existe deux types de fumigation.
  - La fumigation thermique est réalisée au moyen de plaques halogènes chauffantes sur lesquelles sont déposés des cristaux de para formaldéhyde. La plaque est montée en température ce qui permet de libérer le formaldéhyde sous forme gazeuse.
  - La fumigation chimique consiste à faire réagir une solution aqueuse de formaldéhyde (30% environ) avec du permanganate de potassium solide pour donner lieu à une réaction chimique fortement exothermique qui permet ainsi la libération du formaldéhyde sous forme gazeuse.
- **La pulvérisation**, à l'aide le plus souvent d'un nettoyeur haute pression et d'une solution de formol fortement diluée (0.5 à 5%). Le dosage de la solution désinfectante est effectué par une pompe doseuse branchée directement sur l'arrivée d'eau et sur le bidon de solution désinfectante.
- **L'évaporation** consiste à placer une solution aqueuse à base de formaldéhyde dans un local ayant une température ambiante élevée (supérieure à 25°C). Du fait de sa forte volatilité, le formaldéhyde va se libérer sous forme de gaz.
- **La thermonébulisation** est l'émission d'un brouillard (particule  $<10^{-6}$ m) chaud (180°) d'une solution de formol (2 à 5 ml/m<sup>3</sup>) à l'aide d'un thermonébulisateur. Cette méthode permet d'optimiser la surface de contact du produit. Elle n'est utilisée qu'en milieu fermé.

---

<sup>15</sup> Données exprimées en équivalent formol pur pour l'inventaire CMR de l'INRS et souvent en équivalent de solution à 37 % pour la DGE

Les données collectées dans la littérature (ATSDR, 1999; CICAD, 2002; BCPC, 2003) et les consultations réalisées par RPA relèvent, entre autres, les applications suivantes :

- Les germicide et fongicide pour les plantes et les légumes ;
- Les insecticides pour détruire les mouches et autres insectes ;
- Solution destinée aux bulbes afin de contrôler le développement des nématodes ;
- Désinfection ou stérilisation des sols dans les champignonnières et traitement des semences ;
- La fumigation contre le mildiou pour les graines, l'épeautre du blé et la putréfaction de l'avoine ;
- Solutions destinées à traiter les maladies fongiques des bulbes ;
- Désinfection générale (en pulvérisation ou fumigation) pour les serres ;
- Intermédiaire chimique dans la fabrication des fertilisants à libération prolongée.

Le rapport de Santé Canada (1999) confirme ces applications et rappelle qu'au Canada, 59 produits antiparasitaires contenant du formaldéhyde étaient homologués en vertu de leur loi nationale sur les produits antiparasitaires. Dans 56 de ces produits, le formaldéhyde est un élément constitutif dont la concentration varie entre 0,002 et 1 % en poids. Dans les trois autres produits, le formaldéhyde est un ingrédient actif dont la concentration varie entre 2,3 et 37 % pour ce qui est des produits commerciaux (Moore, 2000).

L'Union des industries de la protection des plantes (UIPP), auditionnée par le ministère de l'industrie, rapporte pour la situation française que le formaldéhyde est très rarement utilisé comme co-formulant dans les formulations des produits phytopharmaceutiques. Ce co-formulant présente alors un rôle de conservateur (antibactérien). L'UIPP n'apporte aucune donnée chiffrée et rappelle que les produits phytopharmaceutiques font l'objet d'une autorisation de mise sur le marché incluant une évaluation préalable des risques pour l'applicateur et l'environnement.

L'OMS (1989) note également l'usage du formaldéhyde pour la conservation des semences et la fabrication d'engrais azotés. Il existe des engrais à libération lente contenant des résines urée formaldéhyde. En théorie, les fabricants de tels engrais pourraient donc être exposés au formaldéhyde. Les fabricants de fertilisants à libération lente semblent toutefois représenter un secteur restreint. Ces engrais permettent la diffusion progressive d'azote dans le temps pour permettre aux végétaux de l'utiliser de manière plus constante. La libération d'azote résulte de la réaction entre le formaldéhyde et l'urée.

Les engrais à base d'urée-formaldéhyde sont composés de polymères à courte et à longue chaîne de méthylène-urée. La vitesse de libération d'azote varie selon la taille des polymères mais aussi du taux d'humidité et de la température ambiante. Plus la chaîne d'un polymère est longue, moins l'azote est soluble et plus sa libération sera lente.

Ces engrais renferment de 10 à 20 grammes de formaldéhyde par kilogramme et se présentent sous forme de granulés répandus sur les surfaces à fertiliser.

Les engrais à action lente sont surtout utilisés pour l'entretien des gazons et des pelouses (golfs, espaces verts). A titre d'exemple, 80 % des engrais à action lente commercialisés au Canada contiennent du formaldéhyde (Ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada, 2001).

Le formaldéhyde peut aussi entrer dans la composition de complément nutritionnel (apport de matière organique) du compost de culture des champignons de couche.

Les filières relevées par la mutuelle sociale agricole (MSA) sont multiples et concernent les champignonnières, la filière porcine, bovine, avicole, la culture, l'horticulture, la pisciculture, les laiteries et de nombreuses applications annexes.

### **Traitement de l'alimentation animale**

L'application du formaldéhyde pour cet usage est explicitée dans le chapitre précédent.

L'INRS (2006) rappelle l'activité bactéricide, fongicide et virucide du formaldéhyde exploitée en milieu agricole. Par ailleurs, l'INRS relève une application en tant qu'agent conservateur pour la nutrition animale ; notamment pour l'ensilage de fourrage frais, le tannage de protéines végétales et le lait écrémé destiné aux porcelets.

### **Produit de désinfection**

Le formaldéhyde est utilisé comme désinfectant et anti-parasitaire (désinfection des locaux, du matériel de culture, d'élevage, de laiterie, de stockage et de transport).

Le formaldéhyde est utilisé dans 15 types de produits biocides sur les 23 types répertoriés par la directive 98/8/CE, ce qui représente 140 à 145 spécialités désinfectantes principalement utilisées dans les secteurs de l'agroalimentaire et de l'élevage (DGE, 2006).

Le formaldéhyde (en combinaison avec du sulfate de cuivre ou zinc) est utilisé de façon systématique en élevage ovin et bovin afin de nettoyer et de désinfecter les onglons des animaux souffrant de problèmes de boiteries.

En maraîchage, le formaldéhyde est utilisé comme désinfectant dans le cadre de la prophylaxie, du matériel de récolte et des bâtiments (serres, tunnels...). Ces désinfections sont annuelles (lavage, trempage, pulvérisation et thermonébulisation) et réalisées avec des préparations le plus souvent constituées de mélanges de formaldéhyde et de glutaraldéhyde.

En élevage avicole, le formaldéhyde est utilisé comme désinfectant dans le cadre de la prophylaxie, du matériel et des bâtiments mais également des œufs. Les préparations utilisées contiennent souvent aussi du glutaraldéhyde et des ammoniums quaternaires.

Le formaldéhyde est utilisé en pisciculture comme antiparasitaire et fongicide sur les œufs et les poissons (Aquicole, 2005).

Chaque secteur a des protocoles de désinfections propres (DGE, 2006):

#### **En couvoir :**

- Une désinfection des œufs est réalisée par fumigation ou évaporation lors de leur réception puis une à deux fois par semaine en période d'incubation et d'éclosion.
- Une désinfection journalière du matériel est effectuée par lavage, trempage ou pulvérisation.

#### **En élevage aviaire:**

- Une désinfection journalière par fumigation des œufs est réalisée avant l'expédition aux couvoirs.
- Une désinfection des bâtiments et du matériel est effectuée entre deux lots de volailles (période de vide sanitaire) par lavage/trempage du matériel et par thermonébulisation ou pulvérisation du bâtiment. De nombreux éleveurs font appel à des prestataires de service.

#### **En champignonnière :**

On utilise des préparations pures ou mélangées avec du glutaraldéhyde et des ammoniums quaternaires

- Le matériel des lignes de lardage et de gobetage ainsi que les véhicules sont désinfectés tous les jours par lavage/trempage et/ou pulvérisation/nébulisation.
- En centrale de compostage : une désinfection des bâtiments en période de vide sanitaire par lavage, trempage et thermonébulisation est effectuée.
- En chambre de culture : le matériel, les lignes de cueille sont désinfectés tous les jours par lavage/trempage et/ou pulvérisation. Les chambres d'incubation sont désinfectées par pulvérisation une fois par semaine.
- En cave (productions indépendantes) : les couches de cultures sont désinfectées tous les jours.

#### En élevage bovin et ovin :

- Pédiluve : D'une façon générale, les pédiluves présents sur les exploitations, ont une contenance de 100 litres, ainsi l'éleveur dilue 3 à 5 litres d'une solution de formaldéhyde à 30% par pédiluve. Certains éleveurs rajoutent de 1 à 2 kg de sulfate de cuivre. Le pédiluve est majoritairement placé en sortie de salle de traite. La fréquence de traitement est variable selon les exploitations, certains éleveurs laissent en permanence un pédiluve en place tandis que d'autres traitent de façon périodique leurs troupeaux ou en cas de problèmes avérés. Les quantités de formaldéhyde utilisées par an varient donc de 5 litres à 60 litres par exploitation.
- Badigeonnage sur les onglons infectés d'une solution de formol.

#### En pisciculture :

- Addition d'une solution de formol à l'eau d'un bassin de traitement (Aquicole, 2005). Les posologies recommandées sont de 1 600 à 2000 mg/l de formaldéhyde pendant 15 minutes pour les œufs et de 167 à 250 mg/l pendant 60 minutes pour les poissons.

Enfin, l'US Environmental protection agency (US EPA) (1991) note que de faibles quantités de formaldéhyde sont utilisées afin de convertir certains composés en diols ; par exemple la réaction de condensation entre le nitrométhane et le formaldéhyde aboutissant au 2-nitropropane-3, 3-diol, lui-même bromé en 2-bromo- 2-nitropropane-1, 3-diol. Cette substance est employée en tant que conservateur dans certains produits de consommation comme les insecticides en aérosol. Un industriel consulté indique un usage passé du formaldéhyde dans des formulations des pesticides contenant des agents épaississants (comme la gomme de xanthum) à de faibles concentrations inférieures à 1 %.

Pour le secteur des phytosanitaires et des biocides, la base de données SEPIA recense 18 préparations contenant du formaldéhyde à usage biocide, fongicide ou bactéricide. La gamme des concentrations varie de moins de 0,1 % à entre 5 et 10 %. 105 préparations sont recensées sur le site du ministère de l'agriculture e-phy.

### **5.11.3 Substitution**

Pour la filière avicole, d'autres molécules et méthodes de désinfection existent, sans toutefois disposer actuellement d'informations comparatives permettant de valider leur efficacité. Par ailleurs, une mauvaise utilisation de certains produits peut se révéler dangereuse pour la santé du personnel de couvoir.

Une synthèse bibliographique, réalisée en parallèle à des essais expérimentaux, a été initiée en partenariat avec l'institut national de recherche agronomique (INRA), la mutuelle sociale agricole (MSA), les fabricants et le Syndicat national des accoueurs (SNA).

Les données restent restreintes et reflètent plutôt le début d'une réflexion. Aucune substance ne substitue à elle seule tous les usages du formaldéhyde. La pertinence de l'emploi d'une matière active désinfectante dépend fortement du lieu et du contexte d'utilisation (présence de matière organique, mode d'application, efficacité attendue, métaux présents...) ainsi il n'y a pas un seul produit de substitution au formaldéhyde mais des pistes de substitution globales devant être testées au niveau local. Les expérimentations sont en cours et les résultats sont plus ou moins concluants selon les applications.

L'AROMSA mène actuellement une étude de substitution du formaldéhyde dans les secteurs suivant :

- Elevage aviaire ;
- Elevage de gibier ;
- Elevage de bovin ;
- Culture de champignon de couche.

Pour chaque secteur d'utilisation en agriculture, une étude complète de substitution est effectuée in situ grâce au concours d'entreprises collaboratrices. Les différents instituts techniques de ces filières (institut technique de l'aviculture, Centre Technique du Champignon) participent à cette étude au sein des groupes de travail des entreprises collaboratrices.

Les options de substitution sélectionnées sont testées sur le terrain afin de comparer leur efficacité à celle du formaldéhyde. Les protocoles d'évaluation ont été réalisés avec différents partenaires ainsi que l'Afssa de Fougères.

L'ensemble des analyses bactériologique a été réalisé par l'institut départemental d'analyse et de conseil basé à Nantes.

Les résultats en première approche (analyse statistique non finalisée pour l'ensemble des produits) sont reportés dans le Tableau X.

Le Tableau XI recense les données transmises à l'Afsset par la MSA et liste les secteurs concernés par l'usage du formaldéhyde en indiquant l'application, la forme utilisée et les éventuelles alternatives proposées ou testées.

Tableau X : pistes de substitution du formaldéhyde selon les secteurs d'utilisation agricole (MSA, 2007)

Champignonnières	Désinfection des couches lors de la pasteurisation du fumier  Désinfection des galeries et des locaux	Principalement sous forme de formol notamment sous forme de brumisation fine ou de pulvérisation plus dense	Tests in vitro des préparations suivantes, sur les principaux pathogènes :  Préparation à base de Chlorure de didecyldiméthylammonium (efficacité et propriété détergente jugées intéressante) Préparations commerciales à base d'ortho-phényl-phénol (efficacité supérieure au formaldéhyde) Préparations à base d'acide benzoïque (efficacité jugée insuffisante)  Tests in situ en cours
Bétail	Pédiluve  Traitement des onglons et des irritations chez les bovins		Tests in vitro ont révélé une efficacité satisfaisante sur les principales bactéries responsables des boiteries pour :  Glutaraldéhyde+ammonium quaternaire+ Chloro-4-méthyl-3-phenol Perborate de sodium tetrahydraté monopersulfate de potassium  Tests in situ en cours
Couvoirs volaille et gibiers	Désinfection des œufs	Formol à 30 % principalement sous forme de nébulisation, fumigation et d'évaporation	Des préparations contenant les molécules suivantes ont été testées:  sel de sodium de l'acide dichloroisocyanurique (DCCNa) (efficacité similaire au formaldéhyde). Un impact positif du DCCNa sur le taux d'éclosion a été relevé mais des essais plus grandes échelles sont nécessaires pour confirmation. glutaraldéhyde+ Chlorure d'alkyl dimethyl benzyl ammonium+ Chloro-4-méthyl-3-phenol (qualité de désinfection supérieur au formaldéhyde) perborate de sodium tetrahydrate+Tetraacetyléthylenediamine (efficacité moyenne) Chloro-4-méthyl-3-phenol+2-benzyl 4 chlorophenol (efficacité moyenne) Monopersulfate de potassium+Acide sulfamique (impact négatif sur le taux d'éclosion)

Tableau XI : liste des secteurs agricoles concernés par l'usage du formaldéhyde (MSA, 2007)

Secteurs filières	Utilisation usage	Substances utilisées	Produits de substitution
champignonnières	Désinfection des couches lors de la pasteurisation du fumier	Principalement sous forme de formol notamment sous forme de brumisation fine ou de pulvérisation plus dense	Voir tableau précédent
	Désinfection des galeries et des locaux		VIRAGRI PLUS VT 49F
	Fabrication de blanc de champignons		
Laboratoires, animaleries, enseignement agricole public	Conservation des prélèvements, panneaux en particules agglomérées, désinfection des locaux		
Laboratoire d'hydrobiologie	Agent conservateur de la faune aquatique	Formaldéhyde en solution aqueuse 30 %	Solution alcoolique posant quelques problèmes techniques mais ne contre-indiquant pas son usage
Bétail	Formol dans l'alimentation		Tannins de châtaigniers Processus de tannage thermique
Oenologie	Désinfection des récipients	Formaldéhyde en solution à 36 %	
Alimentation du bétail	Tannage des protéines de tourteau de soja, de colza et de tournesol Nettoyage de la mélangeuse		Tannins de châtaigniers Processus de tannage thermique
Centre d'insémination artificielle	Désinfection de la salle de récolte		
Pommes de terre	Désinfection des bâtiments de stockage	Formaldéhyde en	

		pulvérisation	
Couvoirs	Désinfection des roues de camions Désinfection des œufs Désinfection des machines et des outils Désinfection des couvoirs Désinfection des éclosiers vides	Formol à 30 % principalement sous forme de nébulisation, fumigation et d'évaporation	FIORYL PLUS OVAROME Essai d'huiles essentielles non concluant avec un taux de mortalité des poussins élevé (faible efficacité fongicide et virucide)  Bougie de fumigation à base de parahydroxy-phénylsalicylamide et d'huiles essentielles  Bougie de fumigation à base d'enilconazole, de lactose et de sels (chlorure de potassium, silicate de magnésium)  Thymol par évaporation ou vaporisation (pas d'homologation virucide, fongicide et bactéricide)
couvoirs	Désinfection des salles		Glutaraldéhyde et ammoniums quaternaires (chlorure de benzalkonium)  Glutaraldehyde, phénol et ammonium quaternaire  Glutaraldehyde, glyoxal (classé mutagène de catégorie 3 par l'UE), isopropanol, ammoniums quaternaires  Glutaraldehyde, ammonium quaternaire, alcool méthylique, acide phosphorique  Alcool gras  Produits à base d'enzymes  Peroxyde de sulfate de potassium, acide malique
Aquaculture	Désinfection des bassins d'élevage	Formol dilué	

Pisciculture	Désinfection des locaux, des bassins, du matériel (époussette, pédiluve...) Désinfection des cuves et des plateaux de camions Utilisation en cas de parasitisme		
Elevage	Désinfection des locaux pour l'élevage avicole, porcin ou bovin, lapins, dindes Traitement des onglons et des irritations chez les bovins Décontamination de poulettes en cages et de pondeuses pour les dindes et les pintades	Pulvérisation, nébulisation, fumigation, thermonébulisation, utilisation d'un canon à mousse	Ammoniums quaternaires Glutaraldéhyde
Elevage de volailles et de gibiers	désinfection	Thermonébulisation et parfois par pulvérisation de solutions contenant régulièrement du formaldéhyde	Pour la thermonébulisation et la pulvérisation Glutaraldéhyde et ammoniums quaternaires Glutaraldéhyde et ammonium quaternaire, propanol, dérivé d'éthanol, acide lactique, sel de sodium Glutaraldéhyde et deux ammoniums quaternaires, isopropanol, tensio-actif non-ionique Pour pulvérisation Perborate de sodium, amines, ammoniums quaternaires, tensio-actif non-ionique Acide acétique, acide peracétique, peroxyde d'hydrogène
Coopérative fruitière	Nettoyage des tapis de triage Désinfection de certaines chambres froides	Formol	
Horticulture	Désinfection des serres Désinfection des plaques plastiques (transport de semis de plantes horticoles)		Glutaraldéhyde Arvosyl Arvo HDL

Fromagerie / laiterie	Désinfection des locaux	Formaldéhyde en association	Peroxyde d'hydrogène à faible concentration et du 5N, N-DIDECYL, N-DIMETHYLAMONIUM CHLORIDE
Sucrierie	Désinfection lors du broyage des matières premières	Formaldéhyde solution (0.04%)	Afssa a donné un avis favorable à sa substitution par un extrait de houblon contenant des acides bêtas aux propriétés bactériostatiques.

## 5.12 Bois / ameublement

### 5.12.1 Types d'utilisation

Le formaldéhyde se retrouve dans les résines **aminoplastes** (mélamine-formol (MF), urée-formol (UF) et mélamine-urée-formol (MUF)) et **phénoplastes** (PF).

Les caractéristiques des résines UF, MUF et PF utilisées comme liant dans les panneaux sont directement liées :

- Aux monomères utilisés ;
- Aux ratios moléculaires entre les différents monomères utilisés ;
- Aux paramètres de formulation : pH, température, type, quantité et qualité des catalyseurs acides et basiques, séquence...

#### Résines aminoplastes (DGE, 2006)

##### *Fabrication des produits*

Le formaldéhyde est l'un des deux ou trois composants des colles aminoplastes.

Ces adhésifs sont utilisés en grande quantité par les **industries du bois** (panneaux à base de bois, portes planes, panneaux revêtus de placage, parquets contrecollés, charpentes lamellées-collées...).

Les émissions de formaldéhyde par les colles aminoplastes ont principalement, pendant la fabrication, pour origine le formaldéhyde dit « libre » présent dans les résines pour la réactivité de ces dernières.

Les fabricants de colles et de panneaux ont largement amélioré leur processus de fabrication. De ce fait, les colles utilisées actuellement sont à moins de 0,1 % de formaldéhyde libre d'après l'Union des industries des panneaux de process (UIPP).

##### *Produits finis*

Les produits finis contiennent des résines aminoplastes polymérisées et un peu de formaldéhyde dit libre. De ce fait, ils émettent des quantités faibles (de 200 microgrammes à moins de 20 microgrammes de formaldéhyde par mètre cube d'air mesurés sur 28 jours d'exposition en chambre d'essai d'émission (norme NF EN 717-1). Les fabricants européens ont pris l'engagement de généraliser depuis fin 2005 la fabrication de panneaux bruts conduisant à moins de 124 µg/m<sup>3</sup> de formaldéhyde par mètre cube d'air (mesuré selon EN 717-1), correspondant au classement E1 selon la norme EN 13986.

#### Résines phénoplastes (PF) (DGE, 2006)

Les résines phénoliques sont des thermodurcissables en base aqueuse. Les matières premières utilisées pour cette fabrication sont le phénol, le formaldéhyde et la soude jouant le rôle de catalyseur.

#### Utilisations de ces résines

Ces adhésifs se retrouvent dans des produits de construction, d'ameublement et de décoration variés. Outre le rôle de liant des résines, le formaldéhyde peut agir comme agent de conservation *via* ses propriétés fongicides et bactéricides.

Ces résines sont stables et permettent donc un maintien dans le temps des caractéristiques mécaniques des produits fabriqués à base de ces résines.

Pour toutes ces propriétés, les résines à base de formaldéhyde sont utilisées dans les panneaux à base de bois d'utilisations diverses comme le souligne la Figure 1.

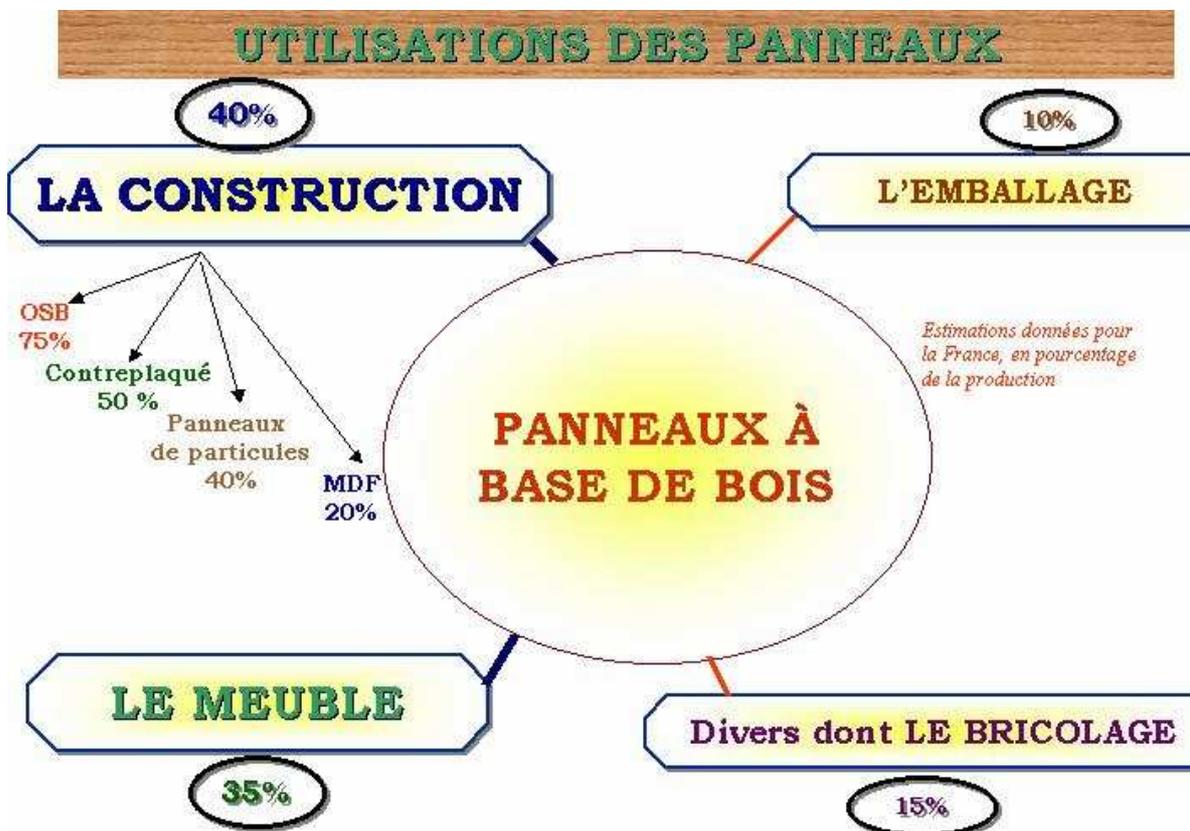


Figure 1 : répartition des utilisations des panneaux d'après l'Union des Industries des Panneaux de Process (d'après site Internet de l'UIPP, consulté le 29/09/08)

Les pourcentages sont donnés à titre estimatif.

Les différents types de **panneaux à base de bois** sont :

#### **Panneaux de contreplaqué (source : UFC, DGE 2006)**

Le contreplaqué est le plus ancien des types de panneaux à base de bois, sa fabrication industrielle remonte au début du XXème siècle.

Le contreplaqué étant obtenu par superposition et collage de fines feuilles de placage (généralement de 0,8 à 4 mm d'épaisseur), la première étape consiste à dérouler les grumes (billes de bois), éventuellement après étuvage (en fonction de l'essence et de l'humidité de ces grumes).

Ces feuilles continues sont ensuite séchées et massicotées afin de les mettre à dimension. Cette opération génère des bandes de placage dont la dimension est inférieure à celle des produits finis : leur jointage permet de reconstituer des feuilles

entières. Le massicotage permet aussi l'élimination des défauts rédhibitoires pour l'obtention d'un produit final de qualité.

Les feuilles de placage sont triées selon leur qualité : elles seront utilisées en parements, en contre-parements ou en plis intérieurs.

L'opération d'encollage consiste à déposer de la colle à base de formaldéhyde sur les faces de ces feuilles de placage, celles-ci étant ensuite superposées à fil croisé, généralement disposées symétriquement de part et d'autre d'un pli central afin d'obtenir une structure équilibrée, selon la composition du panneau fabriqué. Ces empilages sont ensuite pressés à chaud : ceci permet d'assurer la prise de la colle, assurant une liaison chimique et physique entre les différents plis.

Après pressage et refroidissement, les panneaux sont délignés (mise aux dimensions et d'équerre) et généralement poncés avant d'être expédiés.

Du fait de ses caractéristiques mécaniques très élevées, le contreplaqué est utilisé dans tous les types d'applications, préférentiellement dans la construction (structures porteuses) et dans l'emballage industriel (machines-outils, moteurs...).

Le marché du contreplaqué en France est de 600 000 m<sup>3</sup> dont 2/3 de panneaux importés, majoritairement d'Europe (Finlande), de Chine, du Sud Est Asiatique et d'Amérique du Sud.

### Panneaux de fibres

Ces panneaux sont composés à partir de l'élément de base du bois : la fibre lignocellulosiques. Le panneau de fibres a une isotropie dans toutes les directions du plan. Pour certains panneaux de fibres comme le MDF<sup>16</sup>, l'isotropie est presque totale dans les trois dimensions du panneau.

Les panneaux de fibres sont définis par la norme européenne NF EN 316. Ils comprennent :

- Les panneaux obtenus par procédé humide :
  - Panneaux durs (HB, masse volumique 900 kg/m<sup>3</sup>)
  - Panneaux mi-durs (MB, masse volumique 400 kg/m<sup>3</sup> à < 900 kg/m<sup>3</sup>)
  - Panneaux isolants (SB, masse volumique 230 kg/m<sup>3</sup> à < 400 kg/m<sup>3</sup>)
- Les panneaux obtenus par procédé à sec (MDF).

Les MDF sont des panneaux de fibres produits suivant un procédé à sec et dans lesquels on incorpore des liants **aminoplastes** ou **phénoplastes**. Leur masse volumique se situe entre 600 et 800 kg/m<sup>3</sup> (habituellement de l'ordre de 740 kg/m<sup>3</sup>). Créés et développés aux Etats-Unis il y a une trentaine d'années, ces panneaux ont connu un essor très important cette dernière décennie, dans tous les pays du monde et surtout en Europe hors pays de l'Est et en Chine. En 2005, la production mondiale avoisinait 42 millions de mètres cubes dont 12,5 millions de mètres cubes en Europe et 20,5 millions de mètres cubes en Asie (principalement en Chine).

Le MDF est le panneau tout indiqué pour la fabrication de meubles en forme (meuble de salle de bain par exemple). Panneau tout usage, il est toutefois plus spécialement destiné

---

<sup>16</sup> Medium Density Fibreboard ou Panneaux de fibres de moyenne densité

à l'ameublement ou l'agencement intérieur. C'est aussi le panneau le plus indiqué pour les revêtements de sol stratifiés sous sa forme HDF (haute densité).

### Panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB)

Les panneaux de lamelles minces, longues et orientées, plus connus sous le nom d'OSB (Oriented Strand Board) sont composés de lamelles de bois longues d'environ 50 à 250 mm, larges d'environ 10 à 30 mm et épaisses d'environ 0,5 à 1 mm. Ces lamelles sont assemblées à l'aide de colles mélamine-urée-formol (**MUF**), mélamine-UF renforcée, **phénolique** ou isocyanate.

Les lamelles sont orientées dans la même direction pour la couche considérée. Ils peuvent être monocouches ou composés de trois couches croisées. Il en a été produit 26,5 millions de mètres cubes en 2005 dont 23,4 pour la seule Amérique du Nord, le reste en Europe.

Ils ont été produits initialement aux Etats-Unis en vue de remplacer le contreplaqué. L'OSB est un panneau de structure principalement utilisé dans la construction et également indiqué pour l'emballage. Son aspect bois naturel, donné par les lamelles apparentes en fait aussi un élément décoratif.

### Panneaux de particules bruts

Ces sont des produits composés de particules ou de copeaux obtenus par la découpe des bois sur des machines spécialisées (coupeuses, broyeurs à marteaux). Ils proviennent soit des bois ronds (petits bois, branches, grumes déclassées), soit des produits connexes (copeaux, plaquettes, etc.) engendrés par d'autres industries travaillant le bois (scieries, menuiseries, fabriques de meubles, etc.), soit du recyclage des produits bois en fin de vie (palettes, bois de déconstruction etc.).

Les éléments des panneaux de particules sont assemblés sans direction privilégiée dans le plan. On peut retenir trois caractéristiques principales de ces panneaux :

- une isotropie dans le plan (isotropie plus ou moins prononcée) ;
- des caractéristiques mécaniques inférieures à celles du bois dont ils sont issus ;
- une réaction de gonflement en épaisseur sous l'action de l'eau ou de l'humidité. Ils ne sont donc pas utilisables en extérieur.

Un collage renforcé (qualité et quantité) peut réduire considérablement cette réaction de gonflement.

Les panneaux de particules sont composés d'une ou plusieurs couches de particules de bois. Les particules et les copeaux sont assemblés entre eux à l'aide d'un liant, principalement **aminoplaste**, **phénoplaste** ou isocyanate en une ou plusieurs couches. Les colles aminoplastes sont caractérisées par la polycondensation de l'urée et du formaldéhyde ou de la mélamine de l'urée et du formaldéhyde.

Il existe deux grandes catégories de panneaux : les panneaux pour usage en milieu sec qui sont agglomérés à l'aide de liants **urée-formol** ; les panneaux pour usage en milieu à risque d'humidification (milieu humide), classe de service n°2, qui sont agglomérés avec des liants **mélamine-urée-formol**.

Les panneaux de particules sont des panneaux tous usages. Ils peuvent être utilisés aussi bien dans la construction que dans l'ameublement. Leur facilité de pose, leur souplesse d'utilisation, leur prix économique en font le panneau le plus utilisé en France et en Europe.

Il s'en est fabriqué 69 millions de mètres cubes dans le monde dont 42 millions de mètres cubes en Europe.

### **Panneaux de particules surfacés mélaminés (PPSM)**

Une industrie doit son grand développement à ce panneau : la cuisine intégrée. C'est la fabrication industrielle de ces panneaux qui a permis de donner une dimension industrielle à la cuisine et son aspect décoratif et varié. Ils sont utilisés également dans bien d'autres usages (aménagements intérieurs, agencement de magasins, étagères etc.) Leur variété et leur qualité en ont fait un produit incontournable

Ce sont des panneaux de particules recouverts sur les deux faces par un ou plusieurs papiers imprégnés de résine **mélamine formol**. La résine est polycondensée à chaud et sous pression, ce qui lui confère des qualités de dureté et de résistance à l'eau. Le papier extérieur est un papier décoratif. On peut avoir des panneaux blancs, de couleur, avec un décor fantaisie ou bois. Il est possible d'avoir, pour renforcer l'aspect bois par exemple, une structure en surface imitant le pore du bois.

### **Description du processus de fabrication du papier imprégné, destiné au revêtement de contreplaqué ou à la fabrication de stratifié**

Les matières premières utilisées sont les suivantes :

- Papier Kraft en bobine de grammages et de laizes variés
- Résine **mélamine (MF)** en solution aqueuse
- Résine **formo-phénolique** en solution aqueuse

*Processus de fabrication de papier imprégné (d'après l'UFC et l'UIPP dans le rapport DGE, 2006) :*

Une ligne d'imprégnation est équipée d'un tunnel de séchage et d'un massicot et/ou d'un système de bobinage.

Le papier sec est trempé dans un bain de résine en solution aqueuse et à température ambiante avant de passer entre deux rouleaux dont l'écartement est réglable de façon à ajuster la quantité de résine absorbée durant l'opération de trempage. La bande de papier imprégné pénètre ensuite dans le séchoir, à une vitesse fonction du grammage et de la nature de la résine déposée. Le papier est porté par l'air dans le séchoir, à une température de 130 à 170°C de façon à conserver une humidité résiduelle dans le produit de l'ordre de 6 à 7 %. Ce niveau d'humidité résiduelle est très important car il permettra la modification future de la résine contenue dans le papier lors de l'opération de stratification chez les clients. Sans cette humidité résiduelle le papier produit serait inutilisable.

Le papier ainsi réalisé est coupé en feuilles aux dimensions demandées ou embobiné.

Les papiers imprégnés de résine phénoliques sont utilisés pour la fabrication de noyaux de stratifié ou pour le revêtement de panneaux de contreplaqué destinés au coffrage du béton ou à des planchers techniques (échafaudages, véhicules...).

Les papiers imprégnés de résines mélamine-formaldéhyde sont utilisés essentiellement comme finition décorative de panneaux revêtus (PPSM majoritairement, stratifié ou contreplaqué support extérieur d'affichage ou de peinture par exemple).

## Exposition des personnels dans la fabrication des produits à base de bois

Les postes les plus exposés lors de la fabrication des panneaux sont au nombre de trois. Ils sont liés aux opérations de préparation du mélange collant, de pressage et de refroidissement des panneaux. Dans les usines de fabrication « moderne » de panneaux (environ 80% de la production), ces postes sont depuis les années 1990 commandés depuis une salle de contrôle conditionnée par un air alimenté en provenance de l'extérieur du bâtiment de fabrication. Cependant, lors des pannes ou incidents sur les chaînes de fabrication, les opérateurs peuvent être amenés à intervenir temporairement dans des espaces pouvant contenir du formaldéhyde. Dans d'autres usines moins bien équipées (20% de la fabrication), ou dans le cas de pannes des unités les plus modernes, des dispositifs de sécurité des travailleurs et des mesures de suivi biologique seront sans doute à assurer (DGE 2006).

Selon l'IRSST (2004), le formaldéhyde provient principalement de la résine utilisée comme adhésif notamment lorsqu'elle est chauffée. Plusieurs facteurs influencent l'émission de formaldéhyde tel le type de résine, le temps de pressage, l'épaisseur du panneau, etc. Ainsi, les résines à base de phénol ont un très faible taux d'émission comparativement à celui des résines à l'urée et à la mélamine. La résine urée-formaldéhyde affiche le taux le plus élevé.

Les travailleurs les plus exposés sont ceux assignés aux tâches d'opération (habituellement dans les salles de contrôle) et de maintenance des presses. Les préposés à la prise d'échantillons peuvent aussi être exposés à des concentrations élevées pour de courtes périodes.

Les utilisations « avales » des panneaux de bois sont également concernées par les émissions de formaldéhyde. Parmi les secteurs d'activités visés, on retrouve les fabrications de charpentes et de menuiseries, fabrication de meubles, industries connexes de l'ameublement, travaux de charpentes... (INRS, 2007).

Le formaldéhyde dans l'air des locaux de travail des fabricants de **l'industrie du meuble en bois** vient de trois sources : le collage des pièces de bois ou autres matériaux, les panneaux à base de bois et les produits de finition. En effet selon l'IRSST, le formaldéhyde vient surtout des opérations de finition, c'est-à-dire de l'application et du séchage des revêtements organiques. Pour qu'il y ait dégagement de formaldéhyde, il faut que le revêtement soit à base de résine aminée ou de résine phénolique. Cette dernière n'est utilisée que pour les meubles en métal; les résines aminées sont employées dans la fabrication des meubles en bois et en métal. A noter que les produits de finition du bois à base de résines contenant du formaldéhyde en tant que monomère sont aujourd'hui très peu nombreux sur le marché français (CTBA, 2006).

- •Le formaldéhyde est libéré lors de la préparation des vernis et des peintures, de leur application (notamment pendant la pulvérisation à l'aide d'un pistolet pneumatique) et du séchage. Lorsque l'application de peinture se fait à l'intérieur d'une cabine bien ventilée, le formaldéhyde est évacué et ne contamine pas l'environnement de travail. Toutefois, le peintre à l'intérieur de la cabine peut être exposé de façon importante s'il est placé dans le sens de la circulation du brouillard de vernis.
- Pour les autres tâches telles que la finition, la pose de quincaillerie et l'expédition, le formaldéhyde retrouvé dans l'air peut provenir du meuble qui est à sécher et de la zone d'application et de séchage des vernis.
- Les travailleurs les plus exposés sont les peintres finisseurs, les préparateurs, les coloristes et certains manœuvres, dont ceux qui travaillent à la sortie des séchoirs ou fours. Il faut ajouter aux travailleurs attirés à ces tâches, le personnel d'entretien (mécaniciens, électriciens), les contremaîtres et les superviseurs.

Les fabrications de meubles sont très automatisées actuellement et les opérateurs interviennent peu au contact des panneaux ; de plus, les éléments de meubles sont entièrement revêtus, même sur le chant, lors de l'assemblage final et de la mise en colis. Une ventilation adéquate des locaux est par ailleurs en mesure de contribuer significativement à l'abaissement des taux résiduels en formaldéhyde (IRSST, 2004).

### 5.12.2 Quantités utilisées

Quelques 15 millions de tonnes de résines aminoplastes et phénoliques à base de formaldéhyde sont utilisées chaque année dans le monde par les industries du bois, dont 6 millions en Europe. La majeure partie (environ 90% en volume) est utilisée comme liant dans les panneaux à base de bois dont la fabrication met en jeu 70 à 100 kg de colle par m<sup>3</sup> de panneau de process, jusqu'à moitié moins pour le contreplaqué. Le reste est utilisé pour l'assemblage de pièces de bois comme, par exemple, le lamellé-collé dont la fabrication met en jeu 12 à 15 kg de colle par m<sup>3</sup> de lamellé-collé.

Les consommations des principales colles utilisées dans les industries du bois sont indiquées dans le Tableau XII (en volume) (CTBA, 2006).

**Tableau XII : consommation des principales colles utilisées dans les industries du bois (CTBA, 2006)**

Résines	Application	Volumes consommés / an (tonnes)
UF	Panneaux de contreplaqué	15 000
	Panneaux de fibres	90 000
	Panneaux de particules	260 000
MUF	Panneaux de contreplaqué	15 000
	Panneaux de particules	50 000
PF	Panneaux de contreplaqué	15 000

L'inventaire réalisé par l'INRS en 2005 indique que le secteur de la fabrication de panneaux de bois consomme directement environ 5 000 tonnes de formaldéhyde pour la fabrication de résines phénoplastes.

D'autres données sur les quantités de résines utilisées ont également été indiquées dans l'enquête de la DGE (2006) :

#### Panneaux de contreplaqué / stratifié

D'après l'UFC (DGE 2006), les fabricants de contreplaqué produisent 13 000 tonnes par an de résine phénolique, dont 9 000 tonnes pour le collage du contreplaqué et 4 000 tonnes pour l'imprégnation de papier destiné au revêtement de contreplaqué ou à la fabrication de stratifié (15 millions de m<sup>2</sup> de papier imprégné). Pour cela, 5 000 tonnes de formaldéhyde en solution à 50% sont consommés.

La production française de contreplaqué est de 420 000 m<sup>3</sup> dont la moitié vendue hors de France (essentiellement UE) qui se décompose en 2 types :

- collage extérieur (environ 60%) à base de colle *phénolique* (15 000 tonnes par an de résine de collage à environ 45% d'extrait sec) et de colle *mélamine-urée-formol* (4 000 tonnes par an de résine à 65% d'extrait sec) ;

- collage intérieur (environ 40%) à base de colle *urée-formol* (10 000 tonnes de résine par an de résine à 65% d'extrait sec).

### Panneaux de particules

Les panneaux de particules sont des panneaux très utilisés dans le monde puisqu'il s'en fabrique plus de 50 millions de mètres cubes par an dont 35 millions de mètres cubes en Europe.

D'après l'Union des Industries des Panneaux de Process (UIPP), 443 000 tonnes de colles ont été consommées en France en 2004 pour un volume de 5 400 000 m<sup>3</sup> de panneaux produits (particules, OSB et MDF). La colle consommée contenait 135 000 tonnes de formaldéhyde. Le formaldéhyde émis au cours de la fabrication était de 810 tonnes. La quantité de formaldéhyde libre total dans les panneaux finis représentait environ moins de 250 kg.

La FIBC fournit quelques chiffres (30 mai 2005) :

- Charpentes en bois lamellé collé et bois massif reconstitués :  
1 000 tonnes de colle *MUF* (2 000 tonnes de colle au total) pour 150 000 m<sup>3</sup> de produit.
- Parquets contrecollés :  
1 125 tonnes de colle *UF* (15 000 tonnes de colle au total) pour 6/7 millions de m<sup>2</sup>.
- Poutres en I à base de bois :  
90 tonnes de colle *MUF* (100 tonnes de colle au total) pour 1 million de mètres linéaires.

### 5.12.3 Substitution

Dans les **industries du bois**, d'après les industriels, la suppression complète du formaldéhyde libre susceptible de se dégager (contrairement au formaldéhyde lié) ne semble pas envisageable pour le moment car il est nécessaire à la polymérisation puis à la réticulation des colles (CTBA, 2006).

#### Réduction des émissions de formaldéhyde liées aux colles

En 30 ans, les émissions de formaldéhyde par les panneaux ont considérablement diminué. En particulier, le niveau d'émission au cours de la vie en œuvre des panneaux a été divisé par 10 (CTBA, 2006).

Plusieurs stratégies sont possibles pour continuer de réduire les émissions de formaldéhyde :

1. L'utilisation de **résines aminoplastes** à faible ratio moléculaire F/U ou F/(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> déterminant la quantité de formaldéhyde libre. Plus ce ratio est faible, plus les émissions sont faibles. Aujourd'hui les panneaux classés E1 utilisent des résines avec un ratio F/U ou F/(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> de 0.9 à 1.1 contre 1.3 à 1.8 dans le début des années 1990 (CTBA, 2006).

Trop diminuer le ratio F/U ou F/(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> présente néanmoins des inconvénients :

- Pour la résine :
  - Diminution de la stabilité
  - Diminution de la réactivité
  - Diminution du degré de réticulation du polymère durci
- Pour le panneau :
  - Diminution des propriétés mécaniques

- Augmentation du gonflement à l'eau
- Augmentation de la sensibilité à l'hydrolyse

2. L'ajout de piègeurs de formaldéhyde, par exemple de type NH et NH<sub>2</sub>, juste avant mise en œuvre des résines. Ils réduisent parallèlement le ratio F/(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. Ils peuvent contribuer à diminuer les émissions de formaldéhyde en réagissant lors de la réticulation avec le formaldéhyde libre ou emprisonné dans le panneau.

Les piègeurs résiduels n'ayant pas réagi lors du durcissement peuvent par ailleurs réagir avec le formaldéhyde émis pendant la mise en œuvre.

3. L'utilisation de **résines PF**. Ces résines ont l'avantage de résister à l'hydrolyse en raison de la grande stabilité de la liaison C-C. Elles possèdent néanmoins les inconvénients suivants :

- Toxicité du phénol ;
- Réactivité insuffisante pour atteindre les cadences de fabrication permises par les aminoplastes ;
- Risque de difficultés d'approvisionnement.

4. L'utilisation de résines sans formaldéhyde

- Résines polyuréthane ou à base d'isocyanates

Les résines polyuréthane peuvent constituer une alternative aux résines à base de formaldéhyde. Les résines polyuréthane sont obtenues par réaction entre un isocyanate (MDI<sup>17</sup> par exemple) et une amine, polyol ou autre composé hydrogéné actif. A noter que le formaldéhyde entre dans le schéma de fabrication du pMDI (INERIS, 2002).

De manière plus générale, les résines polyuréthane (ou isocyanate) sont couramment utilisées dans des panneaux spéciaux très résistants à l'humidité. Leur emploi est néanmoins possible pour des panneaux à usage intérieur. En comparaison des résines à base de formaldéhyde, l'utilisation en production des résines polyuréthane est plus difficile à effectuer car il doit être réalisé à des températures plus élevées (30°C).

De plus, les résines contenant du polyuréthane ont tendance à coller les particules des panneaux de bois à la presse, ce qui engendre des coûts supplémentaires (utilisation de produits chimiques spécifiques) et supprimer la couche supérieure du produit fini. Elles ont par ailleurs une durée de conservation plus courte (due à une tendance hygroscopique) et en général des procédures de manipulation et de cuisson plus complexes.

En Europe, le coût de ce type de résine est 2 à 4 fois plus élevé que les résines UF et MUF. Pour le MDI en particulier, le coût peut même être 6 à 7 fois plus élevé. Même si les quantités requises de résines polyuréthanes sont plus faibles que les résines UF, leur coût global reste plus élevé. Par ailleurs, la capacité de production de l'industrie chimique est insuffisante pour produire suffisamment de résines MDI pour l'ensemble de la fabrication des panneaux à base de bois (RPA, 2006).

---

<sup>17</sup> 4,4'-diisocyanate de diphenylméthane

Ces résines présentent donc des performances élevées mais présentent encore un certain nombre de difficultés (CTBA, 2006) :

- problème technique au niveau de la fabrication ;
- coût plus élevé ;
- problème d'approvisionnement (quantité à mettre sur le marché) ;
- problème de risques pour la santé des opérateurs.

L'emploi des isocyanates est par conséquent limité.

- Résines naturelles issues de la chimie verte (tannins, lignine, carbohydrates, protéines, huiles insaturées). Ces résines sont pour la plupart encore au stade du développement, la difficulté principale étant l'obtention de formulations techniquement et économiquement viables. Elles peuvent être classées en cinq catégories (CTBA, 2006) :
  - Résines à base de tannins,
  - Résines à base de lignine,
  - Résines à base de carbohydrates,
  - Résines à base de protéines,
  - Résines à base d'huiles insaturées.

#### a) Résines à base de tannins

On distingue deux catégories de tannins :

- Tannins hydrolysables, dont la faible réactivité et l'absence de structuration macromoléculaire ne permet pas le développement viable de résines. Leur utilisation est donc limitée à la substitution partielle du phénol dans les résines PF.
- Tannins condensés, dont la grande réactivité permet le développement viable de résines. Ils représentent 90% de la production mondiale, soient environ 200 000 tonnes/an (CTBA, 2006).

Les résines obtenues par polycondensation de tannins et de formaldéhyde ont fait l'objet d'un grand nombre d'études et de quelques développements industriels dans l'hémisphère sud, en particulier en Afrique du Sud et au Chili (CTBA, 2006).

Afin de s'affranchir de l'utilisation de formaldéhyde, l'objectif est de développer des résines utilisant d'autres types d'agents réticulants voire auto-condensables. Des études très prometteuses dans ce but ont été conduites ces dix dernières années. En particulier, il serait possible d'utiliser les propriétés catalytiques de la cellulose même du bois. L'application visée est la fabrication de panneaux de particules pour des utilisations intérieures.

Trois inconvénients ne sont pas résolus à ce jour :

- Diminution des cadences de production car leur disponibilité est insuffisante ;
- Surface des panneaux : aspect foncé donc très restrictif pour certains emplois des revêtements ;
- Utilisation du formaldéhyde comme catalyseur lors de la fabrication (mais les panneaux réalisés n'émettent pas de formaldéhyde).

**b) Résines à base de lignine**

On distingue deux catégories de lignine (CTBA, 2006) :

- Lignine Kraft et SSL, économiques ;
- Lignine Organosolve, très chères.

Leur nature chimique extrêmement complexe, leur faible réactivité ainsi que la variabilité de la ressource rend difficile le développement de résine à base de lignine seule. En revanche, il existe de nombreux exemples industriels de substitution partielle du phénol par de la lignine dans les résines PF. Elle apporte alors une plus grande flexibilité à la résine et une résistance à l'humidité.

Afin de doper le rôle collaborant de la lignine avec le phénol et le formaldéhyde, des études ont été menées sur sa modification chimique préalable par méthylation, époxydation, isocyanation, oxydation, etc. avec plus ou moins de succès, la réactivité des résines obtenues demeurant inférieure à la réactivité d'une résine PF non substituée (CTBA, 2006).

**c) Résines à base de carbohydrates**

Les résines à base de carbohydrates utilisent plus particulièrement des polysaccharides tels que l'amidon, la cellulose ou l'hémicellulose pouvant être utilisés comme co-réactant avec un agent réticulant comme le formaldéhyde ou des donneurs de formaldéhyde. Il existe ainsi plusieurs exemples de substitution partielle du phénol par des carbohydrates dans les résines PF mais aucun exemple de résine utilisant des carbohydrates seuls (CTBA, 2006).

**d) Résines à base de protéines**

Les résines à base de protéines utilisent des matières premières riches en protéines comme les glutens de blé ou de maïs, ou les concentrats oléoprotéagineux de colza ou encore de soja.

Plusieurs études ont démontré le rôle collaborant des protéines issues de tourteaux de colza ou encore de soja utilisées notamment en substitution partielle voire totale du phénol dans les colles PF. Du fait de la faible résistance de ces protéines à l'humidité et du coût élevé de l'opération de purification des concentrats oléoprotéagineux, leur utilisation reste néanmoins limitée (CTBA, 2006).

En revanche, des études récentes ont montré que des protéines de gluten pouvant réticuler seules en combinant traitement thermique et traitement mécanique, seraient susceptibles d'être utilisées industriellement pour la production des panneaux de particules. Lors de l'opération de pressage, les protéines en poudre mélangées aux particules de bois forment une matrice liant les particules entre elles qui se stabilise après refroidissement. De nouveaux travaux doivent démontrer la viabilité technique et économique de telles résines à l'échelle industrielle (CTBA, 2006).

**□ PureBond®**

Une entreprise américaine utilise pour la fabrication de ses contreplaqués de bois « feuillus » et, dans une moindre mesure, de ses panneaux de particules un produit sans formaldéhyde dénommé PureBond™. Ce produit est issu de la combinaison de protéines de soja et d'un polymère de nylon à base de PAE (polyamide-épichlorhydrine). C'est un

produit breveté développé par Columbia, l'Université de l'Etat de l'Oregon et la société Hercules Incorporated<sup>18</sup>.

Selon ses développeurs, ce système est équivalent aux résines urée-formaldéhyde d'un point de vue économique et présente des qualités de résistance à l'eau et d'adhésion forte. Le produit présent également une résistance au feu (TURI, 2006).

□ En France, l'Institut national de recherche agronomique (INRA) développe des résines à partir de fibres naturelles (paille, chanvre, lin, jute...) et de protéines végétales (colza, soja...) comme liant (INRA 2006). Ces protéines d'oléoprotéagineux peuvent être réticulées sans additif chimique par la combinaison de deux traitements, thermique et mécanique. Co-produits de l'amidonnerie ou de l'extraction d'huile, elles sont disponibles en larges quantités et à moindre coût. Le procédé de l'INRA est breveté pour la production de panneaux de bois aggloméré et commercialisé par la société Tate and Lyle. Il n'existe pas à ce jour d'utilisation industrielle.

□ Le Ministère de l'Agriculture américain a produit également un adhésif à bois à partir de bactéries issues d'estomac de vache : dans un milieu bois/papier, ces bactéries provoquent une fermentation aboutissant à la production d'éthanol et d'un résidu adhésif. Ce dernier est un substitut potentiel au formaldéhyde dans l'industrie du bois. Des investigations sont en cours pour l'utilisation d'huile de colza en remplacement de l'acide acrylique utilisé dans les résines actuelles (RPA, 2006).

#### e) Résines à base d'huiles insaturées

Les résines à base d'huiles utilisent des matières premières riches en triglycérides comme le lin, le soja, le colza, ... dont les graines sont pressées et l'huile extraite par procédés vapeur, solvants, etc.

Une étude récente concernait l'emploi d'huiles de lin et de colza époxydées dans la formulation de résines pour applications contreplaqué et panneaux de fibres et de particules. Si plusieurs étapes importantes du processus de fabrication ont été maîtrisées, des difficultés ont été rencontrées lors de l'étape de pressage/chauffage en raison de la faible réactivité des résines aux températures maximum de pressage autorisées (CTBA, 2006).

□ L'huile de lin est un liant utilisé dans des applications extérieures et crée un film flexible aidant à la préservation du bois (RPA, 2006).

### Synthèse

Parmi les différentes technologies présentées permettant de réduire les émissions de formaldéhyde, seules 7 sont susceptibles de répondre aux attentes des utilisateurs à plus ou moins court terme (Figure 2). Ces technologies peuvent se décliner voire se combiner de façons multiples. Ainsi, on utilise souvent des mélanges phénol – formol – isocyanates, etc. Il est donc impossible d'établir une liste exhaustive des technologies potentiellement utilisables, mais seulement de dégager de grandes familles (CTBA, 2006).

---

<sup>18</sup> <http://www.columbiaforestproducts.com/products/prodpcb.aspx>

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**** (□)	De E1 à F****	De E1 à F****	Sans Formol	Sans formol	Sans formol	Sans formol

Légende :

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

**Figure 2 : technologies permettant de réduire les émissions de formaldéhyde dans le domaine du bois et de l'ameublement**

#### 4- Le blocage des émissions à l'aide d'un revêtement de surface

A titre d'information, 50% environ des panneaux de particules sont recouverts d'un film mélaminé.

#### 5- Autres produits à base de bois

##### □ Viroc®

Le produit fabriqué, commercialisé sous la marque VIROC®, est un composé de bois et ciment, produit à partir de particules en bois agglomérées à travers du ciment « Portland », constituant des plaques de plusieurs dimensions et épaisseurs.

Le VIROC® est un matériau composite constitué essentiellement par deux des principaux matériaux de construction : le ciment et le bois. Il est fourni sous forme de panneaux gris, dont les surfaces sont planes. Le VIROC® allie la résistance et la flexibilité du bois à la longévité et à la solidité du ciment. Pendant la fabrication du VIROC®, le mélange des deux matériaux est fortement comprimé, puis séché pendant assez longtemps, afin que les particules de bois « se minéralisent ».

Les propriétés du VIROC® font qu'il peut être utilisé tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, dans différentes applications comme : murs, parois, parquets, plafonds ou toute autre application générale de panneaux. L'intégrité structurelle du VIROC® le rend résistant à l'impact, facile à utiliser et, grâce à sa masse spécifique, il offre une excellente atténuation sonore. Les panneaux VIROC® ne sont pas toxiques, ne contiennent pas de composés volatiles dangereux et sont sans silice, amiante et formaldéhyde (TURI, 2006).

Le VIROC®, à base principalement de ciment « Portland », est cher, naturellement résistant et non combustible. Le VIROC® est de plus un produit lourd, fragile à manipuler

et nécessite des outils adaptés lors de la découpe. Le VIROC® peut être recouvert d'une peinture au latex.

□ Panneau composite bois/plastique

Une société développe un panneau à base de fibres de bois et de polypropylène, comme alternative aux panneaux de particules. La société décrit ce produit comme résistant au feu, à la dégradation biologique (insectes, etc.), peu d'absorption d'eau, d'importantes résistances mécaniques et ne contenant pas de formaldéhyde (TURI, 2006).

### **Réduction des émissions de formaldéhyde liées aux produits de revêtement (peintures, vernis)**

D'après l'IRSST, dans la fabrication des **meubles en bois**, il est possible d'utiliser des colles ne contenant pas de formaldéhyde. Pour ce qui est des finitions (*verniss ou laques*), la majorité des revêtements solvants sont sans formaldéhyde, seule une famille d'aminoplastes, dite à catalyse acide, appelés parfois vernis pré-catalysés peuvent en émettre. Les vernis en phase aqueuse ou les poudres n'en contiennent pas. Plusieurs facteurs influencent le choix d'un revêtement tels la toxicité du produit, le genre de meubles, la finition désirée, les performances à l'usage, les coûts de remplacement des équipements, la réglementation environnementale en vigueur, etc. Tous ces facteurs sont à considérer lorsque la substitution est envisagée.

À l'encontre des fabricants québécois et scandinaves, les fabricants de meubles à base de bois de plusieurs pays n'utilisent pas majoritairement les vernis à catalyse acide dégageant du formaldéhyde. La majorité des fabricants emploie des vernis cellulosiques ou polyuréthanes. Ces vernis ont un pourcentage en poids très élevé de solvants ( $\approx 80\%$  pour les cellulosiques). Ceci entraîne des émissions importantes dans l'environnement. Les cellulosiques continuent néanmoins à être employés en raison de leur facilité d'utilisation et de leur aspect. Les revêtements à catalyse acide ont un pourcentage de solvants plus faible ( $\approx 65\%$ ). Ils sont également plus résistants que les vernis cellulosiques mais les revêtements polyuréthanes permettent d'avoir des aspects et des performances équivalentes voire supérieures aux vernis à catalyse acide. Enfin, il existe des vernis solvants à polymérisation UV (liants de type acrylate ou polyester). Dans cette famille, deux types de produits sont proposés :

- Les UV solvants dits à 100% de sec (en réalité 97-98%), donc sans émission de COV mais applicables uniquement sur des pièces planes ;
- Les UV solvants pulvérisables donc en réalité avec un taux de sec de 40-50%, en conséquence similaires aux polyuréthanes pour ce qui est des émissions de COV.

Avec la sortie de la directive européenne sur la réduction des émissions de COV, les revêtements en phase aqueuse ont été développés et adaptés pour l'industrie du meuble à base de bois. Ce type de revêtement n'est pas facile à intégrer par les entreprises : d'une part, parce que l'eau a tendance à soulever de façon excessive les fibres du bois et d'autre part parce que l'eau est plus difficile à évaporer. Comme solution peut être choisie l'utilisation d'une couche d'apprêt à base de solvants pour éliminer le redressement des fibres de bois. Il existe une technologie aqueuse mais avec différentes familles de produits, à savoir des monocomposants, des bi-composants et des produits à photopolymérisation UV. Les extraits de sec de ces produits sont d'environ 30-40% avec très souvent encore un faible pourcentage de COV (en moyenne 5-10%).

Les polyesters se présentent sous deux types : les polyesters dissous dans le styrène, qui agit comme solvant et réactif, et les acrylique-polyesters. L'industrie du meuble utilise principalement des acrylique-polyesters durcissant par exposition aux radiations UV.

Ces revêtements sont difficiles à retoucher. Seules les entreprises qui font du grand brillant utilisent des cabines qui permettent de contrôler la concentration en poussières. Les polyuréthanes, excellents revêtements du point de vue technique contiennent des isocyanates. Les peintures en poudre exigent un équipement spécialisé incluant la pulvérisation électrostatique, mais sont actuellement réservés à des supports particuliers comme les panneaux de fibres (MDF) et pour des aspects opaques et texturés, donc très limités d'emploi dans l'ameublement. .

En France, la grande majorité des entreprises ont remplacé les revêtements à catalyse acide par les polyuréthanes voire par des produits à l'eau. Plusieurs facteurs doivent être pris en compte incluant la taille de l'entreprise, le genre de meubles produits, les coûts du remplacement des équipements, la clientèle, la finition désirée, la réglementation environnementale en vigueur (COV par exemple) sans oublier les risques toxiques et sécuritaires éventuels des revêtements substitutifs. D'après l'IRSST, du point de vue de la santé et de la sécurité du travail les revêtements en phase aqueuse seraient la meilleure solution.

### **Remplacement des panneaux de bois par des éléments en bois massif**

La substitution de panneaux de bois type particules ou contreplaqué par des panneaux de bois massif est théoriquement envisageable mais ne peut en pratique concerner que quelques applications particulières. Les différences sont les suivantes :

- différence de forme : les panneaux peuvent avoir des largeurs importantes (> 1m) qui n'existent pas pour des éléments en bois massif. Il est cependant possible de coller ensemble des planches pour obtenir des surfaces larges mais on retrouve partiellement le problème du collage ;
- différence de densité : pour des performances mécaniques équivalentes, les éléments en bois massif seront 2 à 3 fois plus lourds ;
- différence d'origine : la matière première des panneaux est constituée principalement de bois de faible diamètre et de sous-produits du sciage du bois (plaquettes), soit à plus de 50 % de la ressource forestière. La ressource « bois massif » serait donc très insuffisante pour substituer les panneaux de bois reconstitué.

En pratique, s'il est possible très ponctuellement d'envisager de substituer des panneaux par des planches de bois massif dans certaines parties de meubles, cela n'est généralement pas réalisé pour des raisons techniques notamment lorsque des surfaces de largeur supérieure à 30 cm sont nécessaires (ce qui est le cas de la plupart des usages en construction et très souvent en meuble).

## 5.13 Textile / Habillement

### 5.13.1 Quantités utilisées

D'après l'Union des Industries Textiles (UIT), environ 3 500 tonnes de résines urée-formol sont utilisées chaque année pour l'industrie textile (DGE, 2006).

### 5.13.2 Types d'utilisation

Le secteur de l'industrie textile et de l'habillement n'utilise pas de formaldéhyde en tant que tel, mais des résines à base de formaldéhyde (urée-formol, phénol-formol, mélamine-formol et polyacétals).

Ces résines ont en effet de nombreuses fonctions et utilisations.

#### **Infroissabilité et stabilité dimensionnelle des tissus (RPA, 2006)**

Les traitements chimiques en finition textile servent notamment à empêcher le rétrécissement du tissu, à le rendre infroissable et à en faciliter le lavage.

Ces propriétés sont notamment recherchées dans les textiles pour l'habillement et dans les tissus d'ameublement (tentures, canapés).

Les tissus à base de fibres de cellulose comme le coton et la viscose sont particulièrement concernés car ils ont tendance à se froisser et présentent de faibles propriétés de séchage/défroissage après lavage<sup>19</sup>.

Les résines à base de formaldéhyde sont utilisées de deux manières principales : l'apprêtage pour « repassage permanent (durable) » et les adoucissants (produits assouplissants).

Dans le traitement pour « repassage permanent (ou durable) », les tissus reçoivent un traitement chimique impliquant l'utilisation d'agents de réticulation, qui peuvent créer des liaisons covalentes entre les chaînes de cellulose adjacente dans les fibres de coton. Ces liaisons covalentes sont des liaisons plus fortes qui sont difficilement rompues par l'eau. Ces nouvelles liaisons résistent lorsque le tissu est tordu et dans des conditions d'humidité, et permettent de replacer les chaînes de cellulose dans leur position initiale lorsque la force de torsion n'est plus appliquée. Ainsi le tissu résiste-t-il au froissement.

Les principaux types de résines utilisés dans le « repassage permanent » peuvent être séparés en deux (RPA, 2006) :

- les résines à base de formaldéhyde : celles-ci incluent les résines UF et MF, ainsi que d'autres intermédiaires, sous produit tels que l'urée de monométhylol, l'urée de diméthylol, la méthylène-urée, la triméthylol-mélamine et l'hexaméthylol mélamine qui forment des polymères avec les interstices des fibres textiles. La finition textile à base de formaldéhyde ou de dérivés du formaldéhyde est appliquée aux textiles en

---

<sup>19</sup> A l'état sec, les chaînes de cellulose que l'on trouve dans les tissus en coton sont maintenues ensemble par des liaisons hydrogène (qui forment une structure réticulée entre les groupes hydroxyle de chaînes adjacentes ; le tissu présente ainsi une bonne stabilité dimensionnelle. Quoi qu'il en soit, dans l'état humide, les molécules d'eau peuvent participer à la liaison hydrogène et pénétrer entre les chaînes de cellulose, brisant efficacement la structure réticulée. Si un tissu est froissé lorsqu'il est mouillé (par exemple lors du lavage), les chaînes bougent pour réduire les torsions et il n'y a pas de force efficace pour remettre le tissu dans sa forme initiale quand la contrainte de déformation est enlevée, ce qui conduit à des plis.

coton par la présence de catalyseurs appropriés comme le chlorure de zinc ou de magnésium.

- les dérivés d'urée cycliques : ce sont des agents de réticulation basés sur la N-alkoxyméthyle urée cyclique et qui se composent principalement d'éthylène-urées substituées, telles que la diméthylol-éthylène-urée (diméthyl-N,N' éthylène urée ou DMEU), la diméthyl-dihydroxy-éthylène-urée (N,N-diméthyl, 4,5 dihydroxyéthylène urée ou DMeDHEU), la diméthyloldihydroxyéthylène urée (DMDHEU<sup>20</sup>) et la diméthylolpropylène-urée (DMPU). Leurs groupes N-méthylol (N-CH<sub>2</sub>-OH) réticulent avec les groupes hydroxyle (OH) des fibres textiles de cellulose pour former des liens éther stables. Certains dérivés cycliques de l'urée sont des libérateurs de formaldéhyde.

### Colorants et impression pigmentaire

Bien que ceci ne soit pas une application dans le procédé de fabrication industrielle du textile, mais plutôt une étape de synthèse chimique, le formaldéhyde est également utilisé dans la production de sodium formaldéhyde bisulphite/sulphoxylate, utilisé dans la fabrication de teinture pour l'industrie textile (CICAD, 2002).

Des résines de MF sont ajoutées aux encres utilisées pour imprimer des motifs sur les tissus. Smith (1986) indique que du formaldéhyde est libéré lors de l'utilisation du bis(hydroxyméthanesulfinate) de zinc<sup>21</sup> utilisé comme rongeur<sup>22</sup> dans les usines de textile. Duval et Duval (1978) rapportent que le sulfoxylate-formaldéhyde serait le nom commercial d'un rongeur de formule NaHSO<sub>2</sub>-HCHO pour faire des réserves<sup>23</sup> sur les tissus (IRSST, 2004).

Les résines ajoutées aux encres pour imprimer des motifs sur les tissus favorisent la réticulation entre le liant de l'encre et la fibre textile. Elles aident également les colorants directs à obtenir un meilleur comportement à l'usage.

### Durcissement

Les résines à base de formaldéhyde sont utilisées pour le traitement des tissus d'ameublement nécessitant une certaine raideur, par exemple pour modifier le tombé d'une étoffe.

Elles sont également utilisées pour durcir les voiles de bateaux.

---

<sup>20</sup> Depuis les années 70, la plupart des industriels se sont dirigés vers l'utilisation de résines DMDHEU glycolés ou méthylés, qui ont produit des tissus avec moins de formaldéhyde libre (moins de 300 ppm). La norme ISO 14184 spécifie une méthode pour déterminer la quantité de formaldéhyde libre dans les textiles en utilisant la méthode d'extraction (Part 1) et la méthode d'absorption de vapeur (Part 2) / DMDHEU (diméthylol-dihydroxy-éthylène-urée, n°CAS : 1854-26-8) : produit de réaction de l'urée, du glyoxal et du formaldéhyde.

<sup>21</sup> n°CAS : 24887-06-7

<sup>22</sup> Agent chimique qui permet de détruire, à partir d'un tissu préalablement teint, la couleur initiale selon un motif gravé.

<sup>23</sup> Méthode de traitement du tissu de manière à ce que, durant l'opération subséquente de teinture, la partie traitée ne soit pas teinte.

## Ignifuge

Les traitements chimiques pour la finition textile peuvent également utiliser des résines à base de formaldéhyde afin de rendre le tissu ignifuge ou d'augmenter sa résistance à la combustion lente (IRSST, 2004).

Niemela *et al.* (1997) indiquent que l'ignifugation des tissus avec le procédé Pyrovatex CP<sup>24</sup> génère des niveaux particulièrement élevés de formaldéhyde sur de courtes périodes. Le formaldéhyde serait généré par ce produit mais également par d'autres résines utilisées conjointement telles que la MF. Le Pyrovatex CP New, une variante du produit original où l'agent de réticulation aminé est modifié, serait l'ignifugeant le plus important sur le marché.

## Liant

La ouate, employée dans la fabrication des doublures de vêtement, est un matériau non tissé constitué de fibres synthétiques qui sont d'abord mises en nappe par cardage puis agglomérées par pulvérisation avec un liant. Ce liant peut être à base de résines formo-phénoliques (IRSST, 2004).

## Résistance aux intempéries

Un autre rôle des résines à base de formaldéhyde dans le traitement des textiles inclut leur utilisation comme agent résistant à l'eau, quand il est utilisé en combinaison avec d'autres « imperméabilisants » comme la cire de paraffine, les émulsions de sel d'aluminium ou de zirconium, les composés organosiliconés, etc.). La pyridine, synthétisée à partir du formaldéhyde, peut également être utilisée dans l'industrie textile pour l'imperméabilisation de tissus (CICAD, 2002).

## Adoucissant et réduction de l'électricité statique (RPA, 2006)

Les adoucissants (assouplissants), qui peuvent être ajoutés aux tissus durant leur cycle de lavage ou de rinçage, fonctionnent par dépôt d'un lubrifiant chimique sur le tissu, qui le rend lisse au toucher, réduit la charge statique et diffuse un parfum frais. Le formaldéhyde ou les dérivés de formaldéhyde sont communément utilisés à cet égard, notamment les libérateurs de formaldéhyde (tels que les composés d'ammonium quaternaire). Ces molécules ont une charge positive qui les lie aux fibres textiles chargées négativement, aidant à dissiper les forces électriques qui sont responsables de la charge statique, alors que l'autre partie de la molécule est de nature grasse et procure la lubrification qui permet au tissu d'être doux au toucher.

## Désinfectant, conservateur, antimite

Certains procédés de nettoyage à sec utiliseraient le formaldéhyde comme solvant de nettoyage pour la désinfection (US EPA, 1991), et son utilisation en tant que conservateur dans les aides à la fabrication du textile (à de très faibles concentrations) a également été rapportée (RPA, 2006). Toutefois, le Centre Technique de la Teinture et du Nettoyage (CTTN) indique qu'en France le formaldéhyde n'est pas utilisé dans le domaine du nettoyage à sec, ou ne l'est plus depuis longtemps.

RPA (2006) rapporte également des propriétés **antimites** des résines à base de formaldéhyde dans les tissus, mais cet effet serait secondaire et non recherché.

---

<sup>24</sup> produit à base de phosphore organique (N-Méthylol diméthylphosphonopropionamide, n° CAS 20120-33-6) incluant un excès de formaldéhyde, fourni par la société CIBA Specialty Chemicals Corp. (High Point, NC).

Vigo (1994) estime que les facteurs suivants influencent l'émission de formaldéhyde des tissus traités avec des apprêts d'infroissabilité : la concentration de formaldéhyde libre dans la solution ou dans le bain de foulardage, la concentration de la résine et sa résistance à l'hydrolyse, le taux d'humidité et la température du tissu traité, le degré et l'uniformité de la réticulation des fibres, la nature et la quantité de catalyseur employé (IRSST, 2004).

### 5.13.3 Substitution

L'industrie textile se tourne de plus en plus vers des produits à faible teneur en formaldéhyde, et parvient, pour certaines utilisations, à utiliser des résines qui ne contiennent pas de formaldéhyde.

Pour les textiles destinés à l'habillement, certains labels « confiance textile » tels que le label Oeko-Tex<sup>25</sup> (le plus connu) imposent aux entreprises qui souhaitent se soumettre au protocole des seuils de concentration de formaldéhyde à ne pas dépasser. L'UIT fait toutefois remarquer que ce seuil ne peut être nul en raison de la présence toujours possible de traces de formaldéhyde sur l'étoffe, même sans utilisation de résine urée-formol.

#### Pour l'infroissabilité (Ineris, 2007)

D'autres technologies basées sur la « mémoire de forme » sont en cours de développement pour supprimer l'utilisation de résines à base de formaldéhyde.

L'American Chemical Society mentionne l'utilisation de nouveaux composés chimiques à la place du formaldéhyde dans les apprêts pour textiles, assurant l'infroissabilité<sup>26</sup>. Il s'agit de la DMDHEU (diméthylol-dihydroxy-éthylène-urée), autrement dénommée 1,3-bishydroxyméthyl-4,5-dihydroxy-2-imidazolidinone, et de la DHDMI (dihydroxy-diméthyl-imidazolidinone ou 1,3-diméthyl-4,5-dihydroxy-2-imidazolidinone).

#### Pour les teintures

Dans son rapport pour la DGE (2006), l'UIT indique que si la substitution du formaldéhyde dans les résines est possible dans les teintures utilisées pour l'habillement, elle représenterait un coût quatre fois supérieur.

Des agents séquestrant à base d'hydrolysate de protéine de soja sont utilisés pour fixer le formaldéhyde libre dans les encres d'impression textile (IRSST, 2004).

Pour certains produits spécifiques telle que le tulle ou la voilerie de bateaux, la substitution du formaldéhyde n'est pas envisagée à l'heure actuelle.

Pour l'agglomération des fibres, des résines phénoliques ou acryliques sans formaldéhyde pourraient être utilisées (IRSST, 2004).

#### Caractéristiques techniques des produits de substitution du formaldéhyde dans le textile (RPA, 2006)

En raison de problèmes avec le dégazage et le dégagement de vapeurs de formaldéhyde, diverses solutions de remplacement du formaldéhyde ont été recherchées pendant des

---

<sup>25</sup> [http://www.oeko-tex.com/OekoTex100\\_PUBLIC/index.asp](http://www.oeko-tex.com/OekoTex100_PUBLIC/index.asp)

<sup>26</sup> <http://acswebcontent.acs.org/landmarks/landmarks/cotton/press.html>

années, incluant le glyoxal<sup>27</sup>, l'acide butane-1,2,3,4-tétracarboxylique (BTCA)<sup>28</sup>, l'acide citrique, l'hypophosphite de sodium, le bicarbonate de sodium, etc.

Ce paragraphe porte sur les deux principales familles de produits considérées comme les alternatives les plus pertinentes et réalisables à ce jour, nécessitant toutefois une caractérisation précise de leur toxicité :

- les acides polycarboxyliques (PCAs) - en particulier, l'acide butane-1,2,3,4-tétracarboxylique (BTCA) et l'acide citrique – ont été identifiés comme des substitutions aux résines à base de formaldéhyde respectueuses de l'environnement. On pense qu'ils réticulent le coton en réagissant avec les groupes hydroxyle de la cellulose à travers un mécanisme intermédiaire d'anhydride.
- les silicones sont une nouvelle catégorie de substances utilisées dans les assouplissants aujourd'hui. Ils comprennent les polydiméthylsiloxanes (PDMS), les silicones amino-fonctionnelles, les silicones amido-fonctionnelles, les gommes/élastomères silicones et les silicones époxy – les trois premiers étant particulièrement appropriés au soin du linge. Ils procurent hydrophilie ou hydrophobie, maîtrise de l'électricité statique, lubrification, traitement antimicrobien et propriétés anti-glisse, améliorent l'assouplissement des tissus et en facilitent de repassage. Les PDMS et les silicones amino et amido-fonctionnelles sont émulsifiés pour faciliter leur incorporation dans les assouplissants ou dans les lessives. Les caractéristiques de l'émulsion, en particulier la taille de leurs particules et le (système) surfactant utilisé, jouent un rôle critique à la fois en termes de dépôt sur le tissu et de stabilité du produit fini.

### **Possibilité de substitution du formaldéhyde dans l'industrie textile (RPA, 2006)**

Le BTCA, par la présence d'hypophosphite de sodium agissant comme catalyseur, s'est avéré être un agent de réticulation efficace qui parvient à des taux de « repassage permanent » comparables à ceux atteints avec la DMDHEU (diméthylol-dihydroxy-éthylène-urée). Néanmoins il apparaît que cela est plus cher comparé aux autres agents de réticulation – d'où la consommation relativement lente (retardée) par les industriels du textile. L'acide citrique coûte beaucoup moins cher que le BTCA, est facilement disponible et n'est pas toxique<sup>29</sup> ; néanmoins, il n'atteint pas le même niveau de « repassage permanent » que le BTCA (SRRC, 2006).

Comme famille, le principal avantage des PCA sont qu'ils ne libèrent pas de formaldéhyde, ne diffusent pas d'odeur désagréable et produisent un tissu très souple.

Le principal inconvénient de l'utilisation des PCA en tant qu'agents de réticulation sont les pertes spectaculaires de résistance à la traction (ou propriétés mécaniques). La finition des tissus en coton avec des PCA (en particulier l'acide citrique) conduit à un jaunissement (ou une décoloration) des cotons blancs, bien que le BTCA produise un jaunissement des tissus blancs dans une moindre mesure que l'acide citrique. Il a été démontré que la cause du jaunissement des tissus traités au CA est la déshydratation de l'acide citrique avec la production d'acide aconitique à partir de l'enlèvement d'un groupe hydroxyle et d'un hydrogène adjacent (SRRC, 2006).

---

<sup>27</sup> Le glyoxal est classé mutagène de catégorie 3 par l'Union Européenne

<sup>28</sup> N°CAS : 1703-58-8

<sup>29</sup> L'acide citrique ne figure pas dans la liste des substances dangereuses de l'Union Européenne (Annexe I de la Directive 67/548/EEC).

Il a été montré que l'utilisation d'additifs, tels que la triéthylamine (TEA), associé à l'acide citrique, améliorerait la (mémoire de) blancheur des tissus en coton, de même que la résistance à la traction et à l'abrasion du coton traité. Bien que le mécanisme exact par lequel la TEA opère ne soit pas clair, une explication possible est que la TEA agit comme un agent éthérifiant, c'est-à-dire qu'il éthérifie le groupe hydroxyle de l'acide citrique et le protège de la rupture (SRRC, 2006).

Des mélanges de BTCA et d'acide citrique ont également été utilisés pour résoudre le problème de décoloration. On pense que, dans la mesure où l'acide citrique est un acide carboxylique  $\alpha$ -hydroxylé, une estérification pourrait se produire entre le groupe carboxyle du BTCA et le groupe  $\alpha$ -hydroxyle de l'acide citrique pour former un acide hexacarboxylique qui pourrait être encore plus efficace que le BTCA. Une étude a montré qu'alors que 100% de BTCA donnait un taux plus élevé de récupération à sec du froissement que 100% d'acide citrique, d'un point de vue pratique, un niveau acceptable d'angle de récupération pourrait être atteint avec un mélange de (1 pour 1 de) BTCA et d'acide citrique.

L'acide propane 1,2,3 tricarboxylique (PTCA) procure également de bonnes propriétés de « repassage permanent/durable » mais il a besoin d'une forte contribution massique pour atteindre de bonnes performances de « repassage permanent », et son coût est plus élevé. L'acide maléique est un composé bon marché, respectueux de l'environnement, qui pourrait potentiellement être un agent de « repassage permanent » efficace en présence d'activateurs et de catalyseurs convenables (Welch, 1988; SRRC, 2006).

Les polymères PDMS (polydiméthylsiloxane) améliorent l'avivage<sup>30</sup> du tissu, la facilité de repassage et l'absorption de l'eau. Une amélioration de la résistance mécanique peut également être obtenue avec des PDMS légèrement réticulés, et l'ajout de PDMS aux formulations d'assouplissants/adoucissants améliore de façon significative l'absorption d'eau des tissus en coton traité.

La faible rigidité du squelette du polymère permet au groupe méthyle d'être facilement accessible, ce qui induit de faibles interactions intermoléculaires du PDMS et également une faible tension de surface. Cette structure moléculaire particulière explique la propriété de lubrification des siloxanes (Dow, 2003).

Les silicones amino-fonctionnelles favorisent une excellente douceur, une facilité de repassage et des propriétés « infroissables », et procurent une résistance mécanique aux tissus. La forte affinité de liaison de polymères d'amines les rend plus appropriés aux tissus que d'autres polymères de silicone et, en général, les silicones amino-fonctionnelles atteignent leurs meilleures performances après 2 ou 3 lavages. Les silicones amido-fonctionnelles ont des structures similaires aux polymères d'amines, et présentent des points forts et des points faibles similaires (Dow, 2003).

Un entretien avec plusieurs sociétés et intervenants de l'industrie textile dans l'union européenne indique que :

- Le formaldéhyde n'est pas utilisé directement dans les process du textile ; plutôt que des résines, ce sont des dérivés du formaldéhyde ou des agents libérateurs de formaldéhyde (notamment des microcapsules) qui sont utilisés. Durant les 10 dernières années, il y a eu une réduction de la teneur en formaldéhyde dans les textiles ;

---

<sup>30</sup> Traitement complémentaire en vue d'améliorer ou de restituer la pureté du coloris et accessoirement le toucher et le brillant d'un article textile

- Alors qu'un certain nombre de méthodes sans formaldéhyde (à base de silicones, polyacryliques et polyuréthanes) ont été explorées, des problèmes relatifs au coût et à la performance ont restreint leur consommation. Les émissions dans l'air sont également une considération importante dans la réflexion sur la substitution. Par exemple, il est courant qu'une teneur plus faible en formaldéhyde soit obtenue aux dépens d'émissions plus importantes de méthanol ;
- D'autres substances souvent citées en tant que substitution au formaldéhyde, par exemple la DHDMI (dihydroxy-diméthyl-imidazolidinone ou 1,3-diméthyl-4,5-dihydroxy-2-imidazolidinone) n'atteignent pas la même efficacité sur tous les substrats ; de plus, bien que leur teneur en formaldéhyde soit faible, elles ne sont pas sans formaldéhyde. Aussi, alors que les PCA peuvent résoudre le problème de libération de formaldéhyde, de plus amples recherches sont nécessaires pour provoquer une réduction du coût de la finition « repassage durable » avec le BTCA et le PTCA et dans la perte des propriétés mécaniques du coton traité avec des PCA.

## 5.14 Cuir

### 5.14.1 Quantités utilisées

Le Centre technique Cuir Chaussure Maroquinerie (CTC), auditionné par le ministère de l'industrie, estime que les quantités de formaldéhyde consommées par les tanneries, mégisseries, chamoiseries et pelleteries françaises s'élèvent entre 11 et 15 tonnes par an. Malgré des consommations sectorielles très faibles par rapport à la consommation totale française, le formaldéhyde reste selon le CTC indispensable à la production de cuir français qui, dans le cas du veau, en font sa spécialité. Les tonnages proposés par le CTC sont équivalents à ceux rapportés par l'enquête relative aux CMR réalisée par Alcimed pour l'INRS (2007). En effet, d'après cette enquête, le secteur de l'apprêt et du tannage des cuirs consomme 15,7 tonnes de formaldéhyde.

### 5.14.2 Types d'utilisation

Différents procédés, recensés à travers la littérature et les consultations du ministère de l'industrie, impliquent l'usage de formaldéhyde.

#### Finissage caséine

CTC indique l'emploi du formaldéhyde utilisé comme agent de réticulation de protéine (la caséine) pour le finissage de certains cuirs notamment les finissages caséine. De manière traditionnelle, le formaldéhyde est utilisé en solution à 30 % et appliqué au pistolet en cabine. Les principales catégories de cuir concernées par ce type de finissage sont le box calf et certains cuirs exotiques de type crocodiles. Ce type d'utilisation représente une consommation de 7 tonnes par an.

S'agissant d'un réticulant, le formaldéhyde réagit avec les protéines à la surface du cuir. Seule une fraction de ce formaldéhyde est rejetée dans l'atmosphère. Le rendement d'application est estimé entre 75 et 95 %.

RPA rapporte que le formaldéhyde est employé dans le processus de tannerie en tant qu'agent de conservation afin de limiter la décomposition des fibres de collagène. Etant résistant à l'activité bactérienne, la chaleur et l'eau, le formaldéhyde protège également de la dénaturation et du rétrécissement lors d'une exposition à plus de 100 °C. En sus de ces propriétés de conservation, le formaldéhyde est capable de combiner et former des réticulations avec les groupes basiques. Durant le processus de tannage, les protéines de la peau sont converties en un matériel stable qui ne putréfie pas et peut être manipulé. En effet, les liaisons hydrogène sont substituées par des liaisons impliquant des substances chimiques naturelles ou synthétiques afin de stabiliser le produit contre les enzymes protéolytiques dans des environnements humides; de prévenir d'éventuelles ruptures dans des environnements secs et d'éviter le collage dans des environnements chauds.

Le processus de tannage se déroule en conditions alcalines, durant lequel le groupe aldéhyde du formaldéhyde réagit rapidement avec le nitrogène et d'autres groupements de la protéine et du collagène afin de former des ponts méthylènes et des liaisons durables. La liaison initiale entre le formaldéhyde et les protéines nécessite une journée contrairement à la formation des ponts méthylène.

#### Pré tannage des cuirs

Dans certains cas particuliers, le formaldéhyde peut être utilisé pour le (pré)tannage de cuirs (fourrures et chamoiserie). L'application se fait en milieu aqueux dans des foulons (tonneaux en bois rotatifs) ou en coudreuses (cuve agitée par des pales rotatives). Les références commerciales utilisées sont des solutions à 30 % de formaldéhyde.

## Autres

Pour la transformation du cuir, l'IRSST (2004) relève la présence de formaldéhyde comme matière résiduelle en très faible concentration dans les résines phénoliques utilisées comme agent poisseux avec le polychloroprène. Ce type d'adhésif est fort courant dans l'industrie de la chaussure. RPA (2006) relève également l'usage de résines à base de formaldéhyde pouvant être utilisées dans les colles des chaussures, des sacs ou des ceintures. Le CTC note toutefois que la fabrication française de chaussures et la maroquinerie ne font pas usage de formaldéhyde.

Par ailleurs, l'IRSST note, pour le tannage du cuir, que le formaldéhyde peut être présent en solution à 4% ou comme matière résiduelle dans certains produits de tannage à base de résines phénoliques sulfonées ou de résines aminées.

Par ailleurs, de nombreux auxiliaires utilisés dans l'industrie du cuir sont produits à partir de formaldéhyde et sont susceptibles d'en libérer en faible quantité (RPA, 2006).

Lors de la mise sur le marché des matières premières, le cuir peut dans certains cas contenir un résidu de formaldéhyde libre. Le seuil de détection est de 10 mg/kg. Des analyses réalisées par le CTC sur 232 échantillons sont présentées ci-dessous :

- 46 % des cuirs ont des teneurs inférieures au seuil de détection,
- 48 % dont les teneurs sont comprises entre 10 et 100 mg/kg,
- 7 % ont des teneurs supérieures à 100 mg/kg.

Le CTC souligne que le formaldéhyde fait l'objet de normes, labels ou autres modes de certification, notamment pour

- l'analyse de la substance dans le cuir (EN ISO 14184-1 ; IUC 19 ; JSL 1096 DE 1979) utilisée au Japon
- directive 99/13/CE relative aux émissions de composés organiques volatiles issus d'installations classées pour la protection de l'environnement
- Ecolabel européen (règlement 2002/231/CE) où la teneur dans les chaussures est fixée à 150 ppm

Pour le textile :

- Norme d'analyse : EN ISO 14184-1 et JSL 1096 DE 1979 pour le Japon
- Ecolabel textile (règlement 2002/371/CE) fixant le seuil à 30 ppm pour les textiles en contact direct avec la peau et 300 ppm pour les autres textiles.

Pour le secteur du cuir, la base de données SEPIA recense 5 préparations de concentration inférieure à 0,1 % contenant du formaldéhyde. Cependant, l'usage n'est pas précisé.

### 5.14.3 Substitution

Pour le finissage des cuirs, CTC rapporte que des produits de substitution ont été élaborés par les fabricants de produits chimiques. Ils contiennent également du formaldéhyde mais en concentration moins importante (de 8 à 15 %). L'application de solutions de formol à 30 % reste indispensable à la fabrication de certains cuirs.

RPA (2006) avance des pistes décrites comme des alternatives durant le processus de tannerie. Il existe cinq groupes majeurs de tannins employés dans l'industrie du cuir :

- Les tannins minéraux incluant les sels de chrome, d'aluminium ou de zirconium. RPA indique que 80 % du cuir produit est tanné partiellement ou complètement avec des sels de chrome
- Les tannins à base d'aldéhydes incluant notamment le glutaraldéhyde et le formaldéhyde. Les peaux peuvent être tannées en utilisant des aldéhydes neutralisés par la suite par des sulfates d'ammonium. En raison des préoccupations sanitaires, le formaldéhyde est limité dans les standards européens de tannerie. Lorsqu'un tannin à base d'aldéhyde est requis, le glutaraldéhyde modifié semble privilégié.
- Les tannins synthétiques correspondent souvent à la condensation sulfonée de composés aromatiques où le groupement hydroxyl est substitué avec du formaldéhyde et souvent avec des amides ou des résines dérivés de polyuréthanes ou d'acides polyacryliques. Les différents types de tannins synthétiques sont classés selon leurs usages et se destinent au pré tannage, en combinaison, comme auxiliaires....
- Les tannins végétaux se réfèrent aux composés polyphénoliques obtenus à partir d'écorce, de bois, de racines, de feuilles ou de fruits. Ils peuvent être classés en tant que tannins pyrogalliques hydrolysables (myrabolan, chêne, sumac, châtaigne...) ou tannins condensés à base de catéchol (mimosa, québracho). Les tannins végétaux employés correspondent une solution souvent sulfatée vaporisée sèche ou concentrée
- Les tannins huileux peuvent être employés pour la fabrication de cuir de chamois, durant laquelle les peaux sont malaxées avec des huiles de poisson.

Le paragraphe suivant discute des alternatives principales au formaldéhyde dans l'industrie du cuir.

### **Chrome**

L'agent de tannage le plus employé actuellement correspond aux sels de chrome. Le chrome utilisé est trivalent et non hexavalent. Les liaisons impliquant le collagène et le chrome restent les plus fortes identifiées à ce jour comparativement aux tannins végétaux ou synthétiques. RPA indique qu'environ 8 à 90 % du cuir mondial est tanné avec des sulfates de chrome. Les sulfates de chrome utilisés dans l'industrie du cuir sont principalement cationiques aux concentrations usuelles (2 % de solutions de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Des liqueurs concentrées (11 à 15 % de solutions de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ou des poudres sèches (20 à 26 % de solutions de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) lorsqu'elles sont fraîchement diluées peuvent présenter un caractère non ionique voire anionique.

### **Aluminium**

Les tannins à base d'aluminium sont utilisés depuis de nombreuses années dans l'industrie du cuir. Le processus de tannage reste analogue à celui impliquant le chrome mais les complexes formés sont moins stables aboutissant à une résistance moindre du cuir vis à vis de l'eau ou de la chaleur. Les sels d'aluminium restent employés pour le pré tannage, occasionnellement avec le chrome afin d'améliorer l'absorption de ce dernier ou pour la fabrication de fourrures ou de gants de cuir. Les sels d'aluminium peuvent être associés avec d'autres agents afin d'obtenir le tannage souhaité, par exemple la formation d'un précipité destiné à intensifier les nuances.

### **Zirconium**

Le zirconium peut être utilisé afin de produire un cuir résistant, blanc et stable. Cependant, des quantités importantes sont nécessaires pour la production du cuir (plus du double de la quantité requise pour le tannage par des sels de chrome) impliquant des coûts élevés qui limitent leurs usages. Comme l'aluminium, les sels de zirconium sont parfois associés au chrome ou à d'autres agents de tannage.

### **Glutaraldéhyde**

Sous des conditions équivalentes, le glutaraldéhyde présente un degré de tannage supérieur à celui du formaldéhyde pour un pH faible. Le glutaraldéhyde reste employé afin de produire un cuir avec des caractéristiques spécifiques (doux avec une résistance élevée à la sueur et aux multiples lavages) pour des applications limitées (gants de golf ou couvre-lits pour les hôpitaux). Il s'emploie également pour le pré tannage afin d'accélérer le tannage végétal ou pour fixer les fourrures ou la laine de mouton. En tant qu'agent de tannage, le glutaraldéhyde donne un cuir résistant et lavable. En association avec des sels de chrome, le glutaraldéhyde accroît la stabilité du cuir.

En conclusion, le formaldéhyde ne se présente pas comme le principal agent de tannage dans l'industrie. RPA ne se prononce pas sur l'usage actuel du cuir en Europe. Par ailleurs, lorsqu'un agent de tannage à base d'aldéhyde est requis, le glutaraldéhyde semble privilégié.

## 5.15 Caoutchouc, pneus

### 5.15.1 Quantités utilisées

Le Syndicat National du Caoutchouc et des Polymères (SNCP) estime la consommation de formaldéhyde en 2005 à environ 3 500 tonnes au total pour l'ensemble de ses adhérents (DGE, 2006).

L'inventaire des agents chimiques CMR de l'INRS (INRS, 2007) estime quant à lui que le secteur de la fabrication de caoutchouc synthétique (code NAF 24.1N) a consommé sur la même année environ 27 tonnes de formaldéhyde<sup>31</sup>, soit 0,02 % de la consommation de formaldéhyde des différents secteurs primaires identifiés.

### 5.15.2 Types d'utilisation

Le formaldéhyde est utilisé comme agent de coagulation, de vulcanisation<sup>32</sup> et de conservation du latex (DGE, 2006).

L'emploi de substances ou préparations contenant du formaldéhyde, dans l'industrie du caoutchouc, concerne deux domaines d'application :

- Les systèmes adhésifs à base de colles résine formophénolique / latex assurant dans l'article (pneumatique, courroie, bande transporteuse) la liaison entre les renforts textiles et la matrice caoutchouc.

En effet, le phénol et les composés phénoliques sont des produits bien connus pour la fabrication d'adhésifs (incluant les résines PF et les résines époxy), qui procurent une bonne adhésion et d'excellentes propriétés d'enduction dans les vernis pour matériaux tels que le caoutchouc (Motawie & Sadek, 1998).

- Les systèmes résines formo-phénolique/agent de réticulation destinés au renforcement de la matrice caoutchouc pour certaines zones du pneumatique sous forte contrainte ou pour certains articles en caoutchouc technique (tuyaux, bandes transporteuses, cylindres, ...) (DGE, 2006).

Le rôle du formaldéhyde dans ces préparations est :

- d'améliorer l'endurance, la résistance et le comportement au roulage des différentes gammes de pneumatiques (tourisme, camionnette, poids lourd, génie civil, deux roues, agricole, avion)
- de renforcer l'adhésion et la longévité des pièces en caoutchouc technique.

Le SNCP précise que le formaldéhyde est présent en faibles quantités dans les préparations utilisées :

- Dans le cas des textiles adhésifs, le procédé de fabrication mis en œuvre nécessite l'utilisation de formaldéhyde en solution aqueuse à des concentrations de l'ordre de quelques pourcents. Le formaldéhyde étant entièrement consommé lors des

---

<sup>31</sup> La quantité indiquée par le SNCP (3 500 tonnes) correspond vraisemblablement à une quantité de résines à base de formaldéhyde, alors que le chiffre de l'INRS exprime une quantité de formaldéhyde « pur ».

<sup>32</sup> - Procédé thermique qui permet au caoutchouc d'acquies ses propriétés élastiques

transformations chimiques, les renforts textiles adhésifs obtenus à l'issue de ce procédé en sont exempts.

- De même, les résines formophénoliques et les agents utilisés pour la réticulation ne contiennent pas de formaldéhyde ou à des niveaux inférieurs à 0,1 % ;
- Les pneumatiques et pièces techniques en caoutchouc vulcanisé même élaborés à partir de matières premières ou semi-produits contenant du formaldéhyde n'en contiennent plus sous forme libre, du fait des réactions chimiques mises en œuvre au cours du process (DGE, 2006).

### 5.15.3 Substitution

Le SNCP indique (DGE, 2006) souligne que la substitution du formaldéhyde apparaît difficile dans ce secteur. Il invoque notamment le fait que le formaldéhyde ne se retrouve pas à l'état libre dans les produits finis, et craint :

- des études de substitution longues et onéreuses ;
- un aboutissement négatif de ces études, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques actuelles ;
- de devoir modifier des installations existantes (fournisseurs et sites industriels) pour des raisons de sécurité ou de modification de process et d'installations ;
- une remise en cause fondamentale des solutions bien maîtrisées actuellement appliquées ;
- et des conséquences potentielles sur les performances liées à la sécurité.

## 5.16 Plasturgie, transformation des matières plastiques

Les matières plastiques sont constituées d'une résine (polymère) additionnée ou non de composants auxiliaires (plastifiants, charges, colorants, solvants, catalyseurs, durcisseurs, etc.).

La fabrication des résines est traitée dans le chapitre 3 relatif à la production et la transformation du formaldéhyde. Ce chapitre traite plus spécifiquement des résines utilisées dans le secteur de la plasturgie et la transformation des matières plastiques pour la production de produits finis.

### 5.16.1 Quantités utilisées

Dans le rapport de la DGE (2006), les industriels de la plasturgie indiquent qu'il n'est pas possible d'estimer la quantité annuelle de formaldéhyde consommée du fait de la grande variabilité des gammes de produits et des procédés de transformation. Ils précisent que les plasturgistes sont utilisateurs de colles et de résines à base de formaldéhyde mais n'en produisent pas eux-mêmes.

Néanmoins, l'INRS a estimé, dans son inventaire des agents et procédés CMR 2005 (INRS, 2007), que la fabrication de résines (colle néoprène), de latex et de mélamine, dans le secteur de la fabrication de matières plastiques de base<sup>33</sup>, avait consommé environ 1 700 tonnes de formaldéhyde, soit environ 1,35 % de la consommation annuelle de cette substance tous secteurs confondus<sup>34</sup>.

### 5.16.2 Types d'utilisation

Le formaldéhyde est un constituant de certaines colles, résines (résines aminoplastes, phénoplastes et polyacétals), vernis, utilisés dans le secteur de la plasturgie, mais non majoritaire et présent en faibles quantités. Les industriels de ce secteur précisent que leurs produits finis (ou semi-finis) ne contiennent pas de formaldéhyde libre (DGE, 2006).

Le formaldéhyde se décline sous deux formes dans ce secteur :

- comme matière résiduelle dans certaines matières thermodurcissables,
- comme produit de dégradation thermo-oxydative de ces matières thermodurcissables et de certaines matières thermoplastiques. (IRSST, 2004).

Il existe en effet deux grandes familles de matières plastiques : les thermoplastiques et les thermodurcissables.

1. Les thermoplastiques n'impliquent pas de réaction chimique dans leur transformation. Ces polymères peuvent être ramollis par chauffage et durcis par refroidissement de manière répétée et réversible, sans modification significative de leurs propriétés, ce qui les rend réutilisables et permet notamment leur recyclage. Ce sont les polymères les plus utilisés.

Les composés thermoplastiques sont pour la plupart constitués d'enchaînements « unidimensionnels », résultant de l'association de molécules simples. L'exemple type est celui des dérivés polyvinyliques (Fahri *et al.*, 1982).

---

<sup>33</sup> code NAF 24.1L

<sup>34</sup> 30 secteurs d'activité primaire ont été analysés pour cet inventaire

On retrouve dans cette famille une variété mettant en œuvre du formaldéhyde : les résines acétals ou **polyacétals**, et notamment le **polyoxyméthylène** et ses copolymères (**POM**).

La polymérisation des polyacétals se fait à partir du formaldéhyde en solution, ou du trioxane (composé hétérocyclique obtenu par polymérisation spontanée du formaldéhyde). Ce sont des matières plastiques dites industrielles. Plus chères que les résines à grand volume comme le polyéthylène, le poly(chlorure de vinyle) ou le polypropylène, les polyacétals représentent un marché de niche. Il est donc improbable de trouver des entreprises dédiées au moulage de ce seul polymère.

Les polyacétals sont livrés sous des formes diverses : poudres à mouler, granulés, semi-produits (plaques, barres, bâtons, tubes, profilés), auxquelles ont pu être ajoutées (ou non) différents produits (stabilisants, charges, additifs, colorants et pigments, solvants) quel que soit le procédé de transformation.

Les propriétés des résines acétals sont notamment (INRS, 1982) :

- leur résistance mécanique élevée ;
- leur dureté, rigidité et résilience<sup>35</sup> ;
- leur stabilité dimensionnelle à chaud ;
- leurs propriétés électriques et diélectriques ;
- leur résistance aux solvants organiques et minéraux usuels.

Les polyacétals, et notamment les POMs, sont plus durs, plus rigides et durent plus longtemps que les autres plastiques. Ils sont utilisés en tant que tels dans de nombreux domaines d'application dans lesquels les matières métalliques étaient utilisées auparavant. Le POM, qui présente des avantages de forte solidité et de résilience, de résistance aux produits chimiques et à l'eau (résistance à la corrosion), une haute résistance à l'abrasion et à l'usure, et de bonnes performances aux fortes et faibles températures, est également léger, durable et recyclable (CEFIC, 1999).

Pour ces raisons, on retrouve les polyacétals dans de nombreuses applications (OMS, 1989; CEFIC, 1999) :

- les applications industrielles et agricoles, le domaine du transport et de la construction : machineries, pompes, engrenages, quincaillerie, roulements à bille, pompes à eau, pompes et bouchons de réservoirs à essence, etc. pour les véhicules et bâtiments extérieurs. Les polyacétals sont notamment incorporés dans l'automobile pour en réduire le poids et la consommation de carburant, et sont utilisés dans des pièces de moteurs de véhicules et de machines soumis à des contraintes thermiques ou mécaniques ;
- des équipements domestiques et biens de consommation : montres, mixeurs, adoucisseurs d'eau, pommes de douche, appareils de cuisine, machines à laver et à sécher le linge, machines à laver la vaisselle, ordinateurs, imprimantes ;
- des équipements sanitaires et médicaux : par exemple, appareil de distribution de médicaments tels que les inhalateurs, et
- des articles de sport : bateau et planches à voiles, équipement de ski.

---

<sup>35</sup> Résistance d'un matériau à un choc

- la confection de composants fonctionnels d'équipement électroniques audio et vidéo, et l'ingénierie de précision et de communication.

2. Les thermodurcissables (ou thermorigides) deviennent insolubles et infusibles après polymérisation. Leur transformation est chimique et irréversible.

L'industrie des matériaux composites utilise majoritairement des résines thermodurcissables.

Deux variétés de résines à base de formaldéhyde entrent dans la famille des thermodurcissables :

- Les **résines phénoliques** (ou phénoplastes), issues de réactions de polycondensation du phénol avec le formaldéhyde et d'un catalyseur de type acide fort ou basique ;
- Les **résines aminées** (ou aminoplastes), telles que les résines urée-formaldéhyde (UF) ou mélamine-formaldéhyde (MF) obtenues par hydroxyméthylation ou polycondensation (IRSST, 2004).

Le formaldéhyde et les résines à base de formaldéhyde offrent des qualités thermodurcissables qui permettent aux plastiques d'être moulés dans différentes pièces de structure telles que les jouets en plastique, les équipements, etc.

Les résines formo-phénoliques procurent également aux plastiques une résistance à la chaleur qui les empêche de ramollir quand ils sont chauffés, par exemple, dans les matériaux d'isolation tels que les poignées de casseroles, les composants électriques de radio, de télévision et de téléphone et les fers à lisser.

### 5.16.3 Substitution

Les industriels de la plasturgie n'ont pas engagé de recherche de substitution du formaldéhyde en raison de la complexité de la démarche qui implique leurs fournisseurs en amont (Ineris, 2007).

En effet, ils considèrent que le formaldéhyde est essentiellement utilisé comme un produit de départ pour la synthèse d'un plus grand polymère, et indiquent que les produits finis à base de plastiques phénoliques et POM ne sont pas censés émettre de formaldéhyde (OMS, 1989).

Ils renvoient de ce fait une éventuelle obligation de substitution du formaldéhyde vers les industriels (transformateurs) les fournissant.

## 5.17 Electrique, électronique

### 5.17.1 Quantités utilisées

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

### 5.17.2 Types d'utilisation

Ce secteur d'activité utilise le formaldéhyde principalement sous forme de substance ou de préparation mais uniquement des matériaux en contenant.

Les publications relèvent notamment l'utilisation de vernis liquides pour les câbles émaillés. La production de fils émaillés se fait par application et cuisson d'un vernis d'émaillage sur un fil conducteur, dans le but d'assurer l'isolation des câbles. D'après le Syndicat professionnel des fabricants de fils et câbles électriques (SYCABEL), 70 % des vernis liquides utilisés contiennent des traces de formaldéhyde, car leur constituant de base est la résine phénolique. Le taux maximal de formaldéhyde retrouvé dans ces vernis serait de 0,5 %. (DGE, 2006).

Le formaldéhyde est également retrouvé dans les bois de calage utilisés pour fixer le cercle magnétique et bloquer les bobines des transformateurs électriques.

Des résines à base de formaldéhyde sont utilisées dans les fils et câbles électriques, l'électroménager ou la fabrication de composants fonctionnels pour des équipements électroniques audio et vidéo.

Les résines à base de formaldéhyde procurent en effet aux plastiques une résistance à la chaleur les empêchant de ramollir quand ils sont chauffés, par exemple dans les matériaux d'isolation comme les composants électriques de radio, de télévision et de téléphones, et les fers à lisser (RPA, 2006).

Le formaldéhyde est également utilisé pour l'électrodéposition de circuits imprimés, notamment dans le procédé de cuivrage autocatalytique. Les circuits imprimés sont constitués d'étroites bandes de cuivre adhérent à un substrat isolant fait généralement de résine époxy stratifié à la fibre de verre. Le dépôt de cuivre sur ces matériaux diélectriques exige l'utilisation du cuivrage autocatalytique, appelé aussi cuivrage chimique. Dans ce procédé, le formaldéhyde est utilisé comme agent réducteur dans les solutions de placage (IRSST, 2004).

### 5.17.3 Substitution

Le Groupement des industries de l'équipement électrique, du contrôle commande et des services associés (GIMELEC) indique que les industriels recherchent depuis quelques années la suppression des fils émaillés à base de formaldéhyde.

Il précise avoir interrogé ses fournisseurs de matériaux contenant du formaldéhyde sur ce sujet. (DGE, 2006).

Pour les bois de calage utilisés dans les transformateurs électriques, le remplacement du bois par des métaux, notamment le fer, est de plus en plus opéré pour le calage du cercle magnétique. Néanmoins, les motifs de cette substitution ne sont pas liés à la présence de formaldéhyde dans le bois mais à la propriété d'imprégnation du polychlorobiphényle (PCB) dans les parties poreuses du transformateur, notamment le bois, qui pose des problèmes ultérieurs de traitement du déchet de ces bois.

La métallisation directe des circuits imprimés est une technique permettant de supprimer la phase de cuivrage chimique. Elle consiste à ensemercer les parties à métalliser par un

dépôt chimique de palladium-étain, avant passage dans un bain « accélérateur » pour échanger l'étain contre du cuivre (Cahier Industries, 1998). Là encore, l'objectif de cette substitution de technologie est de diminuer les rejets polluants (dont le cuivre) plus que l'exposition potentielle au formaldéhyde.

## 5.18 Fonderie

### 5.18.1 Quantités utilisées

D'après l'enquête relative aux CMR réalisée par Alcimed pour l'INRS, le secteur de la fonderie consomme principalement du trichloréthylène et du nickel avec 4 750 tonnes de produits CMR consommés au total. Les quantités annuelles de formaldéhyde en France imputables au secteur de la fonderie s'avère négligeable (inférieur à 10 kg). Les fondeurs de France soulignent qu'il n'existe pas de consommation directe de formaldéhyde. Il est utilisé par les fournisseurs pour la fabrication de liants contenant une partie formo-phénolique.

### 5.18.2 Types d'utilisation

Le procédé de fonderie consiste à couler du métal fondu dans un moule pour obtenir un produit ou une pièce de forme et de dimensions précises; le moule peut être doté d'un noyau<sup>36</sup> définissant les dimensions du produit final. Le moule et les noyaux sont parfois faits de sable lié avec une résine à base de formaldéhyde. Les étapes de fabrication majeures impliquent :

- la fabrication du moule, des noyaux et l'assemblage du moule;
- la fusion du métal;
- la coulée du métal dans le moule;
- le refroidissement de la pièce moulée;
- le démoulage et le dénoyautage (décochage);
- le dessablage et l'ébarbage (IRSST, 2004).

Les fondeurs de France et le centre de développement des industries de mise en forme des matériaux (CTIF) ont été consultés par le ministère de l'industrie afin de recenser les applications du formaldéhyde et les alternatives éventuelles. Ils indiquent que seuls les procédés impliquant la coulée de métal dans des moules fabriqués à partir de sable aggloméré par des résines chimiques peuvent générer des émissions de formaldéhyde.

La fonderie sous pression, qui consiste à couler du métal liquide dans un moule métallique, n'est pas concernée par cette problématique. Il existe une situation intermédiaire, où le moule est métallique avec un noyau en sable et un liant.

#### Préparation des moules en fonderie

Il existe des procédés de moulage à liants minéraux (argile...) ou organiques. Seuls ces derniers peuvent générer, lors de l'utilisation, une émission de formaldéhyde. Les mouleurs de pièces métalliques disposent de nombreux procédés de fabrication des moules et des noyaux; le choix de l'un ou l'autre est lié, entre autres, à la forme et la dimension de la pièce. Il s'agit de placer sable et liant dans un modèle, de faire durcir le tout et d'enlever le modèle. Il est utile de structurer ces types de procédés de façon à mettre en évidence ceux pouvant entraîner des expositions au formaldéhyde. Il y a

---

<sup>36</sup> Composant du moule permettant de réaliser les évidements intérieurs de la pièce ou des zones en contre-dépouille

plusieurs façons de classer les procédés de moulage et de noyautage : apparence physique des sables, état physique des liants, vitesse de prise ou mode de prise (IRSST, 2004).

En fonderie de sable, les trois groupes de produits entrant dans la fabrication des moules et des noyaux en sable sont :

- Sables de base : de nombreux sables de base sont disponibles. La silice cristalline est le matériau le plus universellement employé pour la confection des moules et des noyaux. Parmi les autres, on retrouve la chromite, l'olivine, le zircon et les silico-alumineux.
- Produits annexes : on retrouve parmi ceux-ci certaines matières organiques sujettes à la décomposition thermique et des matières inorganiques; il s'agit d'agents générateurs d'atmosphère réductrice, de débouillage, de démoulage, de colles, de mastics...
- Liants : les liants sont avec les sables de base les éléments les plus importants employés dans la fabrication des moules et noyaux en fonderie. Les liants confèrent au matériau de moulage, une certaine plasticité qui lui permet d'épouser la forme du modèle, et, suite à son durcissement, la résistance mécanique nécessaire jusqu'à l'ultime solidification du métal. Les liants peuvent être :
  - Minéraux comme les argiles, bentonite, silice colloïdale, silicate soluble, plâtre et ciment ou
  - Organiques comme les matières amylacées, les huiles siccatives et les résines synthétiques thermodurcissables ou durcissables à froid.

Les mêmes résines synthétiques peuvent être durcies sous l'effet de chaleur ou à froid à l'aide d'un catalyseur. L'utilisation de la chaleur accroît cependant le potentiel d'émission de formaldéhyde dans l'environnement de travail comme dans le cas des procédés de Croning, boîte chaude et boîte tiède.

Les résines phénoliques (PF) sont des polymères de phénol et de formaldéhyde soit sous forme de novolaques ou de résols. Les novolaques ne contiennent pas de formaldéhyde libre mais leur durcisseur (paraformaldéhyde ou hexaméthylènetétramine) peut dégager du formaldéhyde dans l'air ambiant lors de la réticulation. Les résols contiennent un excès de formaldéhyde devant servir au durcissement.

On utilise les résines urée-formaldéhyde (UF) uniquement à la coulée des métaux non ferreux. Le processus de durcissement s'accompagne toujours d'une émission de formaldéhyde importante. Les résines furanniques utilisées sont surtout présentes sous la forme d'un mélange de polymères avec une ou plusieurs résines aminées comme l'urée-formaldéhyde (UF), la mélamine formaldéhyde (MF), des résines phénoliques (PF) et résorcinol-formaldéhyde (RF). D'autres résines synthétiques comme les polyuréthanes (PU), les polyesters, les acryliques ou les alkydes sont aussi utilisées. Elles peuvent être la seule résine présente dans le liant ou il peut y avoir présence de certaines résines à base de formaldéhyde comme dans le procédé Pepset<sup>37</sup>.

---

<sup>37</sup> Procédé à froid auto durcissant, sans gazage. La mise en œuvre consiste en un enrobage du sable dans un malaxeur avec alimentation automatique (par pompes doseuses) ou manuelle. La prise est rapide après l'apport du catalyseur.

Les différents procédés de moulage et de noyautage sont choisis en fonction de la taille de la pièce coulée, du nombre de pièces à réaliser et de la nature de l'alliage à couler. Les taux de liants varient dans un moule neuf de 0,8 à 2,0 % du poids de sable.

### Procédés de moulage et de noyautage concernés

Les procédés de moulage et de noyautage peuvent être classés en fonction du mode de prise, selon qu'il soit thermique, autodurcissable ou par gazage. Les liants utilisés en fonderie renferment des taux de formaldéhyde libre très bas. La résine et le catalyseur ne doivent jamais être mis en contact, nécessitant d'ajouter au sable le catalyseur avant la résine. Les malaxeurs continus ou discontinus peuvent être utilisés pour la préparation des sables et les résines sont amenées par des tuyaux depuis les containers vers les malaxeurs.

Le Tableau XIII liste les procédés impliquant notamment l'usage de résines aminoplastes (urée formaldéhyde) ou phénoplastes (phénol-formaldéhyde).

**Tableau XIII : procédés impliquant l'usage de formaldéhyde dans le secteur de la fonderie (CTIF, 2007)**

	Procédé	Liants	Présence de formaldéhyde libre dans la résine	
			Oui	Taux
Thermique	Croning	PF novolaque	Non	
	Boîte chaude	UF, PF résols, UF/PF, UF/AF, UF/PF/AF	Oui	0,4 à 4 %
	Boîte tiède	AF, UF/PF/AF	Oui	2 %
Autodurcissant	Silicate ester	Silicate de soude	Non	
	Phénoliques	PF résols	Oui	0,2 à 0,6 %
	Furaniques	UF/AF, PF/AF, UF/PF/AF	Oui	0,1 à 0,4 %
	Polyuréthane	PF, résols/isocyanates	Oui	0,1 à 0,2 %
	Phénolate alcalin ester	Phénolates	Oui	0,2 à 1 %
Gazage	Silicate CO <sub>2</sub>	Silicate de soude	Non	
	Polyuréthane	PF, résols/isocyanates	Oui	0 à 0,2 %
	Isoset	Acrylique modifié ou non epoxy	Non	
	Phénolate alcalin ester	Phénolates alcalins (résols)	Oui	0,1 à 1 %
	Phénolate alcalin CO <sub>2</sub>	Phénolates alcalins (résols)	Oui	< 0,2 %
	Isomax		Non	

### 5.18.3 Substitution

L'IRSST (2004) indique que certains procédés de moulage-noyautage n'utilisent pas de liant contenant du formaldéhyde. Le remplacement des procédés à chaud par le durcissement à froid diminuerait les émissions.

Les autres pistes avancées par l'institut concernent plus particulièrement la maîtrise de l'exposition, notamment l'utilisation de résines à plus faible taux d'émission ou le confinement des étapes émettrices de formaldéhyde et l'installation de hottes aspirantes au-dessus des sources.

Les Fondateurs de France soulignent que, pour certaines résines utilisées en fonderie, le formaldéhyde est utilisé pour réagir avec le phénol afin de former un phénoplaste par réaction de polycondensation. Ensuite, l'ajout d'un catalyseur acide permet de durcir la résine. Le formaldéhyde est donc un composé indispensable à la chimie des résines utilisées en fonderie. Depuis les dix dernières années, les différents fournisseurs ont nettement diminué le taux de formaldéhyde dans les résines. Sa substitution par d'autres molécules chimiques n'est pas techniquement possible actuellement selon les industriels.

## 5.19 Laines d'isolation

### 5.19.1 Quantités utilisées

Le rapport, rédigé par le ministère de l'industrie suite aux consultations réalisées auprès des industriels concernés, rapporte une valeur, estimée par les producteurs de résines, de 5 500 tonnes par an utilisées pour la production de laines minérales.

### 5.19.2 Types d'utilisation

La plupart des isolants en laine minérale (laine de verre et laine de roche) utilise un liant à base de résine formo-phénolique afin de lier les fibres entre elles et donner aux produits leurs caractéristiques physiques et mécaniques. Le liant est pulvérisé juste après la formation des fibres. Ces dernières sont ensuite collectées sur un tapis pour former un matelas avant de passer dans une étuve à 250 °C pour polymériser le liant.

Si la laine minérale doit rester sous forme de flocons ou de vrac, aucun traitement chimique en sortie de production n'est nécessaire (RPA, 2006). Le liant contenu dans les laines d'isolation reste quantitativement faible, mais pour de fortes densités de produit on peut atteindre 25 % de la masse totale (RPA, 2006). Le syndicat national des fabricants d'isolants en laines minérales manufacturées (FILMM) et le syndicat professionnel des fabricants de laine de roche (SPLR) contestent cette information et estiment que le liant ne représente pas plus de 5 % en masse totale. La teneur en liant des produits de laine isolante est habituellement inférieure à 5 % en poids (CIRC, 1988), mais elle peut aller jusqu'à 10 % (TIMA, 1991).

Certains produits restent exempts de tous liants ; ils sont utilisés soit pour une application dans laquelle l'intégrité des fibres de laines n'est pas nécessaire, soit dans le cas où cette intégrité est obtenue par d'autres moyens, comme l'encapsulation dans une gaine de plastique (CIRC, 2002).

En règle générale, les laines minérales contiennent plus de 90% de fibres, 3 à 5% en moyenne de liants organiques (résine phénolique, formol, phénol ou urée-formolphénol) qui assurent la cohésion du produit et moins de 1% d'huile qui limite l'émission de poussière et l'absorption de l'eau.

La polymérisation résulte du chauffage à 250 °C sur la ligne de production. Le terpolymère se compose essentiellement d'eau, de résine phénolique, d'urée, de sulfate d'ammonium, d'ammoniaque, de silane, d'huile minérale, d'huile de silicone...

- La résine est essentiellement un résol phénolique se composant d'un mélange du phénol de triméthylol, du phénol de diméthylol et de **formaldéhyde**. La résine est en solution aqueuse
- L'urée est mise en réaction avec la résine afin de la diluer, réduire le niveau de formaldéhyde libre et également pour améliorer la résistance au feu du produit final. Néanmoins, l'urée présente deux inconvénients principaux définis par la réduction de la solubilité de la résine et sa décomposition éventuelle en ammoniac. L'urée varie entre 0 et 60 % au sein de la résine urée/phénol/formaldéhyde.
- L'ammoniac améliore la solubilité du liant permettant d'ajouter plus d'urée et d'en augmenter sa stabilité. Elle participe également au maintien du pH dans la gamme souhaitée et réagit avec le formaldéhyde libre.
- Le sulfate d'ammonium permet de faciliter la polymérisation du liant.

- Le silane se définit comme une interface essentielle entre le verre inorganique et le liant organique. Des huiles minérales et de silicone sont ajoutées afin d'améliorer les caractéristiques de manutention et l'hydrophobie des produits, et enfin pour supprimer la formation de poussière (FILMM, 2007).

La préparation de la résine peut être réalisée sur le site de production ou *ex situ*.

La composition du liant influence notamment la température de cuisson et le coût de production. Le liant doit se répartir sur la fibre et joue le rôle de point de soudure après la cuisson permettant ainsi de former une structure enchevêtrée. La quantité et la composition répondent à la balance entre formation de la structure en trois dimensions et souplesse de la laine pour éviter une rupture.

Le livre blanc du FILMM (2002) souligne que le liant est polymérisé pendant la production, lors de son passage dans une étuve. A la suite d'une réaction chimique et thermique, il devient solide et contient une faible quantité résiduelle de formaldéhyde libre (activité biocide) susceptible de s'échapper du produit lors de la pose ou de l'utilisation.

Pour la production, l'IRSST et les auteurs de cet article précisent que les sources importantes d'émission de formaldéhyde sont les suivantes:

- le formaldéhyde provient de l'hydrolyse de la résine à base de formaldéhyde sous forme d'aérosol produit par le procédé de pulvérisation.
- le formaldéhyde s'échappe de la fibre avec la résine non cuite lorsque cette dernière est dirigée vers d'autres opérations comme des presses pour les produits moulés ou les machines à enrouler pour les produits d'isolation de tuyauterie.
- le formaldéhyde provient des fumées de cuisson. Cette source est aussi présente dans les presses des produits moulés ou les cuiseurs pour les produits d'isolation de tuyauterie.

Pour certaines applications telles que les fours électroménagers, les producteurs ont des solutions sans liant organique. Ces solutions sont utilisées en Europe. Pour les autres usages, si l'utilisation d'un produit sans liant n'est pas possible, les fiches de données de sécurité informent sur ce dégagement lors de la première chauffe et préconisent d'aérer ou de se protéger si l'aération n'est pas suffisante (FILMM, 2007).

Un dégagement de formaldéhyde peut se produire lorsque le produit est porté pour la première fois à une température supérieure à 200 °C, entraînant ainsi une dégradation thermique de l'encollage polymérisé. Cette température est atteinte uniquement dans des applications industrielles ou lors du premier nettoyage par pyrolyse d'un four électrique ou domestique. Dans ce dernier cas, une bonne ventilation doit être assurée pendant la courte durée de ce dégagement (FILMM, 2007).

Par conséquent, le formaldéhyde peut se vaporiser lorsque ces produits sont utilisés pour isoler des chaudières, des fours ou des tuyaux (isolation de conduites de fluides chauds dans l'industrie chimique par exemple) dont la température dépasse 200 °C pendant le chauffage initial provoquant ainsi un dégagement de formol, de phénol et d'autres composés pouvant irriter les yeux, le nez ou la gorge. Il est alors nécessaire d'utiliser une protection respiratoire adaptée pendant le chauffage initial.

A noter que l'Afsset, dans le cadre de l'expertise réalisée sur les fibres minérales artificielles, a mandaté le centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et le laboratoire des particules inhalées de la ville de Paris (LEPI) afin d'associer leurs compétences en vue de caractériser d'une part les matériaux isolants neufs ou anciens (prélèvement d'échantillons sur sites) et d'autre part les libérations de fibres sur les chantiers de retrait de laines minérales isolantes.

Les données sont présentées dans le rapport final intitulé « Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs aux fibres minérales artificielles. Rapport d'expertise relatif aux laines minérales et aux filaments continus de verre » disponible sur le site de l'Afsset<sup>38</sup>(2008). Le principal composé émis par ces différents produits d'isolation reste le formaldéhyde, reflétant vraisemblablement la présence d'une résine formo-phénolique. Par ailleurs, les essais réalisés sur les produits anciens montrent que les émissions de formaldéhyde peuvent perdurer, même après plusieurs années de pose.

### 5.19.3 Substitution

Les industriels indiquent les contraintes des procédés de fabrication soulignant ainsi les bonnes performances de la résine formo-phénolique et la difficulté à la substituer. Une résine doit présenter les propriétés suivantes :

- Solubilité dans l'eau ;
- Stabilité entre la production de la résine et son utilisation en usine ;
- Viscosité dans une plage permettant son utilisation et une bonne répartition sur les fibres ;
- Faible corrosivité dans les solutions alcalines ;
- Faible combustibilité pour les applications finales ;
- Pulvérisation avec un spectre de granulométrie adéquat pour optimiser le rendement du liant (à savoir mettre un minimum de liant permettant d'obtenir les propriétés requises des produits) ;

Concernant la réactivité, la résine est soumise aux exigences suivantes :

- Ne doit pas réagir immédiatement après la pulvérisation sur les fibres. Ceci détériorerait les propriétés des produits,
- Doit réagir rapidement et à faible température dans l'étuve de polymérisation ;
- pH proche du neutre pour permettre une utilisation avec diverses compositions de verre ou roche ;
- Limitation des développements bactériens dans les eaux de lavage : protection des salariés, du voisinage mais aussi garantie que les produits ne développeront pas de moisissures ;

Les contraintes relatives aux caractéristiques des produits finis incluant notamment la résistance mécanique, la stabilité, la sécurité en cas d'Incendie....

Les industriels rappellent qu'une technologie alternative doit répondre à toutes ces exigences de procédés et de produits, avec un coût acceptable.

---

<sup>38</sup> [www.afsset.fr](http://www.afsset.fr)

A l'heure actuelle, selon les industriels auditionnés, les alternatives éventuelles ne répondent pas à l'ensemble de ses attentes. Elles incluent les résines suivantes :

### **Résine phénolique à basse teneur en formaldéhyde ;**

#### **Polyacétate de vinyle**

Ces résines restent relativement coûteuses (200 à 300 % par rapport aux résines formo-phénoliques) et présentent des performances inférieures. Les émissions de COV restent de plus inconnues.

#### **Polyesters (y compris PVOH, Polyacryliques) ;**

Une résine acrylique est exploitée commercialement aux Etats-Unis pour la fabrication de laines minérales. L'application de cette résine concerne seulement une partie des produits commercialisés et certains industriels soulignent les performances moindres des produits en question (augmentation de l'émission de poussières, propriétés mécaniques inférieures, caractère corrosif pour les équipements de production et nécessité d'adapter les équipements de polymérisation (étuves), incompatibilité avec d'autres liants employés sur le site (incidence pour les eaux de nettoyage...) et un coût plus élevé (250 à 300 % par rapport aux résines formo-phénoliques). Enfin, ces nouvelles résines n'ont pas fait l'objet d'études toxicologiques aussi complètes que les résines phénoliques et aucune comparaison des risques des 2 solutions n'est disponible. Par exemple, l'impact de ces nouvelles résines sur la tenue aux moisissures des produits d'isolation en laines minérales en cas d'humidité anormale n'a pas été évalué.

#### **Epoxy et polyuréthane ;**

Même si leurs propriétés individuelles sont intéressantes (tension mécanique élevée pour la première, chimie polyvalente et temps de cuisson rapide pour la seconde), ces deux résines présentent un coût largement supérieur à celui des résines formo-phénoliques (facteur de 300 à 400 %) et de possibles conséquences pour la santé (par exemple, certains époxydes provoquent des dermatites et les polyuréthanes contiennent des isocyanates (effets respiratoires et cutanés) et présentent de mauvaises propriétés contre l'incendie)

#### **Résines inorganiques ;**

#### **Résines naturelles.**

L'Afsset a pu vérifier l'implication de certains industriels dans la recherche et le développement des alternatives aux résines formo-phénoliques, d'autres n'ont pas souhaité répondre.

## 5.20 Revêtements

La Directive 2004/42/CE<sup>39</sup> et sa transposition en droit français (décret 2006-623 et arrêté du 29 mai 2006) définissent comme « revêtement » *toute préparation, y compris tous les solvants organiques ou préparations contenant des solvants organiques nécessaires pour une application adéquate, utilisée pour obtenir un film ayant un effet décoratif, un effet protecteur ou tout autre effet fonctionnel sur une surface.*

Toutefois, cette définition ne s'applique que :

- aux revêtements peintures et vernis formant un film appliqués sur les bâtiments ;
- leurs menuiseries de finition et garnitures ;
- les structures associées à des fins décoratives, fonctionnelles et de protection ;
- les « produits de retouche de véhicules » qui désignent les produits utilisés pour les opérations de revêtement de surface sur un véhicule routier ou sur une partie d'un tel véhicule, se déroulant hors des installations de fabrication, dans le cadre de la réparation, de la préservation ou de la décoration du véhicule.

### 5.20.1 Quantités utilisées

Les quantités utilisées selon les secteurs concernés sont (INRS, 2007) :

- Secteur de la fabrication de colorants et pigments : environ 4 tonnes de formaldéhyde consommé par an,
- Fabrication de peintures et vernis : 0,8 tonne de formaldéhyde consommé par an,
- Fabrication de colles et gélatine : 131 tonnes de formaldéhyde consommé par an.

### 5.20.2 Types d'utilisation

L'enquête réalisée par la Fédération des industries des peintures, encres, couleurs, colles et adhésifs (FIPEC) porte sur les revêtements de peintures et vernis, encres d'imprimerie, couleurs, colles, adhésifs et mastics.

Il est à noter que les revêtements mis sur le marché ne sont pas tous fabriqués par les adhérents FIPEC. Les résultats de l'enquête portent donc sur un panel représentatif mais non exhaustif. Différentes tailles d'entreprises sont représentées, groupes internationaux et filiales de groupes internationaux, grandes entreprises, PME / PMI.

Sur 171 sociétés interrogées, 37% ont répondu. Sur ces 37% de réponses, moins de 40% de ces sociétés utilisent des matières premières / préparations contenant du formaldéhyde libre.

L'enquête fait ressortir que les matières premières / préparations concernées sont :

- Additifs de protection en pot

Ces additifs peuvent être soit ajoutés volontairement par les fabricants de revêtements, pour assurer la protection de la préparation contre le pourrissement en libérant du formaldéhyde en continu lors du stockage en pot, soit ils sont déjà incorporés dans les liants / résines en phase aqueuse que les fournisseurs vendent ensuite aux fabricants de revêtements.

---

<sup>39</sup> Directive n°2004/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 avril 2004 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules

Concernant la protection en pot des revêtements, le taux d'additif utilisé pour assurer cette protection se situe entre 0,1 et 1% en masse. Les taux indicatifs de formaldéhyde dans ces additifs, transmis par les fournisseurs, sont inférieurs à 1%.

La majorité des revêtements concernés par les additifs de protection sont des revêtements de façade, appliqués par rouleau, brosse ou pistolet. Certaines encres peuvent également en contenir. L'application de ces encres est faite en automatique sur chaîne.

- Liants / résines issus de réactions entre le formaldéhyde et d'autres molécules

Ce sont des résines de type *mélanine-formol*, *urée-formol*, *formo-phénolique*... Ces résines peuvent avoir ou non des taux résiduels de formaldéhyde libre. Les fournisseurs vendent ces résines aux fabricants de revêtements. Ces résines ont un rôle essentiel dans la mise au point de revêtements professionnels ou industriels, peintures, vernis et colles. Ces résines sont utilisées pour leurs propriétés d'adhérence sur supports difficiles, résistances mécanique et chimique, et apportent une plus ou moins grande souplesse aux revêtements.

L'usage du revêtement conditionne le choix des liants / résines qui le constitue. L'enquête FIPEC fait ressortir que les secteurs utilisateurs en aval sont professionnels ou industriels, et que les caractéristiques demandées au revêtement sont très techniques.

Les secteurs utilisateurs en aval sont les suivants :

- Can-coating (revêtements d'emballages métalliques),
- Electroménager,
- Fils et câbles électriques,
- Aéronautique,
- Ameublement bois,
- Contreplaqué, panneaux de particules,
- Automobile, véhicules SNCF,
- Industrie nucléaire.

La base de données informatisée SEPIA, alimentée par la collecte d'informations auprès des industriels sur les substances et préparations chimiques, a été interrogée le 20 mai 2005. Le tableau suivant montre que 50 compositions dont la teneur en formaldéhyde était inférieure ou égale à 0,1% en masse ont été recensées parmi les peintures, vernis et encres d'imprimerie.

**Tableau XIV : données extraites de la base de données Sepia (INRS)**

<b>Peintures, vernis, encres d'imprimerie</b>	<b>50</b>
<i>Dont:</i>	1
<i>Décapants peinture</i>	9
<i>Encres</i>	9
<i>Peintures (notamment lasures)</i>	29
<i>Vernis</i>	

De plus, 2 encres recensées par la base SEPIA comprenaient du formaldéhyde à une concentration comprise entre 0,1 et 1%.

La base de données SEPIA recensait au 20 mai 2005 trois colles avec une concentration en formaldéhyde inférieure ou égale à 0,1%.

### 5.20.3 Substitution

La substitution d'un composant dans une préparation nécessite la refonte complète de celle-ci, l'équilibre de la préparation étant rompu. Les alternatives peuvent prendre plusieurs années pour être développées, ces évolutions dépendant en premier lieu des développements et des propositions des fournisseurs de matières premières (additifs, résines...).

La destination des revêtements et les propriétés techniques qu'ils doivent remplir conditionnent le choix des constituants entrant dans leurs compositions (DGE, 2006).

- Additifs de protection en pot

Dans le cadre de la directive biocides, une évaluation des additifs de protection en pot va être faite. Suite à ces évaluations, les fabricants pourront alors orienter leur choix vers des substances / préparations évaluées et autorisées pour cet usage (type de produit 6 : produits de protection utilisés à l'intérieur des conteneurs).

- Liants / résines issus de réactions entre le formaldéhyde et d'autres molécules

Selon la FIPEC, pour la plupart des revêtements destinés à ces usages très techniques, il n'existe aucune solution de substitution, malgré l'étude de différentes options dans des programmes de recherche & développement (DGE, 2006).

#### Etude RPA (2006)

Certains types de liants alternatifs se distinguent toutefois dans le secteur des revêtements / peintures. Les résines polyuréthane, époxy et acrylique sont généralement considérés comme équivalents voire supérieurs d'un point de vue technique que les résines à base de formaldéhyde. Cependant :

- D'un point de vue technique, le **polyuréthane** constitue une alternative potentielle dans la fabrication des revêtements mais son adéquation varie significativement. De plus, les isocyanates coûtent environ 3 fois plus cher que le formaldéhyde (RPA 2006).
- Les résines **époxy** sont une alternative aux résines phénoliques anticorrosives mais sont significativement désavantageuses d'un point économique. De plus, elles ne peuvent pas être utilisées lorsqu'une résistance à la lumière ou au blanchiment est requise (RPA 2006).
- Les revêtements à base d'**acrylique** sont utilisés dans les peintures à l'eau ou latex de haute qualité et de manière plus générale dans les produits de construction ; ils peuvent être moins résistants aux « attaques » de solvants (RPA, 2006).

De manière générale, les alternatives à l'utilisation du formaldéhyde ou résine à base de formaldéhyde en tant que liant tendent à avoir une structure similaire. Les principaux liants alternatifs utilisés dans les peintures, adhésifs et revêtements sont des polymères ou des résines à base d'acrylique (ou acrylate), d'uréthane, d'acétate de vinyle, époxy, phénol ou composé polysaccharide (RPA, 2006) :

- Résine polyuréthane (ou isocyanate)

Les résines polyuréthane sont obtenues par réaction entre un isocyanate et une amine, polyol ou autre composé hydrogéné actif. Le MDI (4,4'-diisocyanate de diphenylméthane) est un exemple de liant polyuréthane. Il en existe un grand nombre de variétés de caractéristiques diverses incluant la flexibilité, la durabilité, la résistance aux produits chimiques, à la chaleur, etc.

Elles sont souvent utilisées comme laqueurs ou dans des applications nécessitant une grande résistance (au feu, à l'abrasion, etc.). Ces résines se retrouvent ainsi comme revêtements automobiles ou dans des produits en contact avec le béton.

- **Résine acrylique (ou acrylate)**

Les résines acryliques sont obtenues par polymérisation de dérivés de l'acide acrylique.

Dans les peintures et revêtements, ils fournissent une meilleure performance que d'autres liants dans de nombreux domaines tels que : maintien de la couleur, de la brillance, flexibilité, résistance alcaline et à l'oxydation, dureté, durabilité. En tant qu'adhésif, les résines acryliques présentent une bonne résistance environnementale.

Les liants acryliques peuvent être combinés à d'autres liants pour réduire les coûts ou ajouter des propriétés spécifiques : résines d'acétate de polyvinyle, résines époxy et résines à base de styrène. Ces dernières augmentent la résistance à l'eau et la brillance.

- **Résine époxy**

La plupart des résines époxy sont obtenues par réaction entre l'épichlorhydrine et le bisphénol A. Elles sont largement utilisées pour leur forte résistance à la chaleur et aux produits chimiques, leur adhésion et leur faible rétrécissement au cours du séchage. Ces résines se retrouvent dans des peintures, revêtements, production de filaments continus de verre, conducteurs électriques, ainsi que dans diverses applications de structure.

- **Résine acétate de polyvinyle**

L'acétate de polyvinyle peut être utilisé dans les peintures à l'eau (la plupart du temps peinture intérieure). La résistance aux conditions extérieures est moins bonne que l'acrylique. Il est avantageux économiquement et ne nécessite pas l'ajout de conservateurs / fongicides car ne se détériore pas rapidement et n'est pas affecté par les moisissures.

Ce type de résine présente l'avantage de se diluer facilement avec de l'eau, s'applique sur de nombreux types de surface et ne contient pas de solvants inflammables. Elles sont résistantes aux produits chimiques, à la chaleur et ont de bonnes propriétés électriques.

Ces résines peuvent être également être combinées à d'autres résines.

- **Résine silicone**

Ce liant permet une adhésion sur des substrats jugés comme difficiles (métal, verre, etc.). Ces résines sont particulièrement efficaces lorsqu'une adhésion basée sur des propriétés physiques ne fonctionne pas. Elles présentent une forte aptitude à la flexibilité et une forte résistance aux variations de température.

Pour sa résistance aux conditions météorologiques, ce type de résine se retrouve dans les secteurs de la construction, de l'automobile, de l'aviation et de la marine. Elles n'ont cependant pas la solidité des résines époxy ou acrylique.

- **Résine phénolique**

Le phénol et les composés phénoliques sont de bonnes matières premières pour la production d'adhésifs (les résines formo-phénoliques par exemple). Les résines phénoliques permettent une bonne adhésion sur des matériaux tels que le bois, le cuir, le caoutchouc, les plastiques, les fibres synthétiques, le verre, les céramiques, les ciments et métaux.

Les tannins constituent une alternative aux résines formo-phénoliques : ce sont des composés polyphénoliques contenant des groupes hydroxyl et carboxyl permettant de créer des complexes forts avec des protéines et autres macromolécules.

La lignine est un autre composé polyphénolique que l'on trouve dans les parois cellulaires de végétaux ligneux et de graines, adhésif efficace dans les céramiques, les colles à linoléum, etc.

- Résine **polysaccharide**

Les résines polysaccharide sont des polymères naturels dont la propriété d'adhésif résulte de leur polarité et de leur capacité à se lier à l'hydrogène. Leur haut poids moléculaire leur confère des propriétés adhésives fortes.

L'amidon, la gélatine et le dextrose sont des exemples de polysaccharide.

- Autres résines

La **caséine**, que l'on retrouve dans le lait, est un adhésif fort lorsqu'elle est associée à une base (borax, ammoniac, etc.)

Les résines **alkydes** sont utilisées dans des peintures extérieures et intérieures. Elles sont durables et par conséquent utiles pour des applications intensives.

De plus, il existe sur le marché des peintures à base de **soja**, l'huile de soja remplaçant certains ingrédients pétroliers. Le soja est un diluant réticulable et économique. Ces peintures présentent aussi un avantage environnemental du point de vue des émissions de COV.

## 5.21 Abrasifs et super-abrasifs

### 5.21.1 Quantités utilisées

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

### 5.21.2 Types d'utilisation

Selon le Syndicat national des abrasifs et super-abrasifs (SNAS), l'industrie des abrasifs est scindée en plusieurs types de produits :

- Les abrasifs appliqués (papiers, bandes)

Le formaldéhyde est présent dans les **résines formo-phénoliques** nécessaires à la fabrication des abrasifs appliqués, à des concentrations inférieures à 2% en moyenne. Le formaldéhyde est en partie polymérisé lors du processus de fabrication des produits. Des traces de formaldéhyde libre peuvent parfois subsister dans les produits finis.

Les tests visant à déterminer la teneur résiduelle éventuelle en formaldéhyde libre, réalisés par des laboratoires externes, ont révélé des concentrations en formaldéhyde libre inférieures à 0,1 % et indétectables pour certains types de produits.

- Les meules minces

Le formaldéhyde est également présent dans les résines formo-phénoliques. Les tests effectués en conditions d'utilisation ont montré une concentration en formaldéhyde inférieure à 0,1% dans les produits finis.

- Meules abrasives organiques

Le formaldéhyde est également présent dans les résines formo-phénoliques. Contrairement aux 2 types de produits précédemment décrits, il n'y a pas de données disponibles à ce jour pour les produits finis. Des tests sont en cours.

- Super abrasifs

Il n'y a pas d'utilisation de formaldéhyde.

- Construction (disques diamantés)

Il n'y a pas d'utilisation de formaldéhyde.

### 5.21.3 Substitution

Selon le SNAS, la substitution des résines phénoliques contenant du formaldéhyde n'est pas réalisable à l'heure actuelle sans pour autant étayer son propos.

Les efforts de l'industrie se concentrent sur les mesures appropriées d'hygiène industrielle conformément aux règlements applicables, sur l'utilisation privilégiée de résine à basse teneur en formaldéhyde, et sur la réduction du formaldéhyde libre dans les produits finis (qui sont déjà indétectables sur certains produits et < à 0,1% pour les autres).

## 5.22 Papeterie

En premier lieu, il convient de préciser que la papeterie regroupe :

- les papiers à usage graphique (tels que les papiers d'imprimante) ;
- ceux à usage hygiénique (tel que les papiers absorbants) ;
- les papiers et cartons d'emballage ;
- enfin ceux dits à usages spéciaux ou de sécurité (passeports, billets de banques..).

Ces quatre sous-activités utilisent le formaldéhyde pour des usages différents et à des concentrations variées.

### 5.22.1 Quantités utilisées

Des données contradictoires ont été mises en exergue concernant les quantités de formaldéhyde utilisées.

D'après l'enquête de la DGE, en 2005<sup>40</sup>, il est fait mention que 2 000 tonnes de formaldéhyde sont utilisées dans les résines servant à la fabrication des papiers spéciaux mais également lors du traitement des liqueurs<sup>41</sup>.

Cependant, cette information est contredite par le Centre Technique du Papier (CTP), qui met en avant les chiffres suivants :

- Le formaldéhyde en solution (à 30/40 %) est utilisé à hauteur, au maximum, de 15-20 tonnes par an sur l'ensemble de la profession. (pour les années 2005-2006)
- 50-80 tonnes de formol pur est utilisé pour les résines.
- Enfin, le traitement des liqueurs n'utiliserait pas plus de 2 000 tonnes.

Enfin, d'après l'inventaire des agents CMR de l'INRS en 2005, il est fait mention de l'utilisation de formaldéhyde à hauteur de 0,05 tonne par an dans la fabrication de pâte à papier.

### 5.22.2 Types d'utilisation

Selon le rapport de la société RPA (2006), les agents chimiques sont largement utilisés et peuvent être classés en deux catégories :

- Les agents chimiques intervenant sur la pulpe (c'est-à-dire la pâte à papier) ;
- Les additifs chimiques utilisés lors du processus de fabrication du papier pour en améliorer ses propriétés.

Le formaldéhyde est principalement utilisé :

- Comme additif chimique sous forme de résine (telles que les résines urée-formol, mélamine-formol...), confirmé par les déclarations du CTP.
- Comme additif dans les quatre sous activités et dans les sécurités ajoutées aux papiers spéciaux. Par sécurités, nous entendons les éléments de sécurités qui sont ajoutés au papier dans le but d'éviter sa falsification, sa fraude, sa reproduction....

Parallèlement, il sert également dans le traitement des liqueurs (INRS, 2007).

---

<sup>40</sup> Il est à noter que les chiffres du rapport de la DGE et ceux de l'INRS diffèrent.

<sup>41</sup> Une liqueur correspond au mélange eau - additifs résiduels extraits lors de la fabrication du papier.

Il ressort ainsi différents usages du formaldéhyde, notamment comme :

- agent de rétention humide (c'est-à-dire qui doit retenir les fibres de bois ou de coton pour aider à la fabrication de la feuille lorsqu'il y a encore une forte présence d'eau dans le process) aussi bien pour le papier que pour l'emballage alimentaire ;
- agent de rétention sèche ;
- agent de collage. Il améliore l'état de surface et la résistance de la feuille de papier (en termes de déchirure...). Celle-ci est enduite ou imprégnée de l'agent qui va sécher sur la feuille et lui conférer les propriétés désirées) ;
- agent de couchage (c'est-à-dire que le formaldéhyde entre dans la composition d'un agent de couchage qui va conférer à la feuille de papier un état de surface désiré en termes de brillance, d'opacité, de gloss, de lissé). Il est à noter que le formaldéhyde n'est plus utilisé en tant qu'agent de couchage dans le domaine des papiers de sécurité ;
- agent plastifié résistant à l'eau (notamment pour les emballages) offrant par ailleurs de bonnes résistances mécaniques et une certaine stabilité physique ;
- agent de fixation des pigments organiques dans la fabrication de papiers de couleurs.

D'autre part, le formaldéhyde, sous forme de résine, peut être utilisé pour :

- l'addition de résines mélamine-formol/urée-formol pour la résistance à l'état humide du papier: divers procédés utilisent plusieurs produits pour augmenter la résistance à l'état humide du papier et du carton ;
- Émissions fugitives provenant du traitement de la pâte à papier : selon le National Council for Air and Stream Improvement (NCASI, 2001), les émissions fugitives de formaldéhyde proviennent essentiellement du système de traitement des eaux usées et elles correspondent à environ 0,5% de l'ensemble des émissions atmosphériques.

### 5.22.3 Substitution

D'après le rapport d'étude de la société RPA (2006), les possibilités de substitution effectives du formaldéhyde sont les suivantes :

- En tant qu'agent de collage, il peut être substitué principalement par des dimères d'alkyl cétène (ou plus généralement nommées AKD). Il existe également comme substituant connus les cires de paraffine, de polyéthylène ou fluorochimiques. Dans la catégorie des papiers de sécurité, l'AKD a remplacé le formaldéhyde ;
- En tant qu'agent de rétention sèche, les substituant connus sont l'amidon cationique, les dérivés de cellulose, les alcools polyniliques...
- En tant qu'agent de couchage, le principal substituant utilisé est la carboxyméthylcellulose (CMC).

## 5.23 Photographie

### 5.23.1 Quantités utilisées

Le changement de technologie dans la photographie (passage de l'analogique au numérique) a entraîné une diminution drastique des ventes de pellicules ; actuellement, les quantités de formaldéhyde consommées représentent moins de 1 tonne par an en Europe.

Pour la France, l'USPII (Union des syndicats professionnels de l'image et de l'information)<sup>42</sup> indique qu'après consultation de ses membres au début de l'année 2008, les entreprises concernées n'utilisent plus de formaldéhyde.

La base de données informatisée Sepia, alimentée par la collecte d'informations auprès des industriels sur les substances et préparations chimiques, a été interrogée le 20 mai 2005. Un « produit photographique » comprenait du formaldéhyde à une concentration supérieure à 10%.

D'après l'inventaire INRS réalisé en 2005, la consommation annuelle de formaldéhyde pour la fabrication de produits chimiques destinés à la photographie s'élève à 0,12 tonne.

### 5.23.2 Types d'utilisation

Les films et papiers photographiques sont constitués d'un support (film ou papier) sur lequel des émulsions, composées de gélatine principalement, sont couchées. Le formaldéhyde est encore utilisé, en tant qu'intermédiaire, par certains fabricants lors de l'étape de couchage des émulsions, afin de durcir (lier) la gélatine dans certaines couches d'émulsion et lui donner les propriétés physico-chimiques souhaitées. La quantité résiduelle de formaldéhyde libre (inaltéré) dans le produit final est très faible et bien inférieure aux seuils généralement établis, selon l'EPIA (European Photographic Industry Association) (d'après RPA, 2006).

Le formaldéhyde a aussi été utilisé comme agent stabilisant dans les traitements couleur photographiques afin d'assurer une meilleure stabilité du colorant magenta. L'EPIA indique que même si le formaldéhyde est très efficace en tant que stabilisant, il a été presque complètement abandonné pour des raisons d'hygiène et de sécurité des salariés. Il est toutefois toujours utilisé, de façon marginale, dans le procédé de traitement des films (pellicules) inversifs<sup>43</sup>. Certaines entreprises utilisent par conséquent des libérateurs de formaldéhyde pour ce procédé particulier.

L'exposition des opérateurs serait très faible et concentrée surtout lors de la préparation des bains de développement des films couleur contenant du formaldéhyde, lors de l'ajout de ces bains dans la machine de développement et possiblement lors du nettoyage de la machine (IRSST, 2004).

---

<sup>42</sup> L'USPII est rattachée à la FICIME (Fédération des entreprises internationales de la mécanique et de l'électronique).

<sup>43</sup> Se dit d'une émulsion photographique destinée à produire un film positif après inversion.

### 5.23.3 Substitution

Ce secteur industriel utilise un nombre significatif de mélanges de produits chimiques ce qui nécessite un savoir spécifique et soumis au secret industriel. Le remplacement du formaldéhyde en tant que durcisseur est considéré comme complexe et coûteux. Le nom des quelques alternatives est soumis au secret industriel. Toutefois, selon l'EPIA, les substances utilisées comme alternatives sont capables d'interagir avec les protéines (telles que la gélatine) et peuvent présenter également des dangers pour la santé.

## 5.24 Autres utilisations

D'autres applications sont plus ou moins renseignées dans la littérature scientifique.

- Outre les produits d'isolation et les matériaux du bois, le secteur des **bâtiments et des travaux publics** utilise le formaldéhyde sous forme de résines pour l'industrie du béton (résines mélamine sulfonée) en retardateur ou accélérateur de prise. Les producteurs de la substance, consultés par le ministère de l'industrie, estiment la quantité annuelle utilisée à 3 400 tonnes. La littérature évoque certains usages comme agent de décoffrage ou produits d'étanchéité. Pour le secteur du bâtiment, la base de données SEPIA, gérée par l'INRS, recense 5 préparations de concentration inférieure à 0,1 % contenant du formaldéhyde, deux agents de décoffrage, deux adjuvants pour béton et un produit d'étanchéité.
- Dans le secteur du nucléaire, Areva NC, anciennement Cogema (Compagnie générale des matières nucléaires), utilise pour le **retraitement des déchets nucléaires** 2 300 tonnes de formaldéhyde. Les industriels soulignent que le procédé développé serait très long à modifier afin d'exclure le formaldéhyde, du fait de la nature des produits traités.
- Dans l'industrie mécanique et métallurgique, le formaldéhyde est mentionné dans la littérature pour son rôle d'**inhibiteur de corrosion**, comme **agent réducteur** pour la **récupération des métaux précieux** (or, argent) et **la fabrication des émaux**. La base de données SEPIA (interrogée en 2005) a également relevé une concentration de formaldéhyde comprise entre 1 et 5% dans un produit pour céramiques, verrerie, émaux, frites.
- La **fabrication des garnitures de freins** de véhicules automobiles ou de **joints d'étanchéité** comportant des fibres minérales artificielles (laines de verre, etc.) peut utiliser du formaldéhyde : les pièces d'usure utilisées dans les freins et les mécanismes d'embrayage sont des matériaux composites de résines ou de caoutchouc et de fibres (fibres métalliques ou mélange d'autres fibres). Lorsque la résine est phénolique, la plus utilisée avec la résine à base de crésol et de formaldéhyde, elle peut être sous forme de « résols » ou de « novolaques » mais elle est presque toujours mélangée à d'autres produits tels des huiles ou des élastomères (IRSST, 2004).
- **Dans la métallurgie**, le formaldéhyde est utilisé comme **agent oxydo-réducteur**. La métallisation par bain chaud (dépôt sans courant) est un procédé utilisé pour galvaniser des surfaces avec du nickel, du cuivre ou de l'argent sans électrolyse. Ce procédé implique la gravure (attaque chimique), la neutralisation, la catalyse, un bain accélérateur et un bain chaud sans électrolyse. Ce bain chaud sans électrolyse pour le cuivre et l'argent contient généralement un aldéhyde qui agit comme un agent oxydant. La **production de miroirs** est une application possible de galvanisation à l'argent sans électrolyse (argenture) utilisant du formaldéhyde (RPA, 2006). Pour le secteur de la métallurgie et de la mécanique, la base de données SEPIA recense 7 préparations dont 5 présentent une concentration en formaldéhyde inférieure à 0,1 % (2 agents de protection, 1 décapant et 1 dégraissant alcalin), 1 entre 0,1 et 1 % et la dernière entre 1 et 5 % (décapant).

- Les **fluides de coupe** aqueux, sous forme d'émulsions ou solubles utilisés pour l'usinage des métaux contiennent souvent des biocides à base de formaldéhyde ou de libérateurs de formaldéhyde tels que les triazines ou les oxazolidines (l'un des biocides les plus employées dans le secteur des fonderies est l'hexahydro-1,3,5-tris(2 hydroxyethyl)-s-triazine (triazine) qui libère du formaldéhyde (Howell *et al.*, 1995)).

Le formaldéhyde peut également être ajouté par l'utilisateur pour maintenir le caractère biocide du fluide d'usinage tout au long de son utilisation (Fiche d'aide au repérage, INRS, 2007). La base de données SEPIA (INRS, 2005) mentionne également la présence de formaldéhyde dans des **produits à usage métallurgique et mécanique**, dont deux agents de protection (concentration de formaldéhyde inférieure à 0,1 %), deux décapants autres que des décapants pour peinture (concentration de formaldéhyde pouvant être comprise entre 1 et 5 %) et un dégraissant alcalin (concentration de formaldéhyde inférieure à 0,1 %).

Enfin, les résines utilisées pour le **revêtement d'emballages métalliques** sont susceptibles de contenir du formaldéhyde.

### 5.24.1 Substitution

**Fluides de coupe** (Fiche d'aide à la substitution, INRS, 2007) :

RPA (2006) note qu'il s'agit d'une application critique difficilement substituable.

La fiche d'aide à la substitution rédigée par l'INRS en 2007 propose d'utiliser des libérateurs de formaldéhyde ou d'autres biocides. Certaines substances (triazines, oxazolidines...) agissent par libération de formaldéhyde dans certaines conditions de dégradation ou d'évolution du milieu. La quantité libérée est fonction de la teneur en bactéries (caractérisée souvent par un changement de pH par exemple).

D'autres molécules ont des propriétés biocides (dérivés du phénol, de la morpholine...). Par ailleurs, dans les solutions de rectification hydrodiluéées, certains alcools et éthers de glycol limitent la prolifération des microorganismes (effet biostatique). L'un des biocides les plus employées dans le secteur des fonderies est l'hexahydro-1,3,5-tris(2 hydroxyethyl)-s-triazine (triazine) qui libère du formaldéhyde (Howell *et al.*, 1995).

La fiche propose d'autres actions corrélatives afin de limiter le développement de micro-organismes :

- La filtration : Une filtration permet d'éliminer les particules sur lesquelles des micro-organismes (bactéries, levures, moisissures) peuvent se fixer. Cela permet de prolonger la vie du bain et de limiter l'utilisation de conservateurs ;
- Le déshuilage : La séparation régulière des phases aqueuses et huileuses (centrifugation, décantation, écrémage...) permet d'éliminer les résidus organiques (huiles, graisses, cires...), sources d'alimentation et de développement des bactéries ;
- Le traitement UV : Un traitement du fluide par les rayonnements ultraviolets peut contribuer à la désinfection des solutions aqueuses ;
- L'analyse des fluides : Un contrôle régulier des fluides d'usinage (concentration, pH, odeur...) permet de s'assurer du maintien de leurs performances. Une dégradation trop importante peut conduire à la nécessité d'un traitement curatif ou au remplacement du bain.

## 6 Produits à usage domestique

### 6.1 Quantités utilisées

L'Afsset n'a pas relevé de données spécifiques pour ce secteur lors de ses recherches.

### 6.2 Types d'utilisation

Le formaldéhyde peut être utilisé dans divers produits de consommation pour empêcher la contamination microbienne. Il constitue ainsi un agent de conservation dans les nettoyants domestiques, les détergents pour vaisselle, les adoucissants, les produits d'entretien des chaussures, les shampoings et les cires pour automobiles, les nettoyants pour tapis (OMS, 1989).

En France, les producteurs indiquent que le formaldéhyde est inclus dans une minorité de produits. Cependant, la quantité de formaldéhyde utilisée annuellement en France n'a pas été communiquée (DGE, 2006). En 2005, un recensement des agents et préparations disponibles dans la Base Nationale des Produits et Compositions (BNPC) a permis de mettre en évidence la variabilité des sources domestiques au formaldéhyde (définition de la BNPC en Annexe 3). 4 118 préparations – soit 5% de l'ensemble des préparations référencées - contenant du formaldéhyde ont ainsi été recensées parmi lesquelles se trouvent 2 grandes catégories de préparations dans lesquelles le formaldéhyde est utilisé comme agent conservateur ou agent spécifique.

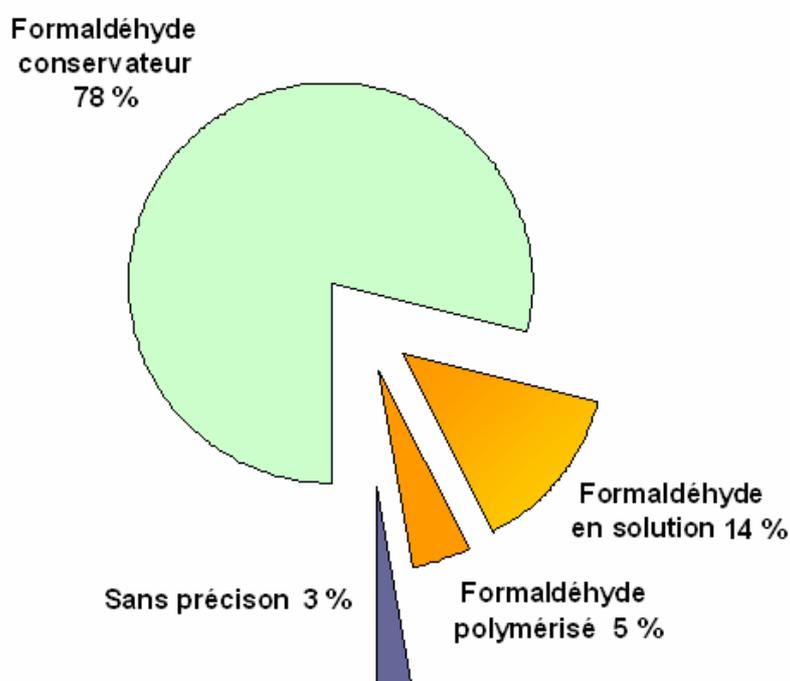


Figure 3 : répartition du formaldéhyde pour les agents et préparations enregistrés dans la BNPC (BNPC, 2007)

Le Tableau XV présente les préparations ou produits utilisant du formaldéhyde comme **conservateur**. Elles sont de composition assez homogène et contiennent du formaldéhyde à une concentration < 1% (généralement 0,2 à 0,3%). 3 246 préparations sont ainsi référencées.

Tableau XV : préparations ou produits utilisant du formaldéhyde comme conservateur (BNPC, 2007)

<p>Produits à <b>usage ménager</b> : <b>1767</b> préparations recensées soit <b>54,4%</b> des préparations</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nettoyant de surface (508 – 28.7 %)</li> <li>• nettoyant vaisselle à la main (447 – 25.3 %)</li> <li>• nettoyant pour sols (198 – 11.2 %)</li> <li>• cirant et lustrant pour sols (119 – 6.7%)</li> <li>• crème à récurer (84 – 4.8 %)</li> <li>• insecticide (78 – 4.4 %)</li> <li>• désodorisant (74 – 4.2 %)</li> <li>• nettoyant moquette (66 – 3.7 %)</li> <li>• cirage (42 – 2.4 %)</li> <li>• produit rinçage lave vaisselle (37 – 2.1 %)</li> <li>• décapant appareil électroménager (33 - 1.9 %)</li> <li>• nettoyant vitres (27 – 1.5 %)</li> <li>• produit nettoyant lave vaisselle (15 – 0.8 %)</li> <li>• décapant pour sols (13 – 0.7 %)</li> <li>• cirant lustrant pour meubles (10 – 0.6 %)</li> <li>• dépoussiérant pour meubles (8 – 0.5 %)</li> <li>• lingettes (4 – 0.2 %)</li> <li>• dégivrant pour réfrigérateurs (2 – 0.1 %)</li> <li>• bloc ou gel WC (2 – 0.1 %)</li> </ul>
<p><b>Produits pour le corps / hygiène</b> : <b>707 – 21.8 %</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Savon liquide et shampoing (313)</li> <li>• savon pour atelier (251)</li> <li>• bactéricide pour la peau (66)</li> <li>• lingette pour corps et lingette bébé (32)</li> <li>• shampoing antiparasitaire et pour bébé (28)</li> <li>• gel douche et bain (10)</li> <li>• crème pour mains (7)</li> </ul>
<p><b>Produits ménagers pour le linge</b> : <b>323 – 10 %</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assouplissant textile (155)</li> <li>• nettoyant pour le linge (139)</li> <li>• détachant textile (15)</li> <li>• produit d'aide au repassage (14)</li> </ul>
<p><b>Produits industriels ou professionnels</b> : <b>164 – 5.1 %</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• produit indéterminé (64 – 39,0 %)</li> <li>• produit d'entretien industriel (60 – 36.6 %)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• polish (26 – 15.9 %)</li> <li>• décapants (8 – 4.9 %)</li> <li>• tensioactifs (4 – 2.4 %)</li> <li>• colorant (2 – 1.2 %)</li> </ul>
<b>Produits pour le bricolage : 118 – 3.6 %</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• adjuvant béton (47 – 39.8 %)</li> <li>• ciment et ciment-colle (21 – 17.8 %)</li> <li>• agent de traitement de la pierre (10 – 8.5 %)</li> <li>• nettoyeur pour métaux (10 – 8.5 %)</li> <li>• enduit de ragréage (7 – 5.9 %)</li> <li>• mastic (5 – 4.2 %)</li> <li>• produit d'entretien circuit chaudière (5 – 4.2 %)</li> <li>• encaustique (3 – 2.5 %)</li> <li>• produit d'entretien piscine (3 – 2.5 %)</li> <li>• gant chimique (3 – 2.5 %)</li> <li>• décapant peinture (2 – 1.7 %)</li> <li>• produit pour extincteur (2 – 1.7 %)</li> </ul>
<b>Produits à usage vétérinaire : 69 – 2.1 %</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• produit d'hygiène animale (39 – 56.5 %)</li> <li>• médicament (26 – 37.7 %)</li> <li>• produit d'entretien aquarium (2 – 2.9 %)</li> <li>• répulsif pour animaux (2 – 2.9 %)</li> </ul>
<b>Produits d'entretien automobile : 58 – 1.8 %</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nettoyeur carrosserie et jantes (47)</li> <li>• nettoyeur-rénovateur intérieur auto (6)</li> <li>• liquide lave glace (5)</li> </ul>
<b>Médicaments: 40 – 1.2 %</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dont vaccins... (21)</li> </ul>

La BNPC recense également les préparations ou produits utilisant du formaldéhyde pour **d'autres usages** (désinfectant, résines urée-formol, phénoplastes,...). Ils sont de compositions hétérogènes et contiennent du formaldéhyde à des concentrations comprises entre 0,1 et 40%. 755 préparations sont ainsi référencées. Le Tableau XVI présente les 566 préparations référencées contenant du formaldéhyde libre en solution.

**Tableau XVI : préparations référencées dans la BNPC contenant du formaldéhyde libre en solution (BNPC, 2007)**

Préparations	Nombre de préparations	% de préparations référencées par catégorie de produits
produit industriel ou professionnel	248	43,8
<b>désinfectant ménager</b>	110	19,4
<b>détartrant WC et salle de bains</b>	37	6,5
produit photographique	34	6
colle néoprène	20	3,5
décolleur de papier peint	20	3,5
peinture	18	3,2
colle à papier peint	16	2,8
produit de traitement pour le cuir	9	1,6
dentifrice	8	1,4
médicament stomatologique	8	1,4
acaricide/ anti acarien	6	1,1
antiseptique externe	5	0,9
médicament dermatologique	4	0,7
produit de traitement de l'eau	4	0,7
antiparasitaire externe vétérinaire	3	0,5
nettoyant pour fosse septique	3	0,5
xyloprotecteur	3	0,5
additif essence automobile	2	0,4
conservateur de bouquet	2	0,4
décolorant pour tissus	2	0,4
durcisseur pour ongles	2	0,4
produit anti-fuites radiateurs	2	0,4

Le Tableau XVII présente les 189 préparations référencées contenant du formaldéhyde polymérisé.

**Tableau XVII : préparations référencées dans la BNPC contenant du formaldéhyde polymérisé (BNPC, 2007)**

Préparations	Nombre de préparations	(% de préparations référencées par catégorie de produits)
herbicide	83	43,9
gel ou bloc allumage de cheminées ou barbecues	48	25,4
verni pour matériaux, bois, parquets	26	13,8
lubrifiant et fluide de transmission	11	5,8
engrais pour plantes	9	4,8
produit d'étanchéité	4	2,1
verni à ongles	3	1,6
produit offset	3	1,6
anti limace	2	1,1

Par ailleurs le formaldéhyde peut également être retrouvé dans des produits de consommation courante comme impureté résiduelle suite à une contamination involontaire par des matières premières contenant du formaldéhyde comme conservateur ou par du matériel de production désinfecté avec du formaldéhyde.

En conclusion, le formaldéhyde est présent dans de nombreuses préparations actuellement sur le marché. Les usages en sont extrêmement variés. Le rôle du formaldéhyde comme conservateur est toutefois prédominant (78% des préparations). Certaines préparations sont utilisées en aérosols ou pyrolysées.

Les limites de l'exploitation de cette base résident dans l'appréciation de l'ancienneté ou non d'une composition, ainsi que dans la difficulté de recenser les produits libérateurs de formol (21 substances ont d'ores et déjà été recensées).

La BNPC note toutefois une évolution notable en faveur d'une baisse voire d'une disparition des concentrations de formaldéhyde dans les produits de consommation émergents.

La Figure 4 illustre la diminution au cours du temps des concentrations dans les produits de consommation. L'analyse porte sur les préparations comportant 3 % de formaldéhyde et plus, soit 596 compositions.

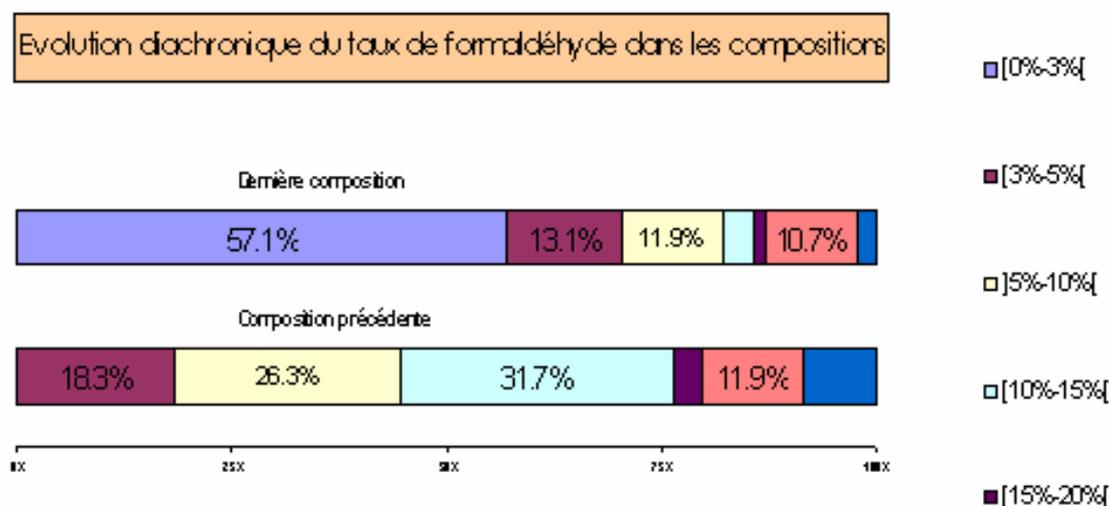


Figure 4 : évolution des concentrations de formaldéhyde dans les produits de consommation (BNPC, 2007)

Cependant, cette évolution se fait au profit d'une apparition croissante de libérateurs de formaldéhyde dans la composition des produits de consommation. La BNPC propose une liste des principaux libérateurs de formaldéhyde reconnus en Annexe 5. Sur 2017 préparations déclarées comme contenant un ou plusieurs libérateurs de formaldéhyde, 692 soit 34 % des préparations concernent des produits d'usage ménager.

Le Tableau XVIII présente la répartition des libérateurs de formaldéhyde recensés à l'heure actuelle.

Tableau XVIII : répartition des libérateurs de formaldéhyde dans les produits de consommation (BNPC, 2007)

Type	Total	%
Ménagers	692	34.1%
Cosmétiques	641	31.6%
Industriel / Professionnel	534	26.3%
Mixte Industriel + Bricolage	55	2.7%
Médicament vétérinaire	52	2.6%
Médicaments	41	2.0%
Agricoles	12	0.6%

La question des libérateurs de formaldéhyde est discutée dans le chapitre 7.4. Par ailleurs, les produits à usage domestique présentés dans ce chapitre constituent l'une des sources éventuelles de formaldéhyde en air intérieur pour la population générale. Cependant, d'autres sources, correspondant notamment aux produits finis issus des

secteurs industriels détaillés auparavant (produits d'ameublement, produits de construction, matériel informatique...), peuvent contribuer à la présence de formaldéhyde en air intérieur. La nature et la contribution de ces sources sont également discutées dans le chapitre 7.

### 6.3 Substitution

Le formaldéhyde offre des avantages en termes d'efficacité et de coûts indéniables ; toutefois aucune des compagnies ou des associations contactées dans le cadre de l'enquête conduite par RPA n'ont indiqué que le formaldéhyde était irremplaçable dans ces applications. Pour preuves, les isothiazolinones constituent un exemple d'alternative au formaldéhyde utilisées dans les cires et les vernis. Leur efficacité contre un large spectre de bactéries ou champignons est décrite pour de faibles concentrations et pendant une durée longue (Locco *et al.*, 2000).

D'autres conservateurs sont largement utilisés dans des liquides et produits de lavage comme l'acide benzoïque, le phénoxyethanol, le chloroacétamide, le bronopol, le triclosan, le chlorure de benzalkonium et le glutaraldéhyde (GFEA, 2005).

Dans le secteur des nettoyants ménagers et des produits d'hygiène corporelle, la fédération des producteurs allemands (IKW : *Industrieverband Körperpflege- und Waschmittel* e.V., qui regroupe 90 % des industriels du secteur en Allemagne, soit environ 350 entreprises), contactée par l'INERIS, a répondu qu'elle ne disposait pas de produit de substitution et que la question serait traitée lors de l'évaluation de la substance dans le cadre de la directive biocide en 2007-2008<sup>44</sup>. Selon cette fédération, le formaldéhyde n'entrerait plus dans la composition des produits grand public.

---

<sup>44</sup> Courriel électronique du 22 juin 2006 de Bernd GLASSL ([bglassl@ikw.org](mailto:bglassl@ikw.org))

## 7 Autres sources de formaldéhyde

La rédaction de ce chapitre s'appuie explicitement sur les thèses de Francois (2004), de Marchand (2005) et des rapports de Santé Canada (1999 ; 2000).

La formation de formaldéhyde est surtout due à la combustion de matières organiques ainsi qu'à diverses activités naturelles et anthropiques. L'oxydation dans l'air de composés organiques volatils (COV) d'origine naturelle et anthropique donne lieu à la formation secondaire de formaldéhyde dans l'atmosphère. Bien qu'il n'existe pas de chiffres fiables sur les rejets provenant de sources naturelles et la formation secondaire, l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (2004) s'attend à ce qu'ils soient beaucoup plus considérables que les émissions directes résultant d'activités anthropiques. Toutefois, l'institut note que les concentrations les plus élevées ont été mesurées au voisinage de sources anthropiques, comme les émissions des véhicules à moteur ou des industries.

Les sources anthropiques de formaldéhyde comprennent les sources directes, comme la combustion de carburants, les utilisations industrielles et les émissions des matériaux de construction ou des produits de consommation.

L'organisation mondiale de la santé, Environnement Canada et Santé Canada ont publié des revues d'envergure concernant les sources d'émissions de formaldéhyde. Ces sources peuvent être regroupées en deux catégories, la combustion et les autres (INSPQ, 2004). Il est à noter que les émissions ne préjugent pas des expositions. Ainsi, si les émissions des sources naturelles peuvent être quantitativement supérieures dans l'absolu aux émissions anthropiques, ce n'est pas pour autant que les expositions de la population sont liées à ces sources naturelles.

### 7.1 Les sources primaires

#### 7.1.1 Automobile

Bien que l'essence ne contienne pas de formaldéhyde, ce dernier est le produit d'une combustion incomplète. Tous les moteurs à combustion interne peuvent produire du formaldéhyde, dont la quantité dépend surtout de la composition du carburant, du type de moteur, du dispositif antipollution utilisé, de la température de fonctionnement ainsi que de l'âge et du plus ou moins bon état du véhicule. Les taux d'émission sont donc variables (Environnement Canada, 1999).

À la lumière des données pour 1997 de l'Inventaire national des rejets de polluants au Canada (INRP), les véhicules à moteur routiers constituent à eux seuls la plus importante source directe de rejets de formaldéhyde dans l'environnement canadien. Le calcul par modélisation indique que les véhicules à moteur avaient rejeté 11 284 tonnes de formaldéhyde en 1997 (Environnement Canada, 1999). Bien qu'Environnement Canada (1999) n'ait pas fait de distinction entre les véhicules fonctionnant à l'essence et ceux utilisant du carburant diesel, on a calculé, à l'aide des données sur les émissions de ces véhicules, qu'ils contribuaient, dans une proportion d'environ 40 à 60 % respectivement, aux rejets des véhicules routiers. On a estimé que les émissions des aéronefs s'élevaient à 1 730 tonnes, et celles du secteur maritime, à environ 1 175 tonnes (Environnement Canada, 1999).

Les données sur les rejets des véhicules routiers ont été obtenues par modélisation (modèle Mobile 5C) à l'aide des hypothèses énoncées dans la publication d'Environnement Canada (1996). Il est probable que les taux de rejet de formaldéhyde par les automobiles ont changé et continueront de le faire; bon nombre des modifications actuelles et prévues des dispositifs antipollution pour les automobiles et de la qualité de l'essence auront probablement pour effet de diminuer les rejets de formaldéhyde et d'autres COV (Environnement Canada, 1999).

Marchand (2005) souligne que les principales sources anthropiques d'aldéhydes correspondent aux émissions des pots d'échappement des véhicules et autres sources de combustion (Altschuller, 1993 ; Anderson *et al.*, 1996). Des études ont en outre montré que les émissions de formaldéhyde et dans certains cas d'acétaldéhyde augmentent lors de l'utilisation d'additifs oxygénés tel que le méthanol, l'éthanol et le Méthyl Tertio Butyl Ether (MTBE :  $\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_3$ ) (Williams *et al.*, 1990, Hoekman, 1992, Stump *et al.*, 1994). A titre d'exemple, des émissions 5 fois plus importantes de formaldéhyde ont été mesurées pour des véhicules circulant avec un mélange 85% méthanol - 15% essence (M85) comparé aux émissions de ces mêmes véhicules utilisant un carburant composé uniquement d'essence (Snow *et al.*, 1989 ; Gabele, 1990 ; Williams *et al.*, 1990).

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (d'après Marchand, 2005) note que les émissions de formaldéhyde à partir de véhicules diesel sont plus élevées que celles émises par des moteurs classiques.

### 7.1.2 Tabagisme

La fumée du tabac contient du formaldéhyde. Dans plusieurs pays, dont le Canada, différentes études concernant les cigarettes ont permis de calculer des facteurs d'émission pour le formaldéhyde (p. ex., en  $\mu\text{g}/\text{cigarette}$ ) présent dans la fumée principale et dans la fumée secondaire ainsi que dans la fumée de tabac ambiante. Les facteurs d'émission du formaldéhyde présent dans la fumée principale de 26 marques américaines comprenant des cigarettes sans filtre, avec filtre et au menthol de diverses longueurs variaient entre 73,8 et 283,8  $\mu\text{g}/\text{cigarette}$  (Miyake et Shibamoto, 1995). Les différences de concentrations correspondent aux différences entre les types et les marques de tabac. Le ministère de la Santé de la Colombie-Britannique a effectué des essais sur 11 marques de cigarettes canadiennes. Les facteurs d'émission du formaldéhyde présent dans la fumée principale variaient entre 8 et 50  $\mu\text{g}/\text{cigarette}$ , et les protocoles d'essai étaient normalisés (d'après Environnement Canada, 1999).

Au Canada, le tabagisme pourrait produire moins de 84 tonnes de formaldéhyde par année; ce chiffre est fondé sur des taux d'émission estimatifs (OMS, 1989) et un taux de consommation d'environ 50 milliards de cigarettes par année (Santé Canada, 1997).

Les concentrations de formaldéhyde sont plus élevées dans la fumée secondaire que dans la fumée principale. D'après Guerin *et al.* (1992), chaque cigarette classique vendue aux Etats-Unis produit une fumée secondaire contenant environ de 1 000 à 2 000  $\mu\text{g}$  de formaldéhyde. Schlitt et Knöppel (1989) ont calculé que, pour une seule marque italienne, la teneur moyenne ( $n = 5$ ) en formaldéhyde de la fumée secondaire était de 2 360  $\mu\text{g}/\text{cigarette}$ . Les résultats d'essais effectués par le ministère de la Santé de la Colombie-Britannique indiquent que les facteurs d'émission du formaldéhyde présent dans la fumée secondaire variaient entre 368 et 448  $\mu\text{g}/\text{cigarette}$  (d'après Environnement Canada, 1999).

Daisey *et al.* (1994) ont mentionné que les facteurs d'émission pour le formaldéhyde présent dans la fumée de tabac ambiante de six cigarettes commerciales américaines variaient entre 958 et 1 880  $\mu\text{g}/\text{cigarette}$ , et que la moyenne était de  $1\,310 \pm 349$   $\mu\text{g}/\text{cigarette}$ . On n'a pas relevé de données sur les facteurs d'émission pour le formaldéhyde présent dans la fumée de tabac ambiante des cigarettes canadiennes.

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

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

### 7.1.3 Sources anthropiques industrielles

Les rejets industriels de formaldéhyde peuvent se produire à n'importe quelle étape de la production, de l'utilisation, du stockage, du transport ou de l'élimination des produits contenant du formaldéhyde résiduel. Cette substance a été décelée dans les émissions des usines de produits chimiques (Environnement Canada, 1997c et d, 1999a), des usines de pâtes et papiers, des usines de produits forestiers (U.S. EPA, 1990; Fisher *et al.*, 1991; Environnement Canada, 1997c, 1999a; O'Connor et Voss, 1997), des usines de pneus et de caoutchouc (Environnement Canada, 1997b), des raffineries de pétrole et des installations de préparation du charbon (CIRC, 1981; U.S. EPA, 1993), des usines de textile, des usines de construction d'automobiles et de l'industrie des produits métalliques (Environnement Canada, 1999a).

Les émissions gazeuses et les rejets d'eaux usées résultant de la fabrication ou des diverses utilisations du formaldéhyde constituent également des sources d'exposition environnementale au formaldéhyde (Fiche Ineris, 2004). Les sources industrielles sont multiples mais, malheureusement, l'Afsset ne dispose pas de données françaises permettant de définir quantitativement les émissions de formaldéhyde à partir de ces sources.

Au Canada, les centrales électriques au charbon pourrait rejeter de 0,7 à 23 tonnes de formaldéhyde par année; ces chiffres sont fondés sur des facteurs d'émission américains (Lipari *et al.*, 1984; Sverdrup *et al.*, 1994), le pouvoir calorifique élevé du combustible et la consommation canadienne de charbon en 1995 (Rose, 1998). La mesure des taux d'émission d'un incinérateur municipal en Ontario a permis d'établir que les émissions de formaldéhyde provenant des déchets municipaux, dangereux et biomédicaux au Canada étaient d'environ 10,6 tonnes par année (Novamann International, 1997; Environnement Canada, 1999a).

D'après les données de l'INRP pour 1997, les rejets totaux de 101 installations dans l'environnement étaient de 1 424 tonnes; 1 334 tonnes ont été rejetées dans l'atmosphère, 61 tonnes ont été injectées en puits profond, 19 tonnes ont été rejetées dans les eaux de surface, et il n'y a eu aucun rejet dans le sol.

Les rejets dans les eaux souterraines de formaldéhyde présent dans les fluides de thanatopraxie contenus dans les corps enterrés dans les cimetières sont probablement très faibles si l'on tient compte de l'analyse d'échantillons d'eaux souterraines et du taux de charge estimé de six cimetières en Ontario (Chan *et al.*, 1992).

### 7.1.4 Sources anthropiques domestiques

Les sources d'émissions gazeuses, quant à elles, comprennent divers matériaux constitués de bois pressé contenant de la résine urée formaldéhyde (panneaux d'agglomérés, contreplaqué, panneau de fibres de densité moyenne), les produits du bois contenant des résines de phénol formaldéhyde et autres produits contenant du formaldéhyde soit des vernis, des peintures, des tapis ou certains textiles (INSPQ, 2004), des produits de consommation variés...

Les sources comprennent également toutes les formes de combustion qu'elles aient pour origine la cuisson des aliments, le chauffage des bâtiments, l'utilisation d'encens ou les libérateurs de formaldéhyde contenus dans certains médicaments, produits cosmétiques, fluides de coupe et peintures...

Des taux d'émission ont été calculés pour certaines de ces sources, mais il n'existe pas suffisamment de données pour déterminer les rejets totaux (Little *et al.*, 1994; NCASI, 1994; Environnement Canada, 1995).

Il existe d'autres sources anthropiques de combustion (où les combustibles peuvent être du bois aussi bien que des matières plastiques) : les poêles à bois, les foyers, les fours, les centrales énergétiques, les brûlis, les incinérateurs de déchets et la cuisson des aliments (Jermini *et al.*, 1976; Kitchens *et al.*, 1976; Klus et Kuhn, 1982; Ramdahl *et al.*, 1982; Schriever *et al.*, 1983; Lipari *et al.*, 1984; OMS, 1989; Walker et Cooper, 1992; Baker, 1994; Guski et Raczynski, 1994).

Ainsi, le formaldéhyde peut être émis lors d'une combustion incomplète de matières organiques, en particulier le bois. En conditions contrôlées et comparables, il a été démontré que les émissions de formaldéhyde mesurées étaient moins importantes lors de la combustion du charbon (chaufferette au charbon) que celle du bois (poêle à bois) (INSPQ, 2004)

## 7.2 Sources naturelles

Les émissions naturelles contribuent également à la présence d'aldéhydes dans l'atmosphère. Le Tableau XIX présente les principales sources naturelles du formaldéhyde. La végétation ainsi que les processus microbiens semblent être les sources naturelles d'aldéhydes les plus fréquentes (Marchand, 2005). Il se dégage notamment pendant la combustion de la biomasse, par exemple, pendant les feux de forêt et de broussailles (Howard, 1989 ; Reinhardt, 1991). La décomposition des déchets d'animaux et des résidus végétaux dans les sols contribuent également à la formation de formaldéhyde (Fiche INERIS, 2004).

Le formaldéhyde se forme aussi dans l'eau en raison de l'irradiation des substances humiques par la lumière du soleil (Kieber *et al.*, 1990). Le formaldéhyde est présent en faibles concentrations dans la plupart des organismes vivants en tant que produit intermédiaire du métabolisme (OMS, 1989 ; CIRC, 1995).

Le formaldéhyde se présente comme un gaz naturellement formé dans la troposphère lors de l'oxydation des hydrocarbures émis par les végétaux mais aussi, d'après certaines études par les bactéries, le plancton et les algues (Hellebust, 1974; Zimmermann *et al.*, 1978; Eberhardt et Sieburth, 1985; Yamada et Matsui, 1992; Nuccio *et al.*, 1995). Parmi les hydrocarbures identifiés dans la troposphère, le méthane présente la plus forte concentration (1,18 mg/m<sup>3</sup>) dans l'hémisphère nord et se définit comme la source la plus importante de formaldéhyde (Lowe *et al.*, 1981).

Les terpènes et l'isoprène libérés par les feuillages réagissent avec les radicaux OH en formant du formaldéhyde. En raison d'une durée de vie réduite, cette source de formaldéhyde reste uniquement conséquente au point d'émission au sein de la végétation (Lowe *et al.*, 1981). Des travaux réalisés par Schäfer *et al.* (1995) et Kesselmeier *et al.* (1997a) ont mis en évidence des émissions directes non négligeables de formaldéhyde et d'acétaldéhyde provenant de deux espèces méditerranéennes d'arbre (*Quercus ilex* (chêne vert) et *Pinus pinea* (pin parasol)) (Marchand, 2005).

Ainsi, le formaldéhyde est naturellement présent dans tous les milieux ; la concentration de fond (*a priori* urbain) est de l'ordre de 0,5 µg/m<sup>3</sup> dans l'air d'où il disparaît après réaction avec les radicaux hydroxyles ou par photolyse. La demi-vie est estimée entre 7 et 70 heures.

Le Tableau XIX récapitule les principales sources naturelles du formaldéhyde.

**Tableau XIX : principales sources naturelles de formaldéhyde (d'après INRS, 2007)**

<b>Sources naturelles majeures de formaldéhyde</b>
oxydation photochimique des composés organiques volatils (COV) d'origine naturelle (méthane, isoprène...) dans la troposphère
métabolisme de la majorité des organismes vivants qui en produit de faibles concentrations en tant qu'intermédiaire
émission par les bactéries, les algues, le plancton et la végétation
irradiation solaire des substances humiques présentes dans l'eau
combustion de la biomasse (feux de forêts...)
premiers stades de décomposition des résidus végétaux dans le sol

### 7.3 Formation secondaire

Marchand (2005) souligne l'importance du formaldéhyde formé consécutivement à une réaction secondaire. En effet, comme évoqué précédemment, le formaldéhyde se forme dans la troposphère à la suite de l'oxydation photochimique de nombreux types de composés organiques, y compris ceux que l'on retrouve dans la nature, comme le méthane (OMS, 1989; U.S. EPA, 1993) et l'isoprène (Tanner *et al.*, 1994), ainsi que de polluants provenant de sources mobiles et fixes, comme les alcanes, les alcènes (p. ex., l'éthène et le propène), les aldéhydes (p. ex., l'acétaldéhyde et l'acroléine) et les alcools (p. ex., l'alcool allylique, le méthanol et l'éthanol) (U.S. EPA, 1985; Atkinson *et al.*, 1989 et 1993; Grosjean, 1990a et b, 1991a, b et c; Skov *et al.*, 1992; Grosjean *et al.*, 1993a et b, 1996a et b; Bierbach *et al.*, 1994; Kao, 1994). Compte tenu de la diversité et de l'abondance des précurseurs du formaldéhyde dans l'air urbain, la formation secondaire de cette substance dans l'atmosphère dépasse fréquemment les émissions directes des sources de combustion, notamment durant les épisodes de pollution photochimique de l'air, et elle peut contribuer jusqu'à 70 à 90 % de la concentration totale de formaldéhyde dans l'air (Grosjean, 1982; Grosjean *et al.*, 1983; Lowe et Schmidt, 1983).

En Californie, Harley et Cass (1994) ont estimé que la formation photochimique de formaldéhyde était plus importante que les émissions directes de cette substance à Los Angeles pendant la période estivale étudiée; l'hiver ou la nuit et tôt le matin, les émissions directes peuvent être plus importantes. C'est ce qu'on a observé au Japon, où les concentrations de formaldéhyde dans la région montagneuse centrale, au lieu d'être associées directement aux gaz d'échappement des véhicules à moteur, ont été reliées à l'oxydation photochimique des polluants anthropiques qui s'y trouvent en raison de leur transport à longue distance (Satsumabayashi *et al.*, 1995).

La Figure 5 présente différentes sources secondaires d'aldéhydes dans l'atmosphère.

De manière générale, tout radical alkyl (R·), issu de la réaction de composés organiques (RH) avec les radicaux OH ou NO<sub>3</sub>, réagit dans l'atmosphère selon le mécanisme suivant (Carlier *et al.*, 1986) :



L'ensemble des réactions (I-1), (I-2) et (I-3) conduisent à la formation de composés carbonylés. Par ailleurs, les radicaux alkoxy (RO) et alkyl peroxy (RO<sub>2</sub>), lors des réactions (I-2) et (I-3), peuvent également conduire à la formation d'alkoxynitrates (RONO<sub>2</sub>) et de peroxy nitrates (RO<sub>2</sub>NO<sub>2</sub>) relativement instables. Par photolyse, ces composés peuvent conduire à la formation de radicaux libres et par conséquent de composés carbonylés (Carlier *et al.*, 1986).

Parmi les composés précurseurs d'aldéhydes, on compte les alcanes et les alcènes (Figure 5). D'après les travaux d'Altschuller (1991a, 1991b 1993), il semblerait que les réactions des alcènes avec O<sub>3</sub> ou NO<sub>3</sub>, durant la nuit, et avec O<sub>3</sub> ou les radicaux OH, en journée, soient les principales sources secondaires d'aldéhydes. Durant la nuit, les vitesses de réaction entre les alcanes et O<sub>3</sub> (Atkinson ; 1990) ou NO<sub>3</sub> (Wayne *et al.*, 1991) sont négligeables par rapport aux vitesses de réaction des alcènes avec O<sub>3</sub> ou NO<sub>3</sub>. En journée, en revanche, les réactions des alcanes avec les radicaux OH contribuent de manière significative à la production d'aldéhydes, pour les aldéhydes comprenant au moins deux atomes de carbone (Altschuller, 1991).

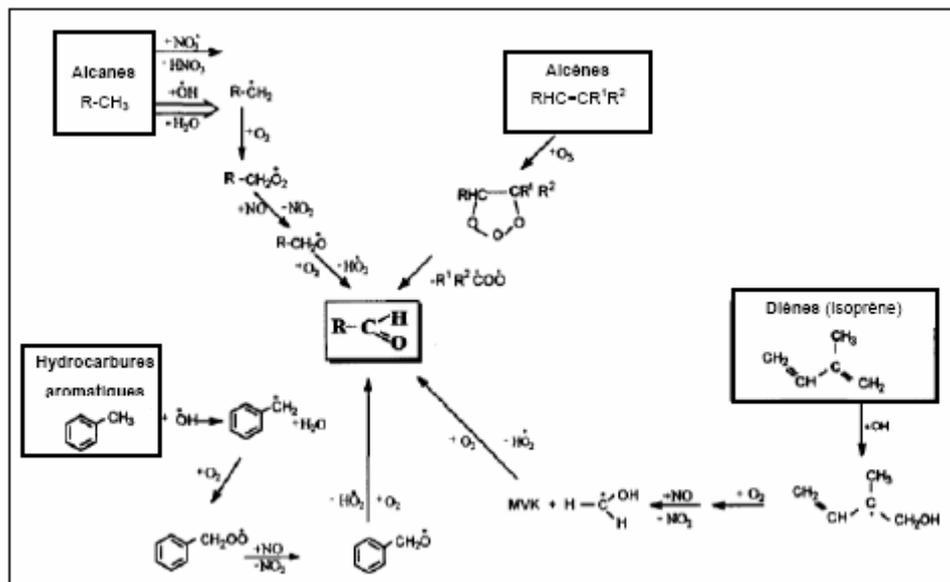


Figure 5 : mécanismes de réactions photochimiques conduisant à la formation des aldéhydes dans l'atmosphère (d'après Muller, 1997)

L'oxydation des composés aromatiques génère également des composés carbonylés (Figure 5). Leur réactivité avec les radicaux OH est similaire à celle des alcènes et elle augmente avec le nombre de substituants alkyl sur le noyau aromatique (Carlier *et al.*, 1986).

Enfin, l'oxydation des alcools peut également mener à la formation de composés carbonylés. Concernant les alcools aliphatiques, le seul processus chimique d'importance concerne leur réaction avec les radicaux OH (Grosjean *et al.*, 1997). La réaction de ces alcools avec les radicaux OH implique l'abstraction d'un atome d'hydrogène d'une liaison C-H ou d'une liaison O-H (Grosjean *et al.*, 1997). Elle peut donc être décrite de la manière suivante :



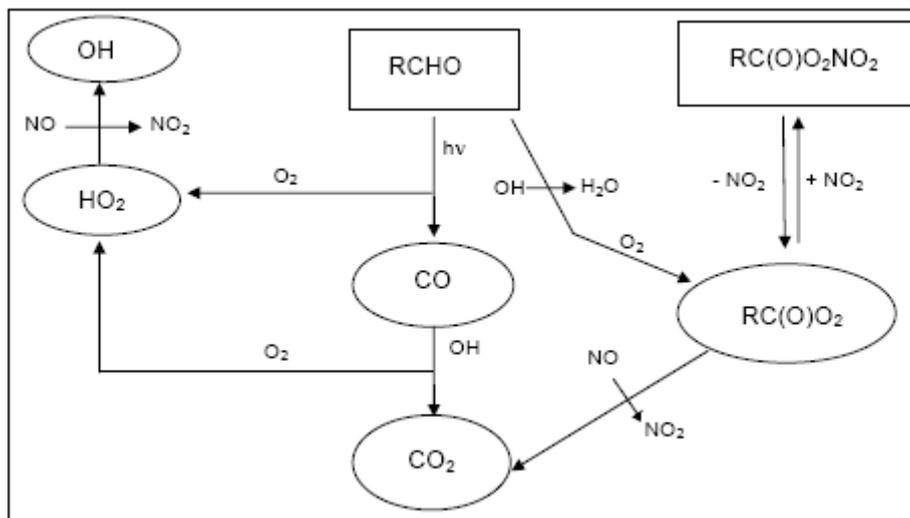
Cette dernière réaction (I-5) est négligeable sous conditions atmosphériques étant donné la force de la liaison O-H comparée à la force de la liaison C-H. Le radical RCHOH, formé en (I-4), va ensuite réagir avec O<sub>2</sub> pour former un composé carbonylé selon le mécanisme suivant:



Concernant les alcools insaturés, leur oxydation atmosphérique est similaire à celle des alcènes étant donné que les réactions majoritaires avec OH ou O<sub>3</sub> ont lieu au niveau de la liaison C=C (Grosjean *et al.*, 1993 ; Grosjean et Grosjean, 1995).

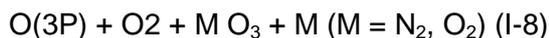
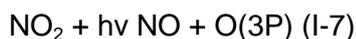
Dans la troposphère, les principaux processus de transformation des aldéhydes aliphatiques (incluant le benzaldéhyde) sont la photolyse ainsi que la réaction avec les radicaux OH. En effet, aucune réaction avec l'ozone à température ambiante n'a été observée et les réactions avec les radicaux NO<sub>3</sub> et HO<sub>2</sub> sont de moindres importances (Atkinson ; 2000). Il semblerait que la photolyse soit le processus de dégradation dominant du formaldéhyde alors que pour les aldéhydes à plus longues chaînes carbonées, ce soit la réaction avec les radicaux OH (Atkinson, 1995).

La Figure 6 présente la dégradation des aldéhydes par oxydation photochimique.



**Figure 6 : schéma de l'oxydation des aldéhydes par photolyse et par réaction avec les radicaux O**

Il apparaît que les aldéhydes, une fois dans l'atmosphère, génèrent des radicaux HO<sub>2</sub>, RO<sub>2</sub> et RC(O)O<sub>2</sub>. Ces radicaux réagissent avec NO pour produire NO<sub>2</sub>, qui photolysé, conduira à la formation d'ozone selon le mécanisme suivant :



A noter que la réaction du radical RC(O)O<sub>2</sub> avec NO conduit à la formation de CO<sub>2</sub> et d'un radical R qui, selon les mécanismes décrits sur la Figure 5, pourra conduire à la formation d'aldéhydes. Ce même radical RC(O)O<sub>2</sub> peut également réagir avec NO<sub>2</sub> pour former des peroxy acyl nitrates dont le peroxy acétyl nitrate (PAN), notamment formé à partir de l'acétaldéhyde.

D'après les données de la littérature, il semble que les pertes d'aldéhydes par dépôts secs existent mais soient faibles, comparées aux pertes engendrées par dégradation photochimique (Altschuller, 1993).

Concernant les pertes par dépôts humides, des observations réalisées sur les concentrations de formaldéhyde dans l'atmosphère en présence de nuages et de brouillards n'ont pas mis en valeur de pertes plus importantes que par temps clair (Facchini *et al.*, 1992 ; Keene *et al.*, 1995 ; Munger *et al.*, 1995). Ces observations peuvent être confirmées par le calcul de la fraction ( $f_{FA,aq}$ ) de formaldéhyde dissoute dans les gouttes d'eau des nuages (Seinfeld et Pandis, 1998) :

Au final, les aldéhydes les plus abondamment retrouvés dans l'atmosphère sont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. Ces deux derniers ont d'ailleurs été mesurés en quantités importantes dans l'air urbain. Grosjean *et al.* (1990) ont enregistré des taux de formaldéhyde et d'acétaldéhyde atteignant respectivement 43 et 64  $\mu\text{g m}^{-3}$ , à Salvador, l'une des 3 principales zones urbaines du Brésil. A Rio de Janeiro, Corrêa *et al.* (2003) ont mesuré, en 1999, des taux de formaldéhyde et d'acétaldéhyde variant respectivement de 1.90 à 67.89  $\mu\text{g m}^{-3}$  et de 4.32 à 83.45  $\mu\text{g m}^{-3}$ , ces émissions pouvant être principalement attribuées au trafic automobile. A Rome, au cours de l'été 1994, les concentrations en formaldéhyde ont atteint 35  $\mu\text{g m}^{-3}$ , avec une moyenne de 21  $\mu\text{g m}^{-3}$  sur 56 prélèvements d'air (Possanzini *et al.*, 1996). A Grenoble, en 1995, des concentrations variant de 2.5 à 22.5  $\mu\text{g m}^{-3}$  ont été enregistrées pour le formaldéhyde alors que pour l'acétaldéhyde, elles étaient entre 1.8 et 18.3  $\mu\text{g m}^{-3}$  (Ferrari *et al.*, 1998). A Ljubljana, en Slovénie, Levart *et al.* (2001) rapportent des concentrations en formaldéhyde allant de 8 à 23.5  $\mu\text{g m}^{-3}$  et des concentrations en acétaldéhyde variant de 5.8 à 16.4  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

En zone rurale, les concentrations de formaldéhyde sont moins importantes. Shepson *et al.* (1991) et Slemr *et al.* (1996) rapportent des concentrations moyennes variant respectivement entre 1.3 et 2.3  $\mu\text{g m}^{-3}$  pour le formaldéhyde et entre 1.0 et 1.3  $\mu\text{g m}^{-3}$  pour l'acétaldéhyde. Cerqueira *et al.* (2003), dans une étude réalisée sur des sites ruraux au centre du Portugal, ont enregistré des concentrations de formaldéhyde et d'acétaldéhyde n'excédant pas respectivement 7 et 2  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

Pour la France, les résultats, soutenus par l'Ademe et issus de la thèse de François (2004), confirment cette tendance. Une part très dominante du formaldéhyde dans l'air ambiant résulte de processus photochimiques notamment en été (évolution chimique des COV en conditions de fort ensoleillement). La seule action de réduction à la source du formaldéhyde ne sera pas suffisante pour éliminer la substance dans l'air ambiant; il faut donc aussi s'intéresser aux précurseurs du formaldéhyde.

La campagne ESCOMPTE a notamment permis d'estimer la proportion des diverses sources de formaldéhyde sur Marseille lors de l'été 2001 :

- Formaldéhyde primaire (aldéhyde directement émis localement) : 13%,
- Formaldéhyde secondaire produit sur Marseille par photochimie locale : 58%,
- Formaldéhyde arrivant sur Marseille et lié au transport atmosphérique : 29%

La fraction secondaire est donc une source majoritaire de formaldéhyde pendant les périodes estivales telles que celles connues lors d'ESCOMPTE.

58% est de plus ici une contribution minimale car une partie des aldéhydes qui arrivent sur Marseille par advection étaient également d'origine photochimique. D'autres travaux indiquent que la fraction de formaldéhyde secondaire peut atteindre 80% dans l'air ambiant.

L'observation d'un profil diurne marqué de la fraction résiduelle de formaldéhyde met en évidence une plus forte production de ce composé pendant la journée (15 à 17 ppbv le jour contre 4 ppbv la nuit). On remarque d'autre part une sensible corrélation de cette fraction résiduelle avec la radiation solaire.

Pour l'étude décrite dans l'agglomération de Marseille, au regard du niveau de fond du formaldéhyde de 2,7 ppbv<sup>45</sup>, il apparaît que la fraction résiduelle du formaldéhyde est représentée en majorité par du formaldéhyde secondaire, c'est à dire issue de la production photochimique (à hauteur de 67%) (Francois, 2004).

## 7.4 Libérateurs de formaldéhyde

S'agissant plus spécifiquement des **libérateurs de formaldéhyde**, le Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food-Products Intended for Consumers (SCCNFP), comité d'experts sous l'égide de la Commission européenne a publié en 2002 un avis sur ces composés dans les cosmétiques (SCCNFP, 2002). Quatre ont été identifiés et sont rapportés dans le Tableau XX.

**Tableau XX : libérateurs de formaldéhyde dans les cosmétiques (SCCNFP, 2002)**

Composé	N°CAS	Concentration autorisée	Concentration en équivalent formaldéhyde
Benzylhemiformal	14548-60-8	0,15 %	0,044 %
Hydrométhylglycinate de sodium	70161-44-3	0,5 %	0,118 %
Diazolidinyl urée	78491-02-8	0,5 %	0,215 %
Imidazolidinyl urée	39236-46-9	0,6 %	0,186 %

Flyvholm et Andersen (1993) ont interrogé la base de données « Produits » du Danemark pour identifier ceux contenant des libérateurs de formaldéhyde. **19 composés libérateurs de formaldéhyde sont présents dans 713 produits** du type agents détergents / désinfectants, savons, shampooings, peintures et laques, ainsi que les fluides de coupe, réservés au milieu industriel. Les 3 plus fréquents sont le bromonitropropanediol (CAS 52-51-7), le bromonitrodioxane (CAS 30007-47-7) et le chlorure de chloroallylhexaminium (CAS 4080-31-3).

Les libérateurs de formol actuellement identifiés par la BNPC (2007) sont listés en Annexe 5.

<sup>45</sup> en partie par milliard en volume. 100 ppbv correspondent donc à 1 molécule d'ozone pour 10 millions de molécules présentes. En terme de quantité de matière, dans une mole de molécules de constituants de l'air (diazote, dioxygène...), 100 ppbv correspondent à la présence de  $48.10^{-7}$  g d'ozone (La masse d'une mole d'ozone vaut 48 g).

## 8 Point sur les alternatives éventuelles

Ce chapitre a pour objectif de lister de façon synthétique des éléments d'informations pour les pistes de substitution principales identifiées lors de l'étude de filières. Le lecteur doit être informé que **ces substituts ne sont en aucun cas recommandés par l'Afsset et qu'aucune analyse critique en termes de faisabilité ou de coût économique n'est réalisée.**

La saisine adressée à l'Afsset (cf. chapitre 2.2) demande d'indiquer l'existence de produits de substitution non ou moins dangereux, selon les types d'utilisation. Considérant cette demande et constatant le grand nombre de pistes proposées, seules les substances retrouvées dans plusieurs secteurs font l'objet, dans ce chapitre, d'une fiche synthétique d'identification (CASRN, principales propriétés physico-chimiques) et des effets toxiques (phrases de risque) classés selon les arrêtés du 20 avril 1994 modifié et du 9 novembre 2004 relatifs à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances et préparations dangereuses. Les classifications CMR<sup>46</sup> (telles que définies par la directive 67/548/CEE) et du CIRC<sup>47</sup> sont indiquées. Enfin, des informations concernant la nouvelle classification selon le système GHS<sup>48</sup> sont également mentionnées (conformément au règlement européen 1272/2008).

Dans le cas de la fabrication de résines de substitution, seules les principales substances chimiques utilisées comme intermédiaire de synthèse sont ici décrites.

En règle générale, la substitution du formaldéhyde est complexe car plusieurs des propriétés de cette substance sont à remplacer (par exemple, biocide et liant). Ainsi, les substances chimiques sont présentées de façon individuelle dans ce chapitre bien que les pistes de substitution suggérées font davantage état de préparations commerciales (mélanges de substances).

L'Afsset attire également l'attention sur le fait que des libérateurs de formol peuvent être proposés comme substituts (par exemple, le bronopol). Cependant, d'un point de vue sanitaire, ces substances ne peuvent être considérées comme une alternative satisfaisante en raison d'une émission non négligeable de formaldéhyde à partir des produits les contenant.

Les pistes de substitution présentées ici ont été identifiées lors de l'étude de filières et sont indiquées à titre d'exemple. Un site internet relatif à la substitution des agents chimiques classés CMR 1 et 2 et incluant le formaldéhyde sera mis en ligne dans le courant du 1<sup>er</sup> trimestre 2009 à l'adresse [www.substitution-cmr.fr](http://www.substitution-cmr.fr) et comprendra des informations complémentaires sur de possibles alternatives au formaldéhyde.

---

<sup>46</sup> Cancérogène, mutagène et reprotoxique

<sup>47</sup> Centre international de recherche sur le cancer

<sup>48</sup> Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals

## 8.1 Résines

Nom	<b>Epichlorhydrine (résine époxy)</b>
CASRN	106-89-8
Formule chimique	C <sub>3</sub> H <sub>5</sub> ClO
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 92,5 g/mol Point d'ébullition : 116°C Point de fusion : -48°C Point éclair : 31°C (c.f.) Pression de vapeur : 1600 Pa (à 20°C) Densité : 1,183 Solubilité : 65900 mg/l
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	CMR : C2 "substance devant être assimilée à une substance cancérogène pour l'homme"  CIRC : 2A "cancérogène probable chez l'homme"  Phrases de risque : R45 "Peut causer le cancer" R10 "Inflammable" R23/24/25 "Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion" R34 "Provoque des brûlures" R43 "Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau"
Classification GHS	Liquides inflammables : 3 H226 "Liquides et vapeurs inflammables"  Cancérogénicité : 1B H350 "Peut provoquer le cancer"  Toxicité aiguë (par inhalation) : 3 H331 "Toxique par inhalation"  Toxicité aiguë (par voie cutanée) : 3 H311 "Toxique par contact cutané"  Toxicité aiguë (par voie orale) : 3 H301 "Toxique en cas d'ingestion"  Corrosif, irritant pour la peau : 1B H314 "Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves"  Sensibilisation cutanée : 1 H317 "Peut provoquer une allergie cutanée"

Nom	<b>Bisphénol A (résine époxy)</b>
CASRN	80-05-7
Formule chimique	C15H16O2
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 229,29 g/mol Point d'ébullition : 250-252°C (1,7 kPa) Point de fusion : 155°C Point éclair : 207°C (c.o.) Pression de vapeur : $5,3 \cdot 10^{-6}$ Pa, 87 Pa (190°C) Densité : 1,15 Solubilité : 300 mg/l (à température ambiante)
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	CMR : R3 "Substance préoccupante pour la fertilité dans l'espèce humaine"  CIRC : non classé  Phrases de risque : R62 "Risques possibles d'altération de la fertilité" R37 "Irritant pour les voies respiratoires" R41 "Risques de lésions oculaires graves" R43 "Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau"
Classification GHS	Toxicité pour la reproduction: 2 H361f "Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus"  Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition unique: 3 - Irritation des voies respiratoires H335 "Peut irriter les voies respiratoires"  Lésions oculaires graves/irritation oculaire : 1 H318 "Provoque des lésions oculaires graves"  Sensibilisation cutanée: 1 H317 "Peut provoquer une allergie cutanée"

Nom	<b>MDI (résine polyuréthane)</b>
CASRN	101-68-8
Formule chimique	C15H10N2O2
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 250,26 g/mol Point d'ébullition : 314°C (100 kPa) Point de fusion : 37°C Point éclair : 196°C (c.f.) Pression de vapeur : 0,005 Pa (valeur maximale) Densité : 1,2
Classification (CMR, CIRC, phrases de	CMR : C3 "Substance préoccupante pour

risques)	<p>l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante”</p> <p>CIRC : 3 “substance inclassable”</p> <p>Phrases de risque :</p> <p>R20 “Nocif par inhalation”  R36/37/38 “Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau”  R40 “Possibilité d’effets irréversibles”  R42/43 “Peut entraîner une sensibilisation par inhalation et contact avec la peau”  R48/20 “Nocif : risque d’effets graves pour la santé en cas d’exposition prolongée par inhalation”</p>
Classification GHS	<p>Toxicité aiguë (par inhalation) : 4  H332 “Nocif par inhalation”</p> <p>Lésions oculaires graves/irritation oculaire: 2  H319 “Provoque une sévère irritation des yeux”</p> <p>Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition unique: 3 - Irritation des voies respiratoires  H335 “Peut irriter les voies respiratoires”</p> <p>Corrosion/irritation cutanée: 2  H315 “Provoque une irritation cutanée”</p> <p>Sensibilisation respiratoire: 1  H334 “Peut provoquer des symptômes allergiques ou d’asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation”</p> <p>Sensibilisation cutanée: 1  H317 “Peut provoquer une allergie cutanée”</p>

Nom	<b>Acide acrylique (résine acrylique)</b>
CASRN	79-10-7
Formule chimique	C3H4O2
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 72,06 g/mol Point d'ébullition : 141°C Point de fusion : 14°C Point éclair : 54°C (c.f.) Limites d'explosivité (LIE / LSE) Pression de vapeur (20 °C) : 380 Pa Densité : 1,0621 Solubilité: 10 <sup>6</sup> mg/l
Classification (CMR, CIRC, phrases de	CMR : non classé

risques)	<p>CIRC : 3 “substance inclassable”</p> <p>Phrases de risque :</p> <p>R50 “Très toxique pour les organismes aquatiques”</p> <p>R10 “Inflammable”</p> <p>R20/21/22 “Nocif par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion”</p> <p>R35 “Provoque de graves brûlures”</p>
Classification GHS	<p>Liquides inflammables : 3</p> <p>H226 “Liquide et vapeurs inflammables”</p> <p>Toxicité aiguë (par inhalation) : 4</p> <p>H332 “Nocif par inhalation”</p> <p>Toxicité aiguë (par voie cutanée) : 4</p> <p>H312 “Nocif par contact cutané”</p> <p>Toxicité aiguë (par voie orale) : 4</p> <p>H302 “Nocif en cas d’ingestion”</p> <p>Corrosion /irritation cutanée : 1A</p> <p>H314 “Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves”</p> <p>Dangers pour le milieu aquatique – Danger aigu : 1</p> <p>H400 “Très toxique pour les organismes aquatiques”</p>

Nom	<b>Acrylonitrile (résine acrylique)</b>
CASRN	107-13-1
Formule chimique	C <sub>5</sub> H <sub>3</sub> N
Propriétés physico-chimiques	<p>Masse molaire : 72,06 g/mol</p> <p>Point d'ébullition : 77°C</p> <p>Point de fusion : -84°C</p> <p>Point éclair : -1°C (c.f)</p> <p>Limites d'explosivité (LIE / LSE) : 3,05 -17 (en volume % dans l'air)</p> <p>Pression de vapeur (20 °C) : 11,0 kPa, 13330 Pa (à 22,8°C)</p> <p>Densité : 0,8</p> <p>Solubilité: 73500 mg/l, 7 g/100 ml</p>
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	<p>CMR : C2 “substance devant être assimilée à une substance cancérogène pour l’homme”</p> <p>CIRC : 2B “cancérogène possible chez l’homme”</p> <p>Phrases de risque :</p> <p>R45 “Peut causer le cancer”</p> <p>R11 “Facilement inflammable”</p> <p>R23/24/25 “Toxique par inhalation, par</p>

	<p>contact avec la peau et par ingestion”  R37/38 “Irritant pour les voies respiratoires et la peau”  R41 “Risques de lésions oculaires graves”  R43 “Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau”  R51/53 “Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l’environnement aquatique”</p>
Classification GHS	<p>Liquides inflammables : 2  H225 “Liquide et vapeurs très inflammables”</p> <p>Cancérogénicité, catégories 1B  H350 “Peut provoquer le cancer”</p> <p>Toxicité aiguë (par inhalation) : 3  H331 “Toxique par inhalation”</p> <p>Toxicité aiguë (par voie cutanée) : 3  H311 “Toxique par contact cutané”</p> <p>Toxicité aiguë (par voie orale) : 3  H301 “Toxique en cas d’ingestion”</p> <p>Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition unique : 3 - Irritation des voies respiratoires  H335 “Peut irriter les voies respiratoires”</p> <p>Corrosion/irritation cutanée : 2  H315 “Provoque une irritation cutanée”</p> <p>Lésions oculaires graves/irritation oculaire : 1  H318 “Provoque des lésions oculaires graves”</p> <p>Sensibilisation cutanée : 1  H317 “Peut provoquer une allergie cutanée”</p> <p>Dangers pour le milieu aquatique – Danger chronique : 2  H411 “Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme”</p>

Nom	<b>Phénol (résine phénolique)</b>
CASRN	108-95-2
Formule chimique	C6H6O
Propriétés physico-chimiques	<p>Masse molaire : 94,11 g/mol  Point d'ébullition : 182°C  Point de fusion : 40,9°C  Point éclair : 79°C ( c.f.)  Limites d'explosivité en volume % dans l'air : 1,36-10  Pression de vapeur : 20 Pa (20 °C)  Densité : 1,132  Solubilité : 84000 mg/l (à 20°C)</p>
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	<p>CMR : M3 "substance préoccupante pour l'homme en raisons d'effets mutagènes possibles"</p> <p>CIRC : 3 "substance inclassable"</p> <p>Phrases de risque :</p> <p>R68 "Possibilité d'effets irréversibles"  R23/24/25 "Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion"  R34 "Provoque des brûlures"  R48/20/21/22 "Nocif : risques d'effets graves sur la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion"</p>
Classification GHS	<p>Mutagenicité sur les cellules germinales : 2  H341 "Susceptible d'induire des anomalies génétiques"</p> <p>Toxicité aiguë (par inhalation) : 3  H331 "Toxique par inhalation"</p> <p>Toxicité aiguë (par voie cutanée) : 3  H311 "Toxique par contact cutané"</p> <p>Toxicité aiguë (par voie orale) : 3  H301 "Toxique en cas d'ingestion"</p> <p>Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition répétée : 2  H373 "Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée"</p> <p>Corrosion /irritation cutanée : 1B  H314 "Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves"</p>

Nom	<b>Styrène</b>
CASRN	100-42-5
Formule chimique	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>
Propriétés physico-chimiques	<p>Masse molaire : 104,15 g/mol  Point d'ébullition : 145°C  Point de fusion : -31°C  Point éclair : 34 °C  Limites d'explosivité en volume % dans l'air : 1,1%  Pression de vapeur : 867 Pa (25°C)  Densité : 0,9060  Facteur de conversion : 1 mg.m<sup>-3</sup> = 4,26 ppm  Solubilité : insoluble dans l'eau</p>
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	<p>CMR : non classé</p> <p>CIRC : 2B "cancérogène possible chez l'homme"</p> <p>Phrases de risque :  R10 "Inflammable"  Xn "Nocif"  R20 "Nocif par inhalation"  Xi "Irritant"  R36/38 "Irritant pour les yeux et la peau"</p>
Classification GHS	<p>Liquides inflammables : 3  H226 "Liquide et vapeurs inflammables"</p> <p>Toxicité aiguë (par inhalation) : 4  H332 "Nocif par inhalation"</p> <p>Lésions oculaires graves/irritation oculaire : 2  H319 "Provoque une sévère irritation des yeux"</p> <p>Corrosion/irritation cutanée : 2  H315 "Provoque une irritation cutanée"</p>

## 8.2 Biocide

Nom	<b>Glyoxal</b>
CASRN	107-22-2
Formule chimique	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 58,04 g/mol Point d'ébullition : 104°C Point de fusion : -14 °C Point éclair : >100°C Pression de vapeur : 1 Pa (valeur maximale à 20°C), glyoxal (solution à 40%) : 2,4 kPa, 20°C Densité : 1,27
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	CMR : M3 "substance préoccupante pour l'homme en raisons d'effets mutagènes possibles"  CIRC : non classé  Phrases de risque : R20 "Nocif par inhalation" R36/38 "Irritant pour les yeux et la peau" R43 "Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau" R68 "Possibilité d'effets irréversibles"
Classification GHS	Mutagenicité sur les cellules germinales : 2 H341 "Susceptible d'induire des anomalies génétiques"  Toxicité aiguë (par inhalation) : 4 H332 "Nocif par inhalation"  Lésions oculaires graves/irritation oculaire : 2 H319 "Provoque une sévère irritation des yeux"  Corrosion/irritation cutanée : 2 H315 "Provoque une irritation cutanée"  Sensibilisation cutanée : 1 H317 "Peut provoquer une allergie cutanée"

Nom	<b>Glutaraldéhyde</b>
CASRN	111-30-8
Formule chimique	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 100,11 g/mol Point d'ébullition : 188°C (à 1002 hPa) Point de fusion : -14°C Pression de vapeur : 60 Pa (20 °C) Densité : 0,72
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	CMR : non classé

	<p>CIRC : non classé</p> <p>Phrases de risque :</p> <p>R23/25 "Toxique par inhalation et par ingestion"</p> <p>R34 "Provoque des brûlures"</p> <p>R42/43 "Peut entraîner une sensibilisation par inhalation et par contact avec la peau"</p> <p>R50 "Très toxique pour les organismes aquatiques"</p>
Classification GHS	<p>Toxicité aiguë (par inhalation) : 3 H331 "Toxique par inhalation"</p> <p>Toxicité aiguë (par voie orale) : 3 H301 "Toxique en cas d'ingestion"</p> <p>Corrosion /irritation cutanée : 1B H314 "Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves"</p> <p>Sensibilisation respiratoire : 1 H334 "Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation"</p> <p>Sensibilisation cutanée : 1 H317 "Peut provoquer une allergie cutanée"</p> <p>Dangers pour le milieu aquatique – Danger aigu : 1 H400 "Très toxique pour les organismes aquatiques"</p>

Nom	<b>Ethanol</b>
CASRN	64-17-5
Formule chimique	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 46,07 g/mol Point d'ébullition : 79°C Point de fusion : -114°C Point éclair : 13°C c.f. Limites d'explosivité en volume % dans l'air : 3,3-19 Pression de vapeur : 5730 Pa (mesurée à 20°C) Densité : 0,7864
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	CMR : non classé  CIRC : 1 "cancérogène chez l'homme"  Phrases de risque : R11 "Facilement inflammable"
Classification GHS	Liquides inflammables : 2 H225 "liquide et vapeurs très inflammables"

Nom	<b>Phénoxyéthanol</b>
CASRN	122-99-6
Formule chimique	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>
Propriétés physico-chimiques	Masse molaire : 138,16 g/mol Point d'ébullition : 245°C Point de fusion : 14°C Point éclair : 121-127°C c.f. Limites d'explosivité en volume % dans l'air : 1,4-9 Pression de vapeur : 0,01-0,04 hPa (mesurée à 20°C) Densité : 1,109
Classification (CMR, CIRC, phrases de risques)	CMR : non classé  CIRC : non classé  Phrases de risque : R22 "Nocif en cas d'ingestion" R36 "Irritant pour les yeux"
Classification GHS	Toxicité aiguë par voie orale : 4 H302 "Nocif en cas d'ingestion"  Lésions oculaires graves/irritation oculaire : 2 H319 "Provoque une sévère irritation des yeux"

### 8.3 Conclusion

L'arrêté du 13 juillet 2006 classe les travaux professionnels exposant au formaldéhyde dans la catégorie des procédés cancérogènes de catégorie 1 soumis aux prescriptions du décret « CMR » daté de février 2001. Cet arrêté est entré en vigueur en France depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2007, rendant ainsi obligatoire par l'employeur le remplacement du formaldéhyde dans la mesure où cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé qui n'est pas ou moins dangereux pour la santé des travailleurs.

Les experts du groupe de travail « Formaldéhyde » attirent l'attention du lecteur sur la complexité de la démarche de substitution et rappellent les éléments nécessaires à sa validation. L'INRS a développé une méthodologie précisant les étapes indispensables à la réussite d'une substitution (INRS, 2007b). La démarche demande notamment d'apprécier au préalable le rapport bénéfice / risque consécutif à une éventuelle substitution, d'évaluer les conséquences des solutions retenues incluant la santé et la sécurité des travailleurs et d'étudier la compatibilité technique du procédé ou de la substance avec le procédé industriel (cette dernière étape ne pouvant être validée que sur site).

Les experts du groupe de travail ne disposent pas des compétences techniques spécifiques nécessaires pour réaliser une telle évaluation, qui dépend en outre de la situation propre à l'entreprise s'engageant dans une démarche de substitution. De plus ce travail n'entre pas dans le champ de la demande initiale formulée à l'Afsset signifiant d'identifier des substituts non ou moins dangereux pour tous les secteurs concernés. Le groupe de travail ne peut donc, en l'état des connaissances apportées, valider ou recommander l'une des alternatives proposées par le rapport. Néanmoins, les experts rappellent que la démarche de substitution peut aboutir à un changement de procédé industriel et que, en cas d'impossibilité technique, les protections collectives puis individuelles nécessaires doivent être mises en place.

#### Deux exemples peuvent illustrer la complexité et les difficultés associées à la démarche de substitution.

Pour le secteur du bois et de l'ameublement, les propriétés recherchées sont doubles et incluent le caractère liant et biocide du formaldéhyde. Après analyse de la littérature, les résines à base d'isocyanates semblent émerger comme alternative possible. Cependant le monomère (MDI) à la base de cette résine est classé cancérogène de catégorie 3 par l'Union Européenne et présente surtout un pouvoir sensibilisant reconnu et de plus forte intensité pour les travailleurs exposés que celui du formaldéhyde. Il s'agit typiquement d'un transfert de risque à éviter pour les professionnels à moins que les émissions ne soient parfaitement contrôlées.

L'autre exemple est celui de l'utilisation du formaldéhyde dans le domaine de l'anatomie et la cytologie pathologiques (ACP). Depuis son introduction en 1893, le formaldéhyde est l'agent fixant le plus utilisé en pathologie et constitue actuellement le référentiel standard international pour toute activité d'ACP en routine (Afaqap, 2006). C'est à partir de prélèvements fixés par des liquides à base de formaldéhyde qu'ont été établies les sémiologies macroscopiques et microscopiques d'une majorité de maladies (atlas). En tant qu'agent de conservation, le formaldéhyde permet l'examen différé dans un temps parfois très long de pièces opératoires. De nombreuses techniques d'analyse moléculaire (histochimie, histoenzymologie, immunohistochimie, hybridation *in situ* etc.) ont été développées à partir d'échantillons fixés au formol. Enfin, en tant que substance biocide à large spectre d'activité, la fixation au formol permet de réduire le caractère pathogène d'un grand nombre d'agents présents dans les biopsies adressées aux laboratoires, limitant ainsi le risque infectieux encouru par le personnel concerné.

Considérant ces éléments, la substitution du formaldéhyde dans le domaine de l'ACP devrait satisfaire les conditions scientifiques et techniques suivantes :

- le risque sanitaire encouru lors de l'exposition au substitut est démontré inférieur à celui observé avec le formol. Les propriétés biocides du substitut sont connues ;
- la composition du fixateur est connue et les conditions de production sont telles que la constance de l'offre industrielle soit assurée ;
- le fixateur est stable dans des gammes de température et d'humidité suffisantes pour pouvoir être utilisé sous des latitudes variées (caractère « international » des activités d'ACP) ;
- le fixateur permet la conservation des pièces anatomiques dans des délais de plusieurs mois à plusieurs années (nécessité par exemple de conserver les prélèvements de médecine légale jusqu'à notification d'autorisation d'élimination par le tribunal) ;
- le fixateur diffuse rapidement dans les tissus ; la périphérie des échantillons une fois fixée ne constitue pas une gêne à la diffusion du fixateur vers le centre, assurant ainsi une homogénéité de fixation ;
- la qualité morphologique des préparations est au moins égale à celle obtenue avec le formol, ne modifiant pas ou influençant peu les paramètres sur lesquels le pathologiste fonde son diagnostic ;
- la fixation autorise la réalisation d'un ensemble de techniques moléculaires complémentaires *in situ* et *ex situ* équivalentes à celle rendue possible par l'emploi du formol, sans changements fondamentaux des référentiels diagnostiques, prédictifs et pronostiques standardisés ;
- les biomolécules des échantillons fixés et inclus dans de la paraffine sont stables, autorisant ainsi la création de banques tissulaires ;
- le caractère « international » du substitut devrait permettre de continuer les activités d'ACP dans des protocoles d'essais thérapeutiques internationaux (nécessitant actuellement une communication de blocs fixés en formol à des experts étrangers).

Bien que plusieurs substituts au formaldéhyde soient aujourd'hui disponibles sur le marché français (cf. paragraphe 5.1.3), leur utilisation en routine n'est pas encore possible en raison de nombreuses difficultés techniques à résoudre. Dans cette optique, l'Afaqap a engagé en 2007 une étude technique comparant les substituts. Les résultats sont disponibles sur son site Internet ([www.afaqap.org](http://www.afaqap.org)). En parallèle, une autre enquête a été engagée sur la substitution dans les structures d'ACP françaises disposant d'une expérience significative dans le domaine. Les résultats devraient être publiés prochainement.

## 9 Bibliographie

### Normes

DIN 52187 (mai 1979). Testing of wood. AFNOR (indice de classement 79.040).

NF EN ISO 14184-1 (mars 1999). Textiles - Dosage du formaldéhyde - Partie 1 : formaldéhyde libre et hydrolysé (méthode par extraction d'eau). AFNOR (indice de classement G06-039-1).

ISO TC IULTCS/IUC 19 (2006). Leather - Chemical tests. Part 2: Determination of formaldehyde content in leather by colorimetric analysis. (ISO indice de classement 59.140.30).

Jurisdictional Screening Level (JSL) 1096. Dimethylpiperazine.

NF EN 316 (janvier 2000). Panneaux de fibres de bois - Définition, classification et symboles. AFNOR (indice de classement B54-050).

NF EN 12469 (juillet 2000). Biotechnologie. Critères de performance pour les postes de sécurité microbiologique. AFNOR (indice de classement X42-136).

NF EN 13986 (avril 2005). Panneaux à base de bois destinés à la construction - Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage. AFNOR (indice de classement B54-250).

NF EN 717-1 (mars 2005). Panneaux à base de bois - Détermination du dégagement de formaldéhyde - Partie 1 : émission de formaldéhyde par la méthode à la chambre. AFNOR (indice de classement B51-272-1).

### Réglementations

Arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances. JO du 8 mai 1994.

Arrêté du 25 mars 1992 concernant les conditions que doivent remplir les procédés, produits et appareils destinés à la désinfection obligatoire.

Arrêté du 6 février 1989 modifié fixant la liste des auxiliaires technologiques pouvant être utilisés en sucrerie. JO du 24 février 1989.

Arrêté pris en Conseil d'Etat du 20 juillet 1998 fixant la liste des maladies contagieuses portant interdiction de certaines opérations funéraires prévues par le décret n° 76-435 du 18 mai 1976 modifiant le décret du 31 décembre 1941. J.O. du 21 août 1998.

Arrêté du 16 juillet 2007 fixant les mesures techniques de prévention, notamment de confinement, à mettre en œuvre dans les laboratoires de recherche, d'enseignement, d'analyses, d'anatomie et cytologie pathologiques, les salles d'autopsie et les établissements industriels et agricoles où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes.

Article L. 14 du code de la santé publique et décret n°67-743 du 30 août 1967 portant règlement d'administration publique relatif aux conditions que doivent remplir les procédés, produits et appareils destinés à la désinfection des locaux.

Article R.2213-3 du Code général des collectivités territoriales. Partie réglementaire. Sous-section 2 : Opérations consécutives au décès (R).

Avis aux producteurs, distributeurs, importateurs et utilisateurs de produits destinés aux soins de conservation du corps de la personne décédée, au sens de l'article R.2213-3 du Code général des collectivités territoriales (JO du 31 juillet 2007).

Circulaire du 5 juillet 1976 relative à l'application du décret n° 76-435 du 18 mai 1976 modifiant le décret du 31 décembre 1941 codifiant les textes relatifs aux opérations d'inhumation, d'exhumation, d'incinération et de transport de corps.

Décision no 2002/231/CE de la Commission du 18 mars 2002 établissant des critères écologiques révisés pour l'attribution du label écologique communautaire aux articles chaussants et modifiant la décision 1999/179/CE. JOCE du 20 mars 2002.

Décret n°76-435 du 18 mai 1976 modifiant le décret du 31 décembre 1941 codifiant les textes relatifs aux opérations d'inhumation, d'exhumation, d'incinération et de transport de corps ainsi que le décret du 12 avril 1905 sur le taux des vacances funéraires. JO du 20 mai 1976.

Décrets n°84-1093 du 7 décembre 1984 modifiant les sections I et VII du chapitre II du titre III du livre II du code du travail (deuxième partie).

Décret n°84-1094 du 7 décembre 1984 complétant le code du travail (deuxième partie) et fixant les règles relatives à l'aération et l'assainissement des locaux de travaux auxquelles doivent se conformer les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle, commerciale ou agricole.

Décret 2006-623 du 29 mai 2006 relatif à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules. JO n°124 du 30 mai 2006

Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. Annexe I : liste des substances dangereuses classées. JOCE n°L 258 et L 258 A du 16 octobre 1993.

Directive 70/524/CEE du Conseil, du 23 novembre 1970, concernant les additifs dans l'alimentation des animaux. JOCE n°L 270 du 14 décembre 1970.

Directive 76/768/CEE (Modifiée) du Conseil, du 27 juillet 1976, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux produits cosmétiques. JO n°L 262 du 27 septembre 1976.

Directive du Conseil n° 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations. JOCE n°L85 du 29 mars 1999, rect. JOCE n°L 188 du 21 juillet 1999 et rect. JOCE n°L 87 du 8 avril 2000.

Directive du Parlement européen et du Conseil n° 98 /8/CE du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides. JOCE n°L 123 du 24 avril 1998.

Directive n° 2004/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 avril 2004 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules et modifiant la directive n° 1999/13/CE. JOUE n°L 143 du 30 avril 2004.

Loi n°1994-01 relative aux matériaux au contact des denrées alimentaires, produits de nettoyage de ces matériaux. Brochure 1227. 260 p.

Loi n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de Santé Publique. JO n°185 du 11 août 2004, page 14277.

Loi n° 525 du 2 novembre 1943 relative à l'organisation du contrôle des produits antiparasitaires à usage agricole. JO du 4 novembre 1943.

Règlement (CE) 1272/2008 du 16/12/2005 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) 1907/2006

Règlement (CE) No 1831/2003 du Parlement européen et du conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux. JOCE du 18 octobre 2003.

Règlement (CEE) n° 2377/90 du Conseil, du 26 juin 1990, établissant une procédure communautaire pour la fixation des limites maximales de résidus de médicaments vétérinaires dans les aliments d'origine animale. JO n°L 224 du 18 août 1990.

### **Publications, ouvrages, rapports**

AAMA. (1995). Metalworking Fluids Symposium. Congrès AAMA le 13 novembre 1995. Dearborn, Michigan.

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset). (2008). Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs aux fibres minérales artificielles. Rapport d'expertise relatif aux laines minérales et aux filaments continus de verre.

Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa). (2006). Etat des connaissances liées à l'utilisation en France du formaldéhyde en alimentations humaine et animale et dans les médicaments vétérinaires.

Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa). (2004). Evaluation des risques liés à l'utilisation du formaldéhyde en alimentation animale. Maisons-Alfort : Afssa. 25 p.

Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps). (2005). Evaluation de la toxicité du formaldéhyde contenu dans les produits de santé.

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

Altschuller A.P. (1991a). Chemical reactions and transport of alkanes and their products in the troposphere. J Atmos Chem.; 12(1): 19-61.

Altschuller A.P. (1991b). Estimating product yields of carbon-containing products from the atmospheric photooxydation of ambient air alkenes: *J Atmos Chem.*; 13(2): 131-54.

Altschuller A.P. (1993). Production of aldehydes as primary emissions and from secondary atmospheric reactions of alkenes and alkanes during the night and early morning hours. *Atmos Environ. Part A.*; 27(1): 21-32.

Anderson L.G., Lanning J.A., Barrell R. *et al.* (1996). Sources and sinks of formaldehyde and acetaldehyde: an analysis of Denver's ambient concentration data. *Atmos Environ.*; 30(12): 2113-23.

Aquicole, Bulletin de l'association des aquaculteurs du Québec. Octobre 2005 ; 10(4).

Atkinson R. (1989). Atmospheric lifetimes and fate of acetaldehyde. Research Division, Air Resources Board, California Environmental Protection Agency (Contract No. A732-107), Statewide Air Pollution Research Center, University of California, Riverside (Ca).

Atkinson R. (1990). Gas-phase tropospheric chemistry of organic compounds: a review: *Atmos Environ. Part A.*; 24(1): 1-41.

Atkinson R. (1995). Gas phase tropospheric chemistry of organic compounds. In: Hester R.E., Harrison R.M. *Volatile organic compounds in the atmosphere*. London: Royal Society of Chemistry; 65-89.

Atkinson R. (2000). Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. *Atmos Environ.*; 34(12-14): 2063-2101.

Atkinson R., Arey J., Aschmann S.M. *et al.* (1990). Lifetimes and fates of toxic air contaminants in California's atmosphere Air Resources Board, California Environmental Protection Agency (Contract No. A732- 107).

Atkinson R., Arey J., W.P. Harger W.P. *et al.* (1993). Lifetimes and fates of toxic air contaminants in California's atmosphere, Research Division, Air Resources Board, California Environmental Protection Agency (Contract A032-055).

Atkinson, R. (1986). Kinetics and mechanisms of the gas-phase reactions of the hydroxyl radicals with organic compounds under atmospheric conditions. *Chem Rev.*; 86(1): 69-201.

Atkinson R., Aschmann S.M., Tuazon E.C. *et al.* (1989). Formation of 3-methylfuran from the gas-phase reaction of OH radicals with isoprene and the rate constant for its reaction with the OH radical, *Int. J. Chem. Kinet.* 21: 593-604.

Baker D.C. (1994). Projected emissions of hazardous air pollutants from a Shell coal gasification process-combined-cycle power plant. *Fuel.*; 73(7): 1082-6.

Bierbach A., Barnes I., Becker K.H. *et al.* (1994). OH-radical initiated degradation of aromatic hydrocarbons. In: Angeletti G., Restelli G. *Physicochemical behaviour of atmospheric pollutants*. Travaux du 6e symposium européen, Varese, du 18 au 22 octobre 1993, Commission de la Communauté européenne, Bruxelles (Belgique), pp. 129-136 (Rapport de la CCE EUR 15609/1 EN).

BNPC (2007). Extraction réalisée par le CAP/TV de Nancy à la demande de l'Afsset dans le cadre de la saisine Formaldéhyde.

Botta A., Orsière T. *et al.* (2003). Etude du risque mutagène lié à l'exposition au formaldéhyde dans les laboratoires d'anatomo-pathologie. Convention de recherche n°06/99 DRTE-FP PACA / ADEREM. Laboratoire de Biogénotoxicologie et Mutagenèse Environnementale. Université de Méditerranée, Faculté de Médecine de Marseille, Service de Médecine et Santé au Travail.

British Crop Protection Council (BCPC). The UK Pesticide Guide 2003 (UKPG). (2003). BCPC Publications. 630 p.

Brunn W., Klostermeyer H. (1984). Detection and determination of formaldehyde in foods. *Lebensmittelchem Gerichth Chem.*; 38: 16-7.

Carlier P., Hannachi H., Mouvier G. (1986). The chemistry of carbonyl compounds in the atmosphere – a review. *Atmos Environ.*; 20(11): 2079-99.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (1981). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 25. Wood, leather and some associated industries. Lyon: CIRC. 412 p.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (1987). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Supplement 7. Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of volumes 1 to 42. Lyon: CIRC.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (1988). IARC monographs on the Man-made Fibers and Radon. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Lyon: CIRC.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (1995). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 62. Wood dust and formaldehyde. Lyon: CIRC. 405 p.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (2002). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 81. Man-Made Vitreous Fibres. Lyon: CIRC. 418 p.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (2004). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 83. Tobacco Smoke and Involuntary Smoking. Lyon: CIRC. 1452 p.

Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). (2004). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 88. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. Lyon, CIRC. 478 p.

Centre technique du bâtiment et de l'ameublement (CTBA). (2006). Exposition du public au formaldéhyde liée au bois et à l'ameublement. Rapport intermédiaire n°2 remis à l'Afsset sous la direction de Deroubaix G. le 24/07/06.

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

Chan G.S., Scafe M. Emami S. (1992). Cemeteries and groundwater: An examination of the potential contamination of groundwater by preservatives containing formaldehyde. Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch Publication (PIBS 1813). 11 p.

Cleary T.J., Morales A.R., Nadji M. (2005). Antimicrobial activity of UMFix tissue fixative. *J Clin Pathol.*; 58(1):22-5.

Comité scientifique de l'alimentation animale (SCAN). (2002). Update of the opinion of the Scientific Committee for Animal Nutrition on the use of formaldehyde as a preserving agent for animal feeding stuffs of 11 June 1999. 19 p.

Confédération des professionnels du funéraire et de la marbrerie (CPFM). (2006). Protocole du soin de conservation par procédé I.F.T. CPFM – Section Thanatopraxie. Décembre 2006.

Correa S.M., Martins E.M., Arbilla G. (2003). Formaldehyde and acetaldehyde in a high traffic street of Rio de Janeiro, Brazil: *Atmos Environ.*; 37(1):23-9.

Daisey J.M., Mahanama K.R., Hodgson A.T. (1994). Toxic Volatile Organic Compounds in Environmental Tobacco Smoke: Emission Factors for Modelling Exposures of California Populations. *Lawrence Berkeley National Laboratory*. Paper LBL-36379. En ligne: <http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBL-36379> (contrat A133-186).

D-EPA (2006). Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products, Survey of Chemical Substances in Consumer Products n°75. En ligne: <http://glwww.mst.dk/chemi/01080000.htm>

Dessart L., Serpentine C.L., Benoit-Marquie F. *et al.* (2006). Fluides d'embaumement : Une vie après le formol ? *Actu Chim.* ; 299 :26-35.

Direction Générale de la Santé (DGS). Compte-rendu réunion DGS du 15/03/07. Paris : Direction Générale de la Santé

Direction générale des entreprises (DGE). (2006). Formaldéhyde : les emplois du formaldéhyde dans différents secteurs d'activité. (Document de travail, Diffusion restreinte aux participants du groupe de travail de la Direction générale des entreprises).

Direction Générale des Entreprises. L'emploi du formaldéhyde par les professionnels, compte-rendu du 05/07/2005. Paris : Direction Générale des Entreprises.

Duval C., Duval R. (1978). Dictionnaire de la chimie et de ses applications. Paris : Technique et documentation.

Eberhardt, M.A., Sieburth J. (1985). A colorimetric procedure for the determination of aldehydes in seawater and in cultures of methylotrophic bacteria. *Mar Chem.* ; 17(3): 199-212.

EFSA. (2006). Avis du groupe scientifique sur les additifs alimentaires, les arômes, les auxiliaires technologiques et les matériaux en contact avec les aliments sur une demande de la Commission relative à l'utilisation du formaldéhyde en tant que conservateur au cours de la fabrication et de la préparation des additifs alimentaires, Question N°EFSA Q-2005-032, Adopté le 30 novembre 2006.

Environnement Canada. (1995). Technical briefing note on composite wood panels. Rapport préparé pour le programme Choix environnemental, Ottawa (Ont.), 18 mai.

Environnement Canada. (1996). Rapport sommaire — 1994. Inventaire national des rejets de polluants (INRP), Direction des données sur la pollution, Hull (Qc).

Environnement Canada. (1997a). Évaluation environnementale des substances d'intérêt prioritaire conformément à la Loi canadienne sur la protection de l'environnement, guide, version 1.0, mars 1997. Division de l'évaluation des produits chimiques, Direction de l'évaluation des produits chimiques commerciaux, Hull (Qc) (Série sur la protection de l'environnement EPS/2/CC/3F).

Environnement Canada. (1997b). Avis concernant la deuxième liste des substances d'intérêt prioritaire et le phtalate de di(2-éthylhexyle). Gazette du Canada, partie I, le 15 février 1997, p. 366-368.

Environnement Canada. (1997c). Résultats des enquêtes industrielles menées sous le régime de l'article 16 de la LCPE concernant la deuxième liste des substances d'intérêt prioritaire et le di(2-éthylhexyle) phtalate, Section des méthodes d'utilisation, Direction de l'évaluation des produits chimiques commerciaux, Hull (Qc).

Environnement Canada. (1997d). VOC emissions survey of adhesives, sealants and adhesive tape manufacturers in Canada (ébauche). Rapport préparé pour la Direction des données sur la pollution, Hull (Qc).

Environnement Canada. (1999). Canadian Environmental Protection Act — Priority Substances List — Supporting document for the environmental assessment of formaldehyde, Direction de l'évaluation des produits chimiques commerciaux, Hull (Qc).

European Chemical Industry Council (CEFIC). (1999). The Automotive Industry and Formaldehyde, FormaCare. 2 p.

Facchini M. (1992). Phase-partitioning and chemical reactions of low molecular weight organic compounds in fog: *Tellus* 1992; 44B: 533-544.

Fahri R., Morel C., Chéron J. (1982). Matières plastiques et adjuvants. Hygiène et sécurité. Editions INRS. (Ref.: ED 638). 232 p.

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

FILMM. (2002). Livre blanc du FILMM : Production, application des laines minérales réglementation, niveaux d'exposition.

FILMM. (2007). Syndicat national des fabricants d'isolants en laines minérales manufacturées: Les laines minérales dans le bâtiment. Dossier consécutif aux auditions du FILMM par l'Afsset (non publié).

Fisher P.W., Foster J.A., Deb K. (1991). Development of toxic air pollutant emissions for thirteen pulp and paper mills in Wisconsin. TAPPI Proceedings. Atlanta (Ga.). pp. 469-81.

- Flyvholm M.A., Andersen P. (1993). Identification of formaldehyde releasers and occurrence of formaldehyde and formaldehyde releasers in registered chemical products. *Am J Ind Med.*; 24(5): 533-52.
- Gabele P.A. (1990). Characterization of emissions from a variable gasoline/methanol fuelled car. *J Air Waste Manage Assoc.*; 40: 296-304.
- Garnier R. (2009). Risques pour les thanatopracteurs lors de l'utilisation du glyoxal ? *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement. Courrier des lecteurs.* 2009 ;70 :89-91.
- GFEA. (2005). Health Risks from Biocide-containing Products and Articles of Daily Use, German Federal Environmental Agency, November 2005.
- Global Insight. (2007). Socio-Economic Benefits of Formaldehyde to the European Union (EU 25) and Norway. Prepared to FormaCare. 111 p.
- Grosjean D. (1982). Formaldehyde and other carbonyls in Los Angeles ambient air. *Environ Sci Technol.*; 16: 254-262.
- Grosjean D. (1990a). Atmospheric chemistry of toxic contaminants. 2. Saturated aliphatics: acetaldehyde, dioxane, ethylene glycol ethers, propylene oxide. *J Air Waste Manage Assoc.* 40(11): 1522-31.
- Grosjean D. (1990b). Gas-phase reaction of ozone with 2-methyl-2-butene: Dicarbonyl formation from Criegee biradicals. *Environ Sci Technol.*; 24: 1428-32.
- Grosjean D. (1991a). Atmospheric chemistry of toxic contaminants. 4. Saturated halogenated aliphatics: methyl bromide, epichlorhydrin, phosgene. *J Air Waste Manage Assoc.*; 41(1): 56-61.
- Grosjean D. (1991b). Atmospheric chemistry of toxic contaminants. 5. Unsaturated halogenated aliphatics: Allyl chloride, chloroprene, hexachlorocyclopentadiene, vinylidene chloride. *J Air Waste Manage Assoc.* 41(2): 182-9.
- Grosjean D. (1991c). Atmospheric fate of toxic aromatic compounds. *Sci Total Environ.*; 100: 367-414.
- Grosjean D. (1997). Atmospheric chemistry of alcohols. *J Braz Chem. Soc.*; 8: 442-3.
- Grosjean D., Grosjean E. (1995). Carbonyl products of the ozone-unsaturated alcohol reaction: *J Geophys Res.*; 100(22):815-22.
- Grosjean D., Grosjean E., Williams E.L. (1993b). (1993a). Atmospheric chemistry of unsaturated alcohols. *Environ Sci Technol.*; 27: 2478-85.
- Grosjean D., Grosjean E., Williams E.L. (1993b). The reaction of ozone with MPAN,  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{O})\text{OONO}_2$ . *Environ Sci Technol.*; 27: 2548-52.
- Grosjean D., Miguel, A.H., Tavares T.M. (1990). Urban air pollution in Brazil: acetaldehyde and others carbonyls. *Atmos Environ Part B.*; 24(1):101-6.

- Grosjean D., Swanson R., Ellis C. (1983). Carbonyls in Los Angeles air: contribution of direct emissions and photochemistry. *Sci Total Environ.*; 28: 65-85.
- Grosjean E., de Andrade J.B., Grosjean D. (1996b). Carbonyl products of the gas-phase reaction of ozone with simple alkenes. *Environ Sci Technol.* ; 30(3): 975-83.
- Grosjean E., Grosjean D., Seinfeld J.H. (1996a). Atmospheric chemistry of 1-octene, 1-decene cyclohexene: gas-phase carbonyl and peroxyacyl nitrate products. *Environ Sci Technol.* ; 30(3): 1038-47.
- Guerin M.R., Jenkins R.A., Tomkins, B.A. (1992). The chemistry of environmental tobacco smoke: composition and measurement. Boca Raton (Fla.): Lewis Publishers.
- Guski, M.E., Raczynski D.T. (1994). Evaluation of air toxic emissions and impacts from an urban wood waste to energy facility. 87<sup>e</sup> réunion et exposition annuelles de l'Air and Waste Management Association. Cincinnati, Ohio. 15 p. (exposé 94-RP130.04).
- Haenhsen E., Kan E., Petit I. (1998). Traitement de surface quoi de neuf ? *Cahier Industries* ; 38 : 11-21. En ligne : [www.industrie.gouv.fr](http://www.industrie.gouv.fr)
- Hajjar J., Cetre J.C., Nicolle M.C. *et al.* (2000). Vigilance environnementale (guide C. CLIN Sud-Est). *Hygiènes.* ; 8(3):139-79. En ligne: <http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/Environnement/vigenvSE.pdf> (consulté le 20 juin 2006).
- Harley R.A., Cass G.R. (1994). Modeling the concentrations of gas-phase toxic organic air pollutants: direct emissions and atmospheric formation. *Environ Sci Technol.*; 28(1): 88-98.
- Hellebust J.A. (1974). Extracellular products. In : W.D.P. Stewart (ed.). *Algal physiology and biochemistry*. Oxford ( R.U.): Blackwell Scientific Publications. pp. 838-63.
- Hodgson A.T., Beal D., McIlvaine J.E.R. (2002). Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house. *Indoor Air.*; 12(4): 235-42.
- Hoekman S.K. (1992). Speciated measurements and calculated reactivities of vehicle exhaust emissions from conventional and reformulated gasolines. *Environ Sci Technol.*; 26: 1206-16.
- Howard P.H. (1989). Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals : Large production and priority pollutants (vol. 1). Chelsea (Mich.): Lewis Publishers. pp. 101-6.
- Howell J.K. *et al* (1995). Metalworking Fluids: Composition and Use. AAMA Metalworking Fluids Symposium. 13-16 November 2005. Dearborn, Michigan.
- Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2004). Le formaldéhyde dans l'air intérieur. Sources, concentrations et effets sur la santé. *Bulletin d'information en santé environnementale*. 15(3).
- Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). (2004). Évaluation de l'impact d'un abaissement des valeurs d'exposition admissibles pour le formaldéhyde. (Projet de Recherche). En ligne : [http://www.irsst.qc.ca/fr/\\_projet\\_2752.html](http://www.irsst.qc.ca/fr/_projet_2752.html)

Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). (2007). Fiche de prévention. Exposition au formaldéhyde en milieux de travail. La thanatopraxie.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS). (2002). Rubrique 1158 : MDI Di-isocyanate de diphenyl méthane (Rapport DRA - 2002-n°38138/33).

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS). (2004). Formaldéhyde: Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques.

Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS). (2007). Filières de production et d'utilisation du formaldéhyde, produits de substitution existants et en développement. (Rapport d'étude DRC-07-71747-10905A).

Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (1997). Fiche toxicologique No 7 - Aldéhyde formique et solutions aqueuses. En ligne : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (2005). Thanatopraxie : état des pratiques et risques professionnels. Puyméral P., Guez-Chailoux M. Le Bâcle C. Dossier médico-technique n° 104. 104 TC 05. 4<sup>ème</sup> trimestre 2005.

Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (2006) Le point des connaissances sur... Le Formaldéhyde. ED 5032. En ligne : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (2007a). Base de données - inventaire des CMR (cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques) utilisés en France en 2005.

Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (2007b). Conception des laboratoires d'analyses biologiques. ED 999.

Institut national de recherche et de sécurité (INRS). (2007c). Fiches d'aide à la substitution. En ligne : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

Institute for Environment and Health (IEH). (1996). IEH : Assessment on indoor air quality in the home. University of Leicester : Medical Research Council, Institute for Environment and Health. 384 p. En ligne : <http://www.le.ac.uk/ieh/>

International Programme on Chemical Safety (IPCS). (1989). Environmental Health Criteria No 89 Formaldehyde. Geneva : World Health Organisation, United Nations Environment Programme, International Labour Organisation.

International Programme on Chemical Safety (IPCS). (2002). Formaldehyde. Concise International Chemical Assessment Document 40. Genève: WHO, International Programme on Chemical Safety (IPCS). En ligne : <http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm>

Jermini C., Weber A., Grandjean E. (1976). [Quantitative determination of various gasphase components of the side-stream smoke of cigarettes in the room air as a contribution to the problem of passive smoking]. Int Arch Occup Environ Health. 36(3): 169-81 (en allemand).

Kaminski J., Atwal A.S., Mahadevan S. (1993). Determination of formaldehyde in fresh and retail milk by liquid column chromatography. J Assoc Off Anal Chem Int.; 76(5): 1010-3.

- Kanemitsu K., Imasaka T., Kunikawa S. *et al.* (2005). A comparative study of ethylene oxide gas, hydrogen peroxide gas plasma, and low-temperature steam formaldehyde sterilization, *Infect Control Hosp Epidemiol.*; 26 (5): 486-9.
- Kao A.S. (1994). Formation and removal reactions of hazardous air pollutants, *J. Air Waste Manage Assoc.* 44: 683-96.
- Keene W.C., Mosher B.W., Jacob D.J. (1995). Carboxylic acids in clouds at a high-elevation forested site in Central Virginia: *J Geophys Res.* 100: 9345-58.
- Kesselmeier J., Bode K., Hofmann U. *et al.* (1997a). Emission of short chained organic acids, aldehydes and monoterpenes from *Quercus ilex L.* and *Pinus pinea L.* in relation to physiological activities, carbon budget and emission algorithms. *Atmos Environ.*; 31(Suppl. 1): 119-34.
- Kieber R.J., Zhou X., Mopper K. (1990). Formation of carbonyl compounds from UV-induced photodegradation of humic substances in natural waters: Fate of riverine carbon in the sea, *Limnol Oceanogr.*; 35(7): 1503-15.
- Kitchens J.F., Casner R.E., Edwards G.S. *et al.* (1976). Investigation of selected potential environmental contaminants: formaldehyde. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. 204 p. (EPA 560/2-76-009).
- Klus H., Kuhn H. (1982). [Distribution of different components of tobacco smoke between main-current and side-current smoke.], *Beitr. Tabakforsch. Int.* 11: 229-265 (en allemand).
- Lefebvre V. (2001). Risque chimique dans les laboratoires de biologie moléculaire. Dossier médico technique. 85 TC 81. 32 p.
- Lemonnier M, Pesquera K. (2007). Thanatopraxie. Technique, histoire et pratique au quotidien. Sauramps Médical. I.S.B.N. : 2-84023-504-0. E.A.N. : 9782840235040.
- Levert A., Veber M. (2001). Determination of aldehydes and ketones in air samples using cryotrapping sampling. *Chemosphere*; 44(4): 701-8.
- Lipari F., Dasch J.M., Scruggs W.F. (1984). Aldehyde emissions from wood-burning fireplaces. *Environ Sci Technol.*; 18(5): 326-30.
- Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation : Formaldéhyde, Ministère des Travaux publics et des Services gouvernementaux Canada 2001
- Little J.C., Hodgson A.T., Gadgil A.J. (1994). Modeling emissions of volatile organic compounds from new carpets. *Atmos Environ.*; 28(2): 227-34.
- Locco M. *et al.* (2000). Global Trends in Waxes and Polishes. Household & Personal Products Industry. En ligne : [www.rohmhaas.com/rhcis/markets\\_and\\_products/floorcaretrends.doc](http://www.rohmhaas.com/rhcis/markets_and_products/floorcaretrends.doc)
- Lowe D.C., Schmidt U., Ehhalt D.H. *et al.* (1981). Determination of formaldehyde in clean air. *Environ Sci Technol.*; 15(7): 819-23.
- Marchand C., Bulliot B., Le Calvé S. *et al.* (2006) Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France). *Atmos Environ.* ; 40(7): 1336-45.

Merck. (2006). The Merck Veterinary Manual. Merck Publishing Group

Minischetti L., Huot L., Mallaret M.R. *et al.* (2004). Apport de la désinfection complémentaire des surfaces dans un laboratoire de nutrition parentérale. *Hygiènes.*; 12(6): 593-8.

Ministère de l'économie, des finances et de l'emploi, Service des Etudes et Statistiques Industrielles (SESSI). BMSI. ; No 334 novembre 2003.

Miyake T., Shibamoto T. (1995). Quantitative analysis by gas chromatography of volatile carbonyl compounds in cigarette smoke. *J Chromatogr Part A.*; 693(2): 376-81.

Möhler K., Denbsky G. (1970). [Determination of formaldehyde in foods.] *Z Lebensm- Unters Forsch.*; 142: 109-20. (en allemand).

Moore G. (2000). Communication personnelle à R. Beauchamp, Section des substances d'intérêt prioritaire, Santé Canada, Ottawa (Ont.), au sujet du formaldéhyde dans les produits antiparasitaires. Courriel daté du 28 mars 2000 et provenant de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, Ottawa (Ont.) dans environnement canada (1999).

Motawie A.M., Sadek E.M. (1998). Adhesives and Coatings based on Polyvinyl Acetals. *J Appl Polym Sci.*; 70(9): 1769-77.

Mutualité sociale agricole (2007). Note adressée à l'Afsset concernant l'exposition au formaldéhyde dans les secteurs agricoles. 18 p.

Muller K. (1997). Determination of aldehydes and ketones in the atmosphere – a comparative long time study at an urban and a rural site in eastern Germany: *Chemosphere.*; 35(9): 2093-106.

Munger J.W., Jacob D.J., Daube B.C. *et al.* (1995). Formaldehyde, glyoxal, and methylglyoxal at a rural mountain site in central Virginia. *J Geophys Res.*; 100(D5): 9325-34.

National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI). (1994). Evaluation of methods to estimate releasable formaldehyde from formaldehyde resin containing wood and paper product dusts. (Technical Bulletin for NCASI No. 664).

National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI) (2001). Manuel d'information sur les substances spécifiques pour la préparation de déclarations à l'Inventaire National des Rejets de Polluants préparé pour l'association canadienne des pâtes et papier. National Council for Air and Stream Improvement, Research Triangle Park, NC.

Nielsen M.K., Jorgensen B.M. (2004). Quantitative Relationship between Trimethylamine Oxide Aldolase Activity and Formaldehyde Accumulation in White Muscle from Gadiform Fish during Frozen Storage. *J Agric Food Chem.*; 52(12): 3814-22.

Niemelä R., Priha E., Heikkilä P. (1997). Trends of Formaldehyde Exposure in Industries. *Occup Hyg.*; 4:31-46.

Novamann International. (1997). SWARU incinerator emission characterization for compliance with certificate of approval. Préparé par Novamann (Ontario) Inc. Pour la municipalité régionale de Hamilton- Wentworth et Laidlaw Technologies, Mississauga (Ont.).

- NPI. (2004). Formaldehyde (Methyl Aldehyde) Substance Profile, Article consulté sur the Australian Government Department of the Environment and Heritage National Pollutant Industry Internet site (<http://www.npi.gov.au>).
- Nuccio J., Seaton P.J., Kieber R.J. (1995). Biological production of formaldehyde in the marine environment. *Limnol Oceanogr.* ; 40(3): 521-7.
- O'Connor B., Voss R. (1997). Guidance with respect to PSL2 survey. Pointe-Claire (Qc) : Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers.
- Offit PA, Jew RK. (2003). Addressing parents' concerns: do vaccines contain harmful preservatives, adjuvants, additives, or residuals? *Pediatrics.*;112(6 Pt 1):1394-7.
- Ordre national des médecins. Atlas de la démographie médicale en France. Situation au 1<sup>er</sup> janvier 2008. Etude n°41. Conseil national de l'ordre. Sept embre 2008.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). (1989). Environmental Health Criteria No 89 : Formaldehyde. Genève : OMS. 219 p.
- Possanzini M., Di Palo V., Petricca M. (1996). Measurements of lower carbonyls in Rome ambient air. *Atmos Environ.* ; 30(22): 3757-64.
- Ramdahl T., Alfheim I., Rustad S. *et al.* (1982). Chemical and biological characterization of emissions from small residential stove burning wood and charcoal. *Chemosphere*;11(4): 601-11.
- Rehbein H. (1986). [Formation of formaldehyde in fish products.], *Lebensm Chem Gerichtl Chem.*; 40: 147–118 (en allemand) [cité dans OMS, 1989].
- Reinhardt T.E. (1991). Monitoring firefighter exposure to air toxins at prescribed burns of forest and range biomass. Portland (Ore.): Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station, Forest Service. 8 p. (Research Paper PNW-RP-441).
- Rescoll. Centre technologique. (2008). Etat des lieux sur l'utilisation du formaldéhyde en Aquitaine. Etude réalisée à la demande de la Direction régionale du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle (DRTEFP) d'Aquitaine. CRAM Aquitaine. Rédaction : M.L. Séné (Rescoll).
- Rose D. (1998). Calculation of total acrolein emissions from coal-based plants and total aldehyde emissions from coal-based and oil-based plants in Canada. Division du pétrole, du gaz et de l'énergie, Direction générale de la prévention de la pollution atmosphérique, Environnement Canada. (Communication personnelle).
- RPA. (2006). Comparative Assessment of Alternatives to Formaldehyde in Consumer and Non-Consumer Products and Applications. Travail réalisé dans le cadre d'une prestation commandée par l'Afsset.
- Santé Canada. (1997). Survey on Smoking in Canada 1994-1995. Ottawa (Ont.) : Direction générale de la protection de la santé, laboratoire de lutte contre la maladie.
- Santé Canada. (1999) Rapport d'évaluation Formaldéhyde. Liste des substances d'intérêt prioritaire. En ligne : <http://www.ec.gc.ca/substances/ese/eng/psap/final/formaldehyde.cfm>

Santé Canada. (1999). Canadian Environmental Protection Act. Formaldehyde: Health-related effects. Ottawa (Ont.) : Santé Canada. (Inédit).

Santé Canada. (2000). Draft supporting documentation for PSL2 assessments. Human exposure assessment for formaldehyde. Ottawa (Ont.) : Direction générale de la protection de la santé, section des substances d'intérêt prioritaire.

Satsumabayashi H., Kurita H., Chang Y.S. *et al.* (1995). Photochemical formations of lower aldehydes and lower fatty acids under long-range transport in central Japan. *Atmos Environ.* 29(2): 255-66.

Schäfer L., Gabriel R., Muller H. *et al.* (1995). Emission of short chained organic acids and aldehydes in relation to physiological activities and apoplastic ion concentration in Mediterranean tree species during the B.E.M.A. field campaign in May 1994: Biogenic Emissions in the Mediterranean Area, BEMA-Project, Report on the 1st BEMA measuring campaign at Castelporziano, Rome (Italy), May 1994: EUR 16293 EN, Brussels 1995; 233–247.

Schauer J.J., Kleeman M.L., Cass G.R. *et al.* (1999). Measurement of emissions from air pollution sources. 1. C1 through C29 organic compounds from meat charboiling. *Environ Sci Technol.*; 33: 1566-77.

Schlitt H., Knöppel H. (1989). Carbonyl compounds in mainstream and sidestream cigarette smoke. In : Bieva C., Courtois Y., Govaerts M. (ed.). Present and future of indoor air quality. Amsterdam : Excerpta Medica. pp. 197-206.

Schriever E., Marutzky R., Merkel D. (1983). [Examination of emissions from small woodfired combustion furnaces.], *Staub-Reinhalt Luft.*; 43: 62-5.

Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food-Products Intended for Consumers (SCCNFP). (2002). Opinion on the concerning the determination of certain formaldehyde releaser in cosmetic products. SCCNFP/586/02

Seinfeld J.H., Pandis S.N. (1998). Atmospheric Chemistry and Physics. New York : Wiley Interscience.

SEPIA (2007). Extraction réalisée par l'INRS à la demande de l'Afsset dans le cadre de la saisine Formaldéhyde.

Shepson B., Hastie D.R., Schiff H.I. *et al.* (1991). Atmospheric concentrations and temporal variations of C<sub>1</sub> -- C<sub>3</sub> carbonyl compounds at two rural sites in central Ontario. *Atmos Environ.*; 25(9): 2001-15.

Skov H., Hjorth J., Lohse C. *et al.* (1992). Products and mechanisms of the reactions of the nitrate radical (NO<sub>3</sub>) with isoprene, 1,3-butadiene and 2,3-dimethyl-1,3-butadiene in air. *Atmos Environ Part A.*; 26(15): 2771-83.

Slemr J., Junkermann W., Volz-Thomas A. (1996). Temporal variations in formaldehyde, acetaldehyde and acetone and budget of formaldehyde at a rural site in Southern Germany. *Atmos Environ.*; 30(21): 3667-76.

- Smith B. (1986). Identification and Reduction of Pollution Sources in Textile Wet Processing. Raleigh, NC: Office of Waste Reduction, North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources.
- Snow P., Baker L., Crews W. *et al.* (1989). Characterization of emissions from a methanol fueled motor vehicle. *J Air Waste Manage Assoc.*; 40: 747-56.
- Sotelo, C.G., Piñeiro C., Pérez-Martín R.I. (1995). Denaturation of fish protein during frozen storage: role of formaldehyde. *Z Lebensm Unters Forsch.*; 200(1): 14-23.
- Southern Regional Research Center (SRRC). (2006). Formaldehyde-free durable press reagents. New Orleans, Louisiana. En ligne: [www.ars.usda.gov](http://www.ars.usda.gov).
- Steinberg D.C. (2004). Frequency of Use of Preservatives 2003. *Cosmetics & Toiletries.*; 119(11):55-8.
- Stump F.D., Knapp K.T., Ray W.D. *et al.* (1994). Influence of oxygenated fuels on the emissions from three pre-1985 light-duty passenger vehicles: *J Air Waste Manage Assoc.*; 44(6): 781-6.
- Sverdrup G.M., Riggs K.B., Kelly T.J. *et al.* (1994). Toxic emissions from a cyclone burner boiler with an ESP and with the SNOX demonstration and from a pulverized coal burner boiler with an ESP/wet flue gas desulfurization system. In: 87th Annual Meeting & Exhibition for the Air and Waste Management Association. Volume 3B. Cincinnati, Ohio. pp. 1-15. (94-WA73.02).
- Tanner R.L., Zielinska B., Ueberna E. *et al.* (1994). Measurements of carbonyls and the carbon isotopy of formaldehyde at a coastal site in Nova Scotia during NARE. Desert Research Institute, Reno (Nev.). Silver Spring (Md.): Office of Global Programs, National Oceanic and Atmospheric Administration. 25 p. (DRI Document 3910-IFI).
- TIMA. (1991). Thermal Insulation Manufacturers Association: Man-Made Vitreous Fibers: Nomenclature, Chemical and Physical Properties.
- Toxics Use Reduction Institute (TURI). (2006). Five Chemicals Alternatives Assessment Study. University of Massachusetts Lowell.
- Tsuchiya K., Hayashi Y., Onodera M. *et al.* (1975). Toxicity of formaldehyde in experimental animals — concentrations of the chemical in the elution from dishes of formaldehyde resin in some vegetables. *Keio J Med.*; 24(1): 19-37.
- Tsuda M., Frank N., Sato S. *et al.* (1988). Marked increase in the urinary level of N-nitrosothioproline after ingestion of cod with vegetables. *Cancer Res.* 48(14): 4049-52.
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1985). Health and environmental effects profile for formaldehyde, Environmental Criteria and Assessment Office. Cincinnati (Ohio): Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development. EPA/600/X-85/362.
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1990). Evaluation of emission factors for formaldehyde from certain wood processing operations. Final report, May–August 1989. Research Triangle Park (N.C.) : Office of Research and Development, Air and Energy Engineering Research Laboratory. EPA/600/8-90/052.
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1990). Exposure Factors Handbook. Washington, DC: Office of Health and Environmental Assessment (US EPA). EPA 615 600/8-89/043.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1990a). Code of Federal Regulations. Washington, DC: US EPA. EPA 40 CFR 60.617.  
En ligne : <http://www.epa.gov/epahome/search.html>.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1991). Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Formaldehyde (Revised). Washington, DC: US EPA. EPA 450/4-91-012.  
En ligne : <http://www.epa.gov/ttn/chief/le/formal.pdf>

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1992). Guidelines for exposure assessment. Washington, DC: Office of Health and Environmental Assessment (US EPA). EPA 600Z-92/001.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA). (1993). Motor vehicle related air toxics study. Ann Arbor (Mich.): Office of Mobile Sources, Emission Planning and Strategies Division. EPA 420-R-93-005.

United Soybean Board (USB). (2007). Soy Wood Treatment Helps Reduce Mold. Biobased Solutions.; 8(4):1.

Ushakova V., Van Roy B. (2003). External Validation of Silicone Technologies for Fabric Care. Dow Corning Europe, technical article. 7 p.

Vigo T.L. (1994). Textile Processing and Properties: preparation, dyeing, finishing and performance. New York: Elsevier. 498 p.

Vincent R. (2006). Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005. INRS, Hygiène et Sécurité du Travail : Cahier de Notes Documentaires. ; 205 :83-96.

Wack E., Saint Laurent P., De Almeida N. *et al.* (2000). La désinfection par voie aérienne : quand ? et comment ? Techn Hosp.; 651: 50-6.

Walker B.L., Cooper C.D. (1992). Air pollution emission factors for medical waste incinerators. J Air Waste Manage Assoc. 42(6): 784-91.

Wayne R.P., Barnes I., Biggs P. *et al.* (1991). The nitrate radical: Physics, chemistry and the atmosphere. Atmos Environ Part A.; 25(1): 1-203.

Welch C.M. (1988). Tetracarboxylic acids as formaldehyde-free durable press finishing agents. Textile Res J. 58(8): 480-6.

Williams R.L., Liparif F., Potter R.A. Formaldehyde, methanol and hydrocarbon emissions from methanol-fueled cars. J Air Waste Manage Assoc.; 1990; 40: 747-56.

Yamada, H., Matsui S. (1992). Formation characteristics of formaldehyde and the formaldehyde precursors which release formaldehyde through thermal decomposition in water. Water Sci Technol.; 25(11): 371-8.

Zimmermann P.R., Chatfield R.B., Fishman J. *et al.* (1978). Estimates on the production of CO and H<sub>2</sub> from the oxidation of hydrocarbon emissions from vegetation, Geophys Res Lett.; 5(8): 679-82.

## Communications. Actes de conférence. Liens Internet

Assistance publique - Hôpitaux de Paris (AP-HP). Le formol à l'hôpital. Utilisations, risques, recommandations. Groupe de travail AP-HP. PAPRIPACT, thème n°5 « Prévention des risques chimiques et biologiques ». Août 2008.

Association française d'assurance qualité en anatomie et cytologie pathologiques (Afaqap). Le risque formol. Document élaboré par la Commission 4 « Organisation et fonctionnement des structures ACP ». 2006. <http://www.afaqap.org/>

Autorité européenne de sécurité des aliments. Avis du groupe scientifique sur les additifs alimentaires, les arômes, les auxiliaires technologiques et les matériaux en contact avec les aliments relatif à l'utilisation du formaldéhyde en tant que conservateur au cours de la fabrication et de la préparation des additifs alimentaires. 30 novembre 2006 [http://www.efsa.europa.eu/fr/science/afc/afc\\_opinions/ei415\\_formaldehyde.html](http://www.efsa.europa.eu/fr/science/afc/afc_opinions/ei415_formaldehyde.html)

Carrefour Pathologie. Organisé par la Société française de pathologie. Symposium 1 : la fixation et les fixateurs en 2007. Communication du Dr Gaëtan Mac Grogan de l'Institut Bergonié à Bordeaux. Accélération de la fixation par micro-ondes : l'expérience bordelaise. 21 novembre 2007. Maison de la Chimie (Paris).

CNAM Pays de la Loire. Prévention des risques liés à l'exposition au formaldéhyde. Plan régional santé environnement. 6 novembre 2007.

IEH (1999) Volatile organic compounds (including formaldehyde) in the home, Institute for Environment and Health, University of Leicester. <http://www.le.ac.uk/ieh/>

Ministère du Budget, des comptes publics et de la fonction publique. Direction générale des douanes et droits indirects. Le chiffre du commerce extérieur. En ligne : [http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/portail\\_default.asp](http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/portail_default.asp) [site consulté le 8 juin 2007].

Note du 19 mai 2004 à la DGCCRF sur une demande d'appui technique concernant la présence de formaldéhyde dans certains lots d'additifs alimentaires. N. Réf. : 04-0235.

Rochaix Philippe. Quelle(s) attitude(s) adopter face au changement de statut du formol ? Communication Afaqap. Février 2007.

## Thèses

François S. (2004). Etude du comportement atmosphérique des hydroperoxydes et composés carbonylés : développement instrumental et études de terrain. Thèse de post-doctorat ADEME/région Provence Alpes Cote d'Azur (PACA). Université de Provence, Aix-Marseille I.

Marchand C. (2005). Incidences des teneurs en aldéhydes mesurées dans l'air intérieur et extérieur sur des patients sujets à l'asthme. Thèse de Doctorat. Université Louis Pasteur, Strasbourg.

Marcon Gehin Nathalie (2008). Le glyoxal : un possible substitut du formaldéhyde en anatomie pathologique ? Mémoire de Diplôme d'études spécialisées d'Anatomie et de cytologie pathologiques. Université Henri Poincaré Nancy 1. Faculté de médecine de Nancy.

---

## **ANNEXES**

---

## Annexe 1 : lettres des saisines

 LIBERTÉ • ÉGALITÉ • FRATERNITÉ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE		COURRIER REÇU LE 30 NOV. 2004 8294
<b>MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE</b> Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale Direction de la prévention des pollutions et des risques	<b>MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PROTECTION SOCIALE</b> Direction générale de la santé DGS / SD7C / 723	
001058	Le directeur général de la santé Le directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale Le directeur de la prévention des pollutions et des risques	
	à	
	Madame la directrice Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale 27-31 Avenue du Général Leclerc 94701 MAISONS ALFORT	
	Paris, le <b>24 NOV. 2004</b>	
<p><b>OBJET</b> : Evaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs</p> <p><b>REF</b> : Saisine du 28 avril 2004 (Procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction)</p> <p>Madame la directrice générale,</p> <p>Par courrier du 28 avril 2004 cité en référence, nous vous avons sollicitée pour la mise en place d'une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction.</p> <p>Le 15 juin 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a annoncé que le formaldéhyde est cancérigène pour l'homme. Nous avons donc saisi l'INRS en juillet 2004, afin qu'il travaille à la révision de la classification européenne du formaldéhyde.</p> <p>Dans ce contexte, nous sollicitons à nouveau l'expertise de votre agence sur cette substance afin de procéder en particulier à une évaluation des risques sanitaires engendrés par son exposition dans les environnements intérieurs en France – qu'il soit émis par les produits de construction ou par toute autre source – ainsi que dans les environnements extérieurs. Cette évaluation des risques suivra, pour ce qui concerne les matériaux de construction, la méthodologie élaborée dans le cadre de la saisine du 28 avril 2004.</p> <p>A cette fin, nous vous demandons notamment de :</p>		

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

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

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

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

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

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

Le directeur général de la santé,



Professeur William DAB

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

Le directeur des études économiques  
et de l'évaluation environnementale

Dominique BUREAU

Le directeur de la prévention des  
pollutions et des risques,

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

Thierry TROUVE



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

COURRIER REÇU LE

- 5 JAN. 2005

8872

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

Télécopie : 01 44 38 26 48

Le directeur des relations du travail

à

Madame FROMENT VEDRINE,  
directrice générale de l'Agence française de  
sécurité sanitaire environnementale  
27-31 Avenue du Général Leclerc  
94701 MAISONS ALFORTCopie :  
M. William DAB (DGS), M. Thierry TROUVE  
(DPPR), M. Dominique BUREAU (D4E)

Paris, le 30 décembre 2004

Affaire suivie par : Marielle FAYOL / Céline POUJOULAS

Tél : 01 44 38 31 33 / 01 44 38 27 89

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

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

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

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

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

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

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

Le directeur des relations du travail

Jean-Denis COMBRELLE

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

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

### RAPPEL DES RUBRIQUES DE LA DECLARATION PUBLIQUE D'INTERETS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

		27 septembre 2007
	<b>Démission le 20 novembre 2007</b>	
	<b>LD</b>	
	Retraité d'ORKEM/ELF ATOCHEM/ATOFINA/ARKEMA depuis 2005	
	Président, fondateur et membre unique de « Alain Lombard Toxicology consulting EURL ALLOTOXCONSULTING » depuis 2007	
	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
<b>Analyse Afsset :</b>		
<b>PAILLER François-Marie</b>		11 juin 2003 16 septembre 2003 25 octobre 2005
	<b>Intuitu Personae depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006</b>	
	<b>Démission le 02 novembre 2006</b>	
	Aucun lien déclaré	
<b>Analyse Afsset :</b>	/	
<b>PARIS Christophe</b> (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »)		20 juin 2003 15 décembre 2005 09 janvier 2006 27 mars 2008
	Aucun lien déclaré	
<b>Analyse Afsset :</b>	/	
<b>PERRAULT Guy</b>		31 octobre 2006
	<b>LD</b>	
	Expert Conseil au Québec, « Guy Perrault, Consultation en R&D et expertise en sécurité et santé au travail »	
<b>Analyse Afsset :</b>	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.	
<b>PILORGET Corinne</b>		16 février 2007
	Aucun lien déclaré	
<b>Analyse Afsset :</b>	/	
<b>PLENAT François</b>		12 janvier 2007
	Aucun lien déclaré	

<b>Analyse Afsset :</b> /	
<b>RAMEL</b>	<b>Martine</b> (membre du CES « Évaluation des risques liés aux milieux aériens ») 24 juin 2003 05 février 2008
	<b>LD</b> Responsable du Programme Laboratoire Central de la Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) de l'Institut National de l'Environnement industriel et des Risques (INERIS)
	<b>SR-A</b> Membre du Conseil Scientifique de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI)
<b>Analyse Afsset :</b>	Pas de risque de conflit d'intérêt par rapport à la thématique de la saisine.

### **ORGANISME-EXPERT PARTICIPANT**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **Annexe 3 : principales enquêtes et les bases de données utilisées: caractéristiques et limites de l'interprétation**

---

### **La base de données SEPIA de l'INRS**

La base de données SEPIA de l'INRS concerne les préparations chimiques mises sur le marché français. Elle est alimentée par les déclarations obligatoires des préparations classées très toxiques, toxiques, corrosives ou biocides, par les informations fournies suite à une demande de l'INRS (pouvant concerner quelque préparation chimique que ce soit), et dans une moindre mesure, par des renseignements envoyés spontanément par les industriels.

Cette base et le dispositif réglementaire qui permet son alimentation (l'INRS est agréé pour la réception, la conservation de ces données confidentielles et la réponse aux interrogations) ont été avant tout conçus pour disposer des compositions complètes des préparations (ce que ne permet pas autrement le secret de fabrication) afin de fournir, au cas par cas, préparation par préparation, des informations en cas d'accident, de problème de santé lié à l'utilisation, ou pour effectuer des actions de prévention.

Toute interprétation des données concernant les préparations contenant des éthers de glycol extraites par l'INRS de la base de données SEPIA doit donc tenir compte des caractéristiques de cette base de données et de ses modalités d'alimentation et d'interrogation. Ainsi, SEPIA ne référence actuellement qu'environ 60 000 préparations, essentiellement d'utilisation industrielle, et non l'intégralité des préparations. La coexistence de préparations à déclaration obligatoire et d'autres préparations entraîne également des distorsions dont il faut tenir compte dans l'interprétation. Deux exemples :

- Toutes les préparations contenant 0,5 % ou plus d'un éther de glycol classé toxique pour la reproduction de catégorie 2 seront classées toxiques pour la reproduction de catégorie 2, donc à déclaration obligatoire ; SEPIA devrait donc regrouper l'intégralité de ces préparations (sauf oubli de déclaration par l'industriel), ce qui n'est pas le cas pour les préparations contenant d'autres éthers de glycol qui, elles, ne sont pas à déclaration obligatoire ;
- Toutes les préparations biocides (déclaration obligatoire) contenant un éther de glycol devraient à terme être répertoriées dans SEPIA (la déclaration n'est obligatoire que depuis fin 2004 et toutes les préparations biocides n'ont pas encore été déclarées) ce qui permettra de connaître assez précisément le pourcentage de préparations biocides contenant un ou plusieurs éthers de glycol ainsi que les différents éthers de glycol utilisés. Par contre, aucune comparaison ne pourra être effectuée avec les autres classes d'utilisation, à l'intérieur desquelles coexistent préparations à déclaration obligatoire et autres préparations.

### **Inventaire CMR 2005 de l'INRS**

Cette enquête a été réalisée en 2005, à la demande du ministère du travail et dans le cadre des actions du plan santé-travail 2005-2009. Le formaldéhyde faisait partie des 320 agents chimiques couverts par cette étude.

Les informations issues de cette étude proviennent d'une analyse de la littérature scientifique- technique récente, de données collectées auprès de centres techniques et d'une enquête menée auprès d'un échantillon représentatif de 2000 entreprises. De cette manière, les secteurs utilisateurs de formaldéhyde ont été identifiés, la consommation sectorielle et le nombre de salariés potentiellement exposés ont été estimés par

redressement en tenant compte des caractéristiques spécifiques de l'échantillon étudié (strate d'emploi, chiffre d'affaires...) et de celle de la population étudiée.

### **La base de données BNPC des Centres antipoison et de toxicovigilance**

La base nationale des produits et compositions (BNPC) rassemble les informations validées utiles aux médecins des centres antipoison dans l'exercice de leurs activités de réponse téléphonique à l'urgence toxicologique, d'information et d'expertise toxicologique, de toxicovigilance, de prévention des intoxications. Elle constitue également la base nationale de référence des agents relatifs aux cas d'intoxications et aux demandes d'informations toxicologiques. Elle est gérée par un centre antipoison qui dispose d'un médecin administrateur de la base. A noter que la BNPC n'est pas exhaustive des préparations sur le marché car elle n'intègre que les préparations ayant fait l'objet de la consultation d'un centre antipoison ou bien d'une déclaration volontaire et spontanée de l'industriel. En juin 2007, un peu moins de 100 000 préparations étaient enregistrées dans cette base de données. La BNPC inclut 170 435 agents (dont 71 200 préparations et 96 587 substances).

## **Annexe 4 : utilisations réglementées et autorisées du formaldéhyde et de l'hexaméthylènetétramine dans le domaine des matériaux de contact**

### **Formaldéhyde (n° Cas 50-00-0)**

- **Monomère et autre substance de départ des matériaux et objet en plastique**<sup>49</sup> (PM réf 17260)  
Une restriction est associée : LMS (T) = 15 mg/kg d'aliment ou de simulant (Limite de Migration Spécifique dans la denrée alimentaire ou dans le simulant alimentaire exprimé comme le Total du groupement ou de la substance indiquée).
- **Constituant des produits de nettoyage des matériaux destinés au contact des denrées pour l'homme et pour les animaux**<sup>50</sup>
  1. Section Ia, produit devant être rincé à l'eau potable après usage ou servant comme rinçage de la vaisselle, deuxième groupe « Agent désinfectant ou conservateurs », point 12 (utilisable en solution aqueuse).
  2. Section Ib, produits pouvant ne pas être rincés à l'eau potable après usage, point 5 : « ne peut être employé sous sa forme gazeuse qu'en respectant les conditions suivantes : traitement réalisé en l'absence d'aliment, précédé d'un lavage et d'un rinçage..., il est suivi éventuellement, par l'emploi d'une substance neutralisante autorisée, comme l'ammoniac...le mélange gazeux doit être remplacé par de l'air...teneur résiduelle en formaldéhyde soit inférieure à 3 mg/m<sup>3</sup> ».
- **Réactifs**
  - **Des matériaux en pellicules de celluloses régénérées**<sup>51</sup> :
    - pour former un agent d'ancrage des pellicules de cellulose régénérées non vernies (autre additif, troisième classe) : produits de condensation de mélanine formaldéhyde, de mélanine d'urée formaldéhyde, d'urée formaldéhyde ; teneur en formaldéhyde libre inférieure ou égale à 0,5mg/dm<sup>2</sup>,
    - pour la fabrication de résine urée formaldéhyde pour les pellicules de celluloses régénérées vernies.
  - **Des matériaux en caoutchouc**<sup>52</sup> :
    - réactif pour former un émulsionnant et dispersant (Annexe II.XIII.b) : produit de condensation de l'aldéhyde formique avec le sel de sodium et d'ammonium de l'acide naphthalène sulfonique,
    - réactif pour former des résines (Annexe II.IX) xylol-formaldéhyde, résorcine-formaldéhyde, mélamine-formaldéhyde, LMS de 3 mg/kg.

<sup>49</sup> Arrêté du 2 janvier 2003 relatif aux matériaux et objets en matière plastique mis ou destinés à être mis au contact des denrées, produits et boissons alimentaires

<sup>50</sup> Arrêté du 8 septembre 1999 concerne les procédés et les produits utilisés pour le nettoyage des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme ou des animaux

<sup>51</sup> Arrêté du 4 novembre 1993 relatif aux matériaux et objets en pellicule de cellulose régénérée mis ou destinés à être mis au contact des denrées, produits et boissons alimentaires

<sup>52</sup> Arrêté du 9 novembre 1994 relatif aux matériaux et objets en caoutchouc au contact des denrées, produits et boissons alimentaires

La fiche toxicologique de l'INRS [N°7, 1997] cite l'emploi de formaldéhyde dans le domaine des **colorants et des papiers**, cependant aucune utilisation dans le domaine des matériaux au contact des denrées alimentaires n'a été relevée dans les textes réglementaires de la brochure 1227 de la DGCCRF.

#### **Hexaméthylènetétramine (n°CAS 100-97-0 ; PM réf 186 70)**

- **Monomère et autre substance de départ des matières plastiques** : LMS (T) = 15 mg/kg (exprimé en formaldéhyde)
- **Additif pour la fabrication des matériaux et objets en caoutchouc (Annexe II)** : accélérateur, restriction à un contact bref (2H à 40 °C)

#### **Autres dérivés du formaldéhyde**

- **Acide formique**
- **Impureté de Constituant des produits de nettoyage des matériaux** destinés au contact des denrées pour l'homme et pour les animaux, section Ia : impureté à 0,45 % en poids de l'acide hydroxyacétique qui est un agent désinfectant ou conservateur.
- **Additif de matériaux et objets en pellicule de cellulose régénérée** non vernie et vernie, (autre additif, première classe : Acide formique et ses sels de NH<sub>4</sub>, Ca, Mg, K et Na.
  
- **Formiate de sodium**  
**Constituant des produits de nettoyage des matériaux** destinés au contact des denrées pour l'homme et pour les animaux, section Ia, catégorie F : agent antimousse, antiredéposition ou épaississants, critère de pureté du E237

## Annexe 5 : liste de libérateurs de formaldéhyde actuellement identifiés (BNPC, 2007)

---

- 1,3,5-tris-(2-hydroxyethyl)-1,3,5-hexahydrotriazine
- 1,3,5-Triazine-1,3,5(2H,4H,6H)-triethanol
- 1-Oxyde de pyridine-2-thiol, sel de sodium
- 2,2',2''-(Hexahydro-1,3,5-triazin-1,3,5-triyl)triéthanol
- 2-methyl-4-isothiazolin-3-one
- 2-methyl-5-chloro-isothiazolin-3-one
- 2-Propen-1-ol, 3-(bis(2-hydroxyethyl)amino)-2-((2-hydroxyethyl)(hydroxymethyl)amino)-(2-hydroxymethylaminoethanol-tri-Nethylhydroxy-2-aminomethylene)
- 3,3'-méthylènebis[5-méthylloxazolidine]
- Benzylhemiformal
- Bromonitrodioxane (5-bromo,5-nitro-1,3-dioxane)
- Bromonitropropanediol (2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol)
- cis 1-(3-chloroallyl)-3,5,7-triaza-1-azoniaadamantane chloride
- Diazolidinylurée
- DMDM hydantoïne (1,3-dimethylol-5,5-dimethylhydantoïne)
- Hexahydro-1,3,5-tris(2-hydroxyéthyl)triazine (Grotan BK 4719-04-4)
- Imidazolodinyl urée
- Methenamine
- N-(3-chloroallyl) hexaminium chloride
- N-méthylolchloroacétamide Grotan HD
- N,N-methyl bis 5 methyloxazolidine
- Paraformaldéhyde
- Polyoxyméthylène urée
- Sodium hydroxymethyl glycinate
- Tris(hydroxymethyl)nitrométhane...



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

---

## **Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels**

---

Saisine n°2004/016

### **RAPPORT d'expertise collective**

Groupe de travail « Formaldéhyde »

CES « Milieux aériens »

Janvier 2009

## **Mots clés**

---

Formaldéhyde, cancer, irritation, exposition professionnelle

## Présentation des intervenants

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Pierre-André Cabanes – Service des études médicales, EDF GDF

#### Membres

M. Fernando Aguilar – Unité d'évaluation des risques physico-chimiques, Direction de l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires, Afssa

M. Stéphane Binet – Toxicologue, INRS

M. Pierre-André Cabanes – Service des études médicales, EDF GDF

Mme Claudine Cabot – Centre antipoison de Toulouse

M. Gérard Deroubaix – Responsable environnement, FCBA

M. Frédéric Dor – Evalueur impact sanitaire, Unité méthodes et investigations, INVS

Mme Véronique Ezratty – Médecin, évaluateur de risques, Service des études médicales, EDF GDF

M. Yann Grosse – Circ

Mme Séverine Kirchner – Division santé et bâtiment, CSTB

M. Jérôme Lavoué – Chargé de recherche, Institut universitaire romand de santé au travail (a démissionné en avril 2008)

Mme Béatrice Lalère – LNE

M. Fabien Lavergne – Evalueur toxicologue, Département Toxicologie, Afssaps

Mme Corinne Mandin – Direction des risques chroniques, Ineris

M. Jacques Manel – Centre antipoison Nancy

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

M. François Maupetit – Division santé, CSTB

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

Mme Corinne Pilorget – Hygiéniste industrielle, INVS / UMRESTTE

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

Mme Cécile Verdier – Evalueur toxicologue, Département d'évaluation des produits cosmétiques, biocides et de tatouage, Afssaps

M. Raymond Vincent – Chef de l'unité Caractérisation du risque chimique, Département métrologie des polluants, INRS

---

**RAPPORTEURS AUPRES DU CES « MILIEUX AERIENS »**

---

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

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

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

---

**PRESENTATION DU RAPPORT AU COMITE D'EXPERTS SPECIALISES**

---

- Evaluation des risques liés aux milieux aériens

**Président**

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

**Membres**

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

Mme Isabella Annesi Maesano - Responsable de l'équipe d'épidémiologie des réponses immunitaires et inflammatoires. Épidémiologie respiratoire

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

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

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

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

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

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

M. Philippe Glorennec - Enseignant chercheur de l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. Évaluation des risques sanitaires

Mme Séverine Kirchner - Responsable du secteur "qualité de l'air intérieur" au CSTB

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

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

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

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

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

M. Christophe Paris - Médecin professeur des universités et praticien hospitalier

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

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

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

M. Rémy Slama - Chercheur. Épidémiologie, pollution atmosphérique

M. Fabien Squinazi - Médecin biologiste, directeur du LHVP

M. Jacques Vendel - Chef de laboratoire

Ce rapport a été soumis au CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en septembre 2008 et en janvier 2009. Les conclusions et recommandations ont été adoptées par le CES en janvier 2009.

Le rapport a également été présenté au CES « Valeurs limites d'exposition professionnelle » en décembre 2008 qui n'a émis aucun commentaire.

---

## **PARTICIPATION AFSSET**

### **Coordination scientifique**

M. Guillaume Boulanger – chef de projets

M. Christophe Rousselle – chef d'unité

Mme Cécilia Solal – chef de projets

### **Appui technique**

M. Hugues Modelon – chef de projets

### **Secrétariat administratif**

Mme Séverine Boix – Afsset

---

## **CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES**

« Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France » - M. Raymond Vincent, INRS

« Caractérisation des risques professionnels au formaldéhyde en France » - M. Stéphane Binet, INRS

*Travail réalisé dans le cadre d'une commande de l'Afsset inscrite dans le programme de travail de la convention cadre INRS – Afsset*

## AUDITION DE PERSONNALITES EXTERIEURES

---

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

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

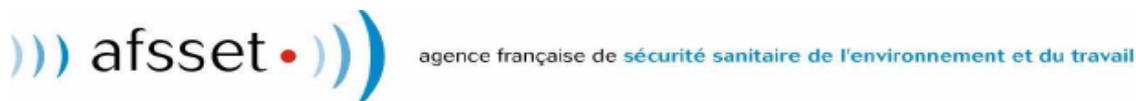
## SOMMAIRE

<b>Expertise collective : synthèse et conclusions.....</b>	<b>9</b>
<b>Abréviations .....</b>	<b>16</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>18</b>
<b>Liste des figures .....</b>	<b>19</b>
<b>Liste des annexes.....</b>	<b>19</b>
<b>1 Introduction .....</b>	<b>20</b>
1.1 Préambule.....	20
1.2 Contexte.....	20
1.3 Démarche retenue.....	20
1.3.1 Caractérisation de l'exposition.....	21
1.3.2 Caractérisation du danger.....	22
1.3.3 Caractérisation des risques .....	23
1.3.4 Conclusion .....	24
<b>2 Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France .....</b>	<b>25</b>
2.1 Estimation des populations exposées.....	25
2.2 Les professions exposées au formaldéhyde .....	29
2.3 Évaluation des niveaux d'exposition .....	33
2.3.1 Recherche bibliographique .....	33
2.3.2 Rapport de la Mutualité Sociale Agricole (MSA) .....	34
2.3.3 Études de l'IRSST.....	35
2.3.4 Données MEGA .....	36
2.3.5 Données COLCHIC .....	37
2.4 Caractérisation de l'exposition professionnelle .....	48
2.4.1 VLEP formaldéhyde sélectionnées.....	49
2.4.2 Estimation du nombre de salariés exposés au formaldéhyde de manière chronique en comparaison avec les VLEP sélectionnées.....	49
2.4.3 Estimation du nombre de salariés exposés au formaldéhyde en comparaison aux VLEP Court terme.....	55
2.4.4 Utilisation de protection individuelle respiratoire .....	55
2.5 Conclusion.....	57
<b>3 Identification et caractérisation du danger .....</b>	<b>59</b>
3.1 Aspects généraux .....	59
3.2 Dangers physico-chimiques.....	59
3.3 Toxicité court terme.....	59
3.4 Toxicité long terme .....	61
3.4.1 Construction de la VLEP-8h Afsset .....	61
3.4.2 Sensibilisation .....	63
3.4.2.1 Sensibilisation respiratoire.....	63
3.4.2.2 Sensibilisation cutanée.....	63
3.4.3 Neurotoxicité .....	63
3.4.4 Effets sur la reproduction et le développement .....	64
3.4.5 Génotoxicité .....	64
3.4.6 Cancérogénicité .....	65
3.4.6.1 Mode d'action.....	65
3.4.6.2 Cancer du nasopharynx .....	66
3.4.6.3 Leucémie.....	67
<b>4 Caractérisation du risque sanitaire.....</b>	<b>68</b>

---

<b>4.1 Risques aigus</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2 Risques chroniques</b> .....	<b>69</b>
4.2.1 Irritation .....	69
4.2.2 Sensibilisation cutanée .....	71
4.2.3 Cancer du nasopharynx.....	71
<b>5 Données manquantes</b> .....	<b>73</b>
<b>6 Conclusion</b> .....	<b>74</b>
<b>7 Bibliographie</b> .....	<b>76</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>85</b>

## Expertise collective : synthèse et conclusions



### EXPERTISE COLLECTIVE : SYNTHESE ET CONCLUSIONS

#### Relatives aux risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels

Saisine Afsset n°2004/016

---

Ce document présente les conclusions et recommandations du Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » sur la base des travaux du groupe de travail « Formaldéhyde ».

---

#### PRESENTATION DE LA QUESTION POSEE

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

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

#### CONTEXTE SCIENTIFIQUE

La classification du formaldéhyde a été révisée par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) en juillet 2004, du groupe 2A (substance probablement cancérigène pour l'homme) au groupe 1 (substance cancérigène avérée pour l'homme) sur la base d'études épidémiologiques en milieu du travail portant sur la survenue de cancers du nasopharynx. Le formaldéhyde est actuellement classé cancérigène de catégorie 3 par l'Union Européenne (effets cancérigènes possibles pour l'homme mais preuves insuffisantes).

#### ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'Afsset a confié l'instruction de cette saisine à un groupe de travail mis en place en février 2005 et étendu en avril 2007 à des compétences en santé travail. Ce dernier a été rattaché au Comité d'Experts Spécialisés (CES) « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en octobre 2005.

Le mandat du groupe de travail regroupe 5 volets :

- Analyse des données toxicologiques ;
- Identification précise des produits concernés par la présence de formaldéhyde ;

1 / 7

- Analyse et quantification des voies d'exposition en précisant les sources directes et indirectes de formaldéhyde ;
- Conduite d'une évaluation des risques sanitaires globale (population générale avec une attention particulière pour les enfants, travailleurs) ;
- Indication de l'existence de produits de substitution non ou moins dangereux.

La présente note d'expertise collective concerne uniquement les risques sanitaires associés à l'exposition de la **population professionnelle française** au formaldéhyde (partie des points 3 et 4 de la saisine). Les expositions professionnelles proviennent de sources spécifiques liées à l'activité. Les expositions professionnelles non spécifiques dans les locaux de type bureaux ont été recensées et considérées dans le précédent rapport de l'Afsset intitulé « Evaluation des risques sanitaires pour la population générale liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs » (mai 2008).

L'organisation et les travaux du groupe sur ce point ont été soumis au CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » en septembre 2008 puis en janvier 2009. Ils ont également fait l'objet d'une présentation au CES « Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) » en décembre 2008. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte de certaines observations et éléments complémentaires transmis par les membres de ces CES.

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise » avec pour objectif de respecter les points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

## DESCRIPTION DE LA METHODE

Le rapport d'expertise sur les risques sanitaires liés à l'exposition de la population professionnelle au formaldéhyde est essentiellement fondé sur :

- le rapport « Toxicité du formaldéhyde. Etat des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) » publié en mai 2008 ;
- le rapport de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) intitulé « Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France », transmis à l'Afsset en mars 2008. Ce rapport a fait l'objet de discussions avec le groupe de travail ;
- le rapport de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) intitulé « Caractérisation des risques professionnels au formaldéhyde en France » transmis à l'Afsset en juin 2008. Ce rapport a fait l'objet de discussions avec le groupe de travail ;
- le rapport du groupe de travail « Formaldéhyde » sur l'étude de filières (à paraître) ;
- les conclusions d'une journée internationale d'échanges et de réflexions sur la relation dose-effet du formaldéhyde, organisée par l'agence le 20 novembre 2007 et réunissant des représentants d'organismes d'expertise ayant travaillé sur ce sujet (Santé Canada, DECOS, BfR).

L'expertise s'est appuyée sur la démarche retenue au niveau européen pour la réalisation des *Risk assessment reports* dont les principes fondamentaux sont décrits dans le *Technical guidance document*<sup>1</sup>.

L'exposition au formaldéhyde par voie orale étant peu probable dans l'environnement professionnel, la caractérisation des risques professionnels s'est limitée aux voies d'exposition cutanée et respiratoire.

## 1. Caractérisation de l'exposition

L'objectif est d'estimer le nombre de travailleurs exposés à différents niveaux de formaldéhyde par secteur d'activité.

L'étude de filières met en évidence la diversité des secteurs d'activité utilisant le formaldéhyde comme agent de synthèse de résines thermodurcissables et en tant que biocide dans des préparations ou pour le traitement d'unités de production.

Aucune matrice emplois-expositions précise relative au formaldéhyde n'est disponible à l'heure actuelle pour reconstruire, en l'absence de données rétrospectives individuelles d'hygiène industrielle, les expositions professionnelles passées<sup>2</sup>. En l'absence d'une telle matrice emplois-expositions, la caractérisation de l'exposition professionnelle en France par inhalation s'est basée sur la connaissance des niveaux d'exposition recensés dans la base de données « COLCHIC », en référence à la période 2002-2007, et sur l'estimation des populations exposées issue de l'enquête SUMER 2003.

Les situations étudiées s'appuient sur des mesures d'exposition réalisées par prélèvements d'ambiance et individuels. Les mesures d'exposition court terme (maximum 15 minutes) ont été utilisées pour caractériser les situations d'exposition aiguë et les mesures jugées représentatives de l'exposition sur une journée de travail ont été utilisées pour caractériser les situations d'exposition chronique.

## 2. Caractérisation des dangers et identification des relations dose-effet

Pour la voie cutanée, les solutions de formaldéhyde peuvent induire une sensibilisation chez l'homme et de faibles concentrations peuvent provoquer une réaction chez des individus sensibilisés.

Pour la voie respiratoire, les valeurs proposées par le CES « VLEP » de l'Afsset pour la fixation des valeurs professionnelles, basées sur des considérations uniquement sanitaires, ont été retenues par le groupe de travail :

- 0,5 mg/m<sup>3</sup> (0,4 ppm) pour le court terme (15 minutes) ;
- 0,25 mg/m<sup>3</sup> (0,2 ppm) pour le long terme (8 h/j, 5j/ 7, 40 ans).

Les effets critiques considérés pour l'élaboration de ces valeurs en milieu professionnel sont les irritations objectives oculaires et des voies respiratoires, qui sont aussi précurseurs d'effets plus sévères en particulier de l'induction des tumeurs du nasopharynx.

---

<sup>1</sup> ECB (European Chemicals Bureau). 2003. *Technical guidance document in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part I.*

<sup>2</sup> Une méthode d'élaboration de matrice emplois-exposition à partir des données SUMER a été publiée par l'InVS en septembre 2007 mais aucun résultat d'exploitation de cette matrice n'est actuellement disponible.

Enfin, pour compléter la caractérisation de la relation dose-effet, d'autres doses repères ont été retenues pour certains effets : une irritation des voies aériennes supérieures ressentie chez l'homme à partir de 1,23 mg/m<sup>3</sup> (Bender, 2002) et une augmentation significative du risque relatif de cancer du nasopharynx pour des expositions répétées supérieures ou égales à 5 mg.m<sup>-3</sup> (Hauptman *et al.*, 2004).

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR), utilisées pour l'évaluation en population générale, n'ont pas été retenues par le groupe de travail en raison des spécificités de la population professionnelle, de choix relatifs aux critères d'objectivation des effets et aux expositions associées.

### 3. Caractérisation des risques sanitaires

Pour la voie cutanée, en l'absence de relation dose-effet établie et de données d'exposition, il n'a pas été jugé possible de caractériser le risque sanitaire associé.

Pour la voie respiratoire, les niveaux d'exposition renseignés dans les différents secteurs d'activité ont été mis en regard des valeurs retenues précédemment. Une interprétation des résultats, s'appuyant sur la connaissance de la relation dose-effet du formaldéhyde, est proposée en indiquant les effets sanitaires attendus en milieu professionnel pour des situations d'exposition aiguë et chronique (effets non cancérogènes et cancérogènes), ainsi que les secteurs d'activité les plus à risque associés à ces effets.

## RESULTATS DE L'EXPERTISE COLLECTIVE

### Professions exposées au formaldéhyde

Cette étude met en évidence le nombre élevé de travailleurs exposés dans les métiers de la santé en général mais également dans d'autres secteurs tertiaires comme le commerce ou les services personnels.

Les données disponibles ont permis de recenser 105 professions exposées au formaldéhyde. Les métiers appartenant aux industries de process, de la santé, de la production de panneaux de bois et la fabrication de meubles ou d'ouvrages en bois représentent plus de 60% des mesures d'exposition au formaldéhyde.

Les professions les plus fréquemment recensées sont par ordre décroissant :

- Technicien/ne en laboratoire d'analyses médicales (examens d'anatomie et de cytologie pathologiques - ACP) ;
- Opérateur/trice sur machines de formage des matières plastiques et du caoutchouc ;
- Opérateur/trice de production de panneaux à base de bois ;
- Biologiste médical(e) (anatomopathologistes) ;
- Pilote d'installations des industries chimiques et de production d'énergie.

Cette liste de métiers n'est certainement pas exhaustive et certaines professions identifiées par ailleurs comme exposées au formaldéhyde n'y figurent pas (par exemple les thanatopracteurs).

Il est à noter, pour le port de protections respiratoires individuelles, que :

- Il est peu fréquent pendant la journée de travail ou lors de pics ;
- dans le cas d'expositions continues, il est plus fréquent pour les professions pour lesquelles les niveaux d'exposition sont relativement faibles.

### Risques liés à une exposition court terme

Les données d'exposition professionnelles **court terme** disponibles en France sont peu nombreuses limitant ainsi la représentativité des situations professionnelles concernées et l'interprétation des résultats. D'après l'analyse réalisée, plus de 78 000 travailleurs sur les 193 000 salariés exposés au formaldéhyde recensés dans l'enquête SUMER seraient exposés par inhalation à plus de 0,5 mg/m<sup>3</sup> avec des concentrations maximales pouvant atteindre plusieurs dizaines de mg/m<sup>3</sup>.

Il existe donc *a minima* un risque d'irritation oculaire pour les travailleurs exposés. Les activités et secteurs professionnels les plus concernés incluent la réalisation d'exams d'anatomie et cytologie pathologiques, les opérations de stérilisation, les divers travaux menés dans l'industrie alimentaire (stérilisation, nettoyage), les applications de produits au trempé ou par pulvérisation, l'agriculture, chasse, services annexes, la construction, la santé et action sociale et l'industrie textile.

### Risques non cancérogènes liés à une exposition long terme

D'après l'analyse réalisée sur les données d'exposition professionnelle **long terme**, environ 30 % des travailleurs exposés par inhalation au formaldéhyde en France seraient exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à 0,25 mg/m<sup>3</sup> soit environ 65 000 travailleurs sur les 193 000 de l'enquête SUMER 2003 avec des concentrations maximales pouvant atteindre plusieurs mg/m<sup>3</sup>.

Par conséquent, il existe un risque d'irritation *a minima* oculaire pour la plupart des secteurs professionnels recensés disposant de données d'exposition long terme. Cette analyse doit aussi être modulée par la fréquence d'exposition : seulement la moitié des travailleurs exposés le serait de manière permanente alors que l'autre moitié le serait de manière occasionnelle ou intermittente.

L'analyse des niveaux d'exposition et de l'estimation du nombre de salariés exposés au dessus de 0,25 mg/m<sup>3</sup> permet d'identifier les secteurs les plus à risque, notamment :

- le secteur de la santé et des soins aux personnes (environ 20 000 travailleurs) : laboratoires d'anatomie et cytologie pathologiques, d'anatomie, désinfection de matériel et thanatopraxie. Pour cette dernière activité, les niveaux d'exposition au formaldéhyde sont importants et peuvent dépasser la dizaine de mg/m<sup>3</sup> pendant de courtes périodes ;
- l'industrie chimique et le commerce, l'agriculture, l'industrie alimentaire, l'industrie du papier et du carton, de la construction ou des services personnels (incluant les pompes funèbres).

## Risques cancérogènes liés à une exposition long terme

Le risque cancérogène n'apparaît qu'aux concentrations induisant une cytotoxicité et une prolifération cellulaire. L'effet irritant du formaldéhyde est défini comme une étape préalable nécessaire au processus de cancérogenèse.

Les données épidémiologiques mettent en évidence une augmentation du risque relatif de cancer du nasopharynx dans les secteurs qui présentent des expositions répétées à des pics d'au moins 4 ppm, soit 5 mg.m<sup>-3</sup> : « agriculture, chasse, services annexes », fabrication d'autres produits minéraux non métalliques, commerce, industrie chimique, santé et action sociale, industrie alimentaire, industrie textile, industrie du papier et du carton, construction.

Pour certains secteurs professionnels, les valeurs moyennes d'exposition sur 8 heures peuvent être supérieures au seuil d'irritation du tractus respiratoire obtenu grâce à des études d'expositions contrôlées chez l'homme (LOAEL défini à 1,23 mg/m<sup>3</sup>), seuil à partir duquel des signes cliniques d'irritation respiratoire ont été observés. L'analyse des données d'exposition professionnelle indique que 9 % des travailleurs exposés au formaldéhyde sont exposés à des concentrations sur 8 heures supérieures à 1,23 mg/m<sup>3</sup> et que 50% de ces salariés relèvent de 3 secteurs d'activité : santé et action sociale, services personnels (dont pompes funèbres) et industrie chimique<sup>3</sup>. Ainsi, le risque pour ces populations professionnelles de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde est possible.

Pour d'autres secteurs d'activité présentant des mesures comprises entre 0,25 mg/m<sup>3</sup> et 1,23 mg/m<sup>3</sup>, l'analyse des données d'exposition professionnelle indique que 34 % des travailleurs exposés au formaldéhyde sont exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à 0,25 mg/m<sup>3</sup> et que plus de 50% de ces salariés relèvent des 3 secteurs d'activité cités précédemment. Le risque pour ces populations professionnelles de développer un cancer du nasopharynx ne peut être exclu.

Le risque cancérogène peut être considéré comme improbable lorsque les concentrations sont inférieures à 0,25 mg.m<sup>-3</sup>, notamment pour le secteur du travail des métaux (P<sub>90</sub> : 0,15 mg/m<sup>3</sup>), de la fabrication de meubles (P<sub>90</sub> : 0,16 mg/m<sup>3</sup>) ou de l'industrie du caoutchouc et du plastique (P<sub>90</sub> : 0,1 mg/m<sup>3</sup>).

## RECOMMANDATIONS DE L'EXPERTISE COLLECTIVE

L'analyse des résultats et l'identification des données manquantes réalisées lors de cette étude conduisent à formuler les recommandations suivantes :

### Renforcer des actions de prévention :

- en substituant le formaldéhyde par d'autres substances et/ou procédés sous réserve d'expertise sur les risques sanitaires et d'analyse bénéfices-risques comparée ;
- en réduisant les expositions dans les secteurs problématiques identifiés par la modification des procédés et la mise en place d'équipements de protection collective et individuelle ;

---

<sup>3</sup> Cette conclusion est également valable si on compare les données d'exposition au seuil proposé par le Decos et le Nordic Council of Ministers en 2003, concluant à l'absence d'excès de risque de cancer du nasopharynx à des concentrations dans l'air inférieures à 300 µg.m<sup>-3</sup>.

Améliorer les connaissances, notamment :

- acquérir des données d'exposition dans les secteurs concernant des activités tertiaires comme le commerce, les services personnels, les soins aux personnes et le secteur de collecte et de traitement des déchets diffus dangereux ;
- développer une matrice emplois-expositions historisée c'est-à-dire permettant de documenter les expositions anciennes ;
- acquérir des données sur l'exposition cutanée au formaldéhyde ;
- mieux caractériser la relation dose-réponse pour le cancer du nasopharynx et/ou affiner les modèles disponibles d'évaluation quantitative de l'excès de risque de cancer des voies respiratoires ;

Mettre en place des stratégies de surveillance systématique concernant les travailleurs exposés au formaldéhyde.

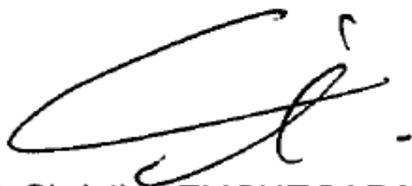
Le Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » adopte, lors de sa séance du 21 janvier 2009, les conclusions et recommandations issues de l'expertise collective "Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements professionnels" rappelées ci-dessus et fait part de cette adoption à la direction générale de l'Afsset.

Par ailleurs, cet exercice a mis en évidence des divergences méthodologiques (notamment quant au choix des valeurs sanitaires) entre les pratiques d'évaluation des risques en population générale et en milieu professionnel. Dans ce contexte, le CES attire l'attention sur la nécessité de mener des travaux de fond et des réflexions visant à une clarification et une mise en cohérence des pratiques.

Maisons-Alfort, le 21 janvier 2009

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

**Le président du CES,**



**M. Christian ELICHEGARAY**

## Abréviations

ACP : anatomie et cytologie pathologiques

ADN : Acide désoxyribonucléique

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

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BG: Berufsgenossenschaft

BGIA: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz

BMD : Benchmark Dose

CAREX : Carcinogen Exposure

CIIT : Chemical Industry Institute of Technology

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer (*IARC*)

CMR : Cancérogène, mutagène et/ou reprotoxique

CNAM-TS : Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés

CNHSTA : Commission nationale d'hygiène et de sécurité du travail en agriculture

CRAM : Caisses Régionales d'Assurance Maladie

CSPRP : Conseil supérieur de prévention des risques professionnels

DECOS : Dutch Expert Committee on Occupational Standards

DGE : Direction Générale des Entreprises

DPX : DNA-Protein Crosslinks

ERS : Évaluation des Risques Sanitaires

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

INSEE : Institut national de la statistique et des Études économiques

InVS : Institut de Veille Sanitaire

IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail / Québec

ISIC : International Standard Industrial Classification

LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level

MEGA: Messdaten zur Exposition gegenüber Gefahrstoffen am Arbeitsplatz

MSA : Mutualité Sociale Agricole

NACE : Nomenclature des Activités de la Communauté Européenne

NAF: Nomenclature des Activités Françaises

NCI : National Cancer Institute

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level

NOES : National Occupational Exposure Survey

NPD: Nitrogen Phosphorus Detector

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ROME : Répertoire Opérationnel des Métiers et des Emplois

SCOEL : Scientific Committee on Occupational Exposure Limits

TGD : Technical Guidance Document

VEA : Valeur d'Exposition Admissible

VEMP : Valeur d'exposition moyenne pondérée sur 8 heures

VLCT : Valeur limite court terme

VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

## Liste des tableaux

Tableau I : Estimations SUMER, CAREX et INRS-CMR - Principaux secteurs d'activités et nombre de salariés potentiellement exposés au formaldéhyde.....	27
Tableau II : Liste des professions recensées dans la base COLCHIC depuis 2002 .....	31
Tableau III : Données d'exposition au formaldéhyde (en mg.m <sup>-3</sup> ) de la base allemande MEGA et pour la période 1990-2004.....	37
Tableau IV : Données d'exposition au formaldéhyde (en mg.m <sup>-3</sup> ) de la base COLCHIC et pour la période 1990-2004.....	37
Tableau V : Répartition par année du nombre d'interventions, d'établissements visités et de mesures d'exposition au formaldéhyde réalisées durant la période 2002-2007. ....	38
Tableau VI : Statistiques des résultats (en mg.m <sup>-3</sup> ) de mesures d'exposition 8 heures et court terme. ....	38
Tableau VII : Fréquence des expositions au formaldéhyde par secteur d'activité et pour la période 2002-2007. ....	41
Tableau VIII : Statistiques des données d'exposition (en mg.m <sup>-3</sup> ) au formaldéhyde par division d'activités pour les mesures 8 heures et court terme réalisées de 2002 à 2007 .....	44
Tableau IX : Données d'exposition au formaldéhyde pour les grands types de professions (période 2002 à 2007). ....	47
Tableau X : Seuils d'exposition professionnels retenus dans le cadre de cette étude .....	49
Tableau XI : Paramètres et résultats de l'estimation du nombre de salariés exposés sur une période de 8 heures en référence à différents seuils d'exposition. ....	52
Tableau XII : Paramètres et résultats de l'estimation du nombre de salariés exposés en référence à diverses VLEP- Court terme.....	55
Tableau XIII : Secteurs professionnels pour lesquels (i) la médiane des mesures d'expositions court terme dépasse la VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL et/ou (ii) les valeurs maximales observées sont supérieures à 1,23 mg.m <sup>-3</sup> (extraction de la caractérisation des risques professionnels ; en fonction des divisions d'activité). Valeurs exprimées en mg.m <sup>-3</sup> .....	69
Tableau XIV : Secteurs professionnels pour lesquels les valeurs maximales observées sont supérieures à la VLEP-8h proposée par l'Afsset et le SCOEL (0,2 ppm, 0,25 mg.m <sup>-3</sup> ). Extraction du Tableau VIII de la caractérisation des risques professionnels en fonction des divisions d'activité). Valeurs exprimées en mg.m <sup>-3</sup> .....	70

## Liste des figures

Figure 1 : Niveaux d'exposition professionnelle au formaldéhyde rapportés dans la littérature .....	34
Figure 2 : Courbes des fréquences cumulées des expositions 8 heures et court terme. ....	39
Figure 3 : Évolution des expositions au formaldéhyde de 2002 à 2007.....	40
Figure 4 : Analyse de sensibilité pour des estimations aux seuils d'exposition au formaldéhyde de 1,25 mg.m <sup>-3</sup> .....	50
Figure 5 : Analyse de sensibilité pour des estimations aux seuils d'exposition au formaldéhyde de 0,25 mg.m <sup>-3</sup> .....	50
Figure 6 : Utilisation ou non utilisation d'une protection respiratoire, lors d'exposition sur la durée du poste de travail, en fonction des niveaux. ....	56
Figure 7 : Utilisation ou non utilisation d'une protection respiratoire, lors d'opérations ponctuelles (pics) en fonction des niveaux d'exposition. ....	57

## Liste des annexes

Annexe 1 : Lettres des saisines.....	86
Annexe 2 : Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine	89
Annexe 3 : Présentation de la base COLCHIC .....	99
Annexe 4 : Techniques de mesurage de l'exposition professionnelle .....	100
Annexe 5 : Liste des articles recensés dans la littérature concernant l'exposition professionnelle au formaldéhyde pour la période 1997-2007 .....	101

# 1 Introduction

## 1.1 Préambule

Ce rapport s'appuie sur deux documents, transmis à l'Afsset par l'INRS, intitulés « Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France » (Raymond Vincent, INRS) et « Caractérisation des risques professionnels au formaldéhyde en France » (Stéphane Binet, INRS). Ces études répondent à une commande de l'Afsset inscrite dans le programme de travail de la convention cadre INRS – Afsset.

Ces deux rapports ont fait l'objet d'une expertise par le groupe de travail « Formaldéhyde » et le comité d'experts spécialisés « Milieux aériens » puis ont été amendés et complétés suite aux remarques formulées. En outre, pour des raisons de lisibilité, les deux rapports ont été fusionnés et structurés au sein d'un même document précisant au préalable la méthodologie retenue pour la conduite de cette évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition au formaldéhyde en milieu professionnel.

## 1.2 Contexte

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

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

- le formaldéhyde a été classé cancérigène certain chez l'homme pour le cancer du nasopharynx par inhalation (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) en juin 2004<sup>1</sup>.
- En France, l'arrêté du 13 juillet 2006 (modifiant l'arrêté du 5 janvier 1993 qui fixe la liste des substances, préparations et procédés cancérigènes) a ajouté les travaux exposant au formaldéhyde à la liste des procédés cancérigènes du code du travail.
- L'étude de filières souligne l'usage ubiquitaire du formaldéhyde et la multiplicité des applications professionnelles incluant par conséquent un nombre important de secteurs d'activité.

## 1.3 Démarche retenue

La construction de l'évaluation des risques sanitaires en milieu professionnel s'est appuyée sur la démarche retenue au niveau européen pour la réalisation des *Risk assessment reports* dont les principes fondamentaux sont décrits dans le *Technical guidance document* (ECB, 2003). La méthodologie retenue implique ainsi trois étapes :

---

<sup>1</sup> Il était depuis 1995 classé dans le groupe 2A, probablement cancérigène pour l'homme. Il est actuellement classé CMR 3 par l'UE

- La caractérisation de l'exposition ;
- la caractérisation du danger ;
- La caractérisation des risques sanitaires.

### 1.3.1 Caractérisation de l'exposition

La caractérisation de l'exposition professionnelle vise *in fine* à pouvoir disposer, en fonction de différents seuils d'exposition retenus, d'une estimation du nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde. Cette méthodologie basée sur l'analyse conjointe des données d'emploi et d'exposition a déjà été appliquée dans plusieurs études (Kauppinen *et al.*, 2006).

Pour atteindre cet objectif, différents aspects ont été traités lors de cette étude:

- Estimation de la consommation en France
- Filières d'utilisation
- Identification des professions exposées
- Estimation des populations exposées
- Evaluation des expositions

L'évaluation des expositions professionnelles au formaldéhyde découle d'une extraction puis d'une analyse des données météorologiques françaises enregistrées dans la base de données COLCHIC (présentée en annexe 3). Les situations étudiées s'appuient sur des mesures d'exposition réalisées par prélèvements d'ambiance et individuels. Les mesures d'exposition court terme ont été utilisées pour caractériser les situations d'exposition aiguë et les mesures jugées représentatives de l'exposition sur une journée de travail ont été utilisées pour caractériser les situations d'exposition chronique. L'analyse concerne également les niveaux d'exposition par secteurs d'activités ou par métier ainsi que la fréquence des expositions par métier.

- Caractérisation de l'exposition professionnelle / estimation des travailleurs exposés

Elle vise à estimer le nombre de travailleurs exposés en France par secteurs d'activités en fonction de seuils d'exposition au formaldéhyde retenus au préalable. Les valeurs de seuil retenues sont la VME française fixée par la circulaire du 12 juillet 1993, les valeurs recommandées par l'Afsset et le SCOEL pour la fixation d'une VLEP-8h et la valeur du DECOS au niveau hollandais (la plus basse existante en Europe fondée sur des critères sanitaires). Pour l'exposition aiguë, les valeurs retenues pour cette étude sont la VLE française fixée par circulaire et les valeurs court terme recommandées par l'Afsset et par le SCOEL. L'estimation du nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde en regard des valeurs retenues dans cette étude a pour objectif d'informer le gestionnaire sur les éventuels dépassements des valeurs proposées et d'apprécier les situations d'exposition par secteurs d'activités.

Aucune matrice emplois-expositions précise relative au formaldéhyde n'est disponible à l'heure actuelle pour reconstruire, en l'absence de données rétrospectives individuelles d'hygiène industrielle, les expositions professionnelles passées. En l'absence de matrice emplois-expositions, les données d'exposition ont été utilisées afin de caractériser l'exposition professionnelle.

L'instruction de cette étude s'appuie sur la consultation de bases de données publiques (douanes, industrie...), de la littérature scientifique des dix dernières années et l'exploitation spécifique des bases de données spécialisées de l'INRS : COLCHIC, Inventaire CMR 2005. Pour cette étude, la caractérisation de l'exposition des populations professionnelles est basée sur la connaissance des niveaux d'exposition archivés dans la base de données « COLCHIC » et l'estimation des populations exposées, issue de l'enquête SUMER 2003. Cette caractérisation de l'exposition

professionnelle a été menée en référence à la période 2002-2007 pour COLCHIC et 2003 pour les statistiques d'emploi. Elle donne une estimation assez récente de la situation des expositions en France.

Les données issues d'études menées dans d'autres pays sont présentées dans le rapport, principalement pour s'assurer que toutes les filières d'activités ont bien été recensées. Cependant, ces données ne sont pas retenues pour l'analyse en raison de différences possibles en termes d'activités, de méthodes de travail, d'usage et de quantités de formaldéhyde utilisées. Les résultats obtenus lors de ces études ne sont ainsi pas nécessairement représentatifs de la situation française.

### 1.3.2 Caractérisation du danger

La partie relative à l'identification des dangers et l'analyse des relations dose-effet s'inspire directement du rapport concernant la toxicité du formaldéhyde établi par le groupe de travail « formaldéhyde » et adopté par le Comité d'Experts Spécialisés « Substances chimiques » de l'Afsset lors de sa séance du 1<sup>er</sup> décembre 2006. Les données ont été actualisées en 2008 par l'INRS (Afsset, 2008a). **Aussi, dans le présent document, les deux premières étapes de l'analyse toxicologique (identification des dangers et analyse des relations doses-réponses) ne seront pas développées ;** seules les principales informations et conclusions seront reprises.

Avant 2000, les valeurs limites professionnelles (Valeur Moyenne d'Exposition ou VME et Valeur Limite d'Exposition ou VLE) étaient fixées par des circulaires du Ministère chargé du travail : ces valeurs sont « des valeurs admises indicatives » à distinguer des valeurs réglementaires (indicatives ou contraignantes) fixées par arrêtés ou décrets. Il est difficile de retrouver les critères d'établissement de ces valeurs fixées par circulaires qui prennent en compte des critères de santé et des critères de gestion. Entre 2000 et 2008, les VLEP ont été fixées par décret et arrêté.

Depuis 2008, le processus de fixation des VLEP est le suivant (texte de synthèse issu des rapports d'expertise collective de l'Afsset pour la recommandation de VLEP) :

*« Le dispositif français d'établissement des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) comporte ainsi trois phases successives et distinctes :*

- *une phase d'expertise scientifique indépendante confiée à l'Afsset (élaboration de recommandations pour la fixation de VLEP et de VLCT);*
- *une phase d'élaboration par le ministère chargé du travail d'un projet réglementaire de valeur limite contraignante ou indicative ;*
- *une phase de concertation sociale lors de la présentation du projet réglementaire au sein du Conseil supérieur de prévention des risques professionnels (CSPRP) et de la Commission nationale d'hygiène et de sécurité du travail en agriculture (CNHSTA) qui permet de déterminer d'éventuels délais d'application liés aux problèmes de faisabilité technico-économique.*

*Les VLEP telles que recommandées par le CES « expertise en vue de la fixation de valeurs limites à des agents chimiques en milieu professionnel » de l'Afsset, consistent à déterminer des niveaux de concentration de polluants dans l'atmosphère des lieux de travail à ne pas dépasser sur une période de référence déterminée et en deçà desquels le risque d'altération de la santé est négligeable. Même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées, aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est admise à ce niveau d'exposition pour la grande majorité des travailleurs. Ces niveaux de concentration sont déterminés en considérant que la population exposée (les travailleurs) est une population homogène qui ne comprend ni d'enfants ni de personnes âgées.*

*Ces niveaux de concentration sont déterminés par les experts du CES à partir des informations disponibles dans des études épidémiologiques, cliniques ou toxicologiques. La détermination de ces concentrations sans effet pour la santé humaine nécessitent généralement de choisir des facteurs de sécurité applicables aux valeurs identifiées directement par les études. Le choix de ces facteurs permet de prendre en compte un certain nombre d'éléments d'incertitude inhérents à la démarche d'extrapolation conduite dans le cadre d'une évaluation des effets sanitaires des substances chimiques sur l'Homme. »*

**Ainsi, les valeurs proposées par des organismes indépendants comme l'Afsset ou le SCOEL pour la fixation des valeurs professionnelles sont basées sur des considérations uniquement sanitaires et peuvent être utilisées pour l'ERS en milieu professionnel.**

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR), utilisées pour l'évaluation en population générale, n'ont pas été retenues par le groupe de travail en raison des spécificités de la population professionnelle, de choix relatifs aux critères d'objectivation des effets et aux expositions associées. Les effets critiques considérés pour l'élaboration de ces valeurs en milieu professionnel sont les irritations objectives oculaires et des voies respiratoires.

Enfin, pour compléter la caractérisation des effets, d'autres doses repères pourront être retenues dans la mesure du possible pour certains effets critiques. Les études jugées « clés » pour la caractérisation de ces effets sanitaires et de la relation dose-réponse, dans le cadre de cette ERS professionnelle, font l'objet d'une analyse détaillée dans la suite de ce rapport.

### 1.3.3 Caractérisation des risques

Dans ce rapport, les informations concernant les effets sur la santé ont été intégrées avec les estimations des expositions professionnelles afin de caractériser les risques potentiels associés aux expositions professionnelles au formaldéhyde et de fournir l'identification des populations professionnelles concernées.

Cette caractérisation des risques est basée sur le fait que les effets néfastes du formaldéhyde sont principalement observés au niveau du tissu exposé et sont reliés à un niveau d'exposition plutôt qu'à une dose cumulée au niveau systémique.

Les risques encourus par la population professionnelle française sont définis en mettant en regard les niveaux d'exposition par inhalation selon les secteurs d'activité professionnelle et la relation dose-effet pour toutes les situations identifiées. Ce rapport permet ainsi d'apprécier l'existence éventuelle d'une marge de sécurité pour les travailleurs en fonction des effets sanitaires décrits. En effet, dans le document du TGD (ECB, 2003), la caractérisation des risques se définit par une comparaison entre le NOAEL ou LOAEL<sup>2</sup> le plus pertinent avec le ou les niveaux d'exposition de la population ; le ou les ratios résultants (dépendant du ou des scénarios d'exposition) représentent la marge de sécurité. Cette dernière permet de définir au mieux les mesures de réduction de risque adéquates et la nécessité d'obtenir des informations complémentaires (en cas de marge de sécurité réduite) pour affiner les données de toxicité ou d'évaluation de l'exposition.

Une interprétation des résultats, s'appuyant sur la connaissance de la relation dose-effet du formaldéhyde, est proposée en indiquant les effets sanitaires attendus en milieu professionnel ainsi que les secteurs d'activité les plus à risque associés à ces effets. Les activités professionnelles relatives à des expositions passives au formaldéhyde dans des locaux (type

---

<sup>2</sup> En l'absence de N(L)OAEEL disponible à partir de données humaines, les valeurs de N(L)OAEEL sont celles dérivées à partir de données animales. L'évaluateur de risque analyse la marge de sécurité en fonction de la nature et de la sévérité de l'effet, la population cible et l'existence de populations sensibles, l'incertitude sur les données...mais également les variations inter-espèces, la voie et la fréquence d'exposition.

bureaux) ont été traitées dans un précédent rapport de l'Afsset intitulé « Evaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs » (Afsset, 2008c).

### 1.3.4 Conclusion

Le présent rapport propose une caractérisation de l'exposition professionnelle au regard du nombre de salariés français exposés par secteur d'activité sur une période de 8 heures en référence à différents seuils d'exposition. Cependant, aucune information n'est disponible sur la prévalence des expositions des travailleurs et, par conséquent, **aucune évaluation quantitative des risques sanitaires et aucun calcul d'impact sanitaire pour la population professionnelle française ne sont possibles. Pour cette étude, la caractérisation des risques sanitaires permet d'apprécier la possibilité d'apparition des effets pour les différents secteurs d'activité analysés en proposant une estimation du nombre de travailleurs par secteur concerné.**

## 2 Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France

L'étude de filière met en évidence la diversité des secteurs d'activité utilisant le formaldéhyde comme agent de synthèse de résines thermodurcissables et en tant que biocide dans des préparations ou pour le traitement d'unités de production.

### 2.1 Estimation des populations exposées

Pour estimer le nombre de salariés exposés, trois sources de données sont disponibles :

- CAREX, étude européenne menée au début des années 90 (Vincent *et al.*, 1999);
- SUMER 2003, étude pilotée par la DARES en coopération avec les médecins du travail (DARES, 2006);
- l'étude CMR, réalisée en 2005 par l'INRS (Vincent, 2006).

Ces trois études correspondent à des méthodologies différentes, des périodes d'observations également différentes et leurs résultats ne peuvent pas être directement comparés.

L'étude CAREX réalisée au début des années 1990, correspond à la transposition des résultats d'une enquête sur les nuisances en milieu professionnel menée aux États Unis de 1981 à 1983 par le *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*. Cette enquête dénommée *National Occupational Exposure Survey (NOES-<http://www.cdc.gov/noes/noes1/agtindex.html>)* s'est déroulée il y a maintenant plus de 25 ans auprès d'un échantillon de 5000 établissements représentatifs de l'activité des États Unis et dont la correspondance avec les activités des pays européens au début des années 1990 reste difficile à appréhender. De plus les systèmes de codification des activités étant différents, ISIC (*International Standard Industrial Classification*) aux États Unis, NACE (*Nomenclature des Activités de la Communauté Européenne*) en Europe, les nécessaires opérations de transposition de ces codifications sont probablement la source d'erreurs non négligeables au regard du nombre de travailleurs potentiellement exposés au formaldéhyde. Cette enquête visait à dénombrer les travailleurs potentiellement exposés et dont le niveau d'exposition aux nuisances étudiées était supérieur à celui de la population générale. Cette définition de salarié potentiellement exposé est également difficilement interprétable dans CAREX.

L'étude SUMER a été menée en France en 2003 par des médecins du travail qui ont sélectionné de manière aléatoire 50000 travailleurs appartenant à des secteurs couvrant pratiquement toute la population française active sauf certains secteurs de l'Etat comme l'armée et l'enseignement. Les médecins du travail connaissant par ailleurs les conditions d'exposition du travailleur, ont interrogé chaque sujet sélectionné, entre autres sur les nuisances chimiques auxquelles il avait été exposé lors de sa dernière semaine de travail. Pour collecter les informations, les médecins du travail disposaient d'un guide leur expliquant notamment les utilisations du formaldéhyde et les situations de travail susceptibles d'être exposées au formaldéhyde. Compte tenu de la méthodologie d'enquête, il est très probable que cette nuisance a été correctement repérée pour ce qui concerne l'utilisation de solutions, de préparations ou de résines contenant du formaldéhyde. Les principaux biais proviennent

essentiellement du champ de l'enquête – non prise en compte de certains secteurs d'activités (notamment les travailleurs indépendants) - et de la période d'exposition : dernière semaine travaillée. Par contre, il n'y a pas de biais sur la classification des activités utilisée pour les redressements et il y avait une exposition constatée et validée par le médecin du travail pour chaque travailleur.

L'inventaire CMR mené en 2005, visait quant à lui à vérifier l'utilisation des agents chimiques CMR et les quantités consommées. Les entreprises interrogées ont fourni une indication du nombre de salariés susceptibles de travailler dans un local où l'agent était mis en œuvre sans considération du niveau d'exposition réel. L'interprétation du nombre de salariés exposés au formaldéhyde reste délicate. De plus cette enquête ne s'est intéressée volontairement qu'aux utilisateurs primaires de CMR (fabricants, formulateurs) et de ce fait, n'a couvert qu'une minorité des secteurs d'activités français : les utilisateurs finaux de produits contenant du formaldéhyde ne sont pas systématiquement pris en compte.

En raison de ces différences de méthodologie, des secteurs d'activités couverts, de la période étudiée, les résultats de l'enquête SUMER sont probablement ceux qui fournissent aujourd'hui la meilleure estimation du nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde en France.

Selon les résultats de l'étude CAREX, il y avait en France 307000 travailleurs potentiellement exposés au formaldéhyde durant la période 1990-1993. Les résultats de cette étude montraient que la moitié des travailleurs exposés au formaldéhyde appartenaient au secteur des activités de soins.

L'enquête SUMER 2003 évalue à 193000 le nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde :

- 153600 travailleurs seraient exposés à des solutions de formaldéhyde ;
- 39400 travailleurs seraient exposés lors de la mise en œuvre de résines phénoplastes et/ou aminoplastes \*.

Comme dans CAREX, la plus grande partie des salariés exposés appartiennent aux secteurs de la santé et des activités de soins : 62423 salariés.

Selon les résultats de l'enquête CMR, ciblée sur 30 secteurs d'activités, le nombre de salariés exposés au formaldéhyde se monte à 41874, dont 13480 appartiennent au secteur de la fabrication de produits pharmaceutiques. Les informations collectées durant l'enquête CMR comparées à celles de SUMER laissent à penser que le nombre de salariés exposés au formaldéhyde dans SUMER est sous estimé.

Par exemple, 4992 salariés pour SUMER et 13480 salariés pour l'enquête CMR INRS dans l'industrie pharmaceutique, aucune exposition selon SUMER dans l'industrie de fabrication des savons, alors que l'enquête CMR menée par l'INRS évalue à 8450 le nombre de salariés exposés au formaldéhyde dans ce secteur. Malgré ces différences, on peut estimer, qu'en raison de la méthodologie mise en œuvre, l'enquête SUMER permet d'obtenir l'estimation la plus fiable du nombre de travailleurs exposés au formaldéhyde en France. Les données des études CAREX, SUMER et CMR sont présentées dans le tableau I.

**Tableau I : Estimations SUMER, CAREX et INRS-CMR - Principaux secteurs d'activités et nombre de salariés potentiellement exposés au formaldéhyde.**

<b>Correspondance NAF rév. 1 2003</b>	<b>SUMER Formaldéhyde</b>	<b>SUMER Résines</b>	<b>SUMER Formaldéhyde et Résines</b>	<b>CAREX</b>	<b>INRS CMR</b>
<b>Agriculture, sylviculture, pêche</b>					
1 Agriculture, chasse, services annexes	1672				
2 Sylviculture, exploitation forestière, services annexes					
5 Pêche, aquaculture, services annexes	443			6800	
<b>Industries agricoles et alimentaires</b>					
15 Industries alimentaires	7350				296
16 Industrie du tabac				2866	
<b>Industrie des biens de consommation</b>					
18 Industrie de l'habillement et des fourrures				9917	
19 Industrie du cuir et de la chaussure	314			1746	400
22 Edition, imprimerie, reproduction	1017	362	1379	100	
24.4 Industrie pharmaceutique	4992		4992		13480
24.5 Fabrication de savons, de parfums et de produits d'entretien					8450
29.7 Fabrication d'appareils domestiques					
32.3 Fabrication d'appareils de réception, enregistrement ou reproduction du son et de l'image		264	264		
33.4 Fabrication de matériels optique et photographique				1500	
33.5 Horlogerie				1600	
36 Fabrication de meubles ; industries diverses	1387	2878	4265		
<b>Industrie automobile</b>					
34 Industrie automobile	795	1753	2548		
+ fabrication d'autres matériels de transport				3200	
<b>Industries des biens d'équipement</b>					
28.1 Fabrication d'éléments en métal pour la construction					
28.2 Fabrication de réservoirs métalliques et de chaudières pour le chauffage central					
28.3 Chaudronnerie					
29.1 Fabrication d'équipements mécaniques					
29.2 Fabrication de machines d'usage général	279	533	812		
29.3 Fabrication de machines agricoles		323	323		
29.4 Fabrication de machines-outils					
29.5 Fabrication d'autres machines d'usage spécifique					
29.6 Fabrication d'armes et de munitions	251	485	736	1700	
30 Fabrication de machines de bureau et de matériel informatique					
31.1 Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques					
32.2 Fabrication d'appareils d'émission et de transmission	265	314	579		
33.1 Fabrication de matériel médico-chirurgical et d'orthopédie	300	375	675		
33.2 Fabrication d'instruments de mesure et de contrôle	303		303		
33.3 Fabrication d'équipements de contrôle des processus industriels					
35 Fabrication d'autres matériels de transport	543	980	1523		
<b>Industries des biens intermédiaires</b>					
13 Extraction de minerais métalliques					
14 Autres industries extractives	331		331		
17 Industrie textile	267	828	1095	6816	
20 Travail du bois et fabrication d'articles en bois	819	1489	2308	4249	1123
21 Industrie du papier et du carton	844	1649	2493	642	494
24.1 Industrie chimique de base	2272	1667	3939	5100	6479
24.2 Fabrication de produits agrochimiques	897		897		2160
24.3 Fabrication de peintures et vernis	855	436	1291		326
24.6 Fabrication d'autres produits chimiques	3269	856	4125	8700	8158
24.7 Fabrication de fibres artificielles ou synthétiques					
25 Industrie du caoutchouc et des plastiques	1071	1878	2949	5000	
26 Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	935	1176	2111	776	
27 Métallurgie	1062	4489	5551	2115	508
28.4 Forge, emboutissage, estampage ; métallurgie des poudres					
28.5 Traitement des métaux ; mécanique générale	1140		1140		
28.6 Fabrication de coutellerie, d'outillage et de quincaillerie	267	275	542	4050	
28.7 Fabrication d'autres ouvrages en métaux	287	1980	2267		
31.2 Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique	229	781	1010		
31.3 Fabrication de fils et câbles isolés		824	824		
31.4 Fabrication d'accumulateurs et de piles électriques		249	249		
31.5 Fabrication de lampes et d'appareils d'éclairage					
31.6 Fabrication d'autres matériels électriques					
32.1 Fabrication de composants électroniques	207		207		
37 Récupération					

Autres industries de fabrication				1074	
<b>Energie</b>					
10 Extraction de houille, de lignite et de tourbe					
11 Extraction d'hydrocarbures ; services annexes				716	
12 Extraction de minerais d'uranium					
23 Cokéfaction, raffinage, industries nucléaires				393	
40 Production et distribution d'électricité, de gaz et de chaleur	377	48	425	192	
41 Captage, traitement et distribution d'eau				200	
<b>Construction</b>					
45 Construction	6851	3693	10544	2100	
<b>Commerce</b>					
50 Commerce et réparation automobile	2381	1127	3508		
51 Commerce de gros et intermédiaires du commerce	3542	1174	4716		
52 Commerce de détail et réparation d'articles domestiques	6456	1193	7649		
				12800	
<b>Transports</b>					
60 Transports terrestres	1335	686	2021	100	
61 Transports par eau					
62 Transports aériens		22	22		
63 Services auxiliaires des transports					
<b>Activités financières</b>					
65 Intermédiation financière	378		378		
66 Assurance				2800	
67 Auxiliaires financiers et d'assurance					
<b>Activités immobilières</b>					
70 Activités immobilières	897		897		
<b>Services aux entreprises</b>					
64 Postes et télécommunications					
71 Location sans opérateur	545	475	1020		
72 Activités informatiques					
73 Recherche et développement	10490		10490	6260	
74 Services fournis principalement aux entreprises	7775	2172	9947	300	
90 Assainissement, voirie et gestion des déchets	1063		1063	150	
<b>Services aux particuliers</b>					
55 Hôtels et restaurants					
92 Activités récréatives, culturelles et sportives					
93 Services personnels	10036		10036	59220	
95 Activités des ménages en tant qu'employeur de personnel domestique					
96 Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens pour usage propre					
97 Activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de services pour usage propre					
<b>Éducation, santé, action sociale</b>					
80 Education	2584	1235	3819	1080	
85 Santé et action sociale	62035	388	62423	150330	
<b>Administration</b>					
75 Administration publique	1095	381	1476		
91 Activités associatives	1135		1135	36	
99 Activités extra-territoriales					
Autres activités non répertoriées				2397	
<b>TOTAL</b>	<b>153638</b>	<b>39438</b>	<b>193076</b>	<b>307025</b>	<b>41874</b>

## 2.2 Les professions exposées au formaldéhyde

La base de données COLCHIC (Vincent, 2001) a été créée en France à la demande de la CNAM-TS (Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés) en 1986. La gestion de cette base de données a été confiée à l'INRS. Elle regroupe les résultats de mesures d'exposition aux agents chimiques effectuées par les laboratoires de chimie des CRAM (Caisses Régionales d'Assurance Maladie) dans le cadre d'actions de prévention. En septembre 2007, la base de données COLCHIC comprenait 663 948 résultats de mesures se rapportant à 671 agents chimiques. Ces données proviennent d'interventions réalisées dans 20147 établissements. La technique de prélèvement et d'analyse mise en œuvre est celle du piégeage des vapeurs de formaldéhyde sur un support réactif (gel de silice +DNPH), suivi d'une analyse par HPLC (Metropol, 2007). Les données de cette base ne sont pas publiques et les exploitations sont réalisées à façon dans le cadre de demandes spécifiques (Ameille *et al.*, 2006) ou dans le cadre de publications (Vincent, 2006).

Depuis 2002, la mise en place d'un nouveau système de codification des informations dans la base de données COLCHIC (Vincent, 2001) permet de renseigner la profession du travailleur ayant fait l'objet d'une mesure d'exposition à un agent chimique. Ce type de données permet de recenser les professions exposées au formaldéhyde depuis les six dernières années. Les professions identifiées correspondent à la codification des emplois utilisée par l'ANPE (2007) : le répertoire opérationnel des métiers et des emplois (ROME). A partir des résultats de mesures d'exposition au formaldéhyde, on détermine une fréquence de mesurage pour chaque métier telle que :

$$F_{\text{mét. } i} = \frac{Nb_{\text{mes. } i}}{\sum_{j=1}^n Nb_{\text{mes. } j}} \times 100$$

Le tableau II présente les professions ayant fait l'objet de mesures d'exposition au formaldéhyde de fin 2002 à aujourd'hui.

Cette analyse met en évidence 105 professions exposées au formaldéhyde. Il faut souligner la diversité de ces métiers qui couvrent les domaines de la santé, de l'industrie en général, des services, du commerce, de l'hôtellerie, de l'agriculture. Les métiers appartenant aux industries de process, de la santé, de la production de panneaux de bois et la fabrication de meubles ou d'ouvrages en bois représentent plus de 60% des mesures d'exposition au formaldéhyde.

Les professions les plus fréquemment recensées sont par ordre décroissant :

- Technicien/ne en laboratoire d'analyses médicales (examens d'anatomie et de cytologie pathologiques) ;
- Opérateur/trice sur machines de formage des matières plastiques et du caoutchouc ;
- Opérateur/trice de production de panneaux à base de bois ;
- Biologiste médical(e) (anatomopathologistes) ;
- Pilote d'installations des industries chimiques et de production d'énergie.

Cette liste de métiers n'est certainement pas exhaustive et certaines professions identifiées comme exposées au formaldéhyde n'y figurent pas. C'est particulièrement le cas de la

profession de thanatopracteur qui regroupe à ce jour 1188 titulaires du diplôme national<sup>3</sup>. Si l'on se reporte à l'étude de filières (Afsset, 2009), les métiers indiqués dans la base COLCHIC sont bien corrélés avec les utilisations recensées par les enquêtes de la DGE et INRS-CMR. Dans l'étude SUMER (DARES, 2006), les familles professionnelles ayant le plus grand nombre de salariés exposés appartenaient au domaine de la santé (infirmières, sages-femmes, aides-soignants, professions paramédicales), de la coiffure, de l'esthétique et des industries de process. La profession de coiffeur/(se) ou d'esthéticien/ne ne figurent pas dans la liste COLCHIC des professions exposées.

---

<sup>3</sup> [www.thanatopraxie.com/docs/liste.xls](http://www.thanatopraxie.com/docs/liste.xls) (29 août 2007)

Tableau II : Liste des professions recensées dans la base COLCHIC depuis 2002

Famille Professionnelle	Code ROME Libellé métiers	Fréquence	
<b>Personnel des industries de process</b>	45113 Opérateur sur machines de formage des matières plastiques et du caoutchouc	8,85	
	45111 Pilote d'installation des industries chimiques et de production d'énergie	4,58	
	45122 Opérateur sur machines et appareils de fabrication des industries agro-alimentaires	3,14	
	45112 Opérateur sur appareils de transformation physique ou chimique	1,92	
	45121 Pilote d'installation des industries agro-alimentaires	1,30	
	45413 Opérateur de laboratoire des industries de process	1,07	
	52231 Technicien de production des industries de process	0,99	
	45232 Opérateur de production de céramique et de matériaux de construction	0,79	
	52232 Technicien de laboratoire de contrôle de fabrication des industries de process	0,68	
	52235 Technicien d'analyses industrielles des industries de process	0,11	
	51121 Agent d'encadrement des industries de process	0,06	
	<b>Professionnels de la santé</b>	24212 Technicien de laboratoire d'analyses médicales	10,86
		31211 Biologiste médical	5,97
31111 Médecin praticien		0,82	
24111 Aide soignant		0,79	
24122 Infirmier de service spécialisé		0,28	
24131 Cadre des services paramédicaux		0,20	
31121 Spécialiste-conseil de la santé publique		0,08	
24121 Infirmier généraliste		0,03	
<b>Conducteur d'installations de fabrication de panneaux de bois, de papier et carton</b>	45311 Opérateur de production de panneaux à base de bois	6,48	
	45322 Opérateur de production de papier-carton	4,38	
	45321 Opérateur de production des pâtes à papier et à carton	0,31	
<b>Ouvriers de l'industrie du bois et de l'ameublement</b>	46321 Conducteur de machines de fabrication des industries de l'ameublement et du bois (& matériaux associés)	5,35	
	46322 Façonneur bois et matériaux associés (production de série)	1,47	
	47331 Réalisateur d'ouvrages en bois et matériaux associés	0,90	
	46323 Monteur d'ouvrages en bois et matériaux associés (production de série)	0,74	
	46311 Opérateur de sciage débit	0,20	
<b>Fonctions transsectorielles des industries de process</b>	45421 Modeleur-mouliste	3,22	
	45411 Opérateur sur machines de finition, contrôle et conditionnement	1,84	
	45412 Agent main de finition, contrôle et conditionnement	0,85	
	45414 Agent de traitements dépolluants	0,74	
<b>Ouvriers de la mécanique de l'électricité de l'électronique</b>	44111 Agent d'usinage des métaux	2,86	
	44131 Agent de montage-assemblage de la construction mécanique	1,75	
	44313 Régleur	1,16	
	44312 Affûteur	0,79	
	44135 Ajusteur mécanicien	0,65	
	44142 Agent de traitement de surface	0,45	
	44151 Contrôleur de fabrication de la construction mécanique et du travail des métaux	0,28	
	44213 Interconnecteur en électronique	0,23	
	44121 Opérateur-régleur sur machine-outil	0,14	
	44132 Soudeur	0,14	
	44214 Bobinier de la construction électrique et électronique	0,14	
	44211 Opérateur sur machines automatiques en production électrique et électronique	0,14	
	52131 Technicien d'études-recherche-développement en électricité et électronique	0,08	
	44311 Mécanicien de maintenance	0,03	
<b>Opérateurs des industries du textile, du cuir de l'habillement</b>	46121 Conducteur de machines de filature textile	2,74	
	46131 Conducteur de machines d'ennoblissement textile	0,96	
	46116 Apprêteur des industries des matériaux souples	0,51	
	46113 Préparateur de produits des industries des matériaux souples	0,28	
	46112 Teinturier-coloriste des industries des matériaux souples	0,28	
	46122 Conducteur de machines de fabrication de produits textiles	0,25	
	46124 Opérateur d'assemblage-montage des industries des cuirs et peaux et matériaux associés	0,23	
	46125 Opérateur d'assemblage-montage des industries de l'habillement et autres fabrication à base d'étoffes	0,23	
	46133 Visiteur-contrôleur des industries des matériaux souples	0,20	
	<b>Elevage - Agriculture</b>	41124 Eleveur hors sol	1,27
41125 Eleveur spécialisé en productions rares		1,02	
61112 Conseiller d'agriculture		0,57	
61111 Agent technique agricole		0,31	

Tableau II (Suite)

Famille Professionnelle	Code ROME Libellé métiers	Fréquence
<b>Conducteurs d'installation de la métallurgie</b>	45212 Opérateur de production des métaux	1,33
	52211 Technicien de fabrication de la construction mécanique et du travail des métaux	0,71
	45211 Pilote d'installation de production des métaux	0,37
	45213 Opérateur sur machines de première transformation des métaux	0,17
<b>Transport-Logistique</b>	43311 Agent du stockage et de la répartition de marchandises	0,93
	43113 Conducteur-livreur	0,48
	43312 Agent de manipulation et de déplacement des charges	0,37
<b>Industries graphiques</b>	46231 Conducteur de machines de façonnage	0,76
	46221 Conducteur de machines d'impression	0,25
	51132 Agent d'encadrement des industries graphiques	0,17
	46222 Bobinier-receveur des industries graphiques	0,11
<b>Services aux personnes et sociétés</b>	11211 Nettoyeur/nettoyeuse de locaux et de surfaces	1,16
	11214 Agent/agent(e) d'entretien et d'assainissement	0,42
	11222 Agent/agent(e) de service de collectivité	0,31
	47231 Professionnel de l'entretien artisanal des textiles	0,28
	43111 Conducteur de transport de particuliers	0,20
	11111 Employé/employée de ménage à domicile	0,14
	11141 Employé/employée technique des services funéraires	0,06
<b>Emplois de secrétariat - accueil</b>	12131 Secrétaire bureautique polyvalent/polyvalente	0,65
	12121 Agent administratif/agent(e) administrative d'entreprise	0,17
	12112 Agent/agent(e) d'accueil	0,14
	12132 Secrétaire bureautique spécialisé/spécialisée	0,14
	47124 Préparateur en produits de la pêche	0,65
<b>Alimentation</b>	47121 Opérateur de transformation des viandes	0,42
<b>Emplois du commerce de détail, de l'hôtellerie et de la restauration</b>	14222 Vendeur/vendeuse en équipement du foyer	0,11
	14224 Vendeur/vendeuse en articles de sport et de loisirs de plein air	0,11
	14212 Vendeur/vendeuse en produits frais (commerce de détail)	0,08
	14111 Employé/employée de libre-service	0,08
	13122 Réceptionniste en établissement hôtelier	0,08
	14221 Vendeur/vendeuse en produits utilitaires (outillage, bricolage, droguerie...)	0,06
	52331 Maintienicien en biens électrodomestiques	0,06
	13221 Employé polyvalent/employée polyvalente de restauration	0,03
<b>Cadres techniques et commerciaux</b>	53121 Cadre technique d'études scientifiques et de recherche fondamentale	0,28
	53311 Cadre technico-commercial	0,23
	53211 Cadre technique de la production	0,14
	53321 Cadre technique d'entretien, maintenance, travaux neufs	0,06
	51211 Agent d'encadrement de maintenance	0,03
<b>Bâtiment et travaux publics</b>	42111 Assistant des travaux publics et du gros oeuvre	0,11
	61223 Chargé d'études techniques du BTP	0,08
	42222 Monteur plaquiste en agencements	0,06
	43211 Conducteur d'engins de chantier du BTP, du génie civil et de l'exploitation des carrières	0,03
	61231 Chef de chantier du BTP	0,03
<b>Divers</b>	52111 Agent d'études du travail	0,79
	23133 Animateur spécialiste d'activités sportives	0,06

## 2.3 Évaluation des niveaux d'exposition

Pour évaluer les niveaux d'exposition, trois sources d'information ont été exploitées :

- Recherche bibliographique sur Medline de la littérature des dix dernières années traitant de l'exposition professionnelle au formaldéhyde avec des niveaux documentés ;
- Rapports de la MSA et de l'IRSST ;
- Données de la base de données MEGA transmises par le BGIA ;
- Exploitation des données de la base COLCHIC.

Les données collectées et exploitées concernent uniquement les niveaux d'exposition atmosphériques au formaldéhyde. Les techniques de mesurage employées en milieu professionnel sont présentées en annexe 4.

### 2.3.1 Recherche bibliographique

Le principal objectif de cette recherche bibliographique, outre la connaissance des niveaux d'exposition, visait à identifier l'existence d'activités professionnelles exposées au formaldéhyde et qui n'auraient pas pu être repérées dans la base de données COLCHIC.

Cette recherche a été menée sur la base MEDLINE en utilisant les critères de recherche suivants : *formaldehyde & occupational & exposure*. Cette procédure a été appliquée à tous les articles publiés et archivés dans MEDLINE depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1997 : approximativement les dix dernières années. Seuls ont été analysés les articles permettant d'estimer les niveaux d'exposition professionnelle au formaldéhyde.

Au total 75 articles répondant aux critères de recherches ont été analysés. La synthèse de cette série d'articles est présentée en annexe 5. Près de la moitié de ces publications concernent l'exposition au formaldéhyde dans le secteur de la santé et de soins aux défunts (voir tableau en annexe 5) : laboratoires d'ACP, d'anatomie, désinfection de matériel et thanatopraxie. Pour ce type d'activités, les niveaux d'exposition au formaldéhyde sont importants et peuvent dépasser la dizaine de  $\text{mg.m}^{-3}$  pendant de courtes périodes et particulièrement lors des soins de thanatopraxie (Hayes *et al.*, 1997 ; Hiipakka *et al.*, 2001 ; NIOSH, 2001 ; He, 1998). La mise en place de dispositifs de protection collective et l'automatisation de certaines opérations permettent de réduire significativement l'exposition du personnel lors d'exams d'ACP, d'anatomie et de désinfection de matériel (Wegscheider, 2003 ; Vaz *et al.*, 2001 ; Ohmichi *et al.*, 2006).

L'exposition au formaldéhyde mesurée dans l'industrie de la pâte à papier dans une douzaine de pays (hors de la France) est également importante (Korhonen *et al.*, 2004) : 1,46 ppm en moyenne pour 70 usines.

En comparaison aux expositions relevées dans le secteur « santé », celles mesurées dans les activités de fabrication de panneaux de bois et de travail du bois (Abdel Hameed *et al.*, 2000 ; Kenneth Chung *et al.*, 2000 ; Vaizoglu *et al.*, 2005 ; Thorud *et al.*, 2005 ; Mäkinen *et al.*, 1999 ; Fransman *et al.*, 2003 ; Lavoué *et al.*, 2005 ; Bono *et al.*, 2006) sont beaucoup moins élevées.

Les expositions des travailleurs employés dans des locaux commerciaux et assimilés sont similaires aux niveaux d'exposition « environnementaux » (Lavoué *et al.*, 2006). Les expositions moyennes au formaldéhyde dans des bureaux de différents immeubles rapportées dans la publication de Wu *et al.* (2003) sont relativement élevées et peuvent atteindre plus de  $1 \text{ mg.m}^{-3}$ . Les résultats de ces mesures, réalisées avec un analyseur

infrarouge photo-acoustique, doivent être interprétés avec prudence car cette technique de mesure est peu précise pour le formaldéhyde. En présence d'interférents dans l'air (CO<sub>2</sub>, vapeur d'eau...), la concentration est très largement surestimée (Roberge *et al.*, 2005), le CO<sub>2</sub> et la vapeur d'eau présents dans l'air interfère très fortement lors de la mesure de certains polluants réalisée avec cette technique (Besson *et al.*, 2006). L'analyse de cette littérature permet également d'estimer la diversité des secteurs d'activités concernés par l'exposition professionnelle au formaldéhyde : fonderies, matières plastiques, élevage, exploitations pétrolières... Par contre, il n'a pas été repéré d'activité particulière méconnue et source d'une exposition professionnelle au formaldéhyde.

Globalement les niveaux d'exposition mesurés dans les différents secteurs d'activités sont cohérents d'une publication à l'autre. La Figure 1 permet d'illustrer les niveaux d'exposition professionnelle au formaldéhyde rapportés dans la littérature en fonction des principales activités.

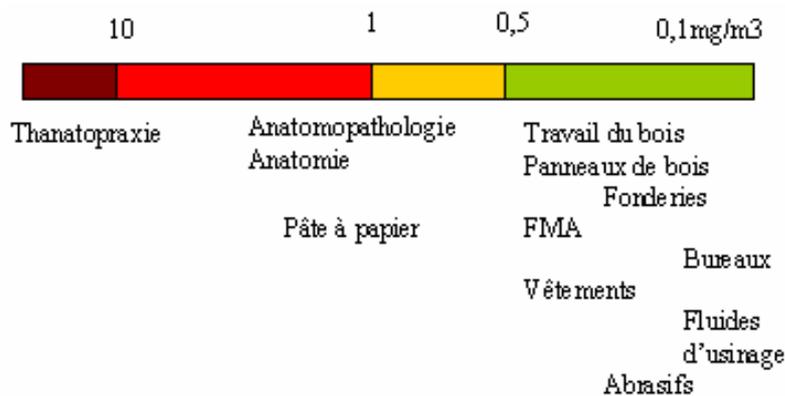


Figure 1 : Niveaux d'exposition professionnelle au formaldéhyde rapportés dans la littérature

### 2.3.2 Rapport de la Mutualité Sociale Agricole (MSA)

Cette étude a été menée en 2006, par le service prévention de la MSA (Schwoerer, 2008). Les analyses des prélèvements d'air ont été effectuées par le laboratoire de chimie de la CRAM des Pays de Loire et les résultats ont été archivés dans la base de données COLCHIC de l'INRS. Durant cette étude, 43 mesures ont été réalisées par prélèvement individuel (26) et par prélèvement d'ambiance (17) dans un élevage bovin, dans deux couvoirs, un élevage de gibier, et deux établissements de fabrication d'aliments pour le bétail.

Dans l'élevage bovin, l'exposition au formaldéhyde provient de l'utilisation d'une solution de formaldéhyde à 30% destinée à la désinfection des onglons en salle de traite, la consommation annuelle se montant à 60 litres de solution. Cette désinfection est réalisée une vingtaine de fois par an. L'exposition évaluée par le biais d'une mesure atteignait 0,57 mg.m<sup>-3</sup>.

Dans les couvoirs, les opérations de désinfection sont effectuées plusieurs fois par semaine à l'aide de solutions de formaldéhyde à 30% stabilisé au méthanol (5%) ou d'un mélange composé de formaldéhyde et de 2-furaldéhyde (FUMI). Bien qu'interdit depuis juin 2005, ce mélange semble toujours largement utilisé. Lors de ces opérations, les concentrations en formaldéhyde peuvent atteindre plusieurs milligrammes par mètre cube d'air et ce, pendant plusieurs heures. Dans ces couvoirs, les quantités de solution de formaldéhyde ou de FUMI utilisées se montent à plusieurs milliers de litres par an.

Dans l'élevage de gibier (faisans et perdrix) pratiquant la désinfection à l'aide de FUMI, l'exposition au formaldéhyde est plus faible (0,015-0,071 mg.m<sup>-3</sup>) probablement en raison de la faible quantité de solution consommée : 10 litres /an.

Dans les établissements de fabrication d'aliments pour le bétail, le formaldéhyde en solution est employé comme agent tannant des protéines de tourteaux végétaux. Les consommations annuelles de solutions de formaldéhyde à 23% étaient respectivement de 108 et 200 tonnes, dans chacun des établissements. Les expositions au formaldéhyde sont relativement faibles et varient de 0,007 à 0,074 mg.m<sup>-3</sup>.

Cette enquête basée sur un nombre limité de mesures, met en évidence des situations d'exposition au formaldéhyde très importantes notamment lors d'opérations de désinfection réalisées par fumigations thermiques, chimiques ou par évaporation.

Ce type d'exposition est peu rapporté dans la littérature, et la seule publication évoquant l'exposition d'éleveurs en Suède, indique des niveaux bien inférieurs : 0,4 -1 µg.m<sup>-3</sup> (Sunesson *et al.*, 2001). Des études complémentaires semblent nécessaires pour mieux caractériser l'exposition dans ces secteurs du monde agricole.

### 2.3.3 Études de l'IRSST

En 2000, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST / Canada) a inscrit à son programme une série d'études et de recherches dont l'objectif visait à estimer les impacts d'un abaissement de la Valeur d'Exposition Admissible (VEA) (de 2 ppm vers une VEA plafond ou moyenne pondérée sur 8 heures (VEMP) de 1,0, 0,75 ou 0,3 ppm) au formaldéhyde en milieu professionnel (Goyer *et al.*, 2004). Dans le cadre de ce programme, des campagnes de mesure de l'exposition professionnelle ont été effectuées par les laboratoires de l'IRSST dans divers établissements appartenant à deux groupes d'activités :

- Groupe 1 – Panneaux de bois, meubles, thanatopraxie, laboratoires de pathologie ;
- Groupe 2 – Textiles, transformation des matières plastiques ;

Dans ces établissements, des mesures d'exposition ont été réalisées par prélèvement individuel et d'ambiance sur de longues durées ou de manière instantanée. Les mesures d'exposition ont été menées dans 55 établissements, où ont été réalisés 797 prélèvements individuels, 820 prélèvements d'ambiance et 178 mesures instantanées. Pour les mesures de longue durée, les vapeurs de formaldéhyde sont piégées sur un support de polymère XAD-2 imprégné d'hydroxyméthylpipéridine. Après désorption, les tubes sont analysés par chromatographie en phase gazeuse avec détection NPD (*Nitrogen Phosphorus Detector*) (IRSST, 2000a). Les mesures instantanées à lecture directe ont été effectuées à l'aide d'un analyseur photo-acoustique Innova modèle 312, étalonné et utilisé en mode « *interférence croisée* » de manière à prendre en compte les interférences liées à la présence de vapeurs de méthanol et d'eau dans l'air des lieux de travail (IRSST, 2000b).

Douze usines de fabrication de panneaux de particules (3), de fibres (3) et de lamelles orientées (6) ont fait l'objet de mesures d'exposition par prélèvement individuel (236) et d'ambiance (114). Les valeurs d'exposition pondérées sur 8 heures sont généralement inférieures à 0,3 ppm (0,38 mg.m<sup>-3</sup>). De manière ponctuelle, des expositions 8 heures supérieures à 2 ppm (2,5 mg.m<sup>-3</sup>) ont été mesurées (Goyer *et al.*, 2004).

Des mesures ont été également réalisées dans des établissements produisant des placages (3 usines – 33 mesures individuelles), des panneaux de contreplaqué (3 usines - 51 mesures individuelles), des poutres en lamellé (3 usines – 33 mesures individuelles), des panneaux agglomérés revêtus (5 usines - 35 mesures individuelles). Pour la fabrication des placages, l'exposition moyenne varie de moins de 0,05 ppm à 0,19 ppm. L'exposition des travailleurs des usines de contreplaqué varie quant à elle de moins 0,05 ppm à 0,32 ppm. L'exposition au formaldéhyde lors de la production de poutres en lamellé est probablement la plus exposante : en moyenne l'exposition sur 8 h varie de 0,14 ppm à 0,89 ppm. Lors du

revêtement de panneaux avec des résines mélaminées, l'exposition varie de 0,08 à 0,51 ppm avec des expositions plus importantes au poste de préparation des résines : 1,83 ppm (Goyer *et al.*, 2004).

Neuf usines de fabrication de meubles ont fait l'objet de mesures d'exposition au formaldéhyde par prélèvement individuel (114) et d'ambiance (204). Ces mesures ont concerné uniquement les travailleurs assurant la mise en peinture. La grande majorité des valeurs d'exposition pondérées sur 8 heures est inférieure à 0,3 ppm (0,38 mg.m<sup>-3</sup>). De manière ponctuelle des expositions 8 heures supérieures à 2 ppm (2,5 mg.m<sup>-3</sup>) ont été mesurées (Goyer *et al.*, 2004).

Quatre usines de production de formaldéhyde et de résines ont fait l'objet de mesures d'exposition par prélèvement individuel (54). La grande majorité des valeurs d'exposition pondérées sur 8 heures est inférieure à 0,3 ppm (0,38 mg.m<sup>-3</sup>). De manière ponctuelle quelques expositions 8 heures atteignaient 1,4 ppm (1,75 mg.m<sup>-3</sup>) (Goyer *et al.*, 2004d).

L'exposition au formaldéhyde de 34 salariés appartenant à 10 laboratoires d'ACP a été évaluée par prélèvement individuel (55). L'exposition pondérée sur 8 h variait de 0,01 à 0,94 ppm, avec des pics d'exposition mesurés par l'appareil à lecture directe qui atteignaient au maximum 6,8 ppm lors d'opérations d'entretien du préparateur de tissus (Goyer *et al.*, 2004e).

L'exposition au formaldéhyde de 13 thanatopracteurs appartenant à 4 salons funéraires a été évaluée par prélèvement individuel (33). L'exposition pondérée sur 8 h variait de 0,11 à 0,36 ppm, avec des pics d'exposition mesurés par l'appareil à lecture directe qui atteignaient au maximum 3,7 ppm (Goyer *et al.*, 2004f).

Sur la base des informations collectées durant cette étude (mesures d'exposition et données de la littérature), l'IRSST estime que 141391 travailleurs sont exposés au formaldéhyde en milieu professionnel au Québec. En référence à une exposition pondérée sur 8 heures, 98,3% seraient exposés à moins de 0,3 ppm, 1,5% entre 0,3 et 0,75 ppm et 0,2% à plus de 0,75 ppm.

### 2.3.4 Données MEGA

La base de données MEGA (**M**essdaten zur **E**xposition gegenüber **G**efahrstoffen am **A**rbeitsplatz) a été créée en Allemagne par le BGIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz). Depuis 1972 (Stamm, 2001) elle regroupe les résultats de mesures d'exposition aux agents chimiques et biologiques effectuées par les inspecteurs des différents BG (*Berufsgenossenschaft*). En 2006, la base de données MEGA comprenait 1,786 millions de résultats de mesures se rapportant à 777 agents chimiques et 370 agents biologiques. Ces données proviennent d'interventions réalisées dans 52000 établissements. La technique de prélèvement et d'analyse mise en œuvre est celle du piégeage des vapeurs sur un support réactif, suivi d'une analyse par HPLC. Les données de cette base ne sont pas publiques et le BGIA a communiqué à l'INRS les données d'exposition brutes au formaldéhyde pour la période 1990-2004. Les statistiques concernant cette série de résultats figurent dans le tableau III.

**Tableau III : Données d'exposition au formaldéhyde (en mg.m<sup>-3</sup>) de la base allemande MEGA et pour la période 1990-2004**

Type de prélèvement	Nb résultats	Nb d'établissements	Minimum	Maximum	Moyenne	Moyenne géométrique	Médiane	Percentiles			
								25	90	95	99
Tous	19455	5233	< 0,001	45,5	0,212	0,0554	0,051	0,02	0,43	0,77	2,3
Individuels	5801	1968	< 0,005	36,9	0,315	0,089	0,093	0,03	0,66	1,08	3,3
Ambiance	13644	4307	< 0,001	45,5	0,169	0,0453	0,043	0,016	0,31	0,61	1,96

En première analyse, il apparaît que certaines expositions peu fréquentes atteignent plusieurs dizaines de mg.m<sup>-3</sup>. Pour les prélèvements individuels, considérés comme représentatifs de l'exposition des travailleurs, la moyenne se situe à 0,315 mg.m<sup>-3</sup> avec 50 % des expositions inférieures à 0,093 mg.m<sup>-3</sup> et 10 % des expositions supérieures à 0,66 mg.m<sup>-3</sup>. Les données fournies par le BGIA ne permettent de mener une analyse plus précise en fonction des secteurs d'activités et des postes de travail.

### 2.3.5 Données COLCHIC

L'exploitation des données d'exposition COLCHIC a été effectuée pour deux périodes :

- 1990-2004 aux fins de comparaison avec les données d'exposition de la base MEGA ;
- 2002-2007 pour estimer l'exposition par secteur d'activités et par métier.

- **Période 1990-2004**

Afin de comparer les résultats de mesures d'exposition au formaldéhyde archivées dans la base COLCHIC avec celles issues de la base MEGA, seules les mesures réalisées durant la période 1990-2004 ont été exploitées. La synthèse des données collectées durant cette période figure dans le tableau IV.

**Tableau IV : Données d'exposition au formaldéhyde (en mg.m<sup>-3</sup>) de la base COLCHIC et pour la période 1990-2004**

Type de prélèvement	Nb résultats	Nb d'établissements	Minimum	Maximum	Moyenne	Moyenne géométrique	Médiane	Percentiles			
								25	90	95	99
Tous	7122	658	0,001	71	0,69	0,15	0,17	0,045	1,32	2,29	8,23
Individuels	3144	658	0,001	71	0,91	0,22	0,25	0,083	1,7	3	9,3
Ambiance	3978	658	0,001	42	0,51	0,11	0,12	0,03	1,05	1,72	6,4

D'une manière générale les descripteurs d'exposition (moyenne, médiane, maximum...) issus de la base de données COLCHIC sont supérieurs à ceux de la base de données MEGA. Les techniques de mesurage et de stratégie d'intervention étant similaires, ce constat traduirait une meilleure prise en compte du risque en Allemagne qu'en France.

- **Période 2002-2007**

De manière à évaluer l'exposition professionnelle au formaldéhyde par métier, seules les données collectées durant la période 2002-2007 ont été exploitées. En effet, suite à une refonte de l'application COLCHIC, le métier est renseigné pour chaque mesure d'exposition

depuis seulement 2002. D'autre part, il convenait pour ce type d'exploitation de se référer à une période assez « récente » de façon à rapporter des niveaux d'exposition actuels qui tiennent compte, entres autres, des évolutions technologiques, des démarches de prévention...

Durant cette période, 469 interventions ont été menées dans 359 établissements pour mesurer l'exposition professionnelle au formaldéhyde. Ces interventions ont donné lieu à la réalisation de 3900 prélèvements d'air des lieux de travail dont 1998 prélèvements d'ambiance et 1714 prélèvements individuels. Sur cet ensemble de mesures, 2543 résultats sont représentatifs de l'exposition pendant la journée de travail et peuvent être utilisés aux fins de comparaison à une VLEP-8h. De la même manière, 301 résultats sont représentatifs d'exposition court terme et peuvent être comparés à une VLEP-court terme. La répartition du nombre d'interventions, du nombre total de prélèvements réalisés et du nombre d'établissements visités durant cette période figure dans le tableau V. Il faut noter une proportion importante de données récentes collectées durant l'année 2006. Plus de 60% des résultats analysés proviennent de mesures d'exposition réalisées depuis 2005, donc récentes.

**Tableau V : Répartition par année du nombre d'interventions, d'établissements visités et de mesures d'exposition au formaldéhyde réalisées durant la période 2002-2007.**

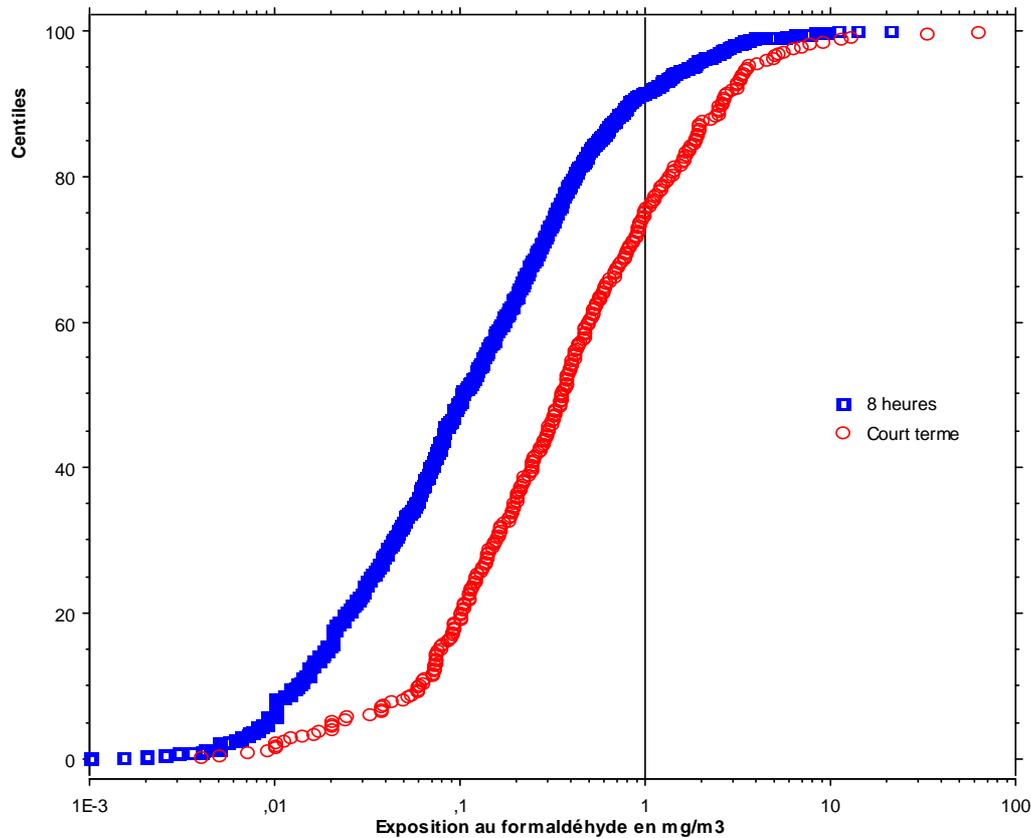
Année	Nombre d'interventions	Nombre d'établissements	Nombre de mesures
2002	54	49	453
2003	71	53	380
2004	71	58	620
2005	89	80	818
2006	114	94	1099
2007	70	65	530
<b>Total</b>	<b>469</b>	<b>399</b>	<b>3900</b>

#### • Analyse globale

Les résultats de prélèvements d'ambiance et individuels qualifiés comme représentatifs d'une exposition sur la journée de travail ou sur une exposition court terme sont présentés dans le tableau VI et la fréquence cumulée des expositions en figure 2. La représentativité d'une mesure est qualifiée par le technicien ayant réalisé le prélèvement en fonction de sa connaissance du poste de travail (tâches, moyens de protection...) et de la stratégie de prélèvement mise en œuvre (période, durée, type de prélèvement...).

**Tableau VI : Statistiques des résultats (en mg.m<sup>-3</sup>) de mesures d'exposition 8 heures et court terme.**

Type d'exposition	Nb Résultats	Moyenne	Médiane	Etendue	Moyenne géométrique	Ecart type géométrique	Percentiles		
							25	75	90
8 heures	2542	0,38	0,1	0,001-21	0,11	4,98	0,03	0,33	0,81
Court terme	301	1,22	0,35	0,04-62	0,35	4,73	0,12	0,98	2,58



**Figure 2 : Courbes des fréquences cumulées des expositions 8 heures et court terme.**

Les résultats de mesures issus de COLCHIC mettent en évidence des niveaux d'exposition importants pouvant atteindre plusieurs dizaines de milligrammes de formaldéhyde par mètre cube d'air. Pour les expositions 8 heures et court terme, les moyennes d'exposition sont respectivement de  $0,38 \text{ mg.m}^{-3}$  et de  $1,22 \text{ mg.m}^{-3}$ . La moitié des expositions est supérieure à  $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$  et à  $0,35 \text{ mg.m}^{-3}$  respectivement pour les expositions 8 heures et court terme. La variabilité des expositions 8 heures et court terme est très variable et se traduit par des écarts types géométriques élevés. Après analyse des données pour étudier la variabilité au cours du temps, on peut estimer que l'exposition au formaldéhyde est stable (figure 3) sur la période étudiée (pas de tendance significative au cours du temps :  $r=0,034$ ,  $p=0,89$ ). La valeur importante des écarts types géométriques traduit donc la variabilité des expositions d'un établissement à l'autre.

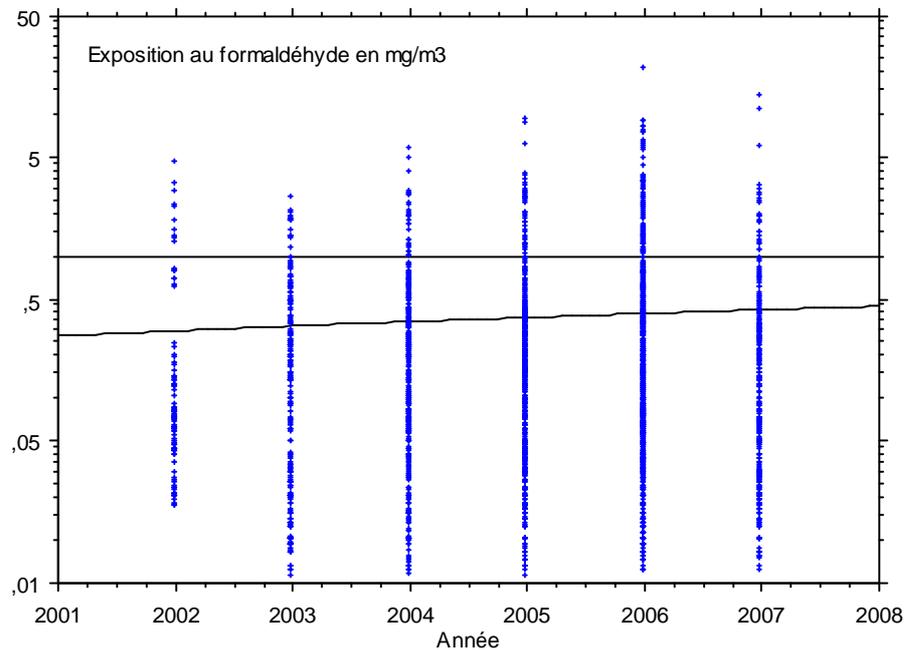


Figure 3 : Évolution des expositions au formaldéhyde de 2002 à 2007

#### • Fréquence des expositions

Le système de codification COLCHIC permet de renseigner la fréquence d'exposition à l'agent chimique mesuré. Dans le cas du formaldéhyde, les renseignements collectés par les préleveurs indiquent que les travailleurs contrôlés étaient exposés de la manière suivante :

- Occasionnelle (<30 min/ Jour ou < 15 Jours /an) : 7,1% ;
- Intermittente (30-120 min/jour ou 15jours –2 mois/an) : 18,5% ;
- Courante (2 – 6 h/jour ou 2-5 mois/an) : 24,6%
- Permanente (> 6h/ jours ou 5 > mois/an) : 49,6%.

Si l'on extrapole ces critères à la population professionnelle globale, pratiquement la moitié des salariés seraient exposés en permanence au formaldéhyde. Cette fréquence d'exposition est très variable d'un secteur d'activité à l'autre. Les expositions occasionnelles et intermittentes sont prépondérantes dans les secteurs de l'agriculture et des industries alimentaires. Cette situation est probablement liée à la réalisation d'opérations ponctuelles de désinfection d'élevages ou d'installations de production. Ce type d'exposition est également prédominant dans les secteurs de la production d'articles en bois, du caoutchouc et des matières plastiques, des métaux, des services aux entreprises et dans les hôpitaux. Pour les autres secteurs, l'exposition est généralement courante ou permanente, notamment dans le secteur de la construction, du papier et du carton (tableau VII).

**Tableau VII : Fréquence des expositions au formaldéhyde par secteur d'activité et pour la période 2002-2007.**

Division d'Activités (code NAF, Libellé)	Fréquence d'exposition en %			
	Permanente	Courante	Intermittente	Occasionnelle
45 Construction	91,43	7,62	0,95	0,00
21 Industrie du papier et du carton	80,16	19,84	0,00	0,00
35 Fabrication d'autres matériels de transport	78,75	21,25	0,00	0,00
34 Industrie automobile				
17 Industrie textile	69,80	16,86	5,10	8,24
50 Commerce et réparation automobile	69,57	15,22	15,22	0,00
51 Commerce de gros et intermédiaires du commerce				
52 Commerce de détail et réparation d'articles domestiques				
36 Fabrication de meubles ; industries diverses	67,82	30,69	0,00	1,49
26 Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	64,15	2,83	32,08	0,94
31 Fabrication de machines et appareils électriques	53,85	33,33	12,82	0,00
32 Fabrication d'équipements de radio, télévision et communication				
33 Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique et d'horlogerie				
29 Fabrication de machines et d'équipements	47,62	42,86	9,52	0,00
93 Services personnels (dont pompes funèbres)	46,67	53,33	0,00	0,00
24 Industrie chimique	44,96	29,83	22,27	2,94
25 Industrie du caoutchouc et des plastiques	44,16	26,40	28,93	0,51
85 Santé et action sociale	38,77	43,84	10,14	7,25
20 Travail du bois et fabrication d'articles en bois	36,97	13,45	36,97	12,61
27 Métallurgie	35,53	17,11	19,74	27,63
15 Industries alimentaires	25,44	18,42	21,05	35,09
28 Travail des métaux	22,41	24,14	51,72	1,72
75 Administration publique (Hôpitaux)	18,45	45,24	34,52	1,79
01 Agriculture, chasse, services annexes	14,29	9,52	47,62	28,57
74 Services fournis principalement aux entreprises	12,00	0,00	8,00	80,00

- **Analyse par secteurs d'activités**

Au sens de la nomenclature des activités françaises, un grand nombre de secteurs, plus de 200, sont concernés par l'exposition professionnelle au formaldéhyde (Schwoerer, 2008). De manière à disposer d'un nombre de résultats suffisant par activité, l'analyse des données d'exposition, tant pour les valeurs – 8 heures que court terme, a été menée au niveau de la division d'activités selon la nomenclature de l'INSEE. Pour certains secteurs des regroupements de divisions ont été réalisés. Au total, 26 divisions et regroupements d'activités ont été identifiés. Pour les valeurs court terme, seules ont été retenues les mesures dont la durée était inférieure ou égale à 15 minutes. Cette sélection aboutit à un échantillon réduit de 197 mesures pour la période 2002-2007.

Les indicateurs statistiques figurent dans le tableau VIII.

En considérant l'exposition moyenne–8 heures au formaldéhyde, les niveaux les plus élevés correspondent aux secteurs d'activités suivants :

- Agriculture, chasse, services annexes ;
- Industrie chimique ;
- Commerce en général ;
- Pompes funèbres.

La description des activités et produits de chaque secteur sont explicités dans la Nomenclature des Activités Françaises sur le site de L'INSEE (NAF, rev. 1, 2003 ; [http://www.insee.fr/fr/nom\\_def\\_met/nomenclatures/naf/pages/naf.htm](http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/nomenclatures/naf/pages/naf.htm) ).

Pour le secteur de l'agriculture (1,38 mg.m<sup>-3</sup>) les mesures d'exposition au formaldéhyde correspondent à des opérations de désinfection dans des élevages de volaille et à des unités de fabrication d'aliments pour animaux.

Dans l'industrie chimique (1 mg.m<sup>-3</sup>) les secteurs les plus concernés sont ceux de la synthèse de dérivés organiques, de la fabrication de peintures et vernis et de la production de produits pharmaceutiques. Pour le secteur du commerce (0,77 mg.m<sup>-3</sup>) les expositions au formaldéhyde correspondent également à des opérations de désinfection d'élevage, mais aussi à des traitements de textiles, de mise en œuvre de produits contenant ou élaborés avec du formaldéhyde : contreplaqué utilisé dans l'habillage de véhicules utilitaires, isolation de matériel électrique avec des résines...

L'exposition du secteur des pompes funèbres (0,76 mg.m<sup>-3</sup>) correspond à des opérations de conditionnement de fluides de thanatopraxie et non pas aux opérations elles-mêmes.

Les expositions les plus faibles correspondent aux activités suivantes :

- Fabrication de machines, d'équipements électriques, de radio... (0,03 mg.m<sup>-3</sup>) ;
- Industrie du caoutchouc et des matières plastiques (0,05 mg.m<sup>-3</sup>) ;
- Travail des métaux (0,08 mg.m<sup>-3</sup>) ;
- Fabrication de meubles (0,08 mg.m<sup>-3</sup>).

Pour tous les autres secteurs l'exposition moyenne varie de 0,1 à 0,54 mg.m<sup>-3</sup>.

Les résultats des mesures d'exposition court terme confirment globalement cette tendance avec certaines incohérences parfois : pour certains secteurs d'activité la valeur maximale de l'exposition - 8 heures est supérieure à la valeur maximale de l'exposition court terme (Industrie chimique par exemple).

Les données d'exposition des secteurs de la santé sont très homogènes : moyennes et médianes pratiquement identiques. Pour les deux séries de mesures les expositions court terme atteignent plusieurs  $\text{mg.m}^{-3}$  de formaldéhyde.

**Tableau VIII : Statistiques des données d'exposition (en mg.m<sup>-3</sup>) au formaldéhyde par division d'activités pour les mesures 8 heures et court terme réalisées de 2002 à 2007**

Division d'Activités (code NAF, Libellé)	Exposition – 8 heures								Exposition court terme							
	n	Moy.	Med.	Etendue	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	n	Moy.	Med.	Etendue	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>
<a href="#">01</a> Agriculture, chasse, services annexes	25	1,38	0,26	0,005-21	0,17	7,76	0,40	3,33	5	16	4,82	0,31-62	4,38	7,42	24	62
<a href="#">15</a> Industries alimentaires	115	0,48	0,06	0,004-6,57	0,09	6,73	0,40	1,6	23	0,67	0,2	0,07-8,99	0,26	2,85	0,46	0,82
<a href="#">17</a> Industrie textile	255	0,34	0,16	0,003-5,71	0,12	4,37	0,32	0,57	2	0,80	0,80	0,41-1,2	0,7	2,14	1,2	-
<a href="#">20</a> Travail du bois et fabrication d'articles en bois	258	0,34	0,27	0,001-2,4	0,22	3,02	0,42	0,70	5	1,04	0,6	0,43-1,9	0,84	2,08	1,82	1,9
<a href="#">21</a> Industrie du papier et du carton	126	0,30	0,18	0,008-5	0,15	3,53	0,37	0,62	4	0,61	0,63	0,25-0,92	0,55	1,76	0,8	-
<a href="#">24</a> Industrie chimique	238	1,0	0,15	0,003-8,97	0,18	7,96	1,22	3,19	6	0,32	0,26	0,19-0,56	0,29	1,55	0,43	0,55
<a href="#">25</a> Industrie du caoutchouc et des plastiques	197	0,05	0,03	0,001-1,7	0,03	3,20	0,07	0,1	4	0,15	0,09	0,06-0,35	0,11	2,18	0,22	-
<a href="#">26</a> Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	106	0,54	0,08	0,01-13,8	0,12	4,78	0,41	0,75	0	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">27</a> Métallurgie	77	0,11	0,05	0,001-1,08	0,04	3,89	0,10	0,31	5	0,05	0,04	0,01-0,09	0,03	2,24	0,06	0,09
<a href="#">28</a> Travail des métaux	58	0,08	0,06	0,007-0,23	0,06	1,89	0,10	0,15	12	0,09	0,08	0,06-0,12	0,08	1,29	0,11	0,12
<a href="#">29</a> Fabrication de machines et d'équipements	21	0,21	0,02	0,006-0,73	0,06	5,78	0,55	0,65	4	0,13	0,13	0,11-0,14	0,13	1,13	0,14	-
<a href="#">36</a> Fabrication de meubles ; industries diverses	208	0,08	0,07	0,009-0,41	0,06	2,05	0,09	0,16	0	-	-	-	-	-	-	-
45 Construction	106	0,59	0,41	0,003-4,61	0,27	4,93	0,77	1,33	16	1,82	2,19	0,3-4	1,29	2,6	2,74	3,46

Division d'Activités (code NAF, Libellé)	Exposition – 8 heures								Exposition court terme							
	n	Moy	Med	Etendue	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>	n	Moy	Med	Etendue	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>90</sub>
<a href="#">74</a> Services fournis principalement aux entreprises	24	0,27	0,29	0,01-0,42	0,19	3,07	0,36	0,4	0	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">75</a> Administration publique (Hôpitaux)	184	0,35	0,12	0,002 <sup>-3</sup> ,25	0,11	5,12	0,32	0,91	30	0,71	0,36	0,04 <sup>-3</sup> ,4	0,40	3,06	0,77	1,69
<a href="#">85</a> Santé et action sociale	299	0,34	0,12	0,001-7,32	0,11	5,00	0,33	0,89	74	1,17	0,61	0,05-7,2	0,40	1,87	1,43	3,11
<a href="#">93</a> Services personnels (pompes funèbres)	15	0,76	0,49	0,12-2,45	0,54	2,35	1,11	1,88	0	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">31</a> Fabrication de machines et appareils électriques	39	0,03	0,01	0,004-0,37	0,02	2,74	0,03	0,07	0	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">32</a> Fabrication d'équipements de radio, télévision et communication																
<a href="#">33</a> Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique et d'horlogerie																
<a href="#">34</a> Industrie automobile	89	0,21	0,12	0,003-1,3	0,10	4,06	0,21	0,59	0	-	-	-	-	-	-	-
<a href="#">35</a> Fabrication d'autres matériels de transport																
<a href="#">50</a> Commerce et réparation automobile	59	0,77	0,12	0,007-9,32	0,14	6,23	0,41	2,61	4	0,08	0,08	0,05-0,09	0,07	1,39	0,09	-
<a href="#">51</a> Commerce de gros et intermédiaires du commerce																
<a href="#">52</a> Commerce de détail et réparation d'articles domestiques																
Divers	43	0,24	0,06	0,004-1,82	0,07	5,71	0,32	0,67	3	3,54	3,26	0,4-6,95	2,08	1,45	6,03	-

*N* = nombre de mesures ; *Moy* = moyenne arithmétique ; *Med* = médiane ; *M<sub>G</sub>* = moyenne géométrique ; *S<sub>G</sub>* = écart type géométrique ; *P<sub>75</sub>* et *P<sub>90</sub>* = valeur des percentiles 75 et 90.



- **Analyse par métier**

L'exposition au formaldéhyde pour les grands types de professions contrôlées depuis 2002 est présentée dans le tableau IX.

**Tableau IX : Données d'exposition au formaldéhyde pour les grands types de professions (période 2002 à 2007).**

Famille Professionnelle	Code ROME	Libellé métiers	F	n	Moy	Med	Etendue	P75	P90	
<b>Services de nettoyage</b>	11211	Nettoyeur/nettoyeuse de locaux et de surfaces	1,16							
	11214	Agent/agent(e) d'entretien et d'assainissement	0,42	28	1,65	0,18	0,02-9,32	1,07	7,23	
	11122	Agent/agent(e) de service de collectivité	0,31							
	11111	Employé/employée de ménage à domicile	0,14							
	11141	Employé/employée technique des services funéraires	0,06							
<b>Personnel administratif</b>	12131	Secrétaire bureautique polyvalent/polyvalente	0,65							
	12121	Agent administratif/agent(e) administrative d'entreprise	0,17							
	12112	Agent/agent(e) d'accueil	0,14	27	0,03	0,02	0,006-0,10	0,03	0,05	
	12132	Secrétaire bureautique spécialisé/spécialisée	0,14							
<b>Distribution- Vente</b>	14222	Vendeur/vendeuse en équipement du foyer	0,11							
	14224	Vendeur/vendeuse en articles de sport et de loisirs de plein air	0,11							
	14111	Employé/employée de libre-service	0,08	12	0,03	0,02	0,007-0,09	0,05	0,08	
	14212	Vendeur/vendeuse en produits frais (commerce de détail)	0,08							
<b>Professionnels de la santé</b>	14221	Vendeur/vendeuse en produits utilitaires (outillage, bricolage, droguerie...)	0,06							
	24212	Technicien de laboratoire d'analyses médicales	10,86							
	31211	Biologiste médical	5,97							
	31111	Médecin praticien	0,82							
	24111	Aide soignant	0,79							
	24122	Infirmier de service spécialisé	0,28	416	0,35	0,15	0,01-3,25	0,36	0,97	
	24131	Cadre des services paramédicaux	0,20							
	31121	Spécialiste-conseil de la santé publique	0,08							
	24211	Infirmier généraliste	0,03							
	<b>Agriculture-pêche</b>	41124	Éleveur hors sol	1,27						
		41125	Éleveur spécialisé en productions rares	1,02						
		41121	Éleveur de bétail sur sol	0,14	28	1,37	0,33	0,05-21	0,71	3,24
		41112	Maraîcher-horticulteur	0,14						
41131		Polyculteur-éleveur	0,08							
<b>Transport logistique</b>	43311	Agent du stockage et de la répartition de marchandises	0,93							
	43113	Conducteur-livreur	0,48							
	43312	Agent de manipulation et de déplacement des charges	0,37	61	0,93	0,4	0,003-3,51	1,55	2,6	
	43111	Conducteur de transport de particuliers	0,20							
	43211	Conducteur d'engins de chantier du BTP, du génie civil et de l'exploitation des carrières	0,03							
<b>Mécanique électricité électronique</b>	44111	Agent d'usinage des métaux	2,86							
	44131	Agent de montage-assemblage de la construction mécanique	1,75							
	44135	Ajusteur mécanicien	0,65							
	44142	Agent de traitement de surface	0,45							
	44151	Contrôleur de fabrication de la construction mécanique et du travail des métaux	0,28	175	0,13	0,05	0,003-1,23	0,15	0,4	
	44213	Interconnecteur en électronique	0,23							
	44121	Opérateur-régleur sur machine-outil	0,14							
	44132	Soudeur	0,14							
	44214	Bobinier de la construction électrique et électronique	0,14							
	44211	Opérateur sur machines automatiques en production électrique et électronique	0,14							
<b>Personnel de maintenance</b>	44313	Régleur	1,16							
	44312	Affûteur	0,79	30	0,06	0,04	0,01-0,27	0,06	0,15	
	44311	Mécanicien de maintenance	0,03							
<b>Conducteurs d'installation des industries chimique et agroalimentaire</b>	45113	Opérateur sur machines de formage des matières plastiques et du caoutchouc	8,85	514	0,57	0,09	0,001-8,97	0,32	1,83	
	45111	Pilote d'installation des industries chimiques et de production d'énergie	4,58							
	45122	Opérateur sur machines et appareils de fabrication des industries agro-alimentaires	3,14							
	45112	Opérateur sur appareils de transformation physique ou chimique	1,92							
	45121	Pilote d'installation des industries agro-alimentaires	1,30							
<b>Conducteurs d'installation de la métallurgie</b>	45212	Opérateur de production des métaux	1,33							
	45232	Opérateur de production de céramique et de matériaux de construction	0,79							
	45211	Pilote d'installation de production des métaux	0,37	47	0,05	0,04	0,05-0,17	0,08	0,11	
	45213	Opérateur sur machines de première transformation des métaux	0,17							
<b>Fabrication de panneaux de bois Industrie du papier carton</b>	45311	Opérateur de production de panneaux à base de bois	6,48	189	0,24	0,16	0,001-1,33	0,4	0,54	
	45322	Opérateur de production de papier-carton	4,38							
	45321	Opérateur de production des pâtes à papier et à carton	0,31	139	0,59	0,22	0,01-13,8	0,5	0,82	

Tableau IX (Suite)

Famille Professionnelle	Code ROME	Libellé métiers	F	n	Moy	Med	Etendue	P75	P90
<b>Fonctions transsectorielles des industries de process</b>									
	45421	Modeleur-mouliste	3,22						
	45411	Opérateur sur machines de finition, contrôle et conditionnement	1,84	216	0,18	0,06	0,001-3,89	0,17	0,43
	45413	Opérateur de laboratoire des industries de process	1,07						
	45412	Agent main de finition, contrôle et conditionnement	0,85						
	45414	Agent de traitements dépolluants	0,74						
<b>Industries du textile, du cuir de l'habillement</b>									
	46121	Conducteur de machines de filature textile	2,74						
	46131	Conducteur de machines d'ennoblissement textile	0,96						
	46116	Apprêteur des industries des matériaux souples	0,51						
	46113	Préparateur de produits des industries des matériaux souples	0,28						
	46112	Teinturier-coloriste des industries des matériaux souples	0,28	198	0,3	0,17	0,01-3,77	0,31	0,47
	46122	Conducteur de machines de fabrication de produits textiles	0,25						
	46124	Opérateur d'assemblage-montage des industries des cuirs et peaux et matériaux associés	0,23						
	46125	Opérateur d'assemblage-montage des industries de l'habillement et autres fabrication à base d'étoffes	0,23						
	46133	Visiteur-contrôleur des industries des matériaux souples	0,20						
<b>Industries graphiques</b>									
	46231	Conducteur de machines de façonnage	0,76						
	46221	Conducteur de machines d'impression	0,25	22	0,06	0,04	0,004-0,17	0,08	0,15
	46222	Bobinier-receveur des industries graphiques	0,11						
<b>Industries du bois et de l'ameublement</b>									
	46321	Conducteur de machines de fabrication des industries de l'ameublement et du bois	5,35						
	46322	Façonneur bois et matériaux associés (production de série)	1,47						
	46323	Monteur d'ouvrages en bois et matériaux associés (production de série)	0,74	231	0,35	0,14	0,003-4,63	0,41	0,81
	46311	Opérateur de sciage débit	0,20						
<b>Personnel Artisanal</b>									
	47124	Préparateur en produits de la pêche	0,65						
	47121	Opérateur de transformation des viandes	0,42						
	47231	Professionnel de l'entretien artisanal des textiles	0,28	49	0,18	0,1	0,002-0,78	0,26	0,44
	47331	Réalisateur d'ouvrages en bois et matériaux associés	0,90						
<b>Cadres Techniques et techniciens industriels</b>									
	51132	Agent d'encadrement des industries graphiques	0,17						
	51121	Agent d'encadrement des industries de process	0,06						
	51211	Agent d'encadrement de maintenance	0,03						
	52111	Agent d'études du travail	0,79						
	52131	Technicien d'études-recherche-développement en électricité et électronique	0,08						
	52231	Technicien de production des industries de process	0,99	120	0,24	0,15	0,02-1,7	0,35	0,5
	52211	Technicien de fabrication de la construction mécanique et du travail des métaux	0,71						
	52232	Technicien de laboratoire de contrôle de fabrication des industries de process	0,68						
	52235	Technicien d'analyses industrielles des industries de process	0,11						
	52331	Maintien en biens électrodomestiques	0,06						
	53121	Cadre technique d'études scientifiques et de recherche fondamentale	0,28						
	53211	Cadre technique de la production	0,14						
	53311	Cadre technico-commercial	0,23						
	53321	Cadre technique d'entretien, maintenance, travaux neufs	0,06						
<b>Cadres Techniques Hors industrie</b>									
	61112	Conseiller d'agriculture	0,57						
	61111	Agent technique agricole	0,31	21	0,49	0,05	0,03-6,57	0,16	1,05
	61223	Chargé d'études techniques du BTP	0,08						
	61231	Chef de chantier du BTP	0,03						

Cette analyse des données d'exposition par type de profession met en évidence l'exposition moyenne très importante des métiers recensés dans les services de nettoyage, de l'agriculture et de la pêche, du transport et de la logistique. L'exposition au formaldéhyde pour les opérateurs de fabrication des panneaux de bois se situe à un niveau plus faible et inférieur aux expositions mesurées pour les métiers de la chimie ou de la santé. Les cadres de l'industrie semblent en moyenne moins exposés que ceux de l'agriculture ou du BTP.

Globalement, cette analyse de l'exposition par métier donne des informations similaires à celles issues de l'analyse par secteurs d'activités.

## 2.4 Caractérisation de l'exposition professionnelle

La caractérisation de l'exposition professionnelle est menée en tenant compte de différentes valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) recommandées en France et en Europe pour le formaldéhyde, compte tenu de l'absence de VLEP réglementaires indicative ou contraignante.

La caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde menée spécifiquement dans le cadre de la saisine adressée à l'Afsset prend en compte la variabilité des niveaux par secteur d'activité, ainsi que le nombre de salariés potentiellement exposés. La combinaison de ces différents paramètres dans une approche probabiliste de type Monte-

Carlo permet d'estimer le nombre de salariés potentiellement exposés en comparaison aux différentes VLEP sélectionnées.

#### 2.4.1 VLEP formaldéhyde sélectionnées

Pour mener cette caractérisation la préférence a été donnée aux valeurs françaises et européennes (Tableau X).

**Tableau X : Seuils d'exposition professionnels retenus dans le cadre de cette étude**

Valeur court terme	
VLE fixée, en France, par la circulaire du 12 juillet 1993	1 ppm (1,23 mg.m <sup>-3</sup> )
VLCT recommandée par l'Afsset et le SCOEL	0,4 ppm (0,5 mg.m <sup>-3</sup> )
Valeur 8h	
VME fixée, en France, par la circulaire du 12 juillet 1993	0,5 ppm (0,62 mg.m <sup>-3</sup> )
VLEP-8h recommandée par l'Afsset et le SCOEL	0,2 ppm (0,25 mg.m <sup>-3</sup> )
VLEP-8h recommandée par le DECOS (valeur la plus basse en Europe basée sur des critères sanitaires)	0,12 ppm (0,15 mg.m <sup>-3</sup> )

Les VLEP-8h proposées par l'Afsset, le SCOEL et le DECOS sont censées protéger les travailleurs exposés d'effets cancérigènes du formaldéhyde (cancer du nasopharynx) en prévenant les effets irritants. La VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL est censée protéger des effets irritants du formaldéhyde en exposition aiguë.

**En conclusion la caractérisation de l'exposition professionnelle a été effectuée en référence aux seuils d'exposition mentionnés dans le Tableau X.**

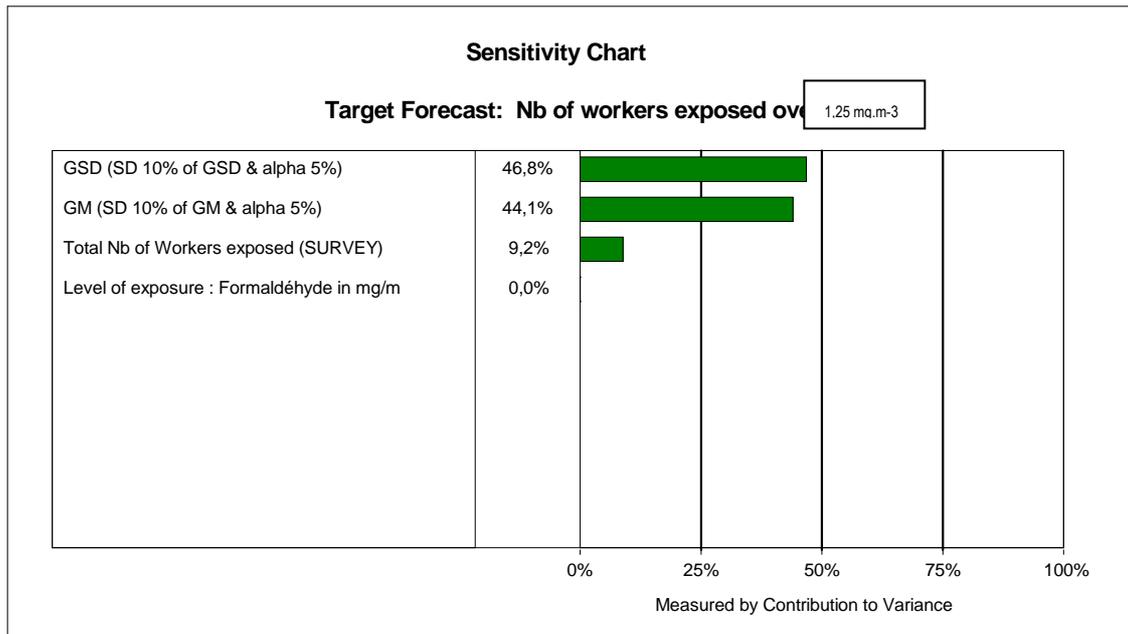
#### 2.4.2 Estimation du nombre de salariés exposés au formaldéhyde de manière chronique en comparaison avec les VLEP sélectionnées

Pour réaliser ces estimations, des données d'exposition issues de la base COLCHIC ont été attribuées à chaque secteur d'activité de l'enquête SUMER 2003 pour lequel une estimation du nombre de salariés était disponible. Les paramètres utilisés, compte tenu du profil de distribution log-normal des expositions sont la moyenne géométrique ( $M_G$ ) et l'écart type géométrique ( $S_G$ ). Les données d'exposition utilisées proviennent en majorité de mesures réalisées durant la période 2002-2007. Dans le cas contraire des données couvrant la période 1986-2007 ont été utilisées.

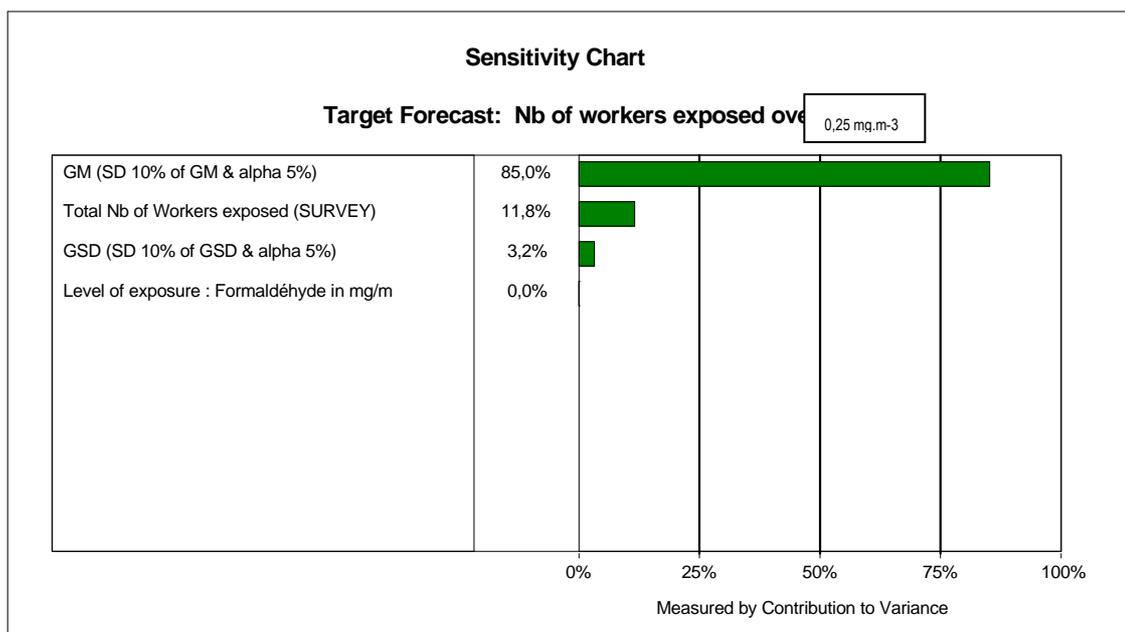
Pour le calcul du nombre de salariés exposés au-dessus d'un certain seuil, l'approche probabiliste basée sur un millier de simulations par cas a été menée en tenant compte des paramètres suivants (Kauppinen *et al.*, 2006) :

- Erreur d'estimation sur la population SUMER de 10 % (distribution normale) ;
- Erreur d'estimation de la moyenne géométrique ( $M_G$ ) variable de 10 % à 25 % en fonction du nombre de résultats (10% pour plus de 200, 15% entre 100 et 199, 20% entre 50 et 99, 25% pour moins de 50) ;
- Erreur d'estimation uniforme de 10 % pour l'écart type géométrique ( $S_G$ ). Pour les séries de données comprenant moins de 10 résultats, l'écart type géométrique ( $S_G$ ) a été fixé à 3, valeur généralement retenue en hygiène industrielle.

Les plages de variation indiquées ci-dessus sont celles généralement retenues dans ce type d'analyse. Compte tenu des seuils à estimer inclus dans l'intervalle d'exposition 0,15 - 0,62 mg.m<sup>-3</sup> (VLEP DECOS et recommandée en France), l'analyse de sensibilité (*sensitivity analysis*) indique que dans le modèle retenu, les paramètres prépondérants sont par ordre décroissant : la moyenne géométrique des expositions et l'estimation moyenne des populations exposées. L'écart type géométrique contribue de manière prépondérante pour des seuils d'exposition supérieurs à 1,25 mg.m<sup>-3</sup>. La variation de 10% sur l'écart type, généralement adoptée dans ce type de modélisation, paraît donc appropriée (voir figures 4 et 5), de par les critères généralement admis pour ce type de simulation, mais également en raison de l'intérêt des seuils d'exposition testés.



**Figure 4 : Analyse de sensibilité pour des estimations aux seuils d'exposition au formaldéhyde de 1,25 mg.m<sup>-3</sup>**



**Figure 5 : Analyse de sensibilité pour des estimations aux seuils d'exposition au formaldéhyde de 0,25 mg.m<sup>-3</sup>**

L'ensemble des paramètres utilisés et les résultats d'estimation figurent dans le tableau XI.

En référence à la VLEP-8h actuellement fixée par circulaire en France, environ 33000 salariés seraient exposés chaque jour à plus de  $0,62 \text{ mg.m}^{-3}$ . Par rapport à la VLEP-8h de  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$ , recommandée par l'Afsset et le SCOEL, plus de 65000 travailleurs seraient surexposés. Une fraction très importante d'environ 17000 salariés serait exposée pendant 8 heures à des concentrations supérieures à la VLEP court terme de  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ . Ces estimations peuvent également être modulées au regard des informations collectées dans COLCHIC sur la fréquence d'exposition. En comparaison à la VLEP-8h proposée par l'Afsset, 32290 travailleurs seraient surexposés de manière permanente (+ de 6 heures/jour ou plus de 5 mois/an). Par rapport à la valeur de  $0,15 \text{ mg.m}^{-3}$  proposée par le DECOS, 86129 travailleurs seraient en situation de surexposition, dont 42719 de manière permanente.

En référence à la VLEP-8h recommandée par l'Afsset, plus de 80% des travailleurs surexposés appartiennent à 7 groupements d'activités dont le plus important est celui de la santé et de l'action sociale avec 19500 salariés.

Les autres secteurs par ordre décroissant sont :

- Les services personnels (NAF 93) ;
- L'industrie chimique (NAF 24) ;
- Les secteurs du commerce (NAF 50, 51 et 52) ;
- La construction (NAF 45) ;
- La recherche et le développement (NAF 73) ;
- Les services fournis aux entreprises (NAF 74).

Mis à part le secteur de la recherche, toutes ces estimations sont basées sur des données d'exposition effectuées durant ces 5 dernières années et constituent une base fiable pour estimer les risques professionnels résultant d'expositions au formaldéhyde.

**Tableau XI : Paramètres et résultats de l'estimation du nombre de salariés exposés sur une période de 8 heures en référence à différents seuils d'exposition.**

Division d'Activités (code NAF, Libellé)	Nb Salariés Exposés SUMER	Source Données Exposition	Niveaux d'exposition 8 heures			Estimation du Nombre de salariés exposés à plus de (seuils en mg.m <sup>-3</sup> )					
			n	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	0,15	0,25	0,25 I.C. 95%*	0,5	0,62	1,23
<a href="#">01</a> Agriculture, chasse, services annexes	2115	COLCHIC 2002-2007	25	0,17	7,76	1095	893	607-1143	625	545	345
<a href="#">15</a> Industries alimentaires	7350		115	0,09	6,73	2881	2161	1613-2714	1320	1132	607
<a href="#">17</a> Industrie textile	1095		255	0,12	4,37	482	335	281-450	180	144	62
<a href="#">20</a> Travail du bois et fabrication d'articles en bois	2308		258	0,22	3,02	1015	716	544-930	380	304	134
<a href="#">21</a> Industrie du papier et du carton	2493		126	0,15	3,53	1238	845	563-1107	423	325	120
<a href="#">24</a> Industrie chimique	15244		238	0,18	7,96	8140	6648	5415-8156	4751	4174	2683
<a href="#">25</a> Industrie du caoutchouc et des plastiques	2949		197	0,03	3,20	248	104	31-210	25	16	3
<a href="#">26</a> Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	2111		106	0,12	4,78	932	665	455-863	382	306	143
<a href="#">27</a> Métallurgie	5551		77	0,04	3,89	910	487	209-877	175	124	36
<a href="#">28</a> Travail des métaux	3949		58	0,06	1,89	316	66	0-245	5	2	0
<a href="#">29</a> Fabrication de machines et d'équipements	1871		21	0,06	5,78	546	383	195-546	211	170	80
<a href="#">36</a> Fabrication de meubles ; industries diverses	4265		208	0,06	2,05	438	108	7-268	11	4	0
45 Construction	10544		106	0,27	4,93	6716	5470	4228-6827	3679	3140	1779

\* I.C. 95 % : Intervalle de confiance à 95 % de l'estimation pour le seuil de 0,25 mg.m<sup>-3</sup>

Division d'Activités (code NAF, Libellé)	Nb Salariés Exposés SUMER	Source Données Exposition	Exposition – 8 heures			Estimation du Nombre de salariés exposés à plus de (seuils en mg.m <sup>-3</sup> )					
			n	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	0,15	0,25	0,25 I.C. 95%*	0,5	0,62	1,23
<a href="#">74</a> Services fournis principalement aux entreprises	9947	COLCHIC 2002-2007	24	00,19	3,07	5731	3963	1422-5464	1877	1431	487
<a href="#">75</a> Administration publique (Hôpitaux)	1476		184	00,11	5,12	622	450	341-605	259	212	102
<a href="#">85</a> Santé et action sociale	62423		299	00,11	5,00	26295	19029	14868-24120	10736	8744	4189
<a href="#">93</a> Services personnels (dont pompes funèbres)	10036		15	00,54	2,35	9235	8047	3980-10014	5329	4250	1678
<a href="#">31</a> Fabrication de machines et appareils électriques	4111		39	00,02	2,74	104	31	1-105	5	2	0
<a href="#">32</a> Fabrication d'équipements de radio, télévision et communication											
<a href="#">33</a> Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique et d'horlogerie											
<a href="#">34</a> Industrie automobile	4071		89	00,10	4,06	1557	1024	483-1369	503	376	150
<a href="#">35</a> Fabrication d'autres matériels de transport											
<a href="#">50</a> Commerce et réparation automobile	15873		59	00,14	6,23	7652	5909	4321-7777	3792	3277	1830
<a href="#">51</a> Commerce de gros et intermédiaires du commerce											
<a href="#">52</a> Commerce de détail et réparation d'articles domestiques											
22 Edition imprimerie reproduction	1379	31	00,035	3,16	143	62	12-128	16	10	2	

Division d'Activités (code NAF, Libellé)	Nb Salariés Exposés SUMER	Source Données Exposition	Exposition – 8 heures			Estimation du Nombre de salariés exposés à plus de (seuils en mg.m <sup>-3</sup> )					
			n	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	0,15	0,25	0,25 I.C. 95%*	0,5	0,62	1,23
80 Education	3819	COLCHIC 1986-2007	36	0,11	8,28	1654	1315	876-1689	887	773	472
14 Autres industries extractives	1095		8	0,017	3	28	9	1-29	2	1	0
40 Production et distribution d'électricité, de gaz et de chaleur	425		8	0,055	3	75	37	7-73	10	7	1
73 Recherche et développement	10490		66	0,25	4,9	6527	5231	3845-6657	3428	2938	1657
<a href="#">60</a> Transports terrestres <a href="#">61</a> Transports par eau <a href="#">62</a> Transports aériens <a href="#">63</a> Services auxiliaires des transports	2043		108	0,11	6,7	887	680	529-850	431	367	207
65, 66, 67 Activités financières	378		41	0,049	2,96	75	25	4-49	7	4	1
70 Activités immobilières	897		6	0,014	3	16	5	0-16	1	0	0
90 Assainissement, voirie et gestion des déchets	1063		15	0,009	1,6	6	2	0-6	0	0	0
Autres activités	1705		443	0,07	5,71	565	397	264-518	219	178	86
<b>Total</b>	<b>193076</b>						<b>86129</b>	<b>65097</b> <b>(45102-83305)</b>	<b>39669</b>	<b>32956</b>	<b>16854</b>

### 2.4.3 Estimation du nombre de salariés exposés au formaldéhyde en comparaison aux VLEP Court terme

En l'absence de données précises sur la fréquence d'exposition à des pics de concentration de formaldéhyde, l'estimation du nombre de salariés exposés a été menée globalement pour l'ensemble des secteurs d'activités et en considérant que tous les travailleurs recensés dans SUMER pouvaient subir ce type d'exposition.

L'estimation a été réalisée par simulation Monte Carlo en référence à la valeur actuellement fixée par circulaire en France de 1,23 mg.m<sup>-3</sup> et à celle recommandée par l'Afsset soit 0,5 mg.m<sup>-3</sup>.

Les paramètres et les résultats figurent dans le Tableau XII.

**Tableau XII : Paramètres et résultats de l'estimation du nombre de salariés exposés en référence à diverses VLEP- Court terme**

Nb Exposés	Salariés	Source Données Exposition	Exposition court terme			Estimation du Nombre de salariés exposés à plus de		
			n	M <sub>G</sub>	S <sub>G</sub>	0,5 mg.m <sup>-3</sup>	0,5 mg.m <sup>-3</sup> IC à 95%	1,23 mg.m <sup>-3</sup>
193076		COLCHIC 2002- 2007	301	0,35	4,73	<b>78655</b>	<b>67994-87730</b>	<b>39964</b>

Sur la base des hypothèses formulées ci-dessus, une partie importante de la population serait exposée à des concentrations atmosphériques en formaldéhyde supérieures aux valeurs limites court terme de 1,23 et 0,5 mg.m<sup>-3</sup>.

Ces expositions de courte durée surviennent notamment lors :

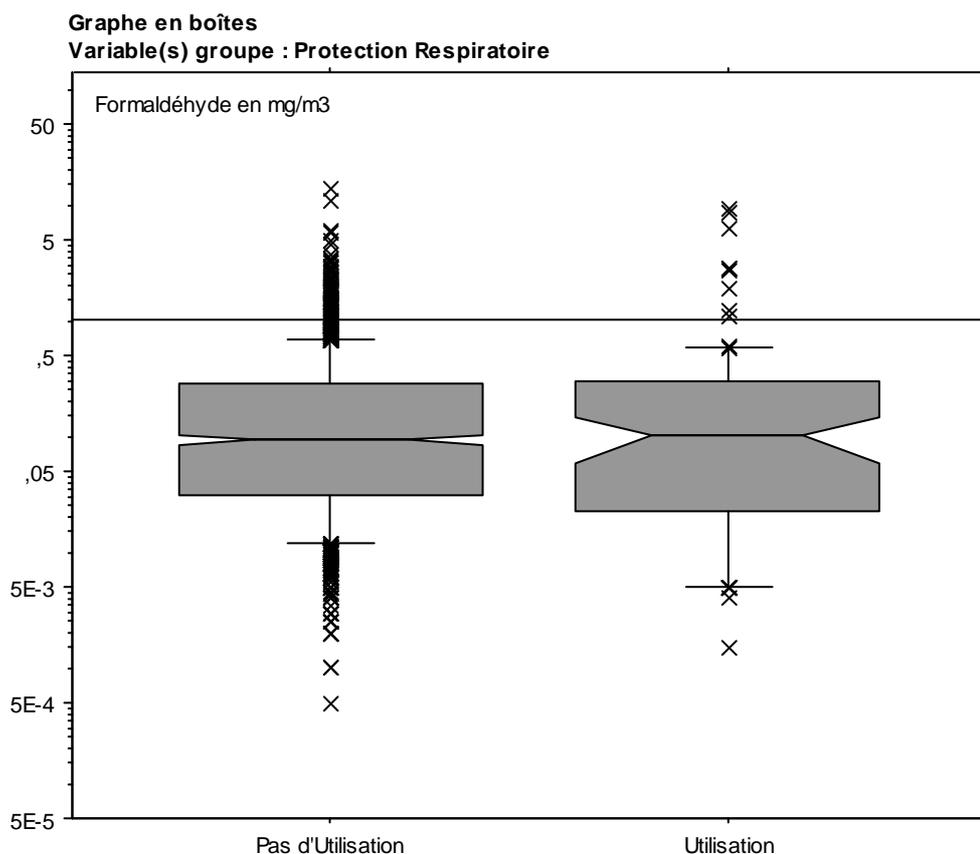
- de la réalisation d'exams ACP ;
- d'opérations de stérilisation ;
- de divers travaux menés dans l'industrie alimentaire (stérilisation, nettoyage) ;
- d'application de produits au trempé, par pulvérisation ...

Cette analyse met une fois de plus en évidence l'importance des expositions au formaldéhyde dans le secteur des professions de santé.

### 2.4.4 Utilisation de protection individuelle respiratoire

L'utilisation d'appareils de protection respiratoire peut permettre de réduire l'exposition des salariés exposés au formaldéhyde. A l'aide des informations archivées dans la base de données COLCHIC et pour la période 2002-2007, une analyse des données a été menée afin d'estimer le taux d'utilisation d'appareils de protection respiratoire au cours de la journée de travail et lors d'opérations ponctuelles particulièrement exposantes.

L'analyse de ces données montre que le recours à ce moyen de protection, pour des expositions rapportées à la journée de travail (8h) est relativement faible : environ 5,5 % des salariés contrôlés portaient un appareil de protection respiratoire adapté. L'efficacité de ces appareils de protection respiratoire n'a pas été estimée lors des mesurages d'exposition : étanchéité, saturation du dispositif d'épuration... D'autre part, une analyse complémentaire de ces données montre que le port de la protection respiratoire est indépendant du niveau d'exposition (figure 6).



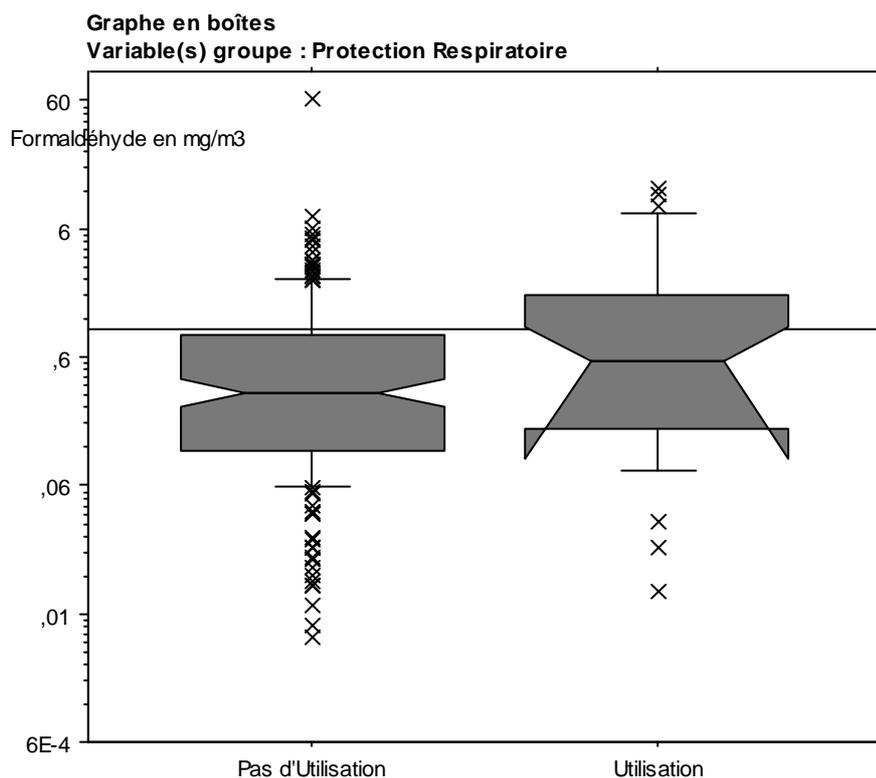
Graphique en boîtes : ce type de graphique permet de représenter les percentiles 10, 25, 50 (médiane), 75 et 90 de la distribution d'une variable. Les valeurs situées au delà des percentiles 10 et 90 sont représentées par des points. L'étrangement de la boîte correspond à l'intervalle de confiance à 95 % autour de la médiane.

**Figure 6 : Utilisation ou non utilisation d'une protection respiratoire, lors d'exposition sur la durée du poste de travail, en fonction des niveaux.**

Si l'on considère les catégories professionnelles, ce sont les artisans et les cadres ou techniciens industriels qui ont recours le plus fréquemment à des appareils de protection respiratoire : respectivement 24,4% et 23,3%. Les personnels du nettoyage affectés à la désinfection de locaux utilisent de manière très fréquente (75%) des appareils de protection respiratoire. Cependant, le faible nombre d'observations collectées pour cette catégorie de profession ne permet pas de généraliser cette règle.

Plusieurs catégories professionnelles ne semblent jamais utiliser de protection respiratoire au cours de la journée de travail : les professionnels de la fabrication des panneaux de bois, de l'industrie du papier carton, de l'ameublement, des industries graphiques, de la maintenance, de l'agriculture et de la pêche.

En ce qui concerne les expositions ponctuelles (pics), l'utilisation de protection respiratoire est plus fréquente : 11,1%. Par contre l'utilisation de protection respiratoire semble mieux corrélée à des niveaux d'exposition plus élevés (figure 7).



**Figure 7 : Utilisation ou non utilisation d'une protection respiratoire, lors d'opérations ponctuelles (pics) en fonction des niveaux d'exposition.**

Le port de ces protections respiratoires intervient le plus fréquemment lors d'opérations de transfert (vidange de fûts probablement), d'application de solutions par pulvérisation et lors de réalisation d'opérations de stérilisation.

## 2.5 Conclusion

L'analyse des résultats des différentes enquêtes de filières (DGE, CMR-INRS), de la littérature spécialisée (Medline, étude IRSST), l'exploitation des données d'emploi (SUMER 2003) et des niveaux d'exposition (COLCHIC) permettent de caractériser de manière assez fiable l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France.

Ces différentes sources de données sont relativement convergentes et permettent d'identifier assez clairement les industries, les métiers concernés et les niveaux qui s'y rapportent. L'analyse bibliographique menée sur les 10 dernières années n'a pas mis en évidence de situation d'exposition professionnelle nouvelle.

Les résultats de cette étude confirment d'une part l'utilisation très répandue de cet agent chimique et d'autre part une situation préoccupante au regard des VLEP actuellement fixées par circulaire en France.

### Exposition chronique

D'après l'analyse réalisée, 33 000 travailleurs seraient exposés à plus de  $0,62 \text{ mg.m}^{-3}$  (VME indicative actuelle en France). En référence à la VLEP-8h proposée par l'Afsset, plus de 65000 travailleurs seraient surexposés. Bien évidemment ce constat ne fait que s'aggraver si l'on

considère la VLEP-8h de 0,15 mg.m<sup>-3</sup> proposée par le DECOS. Dans ce cas, le nombre de travailleurs surexposés se monte à plus de 86000.

Le port de protections respiratoires collectives pendant la journée de travail ou lors de pics est peu fréquent et, dans le cas d'expositions continues, concerne des professions pour lesquelles les niveaux d'exposition sont relativement faibles. Cette analyse doit aussi être modulée par la fréquence d'exposition : seulement la moitié des travailleurs exposés le seraient de manière permanente alors que l'autre moitié le serait de manière occasionnelle ou intermittente.

En référence à la VLEP-8h de 0,25 mg.m<sup>-3</sup> proposée par l'Afsset, les cohortes de travailleurs surexposés les plus importantes appartiennent aux secteurs d'activités suivants ([http://www.insee.fr/fr/nom\\_def\\_met/nomenclatures/naf/pages/naf.htm](http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/nomenclatures/naf/pages/naf.htm)) :

- Santé et action sociale (19479 travailleurs) ;
- Services personnels (8047 travailleurs) dont les pompes funèbres ;
- Industrie chimique (6648 travailleurs) ;
- Commerce (5909 travailleurs) ;
- Construction (5470 travailleurs) ;
- Recherche et développement (5231 travailleurs) ;
- Services aux entreprises (3963 travailleurs) dont travail temporaire, activités de nettoyage...
- Industries alimentaires (2161 travailleurs).

Cette étude met en évidence l'importance des populations exposées dans les métiers de la santé en général mais également dans d'autres secteurs concernant des activités tertiaires comme le commerce ou les services personnels. Pour ces secteurs, il serait intéressant de collecter des données d'exposition complémentaires au regard du nombre de salariés exposés et des niveaux d'exposition au formaldéhyde, dont le nombre de mesures paraît limité, comparé à d'autres secteurs très étudiés comme celui de la fabrication des panneaux de bois.

### Exposition aigue

D'après l'analyse réalisée, 40 000 travailleurs seraient exposés à plus de 1,23 mg.m<sup>-3</sup> (VLCT 15 min actuelle en France). En référence à la VLEP-court terme proposée par l'Afsset, plus de 78 000 travailleurs seraient surexposés. Les activités et secteurs professionnels les plus concernés incluent :

- Réalisation d'examens ACP ;
- Opérations de stérilisation ;
- Divers travaux menés dans l'industrie alimentaire (stérilisation, nettoyage ?) ;
- Application de produits au trempé, par pulvérisation...
- Agriculture, chasse, services annexes (NAF 01)
- Construction (NAF 45)
- Santé et action sociale (NAF 85)
- Industrie textile (NAF 17).

## 3 Identification et caractérisation du danger

### 3.1 Aspects généraux

L'inhalation d'aérosols liquides peut survenir lors d'accidents ou de certains procédés tels que la pulvérisation. Les aérosols solides peuvent être inhalés lors de l'utilisation de poudre de résines au formaldéhyde ou au paraformaldéhyde ou lors de la génération de poussières de bois contenant de la résine au formol.

L'exposition dermique à des solutions de formaldéhyde peut survenir lors d'incidents tels que renversement de récipients ou éclaboussures. Aucune information n'est actuellement disponible sur l'absorption cutanée d'aérosols contenant du formaldéhyde.

Les expositions au formaldéhyde sont établies sur la base des concentrations atmosphériques et non sur les biomarqueurs. Ceci est du au fait, qu'après inhalation (rétention pulmonaire estimée à 93 %), le formaldéhyde est soit rapidement métabolisé en formate au site de contact puis éliminé en dioxyde de carbone soit forme, pour une faible proportion, des adduits *in situ* avec les protéines ou l'ADN, mécanisme à l'origine de sa génotoxicité. L'homme est en effet continûment exposé au formaldéhyde via le métabolisme cellulaire normal (concentration sanguine moyenne de sujets non exposés : 3 mg.L<sup>-1</sup> soit 0,1 mM). Conduire une caractérisation des risques pour cet agent suppose de prendre en compte le fait qu'il s'agit d'une molécule endogène et pour laquelle les humains disposent de plusieurs schémas métaboliques pour sa conversion en source carbonée utilisable (formiate). La plupart des études toxicologiques chez l'animal ont utilisé la voie inhalée et n'ont pas permis de prouver de toxicité systémique. Par ailleurs, compte tenu du fait que le formaldéhyde est une molécule très réactive rapidement métabolisée *in situ* et entraînant des effets au site de contact, l'effet critique général suivant une exposition répétée consiste en une irritation locale du site au contact.

### 3.2 Dangers physico-chimiques

Le formaldéhyde est un gaz hautement réactif et inflammable à température ambiante pouvant former des mélanges explosifs dans l'air dans les limites de 7 à 73% en volume. Il représente un danger d'incendie lorsqu'il est exposé à une flamme ou à une source de chaleur. Une solution aqueuse de formaldéhyde peut être inflammable si les concentrations de formaldéhyde ou de méthanol sont élevées. Le risque d'incendie ou d'explosion existe pour le formaldéhyde (gaz ou solution) au cours de sa fabrication, de son transport, de son stockage et de son utilisation finale.

### 3.3 Toxicité court terme

La toxicité aigüe du formaldéhyde a été très étudiée chez différentes espèces animales et chez l'homme, par l'intermédiaire, entre autres, de nombreuses études d'expositions contrôlées. Les données sont concordantes chez l'homme et l'animal avec dans un premier temps, l'apparition d'irritation des muqueuses (voir paragraphe spécifique) suivi d'effets plus graves lors de l'augmentation des doses.

#### Effet graves et/ou létaux

La CL50 est chez le rat de 480 ppm/4 h (590 mg.m<sup>-3</sup>) et 815 ppm/30 min (1001 mg.m<sup>-3</sup>; mortalité par œdème pulmonaire). La CL50 chez la souris est de 414 ppm/4 h (508 mg.m<sup>-3</sup>) (Nagorny *et al.*, 1979). En ce qui concerne les effets non létaux, des lésions histopathologiques de la cavité

nasale, de la trachée et de la bifurcation bronchique ont été observées à partir de 6 ppm chez le singe Rhesus ( $7,2 \text{ mg.m}^{-3}$  ; Monticello *et al.*, 1989).

Chez l'homme, d'après les résultats des études d'exposition contrôlée, la fonction pulmonaire ne semble pas altérée aux expositions inférieures à 3 ppm ( $3,68 \text{ mg.m}^{-3}$  ; Australian NICNAS, 2006). La plupart des individus ne peuvent tolérer une exposition prolongée à 4-5 ppm ( $4,9\text{-}6,1 \text{ mg.m}^{-3}$ ). Les difficultés respiratoires apparaissent à partir de 10 ppm ( $12,3 \text{ mg.m}^{-3}$ ) et une exposition à 10-20 ppm ( $12\text{-}25 \text{ mg.m}^{-3}$ ) entraîne des risques d'irritation sévère des muqueuses oculaires et des voies respiratoires. Une exposition supérieure à 50 ppm ( $61 \text{ mg.m}^{-3}$ ) peut provoquer des lésions graves des voies respiratoires (œdème et congestion pulmonaire) (INRS, 2006). Aucun décès n'a été rapporté à la suite d'une inhalation ou d'une exposition cutanée aiguë, le manque de données disponibles dans la littérature ne permet par conséquent pas d'estimer les seuils létaux.

### Irritation des muqueuses

Les données scientifiques animales et humaines sont suffisantes pour montrer que le formaldéhyde est un irritant cutané (solutions), oculaire (solutions, vapeurs) et respiratoire (vapeurs). Les solutions de formaldéhyde sont irritantes pour la peau et sévèrement irritantes pour les yeux. Les vapeurs provoquent une irritation sensorielle transitoire et réversible des yeux et des voies respiratoires. Les expérimentations animales en test d'Alarie confirment le caractère irritant du formaldéhyde avec une réduction de la fréquence respiratoire de 50% chez la souris (RD50) pour une exposition de 10 min à 4 ppm.

Les observations issues d'études cliniques contrôlées chez différentes catégories d'individus (travailleurs, volontaires sains ou asthmatiques) montrent que le formaldéhyde induit des phénomènes locaux d'irritation sur les différentes muqueuses exposées. Ces effets irritants sont rapportés à des concentrations variables qui dépendent à la fois du type d'irritation retenu (oculaire, respiratoire, sensorielle) et de la caractérisation de l'effet (méthodes de mesures subjectives ou objectives). Ainsi il est difficile de donner un NOAEL ou un LOAEL pour ces types d'effet ; cependant une perception olfactive (variable selon les individus, entre 0,04 ppm et 0,4 ppm) semble précéder une irritation oculaire puis une irritation des voies respiratoires. De plus, il existe dans la perception de ces effets irritants une composante subjective (dans la plupart des études, l'irritation est évaluée par réponse à des questionnaires). Certains auteurs ont essayé d'estimer ces phénomènes d'irritation sur des critères objectifs (clignement des yeux, rougeur, modification du flux respiratoire...). Cette composante subjective est confirmée par le fait que certains sujets rapportent des irritations (oculaires, nasales...) en l'absence d'exposition au formaldéhyde dans les études contrôlées (effet « placebo »). L'irritation sensorielle est la première à apparaître dans la description de la relation dose-effet.

Ainsi les synthèses des études d'exposition contrôlée publiées dans la littérature rapportent des effets irritants entre 0 ppm et 0,3 ppm, en argumentant qu'il est difficile à ces niveaux de distinguer la part subjective de l'irritation des effets objectifs (Paustenbach, 1997 ; Bender, 2002). Des données récentes d'une d'exposition contrôlée en double aveugle donnent un NOAEL relatif à l'irritation oculaire objective chez l'homme à 0,5 ppm et un NOAEL à 0,3 ppm si l'exposition comprend des pics à 0,6 ppm (Lang, 2008). D'autres études rapportent un LOAEL à 1 ppm ( $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ ) pour des irritations sensorielles (comprenant des irritations oculaires et respiratoires) (Bender, 2002 ; Kulle, 1987 ; Schulte, 2006).

La méta-analyse de Noisel (2007) qui n'incluait que des études d'expositions contrôlées a retenu quant à elle, un NOAEL de 0,75 ppm protégeant pratiquement tous les salariés exposés. Cette étude présente les limitations des analyses regroupant des études dont les protocoles sont différents et elle est critiquable sur deux points : d'une part, sont inclus dans une même analyse quantitative des sujets exposés 6 min et des études avec des expositions variant de 35 min à 5 h ; d'autre part et d'un point de vue statistique, la synthèse de ces publications n'est pas satisfaisante car elle ne prend pas en compte le nombre de sujets de chaque étude. Cependant et sous réserve de vérification des calculs, le résultat global paraît néanmoins défendable en ce sens qu'il n'est pas éloigné du NOAEL de 0,5 ppm défendu par des équipes telles que Lang *et al.* (2008).

De même, l'analyse « benchmark dose » (BMD) pour l'irritation sensorielle de Arts *et al.* (2006) réalisée à partir des résultats d'études contrôlées chez des volontaires a estimé qu'à 1 ppm, 30% des sujets sains rapportent une irritation oculaire légère et 9,5 % des sujets parlent d'une irritation oculaire modérée (dérangeante) (modélisation sur les données de Kulle, 1987). Ces résultats sont concordants avec l'analyse, faite avec le même modèle, des données de Andersen 1983 : environ 50% des sujets rapportant un léger inconfort (oculaire et nasal) à 1 ppm. Les auteurs concluent à la concordance des études animales et humaines sur la concentration de 1 ppm qui correspond à une prévalence minimale, tant en degré qu'en incidence, de l'irritation sensorielle.

### Conclusion effets aigus et VLCT Afsset

Concernant les irritations court terme dues au formaldéhyde, il n'est pas attendu d'effet irritant oculaire objectivé (un des effets irritants apparaissant le plus précocement dans la relation dose-effet) à des concentrations d'exposition inférieures à 0,5 mg.m<sup>-3</sup> (0,4 ppm). Dans les évaluations faites pour l'établissement de valeurs professionnelles (Afsset, 2008b), aucun facteur de sécurité n'a été retenu lors de la construction de cette valeur<sup>4</sup>. Cette valeur seuil peut être retenue pour l'évaluation des risques ; au dessus de cette valeur, des effets irritants (en premier lieu oculaires) peuvent survenir chez les personnes exposées ; des effets irritants respiratoires sont attendus à partir de 1 ppm. Des effets graves, types altération de la fonction respiratoire sont attendus à partir de 3 ppm.

## 3.4 Toxicité long terme

### 3.4.1 Construction de la VLEP-8h Afsset

Les données animales issues des études chroniques par inhalation chez le rat montrent qu'il existe une relation dose-réponse pour les modifications histopathologiques du tractus nasal (cytotoxicité et hyperplasie) avec un LOAEL de 2 ppm et un NOAEL de 1 ppm (Australian NICNAS, 2006). La concentration sans effet pour la fonction mucociliaire est de 0,5 ppm.

Le mécanisme physiopathologique de l'action du formaldéhyde est cohérent entre l'homme et l'animal. Globalement, le formaldéhyde induit une irritation des muqueuses (exposition aiguë et chronique) qui peut conduire à des modifications histopathologiques et une prolifération des épithéliums épidermoïdes ; ainsi l'irritation des muqueuses respiratoires apparaît être un élément clé dans les processus de cancérogénèse (voir paragraphe 4.4.6). Il apparaît donc très important de caractériser la relation dose-réponse pour l'irritation respiratoire (sphère ORL) pour prévenir de l'apparition chez l'homme du cancer du nasopharynx.

Chez l'homme, les effets sur la fonction pulmonaire et la prévalence de l'irritation des yeux, du nez et de la gorge ainsi que les modifications histologiques ont été recherchées dans les populations exposées au formaldéhyde, en particulier lors d'études cas-témoin chez le travailleur. Les données obtenues dans ces études ne fournissent pas de liens de causalités clairs (en termes de relation dose-effet par exemple) entre exposition au formaldéhyde et effets sur la fonction respiratoire contrairement aux études d'expositions contrôlées.

L'irritation respiratoire a donc été recherchée dans les études d'expositions contrôlées chez l'homme (court terme) mais les limites liées à la qualité des données (subjectivité...), notamment

---

<sup>4</sup> Afsset 2008 « L'effet prévenu par l'étude de Lang est l'irritation oculaire objectivée, évaluée chez l'homme, et pour laquelle une variabilité interindividuelle particulière n'est pas attendue. De plus, les expositions étant faites sur 4 heures dans l'étude de Lang et la VLCT étant fixée pour une durée de 15 minutes, un ajustement temporel n'est pas nécessaire. »

aux faibles concentrations, n'ont pas permis d'identifier une concentration sans effet observable (NOAEL) (voir paragraphe sur l'irritation).

Il est à noter que lors de la fixation de VLEP-8h, les organismes tels que l'Afsset et le SCOEL cherchent à protéger de l'apparition de cancer du nasopharynx en prévenant l'irritation du tractus respiratoire ; en raison de la difficulté à établir une relation dose-réponse pour l'irritation du tractus respiratoire, il a été proposé de retenir l'irritation oculaire, effet jugé plus sensible. Ainsi, la base de données étant assez conséquente pour cette irritation oculaire, les données étant concordantes entre expositions aiguë et chronique, il a été choisi de retenir 2 publications, basées essentiellement sur des études cliniques effectuées chez l'homme (et donc exposition court terme) pour fixer la VLEP-8h (Afsset 2008b) :

- l'étude de Arts définit une BMDL<sup>5</sup> de 0,24 ppm, dose à laquelle une irritation sensorielle est attendue chez 10% des sujets (selon les données d'Andersen, 1983), dose à laquelle il est difficile de différencier les effets dus au formaldéhyde du bruit de fond
- l'analyse de Paustenbach *et al.* (1997) concernant le choix d'un NOAEL de 0,3 ppm rapportant que « *l'irritation oculaire est un paramètre très sensible qui assure une marge de sécurité relativement à la survenue d'une prolifération cellulaire induite par l'irritation des voies aériennes supérieures* »

En conclusion sur les effets irritants chroniques, il peut être retenu que l'Afsset et le SCOEL proposent une VLEP-8h à 0,25 mg.m<sup>-3</sup> (0,2 ppm), valeur établie pour prévenir l'apparition de cancer du nasopharynx en évitant une irritation oculaire et donc une irritation respiratoire chronique, avec une marge de sécurité suffisante ; il n'a pas été retenu de facteur de sécurité pour cette proposition<sup>6</sup>.

Par ailleurs, le groupe de travail précise que des données de la littérature rapportent un seuil d'effet à 1,23 mg.m<sup>-3</sup> (1 ppm) pour l'apparition des irritations respiratoires, élément clé dans le processus d'apparition du cancer du nasopharynx selon les mécanismes physiopathologiques retenus (Bender, 2002).

---

<sup>5</sup> BMDL : correspond généralement à la limite inférieure de l'intervalle de confiance à 95% de la dose (BMD) associée à un taux de réponse de 10% (BMD<sub>10L95</sub>).

<sup>6</sup> Afsset 2008 « *Aux doses critiques proposées par Arts et Paustenbach, il n'a pas été mis en évidence de sensibilité particulière par l'étude de populations asthmatiques. De plus, les effets critiques retenus ci-dessus (irritation oculaire et sensorielle) apparaissent à des doses inférieures à l'irritation respiratoire, prédictif selon le mécanisme d'action retenu, de la cytotoxicité pouvant conduire à l'apparition d'un cancer du nasopharynx. Ainsi les effets critiques retenus protègent de l'irritation respiratoire et il n'est pas nécessaire de retenir des facteurs de sécurité à appliquer aux valeurs retenues, les études ayant été effectuées chez l'homme et les effets décrits à ces doses par certains sujets étant réversibles (gênes oculaires), difficilement distinguables du bruit de fond et jugés compatible avec la fixation d'une VLEP.* »

### 3.4.2 Sensibilisation

#### 3.4.2.1 Sensibilisation respiratoire<sup>7</sup>

Les données animales et humaines indiquent qu'il est probable que le formol induise une sensibilisation respiratoire lors d'expositions à des concentrations élevées (DECOS, 2004 ; Australian NICNAS, 2006).

L'analyse de l'ensemble des données disponibles montre qu'il est difficile de conclure sur le potentiel sensibilisant du formaldéhyde par voie aérienne. Quelques données montrent que le formol peut provoquer une réponse respiratoire à partir de 3 ppm (3,68 mg.m<sup>-3</sup>) chez certains sujets très sensibles présentant une hyperactivité respiratoire, probablement via une irritation des voies pulmonaires (Australian report, 2006 ; BfR, 2006).

La récente étude d'Ezratty *et al.* (2007) d'exposition contrôlée croisée et en double aveugle avait pour objectif de vérifier si une exposition au formaldéhyde (0,4 ppm pendant 1h au repos) exacerbait l'asthme chez 12 sujets présentant un asthme intermittent et une allergie au pollen. Ils concluent que cette exposition n'a pas d'effet significatif sur la sensibilité des sujets aux allergènes ambiants. Cette étude a été conduite dans une population *a priori* fragile donc pertinente en ce qui concerne d'éventuels risques environnementaux.

La plupart des patients souffrant d'asthme professionnel présentent également des symptômes de rhinite ou de rhino-conjonctivite liés à l'environnement professionnel (INVS, 2007).

En conclusion, le manque de données disponibles dans la littérature ne permet pas d'estimer une valeur seuil permettant de protéger contre le risque de sensibilisation respiratoire induit par le formaldéhyde.

#### 3.4.2.2 Sensibilisation cutanée

Les données animales et humaines confirment sans ambiguïté le caractère sensibilisant cutané fort du formol (concentration limite CEE de ≥ 0,2 %, classification R43, mélanges solides et liquides ; EU Expert Group on Sensitisation, 2002).

Des études sur la sensibilisation cutanée, chez l'animal et chez l'homme, ont été réalisées afin d'induire ou provoquer une réponse (Marzulli & Maibach, 1974; Jordan *et al.*, 1979; Hilton *et al.*, 1996; Hilton *et al.*, 1998). Chez l'homme, un seuil de sensibilisation de 37 µg.cm<sup>-2</sup> a été rapporté et chez la souris de 162,5 µg.cm<sup>-2</sup>. Une relation dose-réponse a par ailleurs été mise en évidence chez l'homme ce qui valide le seuil de sensibilisation proposé (Basketter *et al.*, 2005).

### 3.4.3 Neurotoxicité

Des troubles neurologiques (perte de mémoire, trouble de la concentration) ont été décrits dans plusieurs études mais la présence de formaldéhyde était concomitante à celle d'autres solvants neurotoxiques. Néanmoins, il semblerait y avoir une corrélation entre l'exposition au formaldéhyde et la baisse de performance évaluée par une batterie de tests alliant dextérité, mémoire et

---

<sup>7</sup> InVS (2007) : « L'exposition au formaldéhyde peut provoquer des asthmes professionnels par des mécanismes allergiques mal élucidés, en faveur desquels on peut retenir des arguments cliniques : développement des symptômes chez seulement une minorité des sujets exposés et démonstration de réactions retardées par rapport à l'inhalation de l'allergène lors de tests de provocation bronchique spécifique. Elle peut aussi être un facteur d'aggravation ou de réactivation d'asthmes préexistants. [...] La fréquence des asthmes professionnels au formaldéhyde paraît peu importante. Seule une minorité des sujets exposés au formaldéhyde et symptomatiques semblent avoir un authentique asthme professionnel ». Par ailleurs : « Il est intéressant de noter [...] l'existence d'une probable réactivité croisée entre le formaldéhyde et le glutaraldéhyde ».

coordination (Ineris, 2005). En dépit de ces résultats, on peut considérer que les effets du formaldéhyde sur le système nerveux central et sur le comportement cognitif des personnes exposées n'ont pas fait l'objet de recherches suffisantes et que les quelques publications disponibles ne permettent pas de conclure à des effets avérés d'une exposition professionnelle (INVS, 2007).

**En conclusion**, l'insuffisance des données disponibles dans la littérature ne permet pas de conclure sur la neurotoxicité du formaldéhyde.

#### 3.4.4 Effets sur la reproduction et le développement

Chez l'homme, les données disponibles montrent qu'il est peu probable que le formaldéhyde soit un toxique pour la reproduction ou le développement aux concentrations d'exposition professionnelles. Chez l'animal, aucune altération morphologique des testicules ou des ovaires liée à des expositions au formaldéhyde n'a été observée. Par ailleurs, les effets observés chez les femelles gestantes et sur le développement embryofœtal ont été attribués à une toxicité maternelle : ils n'ont pas été clairement observés à des doses non toxiques pour la mère.

**En conclusion**, les données disponibles dans la littérature permettent d'écartier l'existence d'un effet sur la reproduction ou le développement induit par l'exposition au formaldéhyde.

#### 3.4.5 Génotoxicité

La génotoxicité et la mutagénicité du formaldéhyde ont été recherchées par des études *in vivo* et *in vitro*. Le formaldéhyde est génotoxique en ce sens qu'il crée notamment des adduits ADN-protéines ou DPX (DNA-protein crosslinks) dont la réparation incomplète peut alors conduire à des mutations (cf. chapitre « génotoxicité » et « mécanisme d'action » du rapport Afsset (2008a)).

*In vitro*, les résultats des études montrent que le formaldéhyde est génotoxique et mutagène dans de nombreux tests, aussi bien dans les tests bactériens que dans ceux utilisant des cellules de mammifères.

*In vivo*, le formaldéhyde est très réactif et se lie rapidement avec les macromolécules au niveau du site de contact (site le plus pertinent pour l'estimation du risque). Il agit donc localement et atteint difficilement d'autres organes cibles : aucune étude fiable ne montre chez les mammifères un effet génotoxique ou des liaisons covalentes du formaldéhyde à l'ADN à distance du point de contact.

Le formaldéhyde forme également des adduits ADN-protéines ou DPX (DNA-Protein Crosslinks) dont la réparation incomplète peut conduire à des mutations. Des DPX ont été caractérisés dans la muqueuse nasale à partir de 0,3 ppm/6h chez le rat et à partir de 0,7 ppm/6h chez le singe rhésus (respectivement : Casanova *et al.*, 1989 et 1991). En-deçà de 2 ppm, la formation linéaire avec la concentration de DPX est compensée par les systèmes réparation de l'ADN et de détoxification. Au-delà de 2 ppm, on observe une saturation des capacités cellulaires de détoxification par le glutathion, une augmentation de la formation des DPX avec une relation dose/réponse non-linéaire (BfR, 2006). La courbe reliant la concentration avec la formation de DPX est bi-phasique avec une pente plus marquée pour les concentrations supérieures à 2 ppm chez le rat Fischer 344. Des résultats similaires ont été trouvés chez le singe Rhésus bien que la courbe soit moins marquée pour cette espèce. Selon le modèle pharmacocinétique de Casanova *et al.* (1991), le formaldéhyde devrait générer des plus basses concentrations de DPX dans la muqueuse nasale des hommes par rapport au singe rhésus et des concentrations beaucoup plus basses chez l'homme par rapport au rat. Au-delà de 6 ppm, la génotoxicité est très amplifiée par la prolifération cellulaire.

Sul *et al.* (2007) ont exposé des rats à 0, 5 et 10 ppm (10 rats/groupe), 6h/j, 5j/s durant 2 semaines. Les résultats sont significatifs dans le tissu pulmonaire à 5 ppm pour la génotoxicité (test des comètes), à 10 ppm pour la peroxydation lipidique et l'oxydation des protéines.

Chez l'homme, on a observé une augmentation des micronoyaux dans les cellules des muqueuses nasale et buccale de sujets exposés mais les résultats de ces études ont été contestés (Speit *et al.*, 2006). En revanche, dans une étude d'exposition contrôlée bien menée sur les cellules de la muqueuse buccale, Speit *et al.* (2007) ont montré que le formaldéhyde n'induit pas de micronoyaux dans les conditions d'exposition suivantes : 10 jours à raison de 4h/j sur 10 femmes et 11 hommes avec des expositions variant aléatoirement chaque jour (0,15-0,5 ppm) et incluant 4 pics de 1 ppm/15 min pour une exposition cumulée totale de 13,5 ppm.h.

**En conclusion**, il n'est pas possible de dériver un NOAEL garantissant l'absence de formation de DPX à partir des données disponibles (BfR, 2006).

### 3.4.6 Cancérogénicité

La relation entre le formaldéhyde et le cancer a été recherchée chez l'animal et chez l'homme. Au niveau professionnel, seules les voies d'exposition inhalée et cutanée sont pertinentes :

- Le CIRC a considéré qu'il existait des preuves suffisantes chez l'homme pour considérer que le formaldéhyde était cancérogène par inhalation.
- Chez l'homme, il n'y a pas d'étude montrant une relation causale entre une exposition cutanée au formaldéhyde et une augmentation de l'incidence de tumeurs. Quant aux études expérimentales, elles ne peuvent pas être considérées comme conclusives du fait du faible nombre d'animaux exposés ou de l'insuffisance de la durée d'exposition cutanée.

#### 3.4.6.1 Mode d'action

Bien que le mécanisme d'action à l'origine de la formation de tumeurs nasales chez le rat ne soit pas bien connu, il semble acquis que la prolifération cellulaire chronique associée à la cytotoxicité soit une étape clé de l'induction de ce cancer par le formaldéhyde (DECOS, 2003 ; CIRC, 2006 ; McGregor *et al.*, 2006).

Deux principaux effets ont été observés dans les études par inhalation : tumeurs nasales et leucémies. Les données actuelles indiquent que la génotoxicité et la cytotoxicité du formaldéhyde jouent un rôle important dans le processus de cancérogenèse du tissu nasal. Au-delà de 2 ppm, on observe une saturation des capacités cellulaires de détoxification par le glutathion, une augmentation de la formation des DPX avec une relation dose/réponse non-linéaire (BfR, 2006). La prolifération cellulaire susceptible d'amplifier les effets génotoxiques du formaldéhyde s'accroît fortement à 6 ppm, entraînant aux concentrations supérieures une augmentation significative de l'incidence de carcinomes épidermoïdes chez le rat (Monticello *et al.*, 1996 ; CIRC, 2006). Les données suggèrent une différence d'espèces puisqu'aucune augmentation n'a été observée chez la souris et le hamster à des concentrations cancérogènes chez le rat (respectivement 14,3 et 10 ppm).

En conséquence, le risque cancérogène n'apparaît qu'aux concentrations induisant une cytotoxicité et une prolifération cellulaire. Pour les modifications histologiques du tractus nasal, un LOAEL de 2 ppm (2,4 mg.m<sup>-3</sup>) peut être déterminé à partir de deux études long terme chez le rat de 18 (Swenberg *et al.*, 1980) et 24 mois (Kerns *et al.*, 1983) et un NOAEL de 1 ppm identifié à partir de l'étude long terme de 28 mois chez le rat de Woutersen *et al.* (1989).

Dans les faibles concentrations qui n'induisent pas d'augmentation de la prolifération cellulaire, il est probable que la génotoxicité du formaldéhyde ne contribue pas ou peu à son potentiel cancérogène impliquant l'absence prévisible de contribution significative au risque cancérogène chez l'homme.

En résumé des expérimentations animales, on peut caractériser 3 intervalles d'exposition dont les risques associés sont croissants :

- $0 < E_1 < 2$  ppm : les taux de DPX sont linéaires avec la concentration (réparation de l'ADN et détoxification efficaces) ;
- $2 < E_2 < 6$  ppm : saturation des capacités cellulaires de détoxification par le glutathion, augmentation de la formation des DPX avec une relation dose/réponse non-linéaire, modifications histologiques du tractus nasal chez le rat (cf. supra) ;
- $E_3 > 6$  ppm : la prolifération cellulaire, susceptible d'amplifier les effets génotoxiques du formaldéhyde, s'accroît fortement à 6 ppm entraînant une augmentation significative de l'incidence de carcinomes nasals à cellules squameuses.

#### 3.4.6.2 Cancer du nasopharynx

Les études épidémiologiques montrent une augmentation du risque du cancer du nasopharynx alors que d'autres ne le montrent pas. Dans son rapport sur le formaldéhyde publié en 2002 (SIDS), l'OCDE statuait que : *“Les études épidémiologiques en milieu professionnel fournissent une preuve limitée sur la relation entre l'exposition au formaldéhyde et les tumeurs nasales”*. Ultérieurement, le CIRC a conclu à l'existence de preuves suffisantes montrant une association causale entre l'exposition professionnelle au formaldéhyde et le risque de cancer du nasopharynx, ce qui a amené à le classer dans le Groupe 1 (2006 ; cancérogène certain pour l'homme pour le risque de cancer du nasopharynx). De plus, le mécanisme d'action chez le rat est considéré comme pertinent chez l'homme et biologiquement plausible.

Une réanalyse critique des résultats de l'étude de mortalité du National Cancer Institute (NCI ; base essentielle de la classification du CIRC) a été publiée par Marsh *et al.* (2007a). Les auteurs estiment que la relation dose-effet est entièrement due à un grand excès dans une des 10 entreprises (cohorte 1) alors qu'aucun excès n'est observé dans les 9 autres entreprises. De plus, cet article vise à démontrer que la relation dose-effet est peu robuste puisqu'entièrement due au fait que 8 cas sur 10 étaient dans la catégorie d'exposition la plus élevée et qu'elle est très instable : un seul cas supplémentaire dans une autre catégorie peut rendre cette relation dose-effet non significative. La méthodologie utilisée par Marsh *et al.* (2007a) pour cette démonstration est contestable. L'InVS (2007), dans son rapport sur l'« Exposition professionnelle au formaldéhyde et effets sur la santé » a considéré que cette étude *« ne semble pas apporter des éléments décisifs permettant d'infirmes les résultats du NCI »*.

Une seconde réanalyse a été publiée par Marsh *et al.* (2007b). L'objectif était de vérifier si l'excès singulier de cancers nasopharyngés observés dans la cohorte 1 de l'étude du NCI pouvait être relié à des facteurs professionnels externes à l'usine, en particulier à des expositions à des facteurs de risque (brouillards d'acide sulfurique, acides minéraux, poussières métalliques et chaleur) provenant de l'industrie des métaux ferreux et non ferreux de la zone géographique locale. Les auteurs ont donc conduit une étude cas-témoins nichée dans la cohorte 1 du NCI et montrent qu'il y a une co-exposition mais à des facteurs qui n'ont pas vraiment été identifiés comme facteurs de risque : l'excès de risque est essentiellement parmi les sujets ayant la double exposition formaldéhyde et travail de l'argent. Néanmoins, ce constat n'est en aucun cas susceptible d'invalider un possible risque lié au formaldéhyde.

Par ailleurs, Duhayon *et al.* (2008) ont considéré que *« les études chez l'homme ont échoué à établir une conclusion convaincante concernant la cancérogénicité du formaldéhyde »*. En particulier, ces auteurs sont trop catégoriques pour dire que l'excès observé dans la cohorte 1 du NCI n'est pas attribuable au formaldéhyde, mais on peut retenir que la synthèse de la bibliographie est complète et que leurs arguments visent à démontrer que l'évidence épidémiologique est faible.

Ainsi les études épidémiologiques ne sont pas suffisantes pour établir une relation dose-réponse dans l'objectif de la réalisation d'une caractérisation quantitative du risque cancérigène. Cependant on peut retenir que l'étude de Hauptmann *et al.* (2004) a mis en évidence que tous les cas de cancers du nasopharynx (n=7) étaient observés en cas d'exposition à des pics répétés  $\geq 4$  ppm et qu'il existe un lien avec l'exposition cumulée. Il n'existe aucune donnée chez l'homme pour les concentrations supérieures à 6 ppm, concentration à partir de laquelle les expérimentations chez le rat montrent une augmentation du taux de tumeurs. On peut conclure à partir de ces données que le risque relatif de cancer du nasopharynx est significativement augmenté pour des expositions répétées supérieures ou égales à 4 ppm.

A titre indicatif, le modèle du CIIT<sup>8</sup> (Conolly *et al.*, 2002, 2004), actuellement considéré comme le plus fiable pour évaluer le risque cancérigène du formaldéhyde, prédit un excès de risque faible à des niveaux inférieurs à ceux qui occasionnent une cytotoxicité : ainsi pour exemple, des fourchettes de valeur en fonction des différents scénarios sont données ci dessous pour des doses repères :

- à 0,2 ppm : [ $4,4 \cdot 10^{-8}$  ;  $2,5 \cdot 10^{-6}$ ]
- à 0,4 ppm : [ $1 \cdot 10^{-7}$  ;  $6 \cdot 10^{-6}$ ]
- à 0,7 ppm : [ $2,2 \cdot 10^{-6}$  ;  $5,1 \cdot 10^{-5}$ ]
- à 0,8 ppm : [ $7,1 \cdot 10^{-6}$  ;  $2,8 \cdot 10^{-4}$ ]
- à 1 ppm : [ $4,9 \cdot 10^{-5}$  ;  $1,4 \cdot 10^{-3}$ ]

En conclusion, il est observé que la relation dose-réponse du cancer du nasopharynx n'est pas linéaire (courbe en forme de crosse de hockey avec un point d'inflexion situé aux alentours de 0,7-0,8 ppm) ; pour les concentrations inférieures à 0,7 ppm, l'excès de risque calculé par le modèle du CIIT serait uniquement du à l'effet des DPX sur la probabilité de mutation par division cellulaire.

Le groupe de travail n'adhère pas à l'hypothèse d'un modèle sans seuil (Afsset, 2008a) et, par conséquent, au calcul d'un excès de risque induit uniquement par l'effet des DPX. Cependant, les excès de risque calculés pour des concentrations supérieures au point d'inflexion, impliquant une association des deux mécanismes d'action, peuvent s'avérer intéressants à exploiter.

### 3.4.6.3 Leucémie

Le risque de leucémie résultant de l'exposition par inhalation du formaldéhyde n'est pas considéré dans cette caractérisation du risque professionnel du fait de données insuffisantes permettant d'établir une association causale.

---

<sup>8</sup> Le "Chemical Industry Institute of Technology" (CIIT) a publié un modèle biologique de croissance clonale à deux étapes permettant d'évaluer quantitativement l'excès de risque de cancer des voies respiratoires associé avec l'exposition professionnelle au formaldéhyde. Ce modèle est basé sur des données toxicologiques, mécanistiques, sur la physiologie du tractus respiratoire et la circulation des flux d'air chez l'homme et l'animal ainsi que sur un modèle de cancérogenèse à deux étapes qui prend en compte l'effet mutagène direct et le potentiel cytotoxique du formaldéhyde entraînant une prolifération régénérative des cellules. Il a été en effet observé que la relation entre le flux de formaldéhyde et la prolifération cellulaire est similaire chez le rat et le singe rhésus (Kimbell *et al.*, 2001), suggérant que les différences de susceptibilité aux effets cytotoxiques du formaldéhyde sont faibles entre les primates et les rongeurs et permettant ainsi d'utiliser les données rat pour modéliser une relation dose réponse chez l'homme. Ce modèle a été utilisé pour déterminer les excès de risque en fonction de trois types d'activité au travail : assis, activité faible et importante ; le statut fumeur, non fumeur ou mixte est aussi pris en compte. Les données ont été compilées pour une exposition professionnelle de 40 ans à partir de 18 ans, 8h par jour, 5 jours par semaine et une exposition environnementale de 0,004 ppm pendant 80 ans.

## 4 Caractérisation du risque sanitaire

### 4.1 Risques aigus

Pour rappel, la caractérisation du risque aigu par inhalation pour des effets à seuil s'exprime dans le cadre de cette expertise par le calcul d'une marge de sécurité correspondant au rapport d'une concentration ou dose d'exposition avec la valeur de référence sanitaire correspondante (voie et durée d'exposition associées).

Certains secteurs professionnels sont dépourvus de données d'exposition court terme et ne feront donc pas l'objet d'une caractérisation des risques sanitaires consécutifs à une exposition court terme (fabrication d'autres produits minéraux non métalliques, fabrication de meubles, services fournis principalement aux entreprises, services personnels (pompes funèbres), industrie automobile...).

A noter que pour la plupart des autres secteurs professionnels, les données d'exposition court terme disponibles sont peu nombreuses limitant ainsi la représentativité des situations professionnelles concernées et l'interprétation des résultats.

Les secteurs du commerce et de la réparation automobile ; commerce de gros et intermédiaires (4 mesures) ; de l'industrie chimique (6 mesures) ; de l'industrie du caoutchouc et des plastiques (4 mesures) ; de la métallurgie (5 mesures)... disposent de peu de données d'exposition court terme indiquant toutefois qu'elles sont inférieures à la VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL (0,4 ppm ; 0,5 mg.m<sup>-3</sup>). Cependant, ces mêmes secteurs présentent des données d'exposition moyennées sur 8 heures supérieures à la VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL impliquant de fait des niveaux d'exposition court terme également supérieurs à la valeur proposée. Le risque d'irritation sensorielle associé à une exposition court terme ne peut être exclu même si l'interprétation s'appuie sur un nombre limité de données.

Tous les autres secteurs professionnels présentent au moins une mesure d'exposition court terme qui dépasse la VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL (0,4 ppm ; 0,5 mg.m<sup>-3</sup>). Par conséquent, ces secteurs professionnels ne disposent d'aucune marge de sécurité pour toutes les situations professionnelles mesurées ou pour au moins une partie d'entre elles. Il existe donc un risque d'irritation *a minima* oculaire pour les populations exposées.

Le Tableau XIII présente les secteurs professionnels pour lesquels (i) la médiane des mesures d'exposition court terme dépasse la VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL (0,4 ppm ; 0,5 mg.m<sup>-3</sup>) et/ou (ii) les valeurs maximales observées sont supérieures à 1 ppm (1,23 mg.m<sup>-3</sup>) (LOAEL défini pour l'irritation du tractus respiratoire, Cf. chapitre 4.4.1). En fonction des données sur les seuils d'apparition des effets non létaux, les activités de l'agriculture et de la construction semblent particulièrement concernées par le risque d'irritation ou d'autres atteintes des voies respiratoires puisque les mesures les plus élevées rencontrées sont respectivement 62 et 4 mg.m<sup>-3</sup>. Le secteur de la santé et action sociale, bien que présentant une médiane des mesures peu supérieure à la VLCT proposée, montre une étendue maximum très élevée (7,2 mg.m<sup>-3</sup>) susceptible de provoquer des irritations respiratoires. Les secteurs de l'industrie alimentaire (valeurs max 8,99 mg.m<sup>-3</sup>) et de l'Administration publique (Hôpitaux ; valeurs max 3,40 mg.m<sup>-3</sup>) sont aussi concernées bien que présentant une médiane inférieure à la VLCT.

**Tableau XIII : Secteurs professionnels pour lesquels (i) la médiane des mesures d'expositions court terme dépasse la VLCT proposée par l'Afsset et le SCOEL et/ou (ii) les valeurs maximales observées sont supérieures à 1,23 mg.m<sup>-3</sup> (extraction de la caractérisation des risques professionnels ; en fonction des divisions d'activité). Valeurs exprimées en mg.m<sup>-3</sup>.**

EXPOSITION COURT TERME	N	Médiane	Etendue			
			min	max	P75	P90
DIVISION D'ACTIVITES (Code NAF)						
01 Agriculture, chasse, services annexes	5		0,31	62,00		
DIVERS	3		0,40	6,95		
45 Construction	16	2,19	0,30	4,00	2,74	3,46
17 Industrie textile	2		0,41	1,20		
21 Industrie du papier et du carton	4		0,25	0,92		
85 Santé et action sociale	74	0,61	0,05	7,20	1,43	3,11
20 Travail du bois et fabrication d'articles en bois	5		0,43	1,90		
75 Administration publique (Hôpitaux)	30	0,36	0,04	3,40	0,77	1,69
15 Industries alimentaires	23	0,20	0,07	8,99	0,46	0,82

## 4.2 Risques chroniques

### 4.2.1 Irritation

Pour rappel, la caractérisation du risque chronique par inhalation pour des effets à seuil s'exprime dans le cadre de cette expertise par le calcul d'une marge de sécurité correspondant au rapport d'une concentration ou dose d'exposition avec la valeur de référence sanitaire correspondante (voie et durée d'exposition associées).

L'analyse des données d'exposition professionnelle indique que 34 % des travailleurs exposés au formaldéhyde sont exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à 0,25 mg.m<sup>-3</sup> et tous les secteurs professionnels listés dans le Tableau VIII du chapitre sur la caractérisation des expositions professionnelles présentent des valeurs maximales supérieures à la VLEP-8h proposée par l'Afsset et le SCOEL, sauf le secteur du travail des métaux (NAF 28) (cf. Tableau XIV, ci-dessous). Ces secteurs professionnels ne disposent donc d'aucune marge de sécurité pour toutes les situations professionnelles mesurées ou pour au moins une partie d'entre elles.

Ainsi, il est envisageable de s'attendre à la survenue d'effets irritants *a minima* oculaires pour la plupart des secteurs professionnels recensés disposant de données d'exposition chronique.

Par ailleurs, le tableau XIV souligne le fait que certains secteurs professionnels présentent des données d'exposition chronique supérieures au LOAEL défini pour l'irritation du tractus respiratoire (1,23 mg.m<sup>-3</sup>) conduisant ainsi à un risque avéré d'irritation des voies respiratoires pour les travailleurs exposés.

L'analyse des niveaux d'exposition et de l'estimation du nombre de salariés exposés au dessus des valeurs de référence sanitaires retenues fait émerger les secteurs les plus à risque, notamment le secteur de la santé et des soins aux personnes : laboratoires d'ACP, d'anatomie, désinfection de matériel et thanatopraxie. Pour ce type d'activité, les niveaux d'exposition au formaldéhyde sont importants et peuvent dépasser la dizaine de mg.m<sup>-3</sup> pendant de courtes périodes et particulièrement lors des soins de thanatopraxie. Par ailleurs, les travailleurs impliqués dans d'autres secteurs professionnels tels que l'industrie chimique et le commerce (codes 50, 51 et 52), l'agriculture, l'industrie alimentaire, l'industrie du papier et du carton, de la construction ou des services personnels (incluant les pompes funèbres), peuvent également être susceptibles d'être exposés à des concentrations pouvant entraîner des irritations de type oculaire et respiratoire.

**Tableau XIV : Secteurs professionnels pour lesquels les valeurs maximales observées sont supérieures à la VLEP-8h proposée par l'Afsset et le SCOEL (0,2 ppm, 0,25 mg.m<sup>-3</sup>). Extraction du Tableau VIII de la caractérisation des risques professionnels en fonction des divisions d'activité). Valeurs exprimées en mg.m<sup>-3</sup>.**

DIVISION D'ACTIVITES (Code NAF)	N	EXPOSITION - 8 HEURES				ESTIMATION DU NOMBRE DE SALARIES EXPOSES SUR UNE PERIODE DE 8H (mg.m <sup>-3</sup> ) POUR DIFFERENTS SEUILS		
		MED.	Etendue max	P75	P90	0,25	0,25 / IC 95 %	1,23
01 Agriculture, chasse, services annexes	25	0,26	21,00	0,40	3,33	893	607-1143	345
26 Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	106	0,08	13,80	0,41	0,75	665	455-863	143
50 Commerce et réparation automobile, 51 Commerce de gros et intermédiaires du commerce, 52 Commerce de détail et réparation d'articles domestiques	59	0,12	9,32	0,41	2,61	5909	4321-7777	1830
24 Industrie chimique	238	0,15	8,97	1,22	3,19	6648	5415-8156	2683
85 Santé et action sociale	299	0,12	7,32	0,33	0,89	19029	14 868-24 120	4189
15 Industries alimentaires	115	0,06	6,57	0,40	1,6	2161	1613-2714	607
17 Industrie textile	255	0,16	5,71	0,32	0,57	335	281-450	62
21 Industrie du papier et du carton	126	0,18	5,00	0,37	0,62	845	563-1107	120
45 Construction	106	0,41	4,61	0,77	1,33	5470	4228-6827	1779
75 Administration publique (Hôpitaux)	184	0,12	3,25	0,32	0,91	450	341-605	102
93 Services personnels (dont pompes funèbres)	15	0,49	2,45	1,11	1,88	8047	3980-10 014	1678
20 Travail du bois et fabrication d'articles en bois	258	0,27	2,40	0,42	0,7	716	544-930	134
DIVERS	43	0,06	1,82	0,32	0,67	397	264-518	86
25 Industrie du caoutchouc et des plastiques	197	0,03	1,70	0,07	0,1	104	31-210	3
34 Industrie automobile, 35 Fabrication d'autres matériels de transport	85	0,12	1,30	0,21	0,59	1024	483-1369	150
27 Métallurgie	77	0,05	1,08	0,10	0,31	487	209-877	36
29 Fabrication de machines et d'équipements	21	0,02	0,73	0,55	0,65	383	195-546	80
74 Services fournis principalement aux entreprises	24	0,29	0,42	0,36	0,4	3963	1422-5464	487
36 Fabrication de meubles ; industries diverses	208	0,07	0,41	0,09	0,16	108	7-268	0
31 Fabrication de machines et appareils électriques, 32 Fabrication d'équipements de radio, télévision et communication, 33 Fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique et d'horlogerie	39	0,01	0,37	0,03	0,07	31	1-105	0

### 4.2.2 Sensibilisation cutanée

La sensibilisation des opérateurs peut survenir en cas d'exposition cutanée au formaldéhyde lors de la manipulation de produits en contenant dans les secteurs de la fabrication, la formulation, le conditionnement et l'utilisation finale. Dans certains secteurs et lors de l'utilisation finale de produits, la probabilité de contact cutané est élevée : vaporisation ou pulvérisation (industrie de la fibre de verre, traitements de protection des murs), brossage, balayage (secteur de la construction et de la fibre de verre) et immersion (traitement des papiers).

Les solutions de formaldéhyde peuvent donc induire une sensibilisation cutanée et que même de faibles concentrations de formaldéhyde dans les solutions peuvent provoquer une réaction dermatologique chez les individus sensibilisés. L'absence de données sur l'exposition cutanée ne permet pas de conclure sur ce risque dans la population active en France.

### 4.2.3 Cancer du nasopharynx

Comme indiqué dans le chapitre 4.4.6, le risque cancérigène n'apparaît qu'aux concentrations induisant une cytotoxicité et une prolifération cellulaire. L'effet irritant du formaldéhyde, considéré comme étant le premier effet néfaste survenant chez l'homme lorsque la concentration inhalée augmente, est défini comme une étape préalable nécessaire au processus de cancérogenèse.

Les données épidémiologiques mettent en évidence une augmentation du risque relatif de cancer du nasopharynx dans les secteurs qui présentent des expositions répétées à des pics d'au moins 4 ppm, soit 5 mg.m<sup>-3</sup> : « agriculture, chasse, services annexes », fabrication d'autres produits minéraux non métalliques, commerce, industrie chimique, santé et action sociale, industrie alimentaire, industrie textile, industrie du papier et du carton, construction.

Pour certains secteurs professionnels listés dans le Tableau XIV, les niveaux d'exposition sur 8 heures peuvent être supérieures au seuil d'irritation du tractus respiratoire obtenu grâce à des études d'expositions contrôlées chez l'homme (LOAEL défini à 1,23 mg.m<sup>-3</sup>), seuil à partir duquel des signes cliniques d'irritation respiratoire ont été observés. L'analyse des données d'exposition professionnelle indique que 9 % des travailleurs exposés au formaldéhyde sont exposés à des concentrations sur 8 heures supérieures à 1,23 mg.m<sup>-3</sup> et que 50% de ces salariés relèvent de 3 secteurs d'activité : Santé et action sociale, Services personnels (dont pompes funèbres) et Industrie chimique<sup>9</sup>. Ainsi, le risque pour ces populations professionnelles de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde est possible. Par ailleurs, le modèle du CIIT (Conolly *et al.*, 2002 ; 2004) prédit un excès de risque de cancer du nasopharynx (résultant d'une cytotoxicité et d'une génotoxicité), associé à l'inhalation de formaldéhyde, compris entre 4,9.10<sup>-5</sup> et 1,4.10<sup>-3</sup> pour une exposition professionnelle moyennée sur 8 heures<sup>10</sup> supérieure à 1,23 mg.m<sup>-3</sup>.

Pour d'autres secteurs d'activité identifiés dans le Tableau XIV présentant des mesures comprises entre 0,25 mg.m<sup>-3</sup> et 1,23 mg.m<sup>-3</sup>, l'analyse des données d'exposition professionnelle indique que 34 % des travailleurs exposés au formaldéhyde sont exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à 0,25 mg.m<sup>-3</sup> et que plus de 50% de ces salariés relèvent des 3 secteurs d'activité précédemment cités. Le risque pour ces populations professionnelles de développer un cancer du nasopharynx ne peut être exclu.

---

<sup>9</sup> Cette conclusion est également valable si on compare les données d'exposition au seuil proposé par le Decos et le Nordic Council of Ministers en 2003, concluant à l'absence d'excès de risque de cancer du nasopharynx à des concentrations dans l'air inférieures à 300 µg.m<sup>-3</sup>.

<sup>10</sup> Pour une exposition professionnelle de 40 ans à partir de 18 ans, 8h par jour, 5 jours par semaine et une exposition environnementale de 0,004 ppm pendant 80 ans.

Le risque cancérigène peut être considéré comme improbable (cf. tableau VIII) lorsque les concentrations sont inférieures à  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$ , notamment pour le secteur du travail des métaux ( $P_{90} : 0,15 \text{ mg.m}^{-3}$ ), de la fabrication de meubles ( $P_{90} : 0,16 \text{ mg.m}^{-3}$ ) ou de l'industrie du caoutchouc et du plastique ( $P_{90} : 0,1 \text{ mg.m}^{-3}$ ).

Cependant, en l'absence de matrice emploi-expositions et consécutivement à la méconnaissance de la relation dose-effets, il n'est pas possible d'estimer le nombre supplémentaire de cancers du nasopharynx associés à une exposition professionnelle au formaldéhyde.

## 5 Données manquantes

Les principales données manquantes identifiées au cours de cette étude sont recensées ci dessous :

- acquérir des données d'exposition dans les secteurs concernant des activités tertiaires comme le commerce, les services personnels, les soins aux personnes et le secteur de collecte et de traitement des déchets diffus dangereux ;
- développer une matrice emplois-expositions historisée c'est-à-dire permettant de documenter les expositions anciennes ;
- acquérir des données sur l'exposition cutanée au formaldéhyde ;
- mieux caractériser la relation dose-réponse pour le cancer du nasopharynx et/ou affiner les modèles disponibles d'évaluation quantitative de l'excès de risque de cancer des voies respiratoires.

## 6 Conclusion

L'exploitation des données de la base COLCHIC confirme l'utilisation très répandue du formaldéhyde dans de nombreux secteurs d'activités.

### Risques liés à une exposition court terme

Les données d'exposition professionnelle court terme disponibles en France sont peu nombreuses limitant ainsi la représentativité des situations professionnelles concernées et l'interprétation des résultats. D'après l'analyse réalisée, plus de 78 000 travailleurs seraient exposés par inhalation à plus de  $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$  (VLEP court terme proposée par l'Afsset) avec des concentrations maximales pouvant atteindre plusieurs dizaines de  $\text{mg.m}^{-3}$ . Il existe donc un risque d'irritation *a minima* oculaire pour les populations exposées. Les activités et secteurs professionnels les plus concernés incluent la réalisation d'examens ACP, les opérations de stérilisation, les divers travaux menés dans l'industrie alimentaire (stérilisation, nettoyage), les applications de produits au trempé ou par pulvérisation, l'agriculture, chasse, services annexes (NAF 01), la construction (NAF 45), la santé et action sociale (NAF 85) et l'industrie textile (NAF 17).

### Risques non cancérogènes liés à une exposition long terme

D'après l'analyse réalisée sur les données d'exposition professionnelle long terme, environ 30 % des travailleurs exposés par inhalation au formaldéhyde en France seraient exposés à des concentrations moyennes sur 8 heures supérieures à la VLEP-8h recommandée par l'Afsset, soit  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$  (environ 65 000 sur les 200 000 de l'enquête SUMER 2003) avec des concentrations maximales pouvant atteindre plusieurs  $\text{mg.m}^{-3}$ . Par conséquent, il existe un risque d'irritations *a minima* oculaires pour la plupart des secteurs professionnels recensés disposant de données d'exposition long terme.

Par ailleurs, l'analyse des données souligne le fait que certains secteurs professionnels présentent des données d'exposition chronique supérieures à des niveaux pour lesquels des irritations du tractus respiratoire ont été observées chez l'homme (LOAEL défini pour l'irritation du tractus respiratoire à  $1,23 \text{ mg.m}^{-3}$ ) conduisant ainsi à un risque d'irritation avéré des voies respiratoires pour les travailleurs exposés.

L'analyse des niveaux d'exposition et de l'estimation du nombre de salariés exposés au dessus de  $0,25 \text{ mg.m}^{-3}$  permet d'identifier les secteurs les plus à risque, notamment :

- le secteur de la santé et des soins aux personnes (19 479 travailleurs) : laboratoires d'ACP, d'anatomie, désinfection de matériel et thanatopraxie. Pour ce type d'activité, les niveaux d'exposition au formaldéhyde sont importants et peuvent dépasser la dizaine de  $\text{mg.m}^{-3}$  pendant de courtes périodes et particulièrement lors des soins de thanatopraxie ;
- mais aussi, les travailleurs impliqués dans d'autres secteurs professionnels tels que l'industrie chimique et le commerce (codes 50, 51 et 52), l'agriculture, l'industrie alimentaire, l'industrie du papier et du carton, de la construction ou des services personnels (incluant les pompes funèbres).

### Risques cancérogènes liés à une exposition long-terme

Le risque pour certains travailleurs de développer un **cancer du nasopharynx** suite à l'inhalation de formaldéhyde **ne peut être exclu**. Les secteurs professionnels les plus préoccupants pour lesquels il paraît nécessaire de focaliser en priorité les efforts de prévention concernent ceux dont les expositions répétées peuvent dépasser 4 ppm (soit  $5 \text{ mg.m}^{-3}$ ) défini comme le seuil d'augmentation significative du risque relatif de cancer du nasopharynx : agriculture, chasse,

services annexes (NAF 01), fabrication d'autres produits minéraux non métalliques (NAF 26), commerce (NAF 50, 51 et 52), industrie chimique (NAF 24), santé et action sociale (NAF 85), industrie alimentaire (NAF 15), industrie textile (NAF 17), Industrie du papier et du carton (NAF 21), construction (NAF 45).

Cependant, en l'absence de matrice emploi-expositions et en raison de la méconnaissance de la relation dose-effets, il n'est pas possible d'estimer le nombre supplémentaire de cancers du nasopharynx associés à une exposition professionnelle au formaldéhyde.

L'étude souligne que le port de protections respiratoires collectives pendant la journée de travail ou lors de pics est peu fréquent et, dans le cas d'expositions continues, concerne des professions pour lesquelles les niveaux d'exposition sont relativement faibles. Cette analyse doit aussi être modulée par la fréquence d'exposition : seulement la moitié des travailleurs exposés le seraient de manière permanente alors que l'autre moitié le serait de manière occasionnelle ou intermittente.

L'exposition professionnelle est principalement respiratoire mais il existe aussi un **risque d'exposition cutanée** à des liquides contenant du formaldéhyde. L'exposition dermique doit être évitée étant donné que les solutions de formaldéhyde peuvent induire une sensibilisation cutanée et que même de faibles concentrations de formaldéhyde dans les solutions peuvent provoquer une réaction dermatologique chez les individus sensibilisés. L'absence de données sur l'exposition cutanée ne permet pas de conclure sur ce risque dans la population active en France.

L'évaluation a permis d'identifier les **données manquantes** incluant notamment une absence de données de métrologie atmosphérique dans certains environnements professionnels liés aux soins aux personnes (embaumeurs...) ; de données sur la caractérisation de la relation dose-réponse pour le cancer du nasopharynx et/ou précisions concernant le modèle d'évaluation quantitative de l'excès de risque de cancer des voies respiratoires et enfin de données sur l'exposition cutanée au formaldéhyde.

Si la substitution n'est pas possible, les mesures de prévention à prendre concerneraient entre autres la prévention de l'irritation chronique des voies respiratoires, notamment par des équipements de protection collective, afin d'éviter le risque de cancer du nasopharynx et le port de protections individuelles destiné à éviter le contact cutané.

## 7 Bibliographie

Abdel Hameed A.A., Khoder M.I., Farag S.A. (2000). Organic dust and gaseous contaminants at wood working shops. *J Environ Monit* 2(1)73-76.

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

Afsset. (2008b). Evaluation des effets sur la santé et des méthodes de mesure des niveaux d'exposition sur le lieu de travail pour le formaldéhyde. 62 pp.

Afsset (2008c). 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. Evaluation des risques sanitaires pour la population générale. Mai 2008. 171 pp.

Afsset. (2006). Evaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs. 1ère phase d'analyse : Toxicité du formaldéhyde. Etat des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence. 59 pp.

Aldehydes. Méthode NIOSH3500, <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/3500.pdf>, site consulté le 4/06/2007.

Ameille J., Guillemin M., Luce D., Straif K., Vincent R. (2006). Exposition professionnelle au formaldéhyde et effets sur la santé. Rapport d'expertise réalisé à la demande de la Direction générale du travail. InVS, Saint Maurice, France.

Andersen, I., Molhave, L. (1983). Controlled human studies with formaldehyde, in Gibson JE ed., Formaldehyde toxicity: Washington, Hemisphere Publishing Corporation, p. 154-165.

ANPE, Répertoire Organisationnel des Métiers et des Emplois (ROME). <http://www.anpe.fr/espacecandidat/romeligne/RliIndex.do> site consulté le 20/08/2007.

Armstrong R.W., Rood M.J., Sani S., Mohamed M., Rashid M., Jab A.T., Landsberger S. (2001). Aerosol particle and organic vapor concentrations at industrial work sites in Malaysia. *Asia Pac J Public Health*. 13(1): 24-29.

Arts, J. H. E., M. A. J. Rennen, de Heer C. (2006). Inhaled formaldehyde: Evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity: *Regulatory Toxicol Pharmacol*, v. 44, no. 2, p. 144-160

Bakke B., Ulvestad B., Stewart P., Lund M.B., Eduard W. (2001). Effects of blasting fumes on exposure and short-term lung function changes in tunnel construction workers. *Scand J Work Environ Health*. 27(4): 250-257.

Bender J. (2002). The use of noncancer endpoints as a basis for establishing a reference concentration for formaldehyde. *Regul Toxicol Pharmacol*; 35(1): 23<sup>-31</sup>.

Besson J.P., Schilt S., Rochat E., Thevenaz L. (2006). Ammonia trace measurement at ppb level based on near-IR photoacoustic spectroscopy. *Appl. Phys., B Lasers opt*. Vol 85, (2<sup>-3</sup>):323<sup>-328</sup>.

Bonnard N., Falcy M., Pasquier E., Protois JC. (2006). Aldéhyde formique et solutions aqueuses, Fiche toxicologique FT7.

Bono R., Vincenti M., Schiliro T., Scursatone E., Pignata C., Gilli G. (2006). N-méthylvaline in a group of subjects occupationally exposed to formaldehyde. *Toxicology Letters* 161, 10-17.

- Brown S.K. (1999). Assessment of pollutant emissions from dry-process photocopiers. *Indoor Air*. 9(4): 259-267.
- Burgaz S., Cakmak G., Erdem O., Yilmaz M., Karakaya A.E. (2001). Micronuclei frequencies in exfoliated nasal mucosa cells from pathology and anatomy laboratory workers exposed to formaldehyde. *Neoplasma*. 48(2): 144-147.
- Casanova M, Deyo DF, Heck H d'A. (1989). Covalent binding of inhaled formaldehyde to DNA in the nasal mucosa of Fischer 344 rats: analysis of formaldehyde and DNA by high-performance liquid chromatography and provisional pharmacokinetic interpretation. *Fundam Appl Toxicol*; 12(3): 397-417.
- Casanova M, Morgan KT, Steinhagen WH, Everitt JI, Popp JA, Heck HD. (1991). Covalent binding of inhaled formaldehyde to DNA in the respiratory tract of rhesus monkeys: pharmacokinetics, rat-to-monkey interspecies scaling, and extrapolation to man. *Fundam Appl Toxicol*; 17(2): 409-428.
- Cavalcante R.M., Seyffert B.H., D'Oca M.G.M., Nascimento R.F., Campelo C.S., Pinto I.S., Anjos F.B., Costa A.H.R. (2005). Exposure assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the workplace. *Indoor and Built Environment*. 14(2):165-172.
- CIRC. (2006). IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Vol. 88: Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. Summary of data reported and evaluation.
- Conolly RB, Kimbell JS, Janszen D, Schlosser PM, Kalisak D, Preston J, Miller FJ. (2004). Human respiratory tract cancer risks of inhaled formaldehyde: dose-response predictions derived from biologically-motivated computational modelling of a combined rodent and human dataset. *Toxicol Sci*. 82(1) : 279-296.
- Conolly RB, Kimbell JS, Janszen DB, Miller FJ. (2002). Dose response for formaldehyde-induced cytotoxicity in the human respiratory tract. *Regul Toxicol Pharmacol*. 35 (1) : 32-43.
- DECOS (Dutch expert committee on occupational standards). (2003). Formaldehyde. Health-based recommended occupational exposure limit. Health Council of the Netherlands (Gezondheidsraad) Vol: 02OSH 124pp.
- Direction de l'animation de la recherche des études et des statistiques. DARES. Les expositions aux risques professionnels. Les produits chimiques. Résultats SUMER 2003. N°118, Juillet 2006.
- Dufresne A., Infante-Rivard C., Malo J.L., Gautrin D. (2002). Exposure to formaldehyde among animal health students. *AIHA J*. 63(5): 647-650.
- Duhayon S, Hoet P, Van Maele-Fabry G, Lison D. (2008). Carcinogenic potential of formaldehyde in occupational settings: a critical assessment and possible impact on occupational exposure levels. *Int Arch Occup Environ Health* 2008 81:695-710.
- ECB (European Chemicals Bureau) 2003 *Technical guidance document in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances, Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market*. Part I. 302 pp..
- Eickmann U. (2003). Modellierung der formaldehydbelastung bei arbeiten im gesundheitsdienst. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft*. 63(7-8): 325-330.
- Ezratty V, Bonay M, Neukirch C, Orset-Guillossou G, Dehoux M, Koscielny S, Cabanes PA, Lambrozo J, Aubier M. (2007). Effect of formaldehyde on asthmatic response to inhaled allergen challenge. *Environ Health Perspect* 115(2):210-214.

Fransman W., McLean D., Douwes J., Demers P.A., Leung V., Pearce N. (2003). Respiratory symptoms and occupational exposures in New Zealand plywood mill workers. *Ann Occup Hyg.* 47(4): 287-295.

Ghasemkhani M., Jahanpeyma F., Azam K. (2005). Formaldehyde exposure in some educational hospitals of Tehran. *Industrial Health*, 43, 703-707.

Goyer n. *et al.* Rapport R<sup>3</sup>86 (2004a) Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde. IRSST, Montréal, 117 p.

Goyer n. *et al.* Rapport RA3<sup>3</sup>86 (2004b) Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde Industrie de la fabrication de panneaux agglomérés. IRSST, Montréal, 100 p.

Goyer n. *et al.* Rapport RA5<sup>3</sup>86 (2004c) Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde. Industrie de la fabrication de meubles en bois. IRSST, Montréal, 100 p.

Goyer n. *et al.* Rapport RA6<sup>3</sup>86 (2004d) Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde. Industries de fabrication de formaldéhyde et de résines à base de formaldéhyde. IRSST, Montréal, 58 p.

Goyer n. *et al.* Rapport RA8<sup>3</sup>86 (2004e) Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde. Laboratoires de pathologie. IRSST, Montréal, 41p.

Goyer n. *et al.* Rapport RA8<sup>3</sup>86 (2004f) Impacts d'un abaissement de la valeur d'exposition admissible au formaldéhyde. Industrie des services funéraires. IRSST, Montréal, 41p.

Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, Blair A. (2004). Mortality from solid cancers among workers in formaldehyde industries. *Am J Epidemiol*;159(12):1117-1130.

Hauptmann M., Lubin J.H., Stewart P.A., Hayes R.B., Blair A. (2003). Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries. *Journal of the National Cancer Institute*, 95(21): 1615-1623.

Hauptmann M., Lubin J.H., Stewart P.A., Hayes R.B., Blair A. (2004). Mortality from solid cancers among workers in formaldehyde industries. *Am J Epidemiol.* 159: 1117-1130.

Hayes R.B., Klein S., Suruda A., Schulte P., Boeniger M., Stewart P., Livingston G.K., Oesch F. (1997). O6-alkylguanine DNA alkyltransferase activity in student embalmers. *Am J Ind Med.* 31(3): 361-365.

He J.L., Jin L.F., Jin H.Y. (1998). Detection of cytogenetic effects in peripheral lymphocytes of students exposed to formaldehyde with cytokinesis-blocked micronucleus assay. *Biomed Environ Sci.* 11(1): 87-92.

Hecht G., Héry M., Subra I., Gerber J.M., Hubert G., Gerardin F., Aubert S., Dorotte M., Pelle-Duporte D. (1999). Exposition aux produits chimiques dans l'industrie agro-alimentaire. Les risques professionnels lors d'opérations de nettoyage et de désinfection. *Cahiers de notes documentaires.* (176): 5-9.

Hiipakka D.W., Dyrdaahl K.S., Garcia Cardenas M. (2001). Successful reduction of morticians' exposure to formaldehyde during embalming procedures. *AIHAJ.* 62(6): 689-696.

INRS, 2006. Aldéhyde formique et solutions aqueuses. Fiche toxicologique FT7, 10 pp

INVS (2007). Exposition professionnelle au formaldéhyde et effets sur la santé. Rapport d'expertise. Mai 2007 (mise à jour de la version de septembre 2006), 76 pp.

IRSST, Direction des Opérations : Analyse du formaldéhyde dans l'air – méthode 295-1(1995) ; Étalonnage d'un instrument à lecture directe ayant un système de détection par spectroscopie photoacoustique infrarouge - Méthode 39-A. (2000b).

IRSST, Direction des Opérations : Guide technique : Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, 7e édition. (2000a).

Jargot D., Castel B., Hecht C., Langlois E. (2007). Evaluation et comparaison des systèmes utilisés pour le prélèvement et le dosage des aldéhydes dans l'air. INRS, Hygiène et Sécurité du Travail- Cahier de Notes Documentaires, ND 2263.

Kauppinen T. *et al.* (2006) Occupational exposure to inhalable wood dust in the member states of the European Union. *Ann. Occup. Hyg.* Vol 50, N°6, pp. 549-561.

Kawamata S., Kodera H. (2004). Reduction of formaldehyde concentrations in the air and cadaveric tissues by ammonium carbonate. *Anat Sci Int.* 79(3): 152-157.

Keil C.B., Akbar-Khanzadeh F., Konecny K.A. (2001). Characterizing formaldehyde emission rates in a gross anatomy laboratory. *Appl Occup Environ Hyg.* 16(10): 967-972.

Kellner R., Thullner I., Funk D., Hallek B., Franke U., Radtke R., Neumann H.D., Overmann T. (2003). Formaldehydexpositionen in Pathologien und Anatomien. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft.* 63(7-8): 299<sup>3</sup>08.

Kenneth Chung K.Y., Cuthbert R.J., Revell G.S., Wassel S.G., Summers N. (2000). A study on dust emission, particle size distribution and formaldehyde concentration during machining of medium density fibreboard. *Ann Occup Hyg.* 44(6): 455-466.

Kerns WD, Pavkov KL, Donofrio DJ, Gralla EJ, Swenberg JA. (1983). Carcinogenicity of formaldehyde in rats and mice after long term inhalation exposure. *Cancer Research*, 43: 4382-4392.

Kim H., Kim Y.D., Cho S.H. (1999). Formaldehyde exposure levels and serum antibodies to formaldehyde-human serum albumin of Korean medical students. *Archives of environmental health.* 54(2): 115-118.

Kimbell JS, Subramaniam RP, Gross EA, Schlosser PM, Morgan KT. (2001). Dosimetry modelling of inhaled formaldehyde: comparisons of local flux predictions in the rat, monkey, and human nasal passages. *Toxicol Sci*; 64(1): 100-110.

Kobayashi A., Kikukawa A. (2000). Increased formaldehyde in jet engine exhaust with changes to JP-8, lower temperature, and lower humidity irritates eyes and respiratory tract. *Aviat Space Environ Med.* 71(4): 396<sup>3</sup>99.

Koda S., Kumagai S., Ohara H. (1999). Environmental monitoring and assessment of short-term exposures to hazardous chemicals of a sterilization process in hospital working environments. *Acta Med Okayama.* 53(5): 217-223.

Korhonen K., Liukkonen T., Ahrens W., Astrakianakis G., Boffetta P., Burdorf A., Heederik D., Kauppinen T., Kogevinas M., Osvoll P., Rix B.A., Saalo A., Sunyer J., Szadkowska-Stanczyk I., Teschke K., Westberg H., Widerkiewicz K. (2004). Occupational exposure to chemical agents in the paper industry. *Int Arch Occup Environ Health.* 77(7): 451-460.

Kotzias D., Geiss O., Tirendi S. (2005). Evaluation of total exposure to benzene and formaldehyde in the European countries. *Epidemiol Prev.* 29(5-6 Suppl): 17-21.

Kriebel D., Myers D., Cheng M., Woskie S., Cocanour B. (2001). Short-term effects of formaldehyde on peak expiratory flow and irritant symptoms. *Arch Environ Health.* 56(1): 11-18.

Kulle, T. J., L. R. Sauder, J. R. Hebel, D. J. Green, Chatham M.D. (1987). Formaldehyde dose-response in healthy nonsmokers: *JAPCA.*, v. 37, no. 8, p. 919-924.

- Kunugita N., Nakashima T., Kikuta A., Kawamoto T., Arashidani K. (2004). Exposure to formaldehyde during an anatomy dissecting course. *J UOEH*. 26(3): 337-348.
- Kurose T., Kodera H., Aoyama H., Kawamata S. (2004). Formaldehyde concentration in the air and in cadavers at the gross anatomy laboratory in Hiroshima University. *Hiroshima J Med Sci*. 53(3-4): 33-37.
- Lang I, Bruckner T, Triebig G. (2008). Formaldehyde and chemosensory irritation in humans: A controlled human exposure study. *Regul Toxicol Pharmacol*; 50: 23-36.
- Lavoué J., Beaudry C., Goyer N., Perrault G., Gérin M. (2005). Investigation of determinants of past and current exposures to formaldehyde in the reconstituted wood panel industry in Quebec. *Ann Occup Hyg*. 49(7): 587-602.
- Lavoué J., Vincent R., Gérin M. (2006). Statistical modelling of formaldehyde occupational exposure levels in French industries, 1986-2003. *Ann Occup Hyg*. 50(3): 305-321.
- Lindgren T., Norbäck D. (2002). Cabin air quality: indoor pollutants and climate during intercontinental flights with and without tobacco smoking. *Indoor Air*. 12(4): 263-272.
- Linnainmaa M., Kiviranta H., Laitinen J., Laitinen S. (2003). Control of workers' exposure to airborne endotoxins and formaldehyde during the use of metalworking fluids. *AIHA J*. 64(4): 496-500.
- Maître A., Soulat J.M., Masclat P., Stoklov M., Marquès M., de Gaudemaris R. (2002). Exposure to carcinogenic air pollutants among policemen working close to traffic in an urban area. *Scand J Work Environ Health*. 28(6): 402-410.
- Mäkinen M., Kalliokoski P., Kangas J. (1999). Assessment of total exposure to phenol-formaldehyde resin glue in plywood manufacturing. *Int Arch Occup Environ Health*. 72(5): 309-314.
- Marsh G.M., Youk A.O., Buchanich J.M., Cassidy L.D., Lucas L.J., Esmen N.A., Gathuru I.M. (2002). Pharyngeal cancer mortality among chemical plant workers exposed to formaldehyde. *Toxicol Ind Health*. 18(6): 257-268.
- Marsh GM, Youk AO, Buchanich JM, Erdal S, Esmen NA. (2007b). Work in the metal industry and nasopharyngeal cancer mortality among formaldehyde-exposed workers. *Regul Toxicol Pharmacol*; 48 (3) : 308-319.
- Marsh GM, Youk AO, Morfeld P. (2007a). Mis-specified and non-robust mortality risk models for nasopharyngeal cancer in the National Cancer Institute formaldehyde worker cohort study. *Regul Toxicol Pharmacol* ; 47(1): 59-67.
- Marsh GM, Youk AO. (2005). Reevaluation of mortality risks from nasopharyngeal cancer in the formaldehyde cohort study of the National Cancer Institute. *Regul Toxicol Pharmacol*.; 42 (3) : 275-283.
- Mays P. (2000). Emissions de COV par les unités de compostage de déchets ménagers. *Environnement & technique*. (196) : 30-33.
- McGregor D, Bolt H, Cogliano V, Richter-Reichhelm HB. (2006). Formaldehyde and glutaraldehyde and nasal cytotoxicity: case study within the context of the 2006 IPCS Human Framework for the Analysis of a cancer mode of action for humans. *Crit Rev Toxicol*; 36(10): 821-835.
- McNary J.E., Jackson E.M. (2007). Inhalation exposure to formaldehyde and toluene in the same occupational and consumer setting. *Inhal Toxicol*. 19(6): 573-576.
- METROPOL. Aldéhydes Fiche 001/V01/01. <http://www.inrs.fr/>, site consulté le 4/06/2007.
- Ministère de l'économie, des finances et de l'emploi, Service des Etudes et Statistiques Industrielles (SESSI). BMSI N°334 de novembre 2003.

- Monticello TM, Morgan KT, Everitt JI, & Popp JA (1989) Effects of formaldehyde gas on the respiratory tract of rhesus monkeys. Pathology and cell proliferation. *American Journal of Pathology*, 134: 515-527.
- Nacher V., Llombart C., Carretero A., Navarro M., Ysern P., Calero S., Fígols E., Ruberte J. (2007). A new system to reduce formaldehyde levels improves safety conditions during gross veterinary anatomy learning. *Vet Med Educ*. 34(2): 168-171.
- Nagorny PA, Sudakova ZhA, Schablenko SM. (1989). [On the general toxic and allergic action of formaldehyde] Gig. Tr. Prof. Zabol. 1979, 7: 27<sup>-30</sup> ; cité dans IPCS Environ. Health Crit., vol. 89.
- National Institute for Occupational Safety and Health (2001). Controlling formaldehyde exposures during embalming. *Appl Occup Environ Hyg*. 16(4): 438.
- Neumann H.D., Hahn J.U., Assenmacher-Maiworm H., Birtel H., Kussin H. (1996). Belastungen durch Nebelfluide zur szenischen Gestaltung auf Bühnen. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*. 56(11): 431-436.
- NF-X 43-264. Air des lieux de travail. Prélèvement et dosage d'aldéhydes. Paris, Afnor, février 2002.
- NICNAS. (2006). Formaldehyde. Priority existing chemical assessment report N°28. Australian Government, Dpt of Health and Ageing, 389 pp.
- Noisel N, Bouchard M, Carrier G. (2007). Evaluation of the health impact of lowering the formaldehyde occupational exposure limit for Quebec workers. *Regul Toxicol Pharmacol*; 48 (2) : 118-127.
- Nordic Expert Group (2003) The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and The Dutch Expert Committee on Occupational Standards. 132. Formaldehyde, Ed.: Wibiwo A, Arhrte och Hulsu, Vetenskaplig Skriftserie No. 1 1: 2003.
- Ohmichi K., Komiyama M., Matsuno Y., Takanashi Y., Miyamoto H., Kadota T., Maekawa M., Toyama Y., Tatsugi Y., Kohno T., Ohmichi M., Mori C. (2006). Formaldehyde exposure in a gross anatomy laboratory - Personal exposure level is higher than indoor concentration. *Environ Sci Pollut Res Int*. 13(2): 120-124.
- Orsière T., Sari-Minodier I., Iarmarcovai G., Botta A. (2006). Genotoxic risk assessment of pathology and anatomy laboratory workers exposed to formaldehyde by use of personal air sampling and analysis of DNA damage in peripheral lymphocytes. *Muta Res*. 605(1-2): 30-41.
- Orsière T., Sari-Minodier I., Iarmarcovai G., Patellis C., Pompili J., Botta A. (2006). Risque génotoxique et exposition au formaldéhyde en laboratoire d'anatomo-pathologie : métrologie atmosphérique et biogénotoxicologie. *Arch Mal Prof Env*, 67(4) : 617-625.
- Paustenbach D, Alarie Y, Kulle T, Schachter N, Smith R, Swenberg J, Witschi H, Horowitz S.B (1997) A recommended occupational exposure limit for formaldehyde based on irritation. *J. Toxicol. and Environ. Health* 50 : 217-263.
- Perdelli F., Spagnolo A.M., Cristina M.L., Sartini M., Dallera M., Ottria G., Orlando P. (2006). Occupational exposure to formaldehyde in three pathology departments. *Ann Ig*. 18(6): 481-490.
- Pinkerton L.E., Hein M.J., Stayner L.T. (2004). Mortality among a cohort of garment workers exposed to formaldehyde: an update. *Occup Environ Med*. 61: 193-200.
- Posniak M., Koziel E., Jezewska A. (2001). Occupational exposure to harmful chemical substances while processing phenol-formaldehyde resins. *Int J Occup Saf Ergon*. 7(3): 263-276.
- Proietti L., Sandonà P.B., Longo B., Gulino S., Duscio D. (2002). Occupational exposure to formaldehyde at a service of pathologic anatomy. *G Ital Med Lav Ergon*. 24(1): 32<sup>-34</sup>.

Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for Formaldehyde (2006). SCOEL/SUM 125, European Commission, Luxembourg, 19p.

Reynolds S.J., Black D.W., Borin S.S., Breuer G., Burmeister L.F., Fuortes L.J., Smith T.F., Stein M.A., Subramanian P., Thorne P.S., Whitten P. (2001). Indoor environmental quality in six commercial office buildings in the midwest United States. *Appl Occup Environ Hyg.* 16(11): 1065-1077.

Roberge B., Gravel R. (2005). Evaluation en temps réel de vapeurs de formaldéhyde. Rapport R-430, IRSST, Montréal.

Ryan T.J., Burroughs G.E., Taylor K., Kovein R.J. (2003). Video exposure assessments demonstrate excessive laboratory formaldehyde exposures. *Appl Occup Environ Hyg.* 18(6): 450-457.

Sari-Minodier I., Orsiere T., Auquier P., Pompili J., Gelin C., Patellis C., Gazazian G., François N., Botta A. (2001). Le test des micronoyaux dans l'évaluation du risque mutagène : étude auprès de 10 salariés exposés au formaldéhyde. *Arch Mal Prof.* 62(2) : 75-82.

Saternus K.S., Kernbach-Wighton G. (1999). On the contamination of ambient air by preparations carried out with a band-saw. *Forensic Science International.* 104(2<sup>3</sup>): 163-171.

Schlink K., Janssen K., Nitzsche S., Gebhard S., Hengstler J.G., Klein S., Oesch F. (1999). Activity of O<sup>6</sup>-methylguanine DNA methyltransferase in mononuclear blood cells of formaldehyde-exposed medical students. *Arch Toxicol* 73(1): 15-21.

Schulte A, Bernauer U, S Madle, H Mielke, U Herbst, H Richter-Reichhelm, K-E Apple, U Gundert-Remy. (2006). Assessment of the Carcinogenicity of Formaldehyde [CAS No. 50-00-0]. Thielallee 88-92, 14195 Berlin, BfR-Wissenschaft.

Schwoerer A. (2008) Substitution du formaldéhyde dans le secteur agricole en Pays de Loire. Mutualité Sociale Agricole, AROMSA, Saint Herblain, 207 p.

Shaham J., Bomstein Y., Gurvich R., Rashkovsky M., Kaufman Z. (2003). DNA-protein crosslinks and p53 protein expression in relation to occupational exposure to formaldehyde. *Occup Environ Med.* 60: 403-409.

Shaham J., Bomstein Y., Melzer A., Ribak J. (1997). DNA-protein crosslinks and sister chromatid exchanges as biomarkers of exposure to formaldehyde. *Int J Occup Environ Health.* 3(2): 95-104.

Shaham J., Gurvich R., Kaufman Z. (2002). Sister chromatid exchange in pathology staff occupationally exposed to formaldehyde. *Mutation Research.* 514: 115-123.

Smith T.J., Quinn M.M., Marsh G.M., Youk A.O., Stone R.A., Buchanich J.M., Gula M.J. (2001). Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: VII. Overview of the exposure assessment. *Journal of occupational and environ medicine.* 43(9): 809-823.

Speit G, Schmid O, Fröhler-Keller M, Lang I, Triebig G. (2007). Assessment of local genotoxic effects of formaldehyde in humans measured by the micronucleus test with exfoliated buccal mucosa cells *Mutat Res.* 627(2): 129-135.

Speit G, Schmid O. (2006). Local genotoxic effects of formaldehyde in humans measured by the micronucleus test with exfoliated epithelial cells. *Mutat Res;* 613(1): 1-9.

Stamm R (2001) MEGA-database: one million data since 1972. *Appl Occup Environ Hyg.* 16(2):159-163.

Sul D, Kim H, Oh E, Phark S, Cho E, Choi S, Kang HS, Kim EM, Hwang KW, Jung WW. (2007). Gene expression profiling in lung tissues from rats exposed to formaldehyde. *Arch Toxicol.* 81(8):589-597.

- Sunesson A.L., Gullberg J., Blomquist G. (2001). Airborne chemical compounds on dairy farms. *J. Environ. Monit.* 3(2): 210-216.
- Svensden K., Jensen H.N., Sivertsen I., Sjaastad A.K. (2002). Exposure to cooking fumes in restaurant kitchens in Norway. *Ann Occup Hyg.* 46(4): 395-400.
- Swenberg JA, Kerns WD, Mitchell RI, Gralla EJ, Pavkov KL. (1980). Induction of squamous cell carcinomas of the rat nasal cavity by inhalation exposure to formaldehyde vapor. *Cancer Research* 40: 3398-3402.
- Tanaka K., Nishiyama K., Yaginuma H., Sasaki A., Maeda T., Kaneko S.Y., Onami T., Tanaka M. (2003). Formaldehyde exposure levels and exposure control measures during an anatomy dissecting course. *Kaibogaku Zasshi.* 78(2): 43-51.
- Thorud S., Gjolstad M., Ellingsen D.G., Molander P. (2005). Air formaldehyde and solvent concentrations during surface coating with acid-curing lacquers and paints in the woodworking and furniture industry. *J Environ Monit* 7(6): 586-591.
- Tuomi T., Engström B., Niemelä R., Svinhufvud J., Reijula K. (2000). Emission of ozone and organic volatiles from a selection of laser printers and photocopiers. *Appl Occup Environ Hyg.* 15(8): 629-634.
- Vaizoglu S.A., Aycan S., Akin L., Koçdor P., Pamukçu G., Muhsinoglu O., Özer F., Didem Evcı E., Güler ç. (2005). Determination of formaldehyde levels in 100 furniture workshops in Ankara. *Tohoku J. Exp. Med.*, 207, 157-163.
- Vaz E., Rebuffaud J., Malandin J., Proust B. (2001). Exposition du personnel aux vapeurs de formaldéhyde. *Journal de médecine légale droit médical ;* 44(7-8) : 552-556.
- Vincent R. Caractérisation de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France. Mars 2008, 66 pp.
- Vincent R., Jeandel B. (2001). Occupational exposure to chemical agents database : current content and development perspectives. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 16(2), pp. 115-121.
- Vincent R., Jeandel B. (2006). Exposition professionnelle au formaldéhyde en France: informations fournies par la base de données COLCHIC. INRS, Hygiène et Sécurité du Travail- Cahier de Notes Documentaires, ND 2247.
- Vincent R., Kauppinen T., Toikkanen J., Perderson D., Young R., Kogevinas M. (1999). CAREX, Système international d'information sur l'exposition professionnelle aux agents cancérigènes en Europe. Cahiers de Notes Documentaires de l'INRS, ND 2113-176-99, 176, pp. 49-58.
- Vincent. R. (2006). Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005. INRS, Hygiène et Sécurité du Travail- Cahier de Notes Documentaires, PR 26-205-06.
- Waldinger C., Jänecke A. (2003). Ermittlung der aldehydexposition bei der flächen-desinfektion in humanmedizinischen Einrichtungen. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft.* 63(7-8): 317-324.
- Wantke F., Focke M., Hemmer W., Bracun R., Wolf-Abdolvahab S., Götz M., Jarisch R., Götz M., Tschabitscher M., Gann M., Tappler P. (2000). Exposure to formaldehyde and phenol during an anatomy dissecting course: sensitizing potency of formaldehyde in medical students. *Allergy.* 55: 84-87.
- Wegscheider W. (2003). Messtechnische Untersuchungen in formaldehydbelasteten Arbeitsbereichen des Gesundheitswesens. *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft.* 63(7-8): 309-316.
- Westberg H., Löfstedt H., Seldén A., Lilja B.G., Nayström P. (2005). Exposure to low molecular weight isocyanates and formaldehyde in foundries using hot box core binders. *Ann. Occup. Hyg.* 49(8): 719-725.

Wieslander G., Norbäck D., Venge P. (2007). Changes of symptoms, tear film stability and eosinophilic cationic protein in nasal lavage fluid after re-exposure to a damp office building with a history of flooding. *Indoor Air*. 17(1): 19-27.

Woutersen RA, van Garderen-Hoeter A, Bruijntjes TP, Zwart A, Feron VJ. (1989). Nasal tumours in rats after severe nasal injury to the mucosa and prolonged exposure to 10 ppm formaldehyde. *Journal of Applied Toxicology*. 9: 39-46.

Wu P.C., Li Y.Y., Lee C.C., Chiang C.M., Su H.J. (2003). Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan. *Indoor Air*. 13(4): 359-363.

Yamato H., Nakashima T., Kikuta A., Kunugita N., Arashidani K., Nagafuchi Y., Tanaka I. (2005). A novel local ventilation system to reduce the levels of formaldehyde exposure during a gross anatomy dissection course and its evaluation using real-time monitoring. *J Occup Health*; 47: 450-453.

Ye X., Yan W., Xie H., Zhao M., Ying C. (2005). Cytogenetic analysis of nasal mucosa cells and lymphocytes from high-level long-term formaldehyde exposed workers and low-level short-term exposed waiters. *Muta Res*. 588(1): 22-27.

Ying C.J., Yan W.S., Zhao M.Y., Ye X.L., Xie H., Yin S.Y., Zhu X.S. (1997). Micronuclei in nasal mucosa, oral mucosa and lymphocytes in students exposed to formaldehyde vapor in anatomy class. *Biomed Environ Sci*. 10(4): 451-455.

Yousefi V. (1998). Formaldehyde levels in embalmers and personnel in anatomy and pathology departments. *S Afr Med J*. 88(9): 1056.

### Site internet

<http://www.thanatopraxie.com/docs/liste.xls> site consulté le 29/08/2007.

---

## **ANNEXES**

---

## Annexe 1 : Lettres des saisines

  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

COURRIER REÇU LE  
30 NOV. 2004  
8294

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

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

001058

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

à

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

Paris, le **24 NOV. 2004**

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

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

Madame la directrice générale,

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

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

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

A cette fin, nous vous demandons notamment de :

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

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

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

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

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

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

Le directeur général de la santé,



Professeur William DAB

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

Le directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale

Dominique BUREAU

Le directeur de la prévention des pollutions et des risques,

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

Thierry TROUVE



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

COURRIER REÇU LE

- 5 JAN. 2005

8872

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

Télécopie : 01 44 38 26 48

Le directeur des relations du travail

à

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

Copie :

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

Paris, le 30 décembre 2004

Affaire suivie par : Marielle FAYOL / Céline POUJOULAS

Tél : 01 44 38 31 33 / 01 44 38 27 89

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

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

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

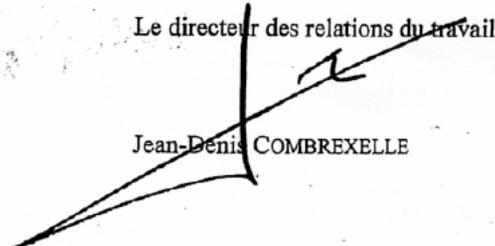
Le 24 novembre 2004 et le 14 octobre 2003, l'AFSSE a été saisie par la direction générale de la santé (DGS), la direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR) et la direction de des études économiques et de l'évaluation environnementale (D4E) afin d'évaluer les risques sanitaires engendrés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

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

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

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

Le directeur des relations du travail

  
Jean-Denis COMBRELLE

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

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

### RAPPEL DES RUBRIQUES DE LA DECLARATION PUBLIQUE D'INTERETS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**SR-A**

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

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

**ORGANISME-EXPERT PARTICIPANT**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Annexe 3 : Présentation de la base COLCHIC**

---

COLCHIC a été créée en 1986 à l'instigation de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CnamTS), elle regroupe l'ensemble des mesures d'exposition effectuées par prélèvement et analyse de l'air des lieux de travail. Ces mesures sont réalisées par les huit Laboratoires Interrégionaux de Chimie (LIC) des Cram et les laboratoires spécialisés de l'INRS. Chaque intervention dans un établissement donne lieu à la constitution d'un dossier dans lequel sont codifiées les informations relatives à l'établissement et aux prélèvements effectués :

- coordonnées administratives de l'établissement (secteur d'activités, région...) ;
- poste de travail où ont été effectuées les mesures ;
- conditions de réalisation des prélèvements (volume, durée, méthode, type de prélèvement...) ;
- conditions analytiques.

Tous les résultats archivés dans cette base ont été obtenus à l'aide de techniques de prélèvement et d'analyse de l'air des lieux de travail normalisées ou élaborées par les LIC et l'INRS (Metropol).

Cette base comprend actuellement plus de 680 000 résultats pour environ 900 agents chimiques.

Les informations contenues dans COLCHIC proviennent des interventions menées pour des motifs très divers dans les établissements du régime général de la Sécurité Sociale en France.

De plus, l'INRS a mis en place une base de données spécifique aux fibres (FIBREX) accessible à tous sur son site internet.

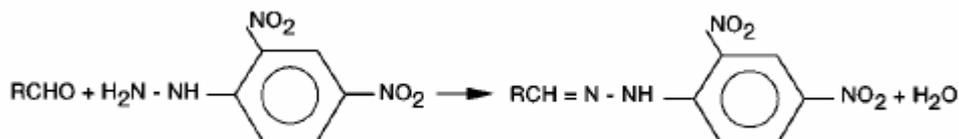
Compte tenu de la diversité des motifs à l'origine des interventions, ni COLCHIC, ni Fibrex ne sauraient prétendre à une description exhaustive des situations d'exposition professionnelle en France. Malgré cette limite, ces deux bases sont un outil qui permet de repérer et de quantifier les nuisances chimiques en milieu professionnel (Vincent and Jeandel, 2001).

## Annexe 4 : Techniques de mesurage de l'exposition professionnelle

### Support Réactif + HPLC

Actuellement la mesure de l'exposition professionnelle concerne uniquement la pénétration du formaldéhyde par les voies respiratoires. La voie d'exposition cutanée est rarement prise en compte en utilisant notamment le dosage urinaire d'acide formique comme indicateur biologique d'exposition (voir *Biotox* [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)).

Les méthodes actuellement validées pour mesurer l'exposition professionnelle aux aldéhydes,



dont le formaldéhyde, consistent à prélever l'air des lieux de travail, par pompage, à un débit régulé, sur un support de prélèvement généralement constitué de gel de silice imprégné de 2,4-dinitrophényl hydrazine (DNPH). En présence d'aldéhydes il se forme des hydrazones qui seront ensuite quantifiées par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection par spectrophotométrie UV. Ce type de méthode est aujourd'hui le plus utilisé et le plus fiable (Afnor, 2002 ; Metropol, 2007).

### Support réactif + GC

Il existe également des méthodes similaires qui mettent en œuvre un support imprégné de résine XAD 2 imprégnée de 2-hydroxyméthylpiperidine. Les oxazolidines résultantes sont ensuite quantifiées par chromatographie en phase gazeuse (GC) couplée à un détecteur à ionisation de flamme (FID). A notre connaissance cette méthode est peu utilisée en France (NIOSH, 2007).

### Badges réactifs ou colorimétriques

Les dispositifs de prélèvement passifs (badges) constitués d'un support imprégné de réactif, de type DNPH ou autre, fournissent une mesure plus ou moins fiable (selon les badges) de l'exposition aux aldéhydes en raison de coefficients de diffusion variables mais aussi d'interférences possibles dans le cas des badges colorimétriques (Jargot *et al.*, 2007).

### Autres méthodes

- L'utilisation de barboteurs est peu pratique dans le cas de prélèvements individuels.
- La spectroscopie infrarouge (analyseurs photo-acoustiques), peut être utilisée pour mesurer l'exposition au formaldéhyde. Bien que spécifique, la fiabilité de la mesure est essentiellement conditionnée par l'étalonnage de ces appareils.
- Les méthodes colorimétriques sont sensibles à la présence d'agents chimiques interférents : alcools, cyclohexanone.

## Annexe 5 : Liste des articles recensés dans la littérature concernant l'exposition professionnelle au formaldéhyde pour la période 1997-2007

Etude	Pays	Situation d'exposition	Technique de mesure	Type Nb mesures <sup>11</sup>	Niveaux d'exposition au formaldéhyde
<i>Kobayashi et al. 2000</i>	Japon	Maintenance de réacteurs d'avions	Support réactif +HPLC	P*,6	Moyenne 8 h : 0,079 - 0,095 ppm
<i>Lindgren et al. 2002</i>	Suède	Cabine de pilotage d'un avion commercial	Support réactif +HPLC	A**, ns***	< 5 – 19 µg.m <sup>-3</sup>
<i>Abdel Hameed et al. 2000</i>	Egypte	Travail du bois	Spectroscopie	A, ns	0,28-0,84 ppm ; moyenne : 0,42-0,63 ppm
<i>Kenneth Chung et al. 2000</i>	Angleterre	Usinage de panneaux de Médium	Support réactif +HPLC	A, 40	0,01 – 0,17 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Vaizoğlu et al. 2005</i>	Turquie	Fabrication de meubles (100 établissements)	Analyseur spécifique	A, 100	Moyenne : 0,6 ppm
<i>Thorud et al. 2005</i>	Norvège	Industrie du meuble (27 établissements)	Support réactif +HPLC	P, 557	0,01- 1,48 ppm Moyenne géométrique : 0,15 ppm (VME)
<i>Mäkinen et al. 1999</i>	Finlande	Fabrication de contreplaqué	Support réactif +HPLC	A,74 P, 49	0,03 – 0,42 mg.m <sup>-3</sup> ; moyenne : 0,15 mg.m <sup>-3</sup> 0,01 – 0,81 mg.m <sup>-3</sup> ; moyenne 0,12 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Fransman et al. 2003</i>	Nouvelle Zélande	Fabrication de contreplaqué	Support réactif +HPLC	P, 22	Moyenne géométrique : 0,08 mg.m <sup>-3</sup> (VLE)
<i>Lavoué et al. 2005</i>	Québec	Fabrication de panneaux de bois	Support réactif +HPLC	A, 475 P, 331	Moyenne géométrique : 0,13 – 0,27 ppm Moyenne géométrique : 0,09 – 0,17 ppm (VME)

<sup>11</sup> P\* : prélèvement personnel (individuel) ; A\*\* : prélèvement d'ambiance ; ns\*\*\* : non spécifié dans l'article

<i>Bono et al. 2006</i>	Italie	Fabrication de contreplaqué Fabrication de stratifiés	Badge passif avec réactif +HPLC	ns	Moyenne : 92,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (VME) Moyenne : 76,4 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (VME)
<i>Sunesson et al. 2001</i>	Suède	Eleveurs	Support réactif +HPLC	A,P, ns	0,4 – 1 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Bakke et al. 2001</i>	Norvège	Forage de tunnels à l'explosif	Support réactif +HPLC	P, 23	Moyenne : 0,006 – 0,02 ppm
<i>Maître et al. 2002</i>	France	Policiers urbains	Support réactif +HPLC	A, 5 P, 11	8-18 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ; moyenne : 15,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$ 11-28 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ; moyenne : 16,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>McNary et al. 2007</i>	États Unis	Ongleries (30)	Support réactif +HPLC	A,P, ns	Moyenne : A : 0,022 ppm P : 0,022 ppm
<i>Steinsvåg et al. 2006</i>	Norvège	Plate forme pétrolière (utilisation du formol comme biocide)	ns	A,P, ns	A : 0,06- 0,29 $\text{mg.m}^{-3}$ P : 0,05 – 0,53 $\text{mg.m}^{-3}$
<i>Neuman et al. 1996</i>	Allemagne	Théâtre lors de l'émission de fumées de scène	Support réactif +HPLC	A, ns	Valeur maximale : 0,09 $\text{mg.m}^{-3}$
<i>Brown 1999</i>	Australie	Emission de photocopieurs	Spectroscopie	A, ns	< 10 – 19 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Tuomi et al. 2000</i>	Finlande	Emission de photocopieurs	Support réactif +HPLC	A, ns	5- 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Svendson et al. 2002</i>	Norvège	Cuisines de restaurants	Support réactif +HPLC	P, 44	2-60 $\mu\text{g.m}^{-3}$ ; moyenne : 11 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Reynold et al. 2001</i>	États Unis	Locaux commerciaux	Support réactif +HPLC	A,24	Moyenne géométrique : 1,7 – 13,3 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Wu et al. 2003</i>	Taiwan	Emission des sols, meubles... dans des bureaux	Analyseur Infrarouge	A, continu	Exposition moyenne 8 h : 0,1- 0,89 ppm
<i>Kotzias et al. 2005</i>	Italie Grèce Pays Bas	Ecoles, bâtiments publics, jardins d'enfants (air intérieur)	Support réactif +HPLC	A, ns	5,1 – 29,9 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Cavalcante et al. 2005</i>	Brésil	Locaux universitaires : salles de classes, laboratoires	Support réactif +HPLC	A, 8	22,5- 161,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$
<i>Wieslander et al. 2007</i>	Suède	Salles d'archives	Support réactif +HPLC	A, ns	5-7 $\mu\text{g.m}^{-3}$

<i>Hecht et al. 1999</i>	France	Désinfection industrie agroalimentaire	Support réactif +HPLC	A,P, 13	0,06 – 0,62 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Wegscheider 2003</i>	Allemagne	Désinfection d'endoscopes	Support réactif +HPLC Analyseur Infrarouge	A,P, ns	Percentile 95 : 0,06 (automatisée) – 0,36 mg.m <sup>-3</sup> (manuelle)
<i>Waldinger et al. 2003</i>	Allemagne	Désinfection de surfaces en milieu hospitalier	ns	ns	0,01 – 2,74 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Eickmann 2003</i>	Allemagne	Désinfection de surfaces en milieu hospitalier	Modélisation	Différents scénarii	Fréquemment concentrations > 0,62 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Ying et al. 1997</i>	Chine	Laboratoire d'ACP	NIOSH 1977 ?	ns	0,016 – 1,28 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Koda et al. 1999</i>	Japon	Laboratoire d'ACP	Analyseur Infrarouge	A,62	Hôpital A : 0,8 -5 ppm, moyenne 2,3 ppm Hôpital A : 0,2 – 0,4 ppm, moyenne 0,3 ppm
<i>Saternus et al. 1999</i>	Allemagne	Laboratoire d'ACP	Tubes colorimétriques	A, 15	0,5 - 3 ppm
<i>Burgaz et al. 2001</i>	Turquie	Laboratoire d'ACP	Tubes colorimétriques	A, ns	2 - 4 ppm (2,5 -5 mg.m <sup>-3</sup> )
<i>Vaz et al. 2001</i>	France	Laboratoire d'ACP	Support réactif +HPLC	P, 26	Sans ventilation : 0,44 - 4,30 mg.m <sup>-3</sup> Avec ventilation : 0,05- 1,03 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Sari-Minodier et al. 2001</i>	France	Laboratoire d'ACP	Analyseur Infrarouge	A, ns	Moyenne : 1,2 ppm ; maximum : 15,1 ppm
<i>Shaham et al. 2002</i>	Israël	Laboratoire d'ACP (14)	ns	A, ns	0,04-0,7 ppm; moyenne: 0,4 ppm (expo. faible) 0,72-5,6 ppm ; moyenne: 2,24 ppm (expo. élevée)
<i>Shaham et al. 2003</i>	Israël	Laboratoire d'ACP (14)	ns	A, ns	0,04-0,7 ppm; moyenne: 0,4 ppm (expo. faible) 0,72-5,6 ppm ; moyenne: 2,24 ppm (expo. élevée)
<i>Proietti et al. 2002</i>	Italie	Laboratoire d'ACP	Analyseur Infrarouge	A, continu	0, 2- 8,07 ppm ; moyenne : 1,8 - 3,78 ppm
<i>Wegscheider 2003</i>	Allemagne	Laboratoire d'ACP	Support réactif +HPLC Analyseur Infrarouge	A, continu P, ns	0,2-1,8 ppm Percentile 95 : 1,2-1,6 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Perdelli et al. 2006</i>	Italie	Laboratoire d'ACP	Support réactif +HPLC	A,106	0,02 – 2,05 mg.m <sup>-3</sup> , moyenne 0,24 mg.m <sup>-3</sup>

<i>Kellner et al. 2003</i>	Allemagne	Laboratoires d'ACP, salle d'anatomie (humaine et vétérinaire)	Support réactif +HPLC	A,P, ns	nd – 1,62 mg.m <sup>-3</sup> (VME) nd - > 17,9 mg.m <sup>-3</sup> (VLE)
<i>Ghasemkhani et al 2005</i>	Iran	Laboratoire d'ACP Salle de chirurgie Salle d'endoscopie	Spectroscopie	P, 42 P, 42 P, 15	0,03 – 4 ppm ; moyenne : 0,96 ppm (VME) 0,01 – 0,84 ppm ; moyenne : 0,25 ppm (VME) 0,01 – 0,66 ppm ; moyenne : 0,13 ppm (VME)
<i>Yousefi 1998</i>	Afrique du Sud	Laboratoire d'ACP et embaumeurs	Badges colorimétriques	P, 32	3 - 9,6 ppm 1,87 – 4 ppm
<i>Hayes et al. 1997</i>	États Unis	Embaumeurs	Badge réactif Spectroscopie	ns	4,5 – 13,5 ppm ; moyenne : 1,5 ppm
<i>Hiipakka et al. 2001</i>	Espagne	Embaumeurs	Support réactif +GC	P (VLE), 123 P (VME), 12	0,14 – 20,89 mg.m <sup>-3</sup> Moyenne : 0,33 – 1,8 mg.m <sup>-3</sup>
<i>NIOSH 2001</i>	Etats Unis	Embaumeurs	ns	ns	Moyenne : 9 ppm
<i>He et al. 1998</i>	Chine	Salle d'anatomie	Ns	P, ns	Moyenne : 2,37 ppm (3,17 mg.m <sup>-3</sup> )
<i>Kim et al. 1999</i>	Corée du sud	Salle d'anatomie	Spectroscopie	A, 48	0,19 – 11,24 mg.m <sup>-3</sup> ; Moyenne : 3,73 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Schlink et al. 1999</i>	Allemagne	Salle d'anatomie	ns	ns	0,14 – 0,3 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Wantke et al. 2000</i>	Autriche	Salle d'anatomie	ns	ns	0,13-0,41 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Kriebel et al. 2001</i>	Etats-Unis	Salle d'anatomie	Analyseur Infrarouge	A, continu	Moyenne : 1,1 ppm (VME) Maxi : 10,91 ppm (STEL)
<i>Keil et al. 2001</i>	États Unis	Salle d'anatomie	Spectroscopie	A, 48	0,31 – 3,18 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Tanaka et al. 2003</i>	Japon	Salle d'anatomie	ns	ns	0,11-0,62 ppm
<i>Ryan et al. 2003</i>	États Unis	Salle d'anatomie	Support réactif +HPLC (passif et actif)	A, 18 P, 32	0,06-0,38 ppm ; moyenne 0,22 ppm 0,07-1,2 ppm ; moyenne 0,29 ppm

<i>Kawamata et al. 2004</i>	Japon	Salle d'anatomie	Tubes colorimétriques	A, 20	1,2 – 3 ppm 0,2- 1,5 ppm après traitement du cadavre avec une solution saturée de carbonate d'ammonium
<i>Kurose et al. 2004</i>	Japon	Salle d'anatomie	ns	ns, 10	0,25 - 0,55 ppm
<i>Kunugita et al. 2004</i>	Japon	Salle d'anatomie	Support réactif +HPLC	ns	20 – 93 ppb sans activité 1012-1380 ppb pendant la dissection
<i>Yamato et al. 2005</i>	Japon	Salle d'anatomie	Analyseur spécifique	ns	50 ppb avec ventilation 480 ppb sans ventilation
<i>Ohmichi et al. 2006</i> [	Japon	Salle d'anatomie	Support réactif +HPLC	P, 29	0,29 – 1,47 ppm, moyenne : 0,45 – 1,08 ppm
<i>Dufresne et al. 2002</i>	Québec	Salle d'anatomie (vétérinaire)	Badge réactif Spectroscopie	P, 18	0,26 – 1,1 mg.m <sup>-3</sup> moyenne géométrique : 0,57 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Nacher et al. 2007</i>	Espagne	Salle d'anatomie (vétérinaire)	Spectroscopie	A, ns	Moyenne : 0,03-0,36 ppm
<i>Shaham et al. 1997</i>	Israël	Salle d'anatomie et laboratoire d'ACP	ns	P, ns	Moyenne : 2,8 - 3,2 ppm
<i>Orsière et al. 2006</i>	France	Salle d'anatomie et laboratoire d'ACP	Badge passif avec réactif +HPLC	A,P, ns	A : < 0,1 – 20,4 ppm ; moyenne : 2 ppm (VLE) P : < 0,1 – 0,7 ppm; moyenne : 0,1 ppm (VME)
<i>Orsière et al. 2006</i>	France	Salle d'anatomie et laboratoire d'ACP	Badge passif avec réactif +HPLC	A,P, ns	A : < 0,1 – 20,4 ppm ; moyenne : 2 ppm (VLE) P : < 0,1 – 0,7 ppm; moyenne : 0,1 ppm (VME)
<i>Mays 2000</i>	France	Unités de compostage de déchets ménagers	Support réactif +HPLC	A, ns	5-15 ppb
<i>Armstrong et al 2001</i>	Malaisie	Fonderies, fabrication de contreplaqué, textile...	Badges colorimétriques	P, 462	Moyenne 8 h : 0,16 – 0,53 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Smith et al. 2001</i>	Etats Unis	Industrie de fabrication de fibres minérales artificielles	Spectroscopie Tubes colorimétriques	A, ns P, ns	Moyenne : 0,08- 0,66 ppm
<i>Posniak et al. 2001</i>	Pologne	Production d'abrasifs dans plusieurs usines (résines FP)	Support réactif +HPLC	P, 24	0,02 - 0, 2 mg.m <sup>-3</sup>

<i>Marsh et al. 2002</i>	États Unis	Usine de production de matières plastiques	ns	ns	0,03 – 0,6 ppm (VME - période 1965-1987)
<i>Linnainmaa et al. 2003</i>	Finlande	Utilisation de fluides d'usinage	Support réactif +HPLC	A, 21 P, 27	0,01 – 0,22 mg.m <sup>-3</sup> ; moyenne : 0,052 mg.m <sup>-3</sup> 0,008 – 0,24 mg.m <sup>-3</sup> ; moyenne : 0,055 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Hauptmann et al. 2003</i>	Etats Unis	Industries utilisatrices du FA	ns	ns	0,01 – 4,25 ppm ; moyenne : 0,45 ppm (VME)
<i>Hauptmann et al. 2004</i>	Etats Unis	Industries utilisatrices du FA	ns	ns	0,01 – 4,25 ppm ; moyenne : 0,45 ppm (VME)
<i>Pinkerton et al. 2004</i>	Etats Unis	Fabrication de vêtements	ns	P,549	Moyenne géométrique : 0,09-0,2 ppm (1981-1984)
<i>Korhonen et al. 2004</i>	12 pays	Industrie du papier	ns	Ns, 604	Moyenne calculée pour 70 usines : 1,46 ppm (VME)
<i>Westberg et al. 2005</i>	Suède	Fonderies (noyautage)	Badge passif avec réactif +HPLC	P, 64	14 -1600 µg.m <sup>-3</sup> ; moyenne : 190 µg.m <sup>-3</sup> (VME)
<i>Ye et al. 2005</i>	Chine	Usine de production Hôtellerie près de l'usine	Spectroscopie	ns, 36 ns, 18	Moyenne : 0,98 mg.m <sup>-3</sup> ; maxi. : 1,7 mg.m <sup>-3</sup> Moyenne : 0,11 mg.m <sup>-3</sup> ; maxi. : 0,3 mg.m <sup>-3</sup>
<i>Lavoué et al. 2006</i>	France	Industrie Française (données COLCHIC)	Badge passif avec réactif +HPLC	A,1401 P, 1448	Moyenne géométrique : 0,02 – 0,89 mg.m <sup>-3</sup>



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

---

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

**Relation entre composition et émission**

---

Saisine n°2004/016

**RAPPORT  
d'expertise collective**

Groupe de travail « Formaldéhyde »

CES « Milieux aériens »

Janvier 2009

## Mots clés

---

Formaldéhyde, composition, émission

## Présentation des intervenants

---

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président

M. Pierre-André Cabanes – Service des études médicales, EDF GDF

#### Membres

M. Fernando Aguilar – Unité d'évaluation des risques physico-chimiques, Direction de l'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires, Afssa

M. Stéphane Binet – Toxicologue, INRS

M. Pierre-André Cabanes – Service des études médicales, EDF GDF

Mme Claudine Cabot – Centre antipoison de Toulouse

M. Gérard Deroubaix – Responsable environnement, FCBA

M. Frédéric Dor – Evalueur impact sanitaire, Unité méthodes et investigations, INVS

Mme Véronique Ezratty – Médecin, évaluateur de risques, Service des études médicales, EDF GDF

M. Yann Grosse – Circ

Mme Séverine Kirchner – Division santé et bâtiment, CSTB

M. Jérôme Lavoué – Chargé de recherche, Institut universitaire romand de santé au travail (a démissionné en avril 2008)

Mme Béatrice Lalère – LNE

M. Fabien Lavergne – Evalueur toxicologue, Département Toxicologie, Afssaps

Mme Corinne Mandin – Direction des risques chroniques, Ineris

M. Jacques Manel – Centre antipoison Nancy

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

M. François Maupetit – Division santé, CSTB

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

Mme Corinne Pilorget – Hygiéniste industrielle, INVS / UMRESTTE

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

Mme Cécile Verdier – Evalueur toxicologue, Département d'évaluation des produits cosmétiques, biocides et de tatouage, Afssaps

M. Raymond Vincent – Chef de l'unité Caractérisation du risque chimique, Département métrologie des polluants, INRS

---

**RAPPORTEURS AUPRES DU CES « MILIEUX AERIENS »**

---

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

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

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

---

**PRESENTATION DU RAPPORT DEVANT LE COMITE D'EXPERTS SPECIALISES « MILIEUX AERIENS »**

---

**Président**

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

**Membres**

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

Mme Isabella Annesi Maesano - Responsable de l'équipe d'épidémiologie des réponses immunitaires et inflammatoires. Épidémiologie respiratoire

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

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

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

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

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

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

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

Mme Séverine Kirchner - Responsable du secteur "qualité de l'air intérieur" au CSTB

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

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

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

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

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

M. Christophe Paris - Médecin professeur des universités et praticien hospitalier

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

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

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

M. Rémy Slama - Chercheur. Épidémiologie, pollution atmosphérique

M. Fabien Squinazi - Médecin biologiste, directeur du LHVP

M. Jacques Vendel - Chef de laboratoire

---

## **PARTICIPATION AFSSET**

### **Coordination scientifique**

M. Guillaume Boulanger – chef de projets scientifiques

M. Christophe Rousselle – chef d'unité

Mme Cécilia Solal – chef de projets scientifiques

### **Secrétariat administratif**

Mme Séverine Boix

---

## **CONTRIBUTIONS EXTERIEURES AU GROUPE**

Filières de production et d'utilisation du formaldéhyde, produits de substitution existants et en développement. RAPPORT D'ÉTUDE 31/08/2007 réf. DRC-07-71747-10905A. Ineris 56 p

Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par six produits de construction. Rapport final SB-05-0576 du 19 décembre 2005. CSTB.

Caractérisation des émissions de formaldéhyde par différents types de produits, Rapport final SB-06-044 du 30 août 2006. CSTB.

Caractérisation de la libération des fibres minérales artificielles dans l'air par des matériaux vieilliss. 2007. CSTB.

Détermination de l'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) à partir de produits de construction, méthode de la chambre d'essai d'émission (pr NF EN 13419-1 : 2003), rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1074/05C du 8 février 2006. CTBA.

Détermination de l'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) à partir de produits d'ameublement et d'aménagement intérieur selon la norme NF EN ISO 16000-9 : 2006, rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1158/05C/a du 2 avril 2007. CTBA.

Détermination de l'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) à partir de produits liquides à usage spécifique bois, rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1158/05C/b/c du 27 juillet 2007. CTBA.

*Travaux réalisés dans le cadre de prestations commandées et rémunérées aux organismes cités.*

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....</b>	<b>9</b>
1.1	Contexte.....	9
1.2	Objet de la saisine.....	9
1.2.1	Demande à l'Afsset.....	9
1.2.2	Contexte de la saisine.....	9
1.3	Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	10
<b>2</b>	<b>Emissions de formaldéhyde en air intérieur par des produits de consommation, de construction et autres .....</b>	<b>11</b>
2.1	Données françaises .....	12
2.1.1	Données acquises par l'Afsset .....	12
2.1.1.1	Produits de consommation courante .....	12
2.1.1.2	Produits de construction.....	14
2.1.2	Autres données françaises .....	16
2.2	Données internationales.....	17
2.2.1	Bases de données sur les produits de consommation .....	17
2.2.2	Données fournies par d'autres agences ou instituts.....	25
2.2.3	Données de la littérature scientifique.....	28
<b>3</b>	<b>Quelle hiérarchisation possible des contributions aux expositions de la population générale au formaldéhyde dans l'air ? .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>Lien entre composition et émission .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>36</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>39</b>

## Abréviations

---

Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

Afssaps : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

Beuc : Bureau Européen des Unions de Consommateurs

BFR : Bundesinstitut für Risikobewertung

BNPC : Base Nationale Produits et Compositions

CAP : Centre AntiPoison

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC en anglais)

COV : Composés Organiques Volatils

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

CTBA : Centre Technique du Bois et de l'Ameublement

D-EPA : Danish Environmental Protection Agency

DGE : Direction Générale des Entreprises

DMDM : 1,3-dimethylol-5,5-dimethylhydantoïne

FCBA : Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement

FE : facteur d'émission

HDF : high density fibreboard

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

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale

InVS : Institut de Veille Sanitaire

IRSST : Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en sécurité du Travail

JRC : Joint Research Centre

LEPI : laboratoire des particules inhalées – ville de Paris

MDF : medium density fibreboard

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques

OMS : Organisation Mondiale de la Santé (WHO en anglais)

UIC : Union des Industries Chimiques

US-EPA : United States Environmental Protection Agency

WHO : World Health Organization

## Liste des tableaux

---

Tableau I : Bilan des facteurs d'émission mesurés par le CSTB et le FCBA dans le cadre de la saisine AFSSET (CSTB, 2005 ; CTBA, 2006, 2007a) .....	14
Tableau II : Bilan des facteurs d'émission mesurés par le CSTB pour les laines minérales (CSTB, 2007) ...	16
Tableau III : Résultats fournis par la consultation des études de la Danish Environmental Protection Agency (Ineris, 2007) .....	18
Tableau IV : Résultats fournis par la base de données EIS-Chemrisks (avril 2007) .....	24
Tableau V : Produits et matériaux pour lesquels les émissions de formaldéhyde ont été quantifiées et recensées dans l'inventaire COSI (COSI, 2005) .....	26
Tableau VI : concentrations (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de formaldéhyde mesurées pour divers désodorisants et parfums d'ambiance (Beuc, 2005) .....	27
Tableau VII : Concentration en formaldéhyde dans l'air d'une pièce standard pendant le fonctionnement d'un four neuf (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) (Brown <i>et al.</i> , 2005).....	28
Tableau VIII : Émissions de formaldéhyde par des textiles neufs (en $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ) (Wiglusz <i>et al.</i> , 1991) .....	29
Tableau IX : Concentrations intérieures en formaldéhyde modélisées attribuables aux sources émettrices présentes (hors combustion ; $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) (BFR, 2005) .....	31

## Liste des annexes

---

Annexe 1 : Lettres des saisines .....	40
Annexe 2 : Synthèse des déclarations publiques d'intérêts des experts par rapport au champ de la saisine	43
Annexe 3 : Concentrations en formaldéhyde dans l'air après utilisation de produits ménagers (CSTB, 2006) .....	53
Annexe 4 : Facteurs d'émission spécifiques ( $\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ ) en formaldéhyde pour les matériaux testés à base de laines minérales (CSTB, 2007) .....	59
Annexe 5 : Résultats des essais d'émissions sur les produits, réalisés entre 2000 et 2008 par l'UFC Que Choisir .....	60
Annexe 6 : Bilan des utilisations du formaldéhyde associées à des émissions dans les environnements clos (Ineris, 2007) .....	65
Annexe 7 : Données de composition et d'émission de formaldéhyde disponibles dans le cadre de cette saisine pour les produits de consommation courante .....	69

# 1 Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

## 1.1 Contexte

Ce document a été rédigé dans le cadre des travaux du groupe de travail «Formaldéhyde». Le groupe de travail, coordonné par l'Afsset, est composé d'experts francophones appartenant à des instituts techniques ou à des organismes nationaux ou internationaux ayant compétence d'expertise et de veille en sécurité sanitaire, mettant en œuvre ou enseignant la démarche de l'évaluation quantitative du risque sanitaire (Afssa, CAP/TV, Ineris, INRS, Inserm, InVS, ...).

Ce document présente des données d'émissions issues des diverses études réalisées dans le cadre de la saisine « Formaldéhyde » ou extraites de la littérature scientifique. L'analyse tient compte également des données de composition afin d'explorer d'éventuelles relations entre la composition des produits et leurs émissions. Ces éléments de réflexion s'inscrivent dans les objectifs de la saisine demandant de préciser les sources directes et indirectes de formaldéhyde.

## 1.2 Objet de la saisine

### 1.2.1 Demande à l'Afsset

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

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

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

### 1.2.2 Contexte de la saisine

Le formaldéhyde connaît de multiples applications en raison de ses propriétés physico-chimiques en tant que biocide, conservateur ou fixateur. Le formaldéhyde est présent

dans de nombreux produits de construction et de consommation d'usage courant (produits de bricolage, meubles, produits d'entretien, produits cosmétiques etc.). Il résulte également de phénomènes de combustion incomplète (fumée de tabac, bougie, feux de cheminée etc.).

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

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

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

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

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

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

### **1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation**

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

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

Les travaux d'expertise du groupe de travail « formaldéhyde » ont été soumis régulièrement au CES « milieux aériens ». Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

## 2 Emissions de formaldéhyde en air intérieur par des produits de consommation, de construction et autres

Le présent rapport inventorie les sources et identifie les déterminants de l'exposition au formaldéhyde dans l'air intérieur des bâtiments. Le rapport s'applique à présenter les principales données françaises provenant, pour la plupart, d'études réalisées à la demande de l'Afsset, avant de proposer d'autres données d'émission issues de bases de données étrangères ou de la littérature scientifique.

**Facteur d'émission spécifique** : débit d'émission spécifique par unité de surface  $q_s$  à appliquer en ajustant le taux de renouvellement de l'air ( $n$ ) et le taux de charge ( $L$ ) du matériau à tester. L'objectif est de déterminer les émissions issues du matériau dans des conditions réalistes d'utilisation.

Les normes NF ISO 16000-9 et 10 indiquent que le facteur d'émission spécifique  $q_s$  dépend de la concentration mesurée  $\rho_x$  et du débit d'air  $q$  dans la chambre d'émission. Il peut être calculé de la façon suivante :

$$q_s = \rho_x \times q \text{ } [\mu\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}]$$

où  $\rho_x$  est la moyenne des mesures effectuées d'un composé organique volatil (COV) (au moins deux mesures)

et  $q = n / L \text{ } [\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}]$  est le débit d'air spécifique expérimental

**Concentration d'exposition** : elle est déterminée pour une pièce témoin à l'intérieur de laquelle ce produit aurait été mis en œuvre. L'annexe B des normes NF ISO 16000-9 et 10 décrit les caractéristiques de la pièce témoin et le débit d'air spécifique  $q$  fixé suivant l'utilisation du produit en tant que revêtement du sol ou mural. Le calcul de la concentration d'exposition repose sur les hypothèses suivantes:

- le matériau est utilisé sur la totalité de la surface d'application disponible dans la pièce témoin (exemple : application du revêtement de sol sur 7 m<sup>2</sup>) ;
- le matériau est la seule source de composés organiques volatils dans la pièce témoin contribuant aux concentrations mesurées ;
- la concentration est homogène dans la pièce.

Le débit d'air spécifique  $q$  est le rapport entre le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai et le taux de charge du produit. Le choix de ces paramètres permet de réaliser les essais de caractérisation des émissions du produit de construction ou de décoration dans un scénario réaliste d'utilisation du produit dans la pièce témoin.

La concentration d'exposition ( $C_{\text{exp}}$ ) est calculée à partir de la concentration en COV mesurée en sortie de la chambre d'essai d'émission ( $\rho_x$ ) :

$$C_{\text{exp}} = \rho_x \times q_c / q_e = q_s / q_e \text{ } [\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}]$$

Ces notions sont développées dans le rapport Afsset à paraître intitulé « Procédure de qualification des matériaux de construction et produits de décoration sur la base de leurs émissions de composés organiques volatils et de critères sanitaires ».

## 2.1 Données françaises

### 2.1.1 Données acquises par l'Afsset

#### 2.1.1.1 Produits de consommation courante

Dans le cadre du traitement de la saisine « Formaldéhyde », l'Afsset a mandaté le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) pour réaliser des tests d'émission de formaldéhyde pour différents produits de consommation courante (encens, désodorisants, nettoyeurs WC, lingettes vitres, dépoussiérants meubles...).

Selon le type de produit testé, les mesures ont été réalisées :

- en chambre d'essai d'émission, suivant la norme prEN ISO 16000-9 : "Indoor air – Part 9 : Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing – Emission test chamber method". Le taux d'émission mesuré pour une surface donnée disposée dans la chambre (surface de sol nettoyée avec une lingette par exemple) est rapporté à une concentration dans l'air tenant compte du taux de renouvellement d'air de la chambre ;
- dans la maison expérimentale MARIA (pièce de 32 m<sup>3</sup>) où les concentrations sont mesurées dans le flux d'air extrait (une unique bouche d'aspiration ; débit maîtrisé). Sur la base de l'hypothèse que les concentrations sont homogènes dans la pièce, les concentrations à l'extraction sont représentatives des concentrations d'exposition des occupants de cette pièce.

De manière pragmatique, pour des raisons de faisabilité, il a été retenu de tester, pour chaque type de produit étudié, le moins cher et le plus cher disponibles lors de l'achat en grande surface. Les produits testés ne sont pas représentatifs du marché français.

Les concentrations sont mesurées à différents intervalles de temps pour tenir compte de la cinétique d'émission du produit et du renouvellement d'air de la pièce pendant et après l'utilisation du produit. Les mesures ont été faites à 4 intervalles de temps différents, espacés de 30 minutes à 1 heure (prélèvements d'air réalisés dans ces laps de temps). Le premier prélèvement a une durée différente fixée en cohérence avec l'usage étudié : 5 minutes pour le désodorisant d'aspirateur, 25 minutes pour la combustion du bâton d'encens et 1 heure pour le diffuseur de parfum d'ambiance.

L'annexe 3 recense, d'après l'étude du CSTB (2006), les concentrations en  $\mu\text{g.m}^{-3}$  de formaldéhyde dans l'air après utilisation de produits ménagers. Aucun calcul de facteur d'émission spécifique n'est déterminé à l'heure actuelle pour ces produits en l'absence d'application sur une surface (dispersion aérienne directe du formaldéhyde). Cependant, une adaptation de l'équation du facteur d'émission spécifique pourrait être intéressante afin de calculer des facteurs rapportés à la masse du produit et non à la surface.

Concernant les **désodorisants d'intérieur** ; les diffuseurs électriques, les désodorisants mèches et le désodorisant aspirateur 2 testés n'émettent pas de formaldéhyde. Tous les autres produits émettent du formaldéhyde pendant ou après leur utilisation (concentration max = 13,4  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ).

Concernant **les produits WC**, les 4 produits testés émettent du formaldéhyde (concentration max = 12,5  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ).

Concernant **les produits d'entretien**, tous les produits testés (n=6) émettent du formaldéhyde (concentration max = 12,0  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) avec une tendance générale à l'augmentation des concentrations après utilisation des produits.

Concernant **les produits de nettoyage des sols**, les produits nettoyeurs et détachants moquette testés émettent tous du formaldéhyde, à des niveaux d'émission relativement stables (concentration de l'ordre de 5 à 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ).

Si la lingette sols 1 présente des émissions de formaldéhyde relativement faibles, des concentrations très importantes ont été mesurées après utilisation simulée de la lingette sols 2 : environ 1250  $\mu\text{g.m}^{-3}$  dans la demi-heure suivant son utilisation et encore 128  $\mu\text{g.m}^{-3}$  entre une heure et demi et 2 heures après utilisation. Ce produit est commercialisé comme un produit « anti-bactérien », donc susceptible de contenir du formaldéhyde ou un libérateur de formaldéhyde recherchés pour leurs propriétés biocides, ce qui pourrait expliquer les fortes concentrations de formaldéhyde retrouvées.

Pour les produits d'entretien des sols testés purs, les concentrations en formaldéhyde décroissent après utilisation du produit (séchage). Les émissions de nettoyeurs pour sol 1 et 2 (environ 47  $\mu\text{g.m}^{-3}$  de formaldéhyde de 0 à 30 min après utilisation) sont supérieures à celles des nettoyeurs pour sol 1 et 2 au savon de Marseille (environ 5 à 10  $\mu\text{g.m}^{-3}$  de formaldéhyde 0 à 30 min après utilisation).

Les résultats montrent que parmi un choix limité de produits et un échantillonnage non exhaustif (19 catégories de produits et 2 produits par catégories), les 38 produits testés entraînent des émissions de formaldéhyde extrêmement variables au moment de leur utilisation (concentrations de formaldéhyde comprises entre la limite de quantification et plus de 2300  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ), la valeur médiane étant de 4,5  $\mu\text{g.m}^{-3}$ .

Parmi les produits testés, ceux qui présentent les émissions les plus faibles de formaldéhyde sont les diffuseurs électriques de parfum, les désodorisants mèche, un désodorisant d'aspirateur, un bloc WC et une colle pour revêtement de sol. A l'inverse, les produits testés montrant les concentrations de formaldéhyde les plus importantes (> 50  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) après utilisation sont certains nettoyeurs pour sol, une lingette pour sol et plusieurs colles (testées sans le revêtement correspondant). Ces résultats ne peuvent toutefois pas être généralisés.

La plupart des émissions de formaldéhyde mesurées décroissent dans le temps après utilisation du produit testé, ce qui traduit l'effet du renouvellement de l'air par le système de ventilation. A l'inverse, pour certains produits, on constate que les concentrations dans la pièce<sup>1</sup> peuvent être plus élevées après la période d'utilisation que pendant la durée de leur utilisation. Ceci peut s'expliquer par la formation secondaire de formaldéhyde par réaction des substances directement émises, comme les terpènes, en présence d'ozone provenant de l'air extérieur, phénomène largement décrit dans la littérature scientifique (Nazaroff *et al.*, 2003 ; Weschler, 2004). Il convient ainsi de ne pas retenir uniquement, dans une perspective d'approche faussement majorante, la concentration mesurée aussitôt après l'utilisation du produit.

À noter, enfin, que les applications des produits commerciaux retenus lors des expérimentations ont été réalisées **conformément aux usages prévus par les fabricants** (en termes de durée, de quantités utilisées...) excepté pour les nettoyeurs vitres (produit simplement vaporisé, non essuyé ensuite). Il n'est ainsi pas nécessaire d'ajuster les données mesurées en regard d'une utilisation « type » ; elles sont considérées comme **représentatives d'un usage réel**.

---

<sup>1</sup> Concentrations extrapolées lorsque la mesure a eu lieu en chambre d'essai ou mesurées en situation réelle dans MARIA

### 2.1.1.2 Produits de construction

L'Afsset a également mandaté l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement (FCBA)<sup>2</sup> et le CSTB pour réaliser des tests d'émission de formaldéhyde pour certains produits de construction, d'ameublement et autres. Les résultats sont synthétisés dans le tableau I et explicités en annexe 3.

**Tableau I : Bilan des facteurs d'émission mesurés par le CSTB et le FCBA dans le cadre de la saisine AFSSET (CSTB, 2005 ; CTBA, 2006, 2007a)**

Produits / matériaux	Émission à 1 jour	Émission à 3 jours	Émission à 28 jours
	Facteur d'émission en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$		
Parquet en pin maritime massif brut	28,9	21,6	10,4
Revêtement stratifié décor hêtre	11,0	10,9	9,4
Parquet contrecollé en chêne fini verni	122,8	101,6	75,1
Parquet en chêne massif brut	3,6	< LQ	< LQ
Revêtement stratifié décor noyer	8,6	2,6	5,9
Lambris en pin maritime avec finition acrylique	3,6	3,8	< LQ
Panneau de fibres <i>medium density fiber</i> (MDF) face et chants avec un film PVC thermoformé et une contre face mélaminée	9,6	19,2	20,8
Panneau de particules avec un placage bois	98	82	81,6
Panneau de particules revêtu d'un papier décor type « verni fini » sur toutes les faces	82,8	94	65,6
Panneau de fibres <i>high density fiber</i> (HDF) fond de meuble avec une face revêtue et une face brute	60,4	40	34,8
Panneau de particules surfacé mélaminé sur toutes les faces	153,6	130	103,2
Revêtement PVC	2,6	< LQ	< LQ
Dalle de moquette A	0,4	0,9	0,6
Dalle de moquette B	2,5	3,1	1,0
Dalle de PVC autocollante	0,6	0,8	2,1
Plaque de plâtre standard	10,0	6,5	1,5
Complexe de doublage (colle urée-formol)	30,2	36,2	21,4
Complexe de doublage (colle vinylique)	10,8	9,4	1,9
Mousse polyuréthane (rembourrage de matelas)	18	11	1,1
Cuir	15	15	7,9

<sup>2</sup> Anciennement Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA)

Colle à carrelage 1	97	143,2	38,6
Colle à carrelage 2	> 920	> 920	204,7
Colle murale 1	1,5	0,8	0,1
Colle murale 2	246,1	26,1	0,8
Colle revêtements de sol 1	< 0,4	< 0,4	1,4
Colle revêtements de sol 2	5,9	9,5	9,5

Légende : < LQ : mesure inférieure à la limite de quantification

De manière analogue, les résultats montrent que, parmi un choix limité de produits et un échantillonnage non exhaustif, les produits testés entraînent des émissions de formaldéhyde extrêmement variables au moment de leur utilisation. Pour les produits testés, certains présentent des facteurs d'émission spécifique élevés, notamment un parquet contrecollé en chêne fini verni, un panneau de particules avec un placage bois, un panneau de particules surfacé mélaminé sur toutes les faces et une colle à carrelage (produit n°2).

Enfin, l'Afsset a mandaté le CSTB et le Laboratoire d'études des particules inhalées de la ville de Paris (LEPI) afin d'associer leurs compétences en vue de caractériser d'une part les matériaux isolants neufs ou anciens (prélèvement d'échantillons sur sites) et d'autre part les libérations de fibres minérales artificielles sur les chantiers de retrait de laines minérales isolantes.

Ainsi, l'étude, présentée dans le rapport Afsset (2008) intitulé « Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs aux fibres minérales artificielles. Rapport d'expertise relatif aux laines minérales et aux filaments continus de verre », incluait entre autres la caractérisation des émissions de COV et d'aldéhydes. La caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde concernait huit produits isolants en laine minérale neufs ou anciens, à l'aide des méthodes normalisées de chambre d'essai d'émission :

1. Rouleau laine de verre neuf
2. Dalle de plafond laine de verre neuve
3. Flocons vrac laine de roche neufs
4. Flocage neuf
5. Flocage ancien
6. Rouleau laine de verre ancien
7. Flocons vrac anciens
8. Dalle de plafond ancienne.

Le principal composé émis par ces différents produits d'isolation reste le formaldéhyde, reflétant vraisemblablement la présence d'une résine formo-phénolique (ou son absence pour le flocage neuf). Les résultats sont présentés dans le tableau II et illustrés en annexe 4.

**Tableau II : Bilan des facteurs d'émission mesurés par le CSTB pour les laines minérales (CSTB, 2007)**

Produits / matériaux	Émission à 1 jour	Émission à 3 jours	Émission à 28 jours
	Facteur d'émission en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$		
Rouleau laine de verre neuf	14,6	11,7	6,0
Dalle de plafond laine de verre neuve	63,2	50,0	23,7
Flocons vrac laine de roche neufs	98,3	86,6	38,2
Flocage neuf	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Flocage ancien (échantillon A)	< 0,4	< 0,4	
Flocage ancien (échantillon B)	< 0,4	1,8	
Rouleau laine de verre ancien (échantillon A)	2,5	< 0,4	
Rouleau laine de verre ancien (échantillon B)	1,5	5,4	
Flocons vrac anciens (échantillon A)	12,1	7,6	
Flocons vrac anciens (échantillon B)	9,9	3,0	
Dalle de plafond ancienne (échantillon A)	23,4	20,9	
Dalle de plafond ancienne (échantillon B)	27,9	31,7	

Par ailleurs, les essais réalisés sur les produits anciens montrent que les émissions de formaldéhyde peuvent perdurer, même après plusieurs années de pose. Ainsi, le niveau d'émission de formaldéhyde à 3 jours des 2 éprouvettes de la dalle de plafond ancienne (9 ans) est équivalent au niveau d'émission à 28 jours de la dalle neuve.

Sur les 2 éprouvettes testées pour les produits anciens, on constate une certaine variabilité des émissions qui peut traduire l'hétérogénéité des produits (composition initiale et phénomènes de vieillissement) et l'incertitude sur la mesure (de l'ordre de 20 %). En effet, l'augmentation du facteur d'émission spécifique au 3<sup>ème</sup> jour pour la dalle plafond ancienne B et la diminution pour la dalle de plafond ancienne A ne sont pas significatives et s'expliquent par l'incertitude sur la mesure.

Pour les autres produits anciens, aucune émission de formaldéhyde n'a été détectée.

### 2.1.2 Autres données françaises

L'Union Fédérale des Consommateurs « Que choisir » réalise des analyses de compositions et des essais d'émission pour différents produits de consommation. 8 enquêtes, réalisées entre 2000 et 2007, proposent des données d'émission de formaldéhyde à partir de divers produits incluant les peintures, les nettoyants ménagers, les désodorisants intérieurs, les commodes, les tapis...

Les différents produits testés ont généralement été échantillonnés selon la représentativité du marché lors de l'enquête et les gammes de prix. L'ensemble des analyses sont effectuées, selon les enquêtes, par différents laboratoires accrédités européens. De manière analogue aux essais réalisés par le CSTB et le CTBA, ces informations, bien que non exhaustives, constituent une source d'information intéressante à prendre en compte dans le cadre de ces travaux. Les résultats sont synthétisés en annexe 5.

## 2.2 Données internationales

### 2.2.1 Bases de données sur les produits de consommation

Les bases de données suivantes, présentées dans un ordre arbitraire, ont été consultées. La base de données « *Chemicals in consumer products* » de l'Agence danoise de l'environnement<sup>3</sup> fournit 93 rapports de caractérisation des émissions de substances chimiques par les produits de consommation courante et d'évaluation de leurs impacts sur la santé.

Parmi ces 93 études, 15 documentent la présence et/ou les émissions de formaldéhyde dans/par les produits testés (encens, bougies, textiles, jouets, mobiliers..).

Même si ces études sont difficilement généralisables (produits différents de ceux présents sur le marché français, facteurs d'émission des produits en début de vie, conditions spécifiques d'extrapolation à la concentration dans une pièce), on peut considérer qu'elles donnent des tendances.

Ainsi, en dehors des émissions liées à la combustion (bougies, encens), les **textiles neufs** dont certains sont utilisés pour le montage de tentes-jouets pour enfants semblent être des contributeurs non négligeables aux concentrations intérieures en formaldéhyde.

Les données figurant dans cette base ainsi que des indications issues d'autres bases de données étrangères sont détaillées dans le rapport de l'Ineris (2007).

---

<sup>3</sup> [http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer\\_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm](http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm)

Tableau III : Résultats fournis par la consultation des études de la Danish Environmental Protection Agency (Ineris, 2007)

Produits / matériaux	Concentration dans le produit / matériau (mg.kg <sup>-1</sup> )	Facteur d'émission (FE)	Concentration dans la pièce où est utilisé le produit / matériau (µg.m <sup>-3</sup> )	Référence		
<b>Bougies</b>	blanche classique	/	/	9	} (mes-ex) <sup>(1)</sup> Survey N°6, 2001 : Chemical ingredients in candles sold in Danish retail shops	
	bleue	/	/	9		
	White tea candle	/	/	9		
	dans un gel	/	/	9		
	parfumée	/	/	9		
	cierge doré	/	/	7		
<b>Tapis et moquettes</b>	----- Rapport non disponible en ligne -----			Survey N°15, 2002 : Emission and evaluation of chemical substances from carpets		
<b>Textiles</b>	100 % coton	< LD	} <sup>(2)</sup>	/	} (mod) <sup>(3)</sup> Survey N°23, 2003 : Survey of chemical compounds in textile fabrics	
	100 % acrylique	< LD		/		
	100 % polyester	< LD		/		
	100 % coton	< LD		/		
	100 % lin	< LD		/		
	100 % viscose	neuf : 43 après lavage à 40°C : < LD		/		57
	100 % laine	neuf : 35 après lavage à 40°C : 21		/		47 28
	100 % coton	< LD		/		/
	100 % coton	< LD		/		/

Produits / matériaux	Concentration dans le produit / matériau (mg.kg <sup>-1</sup> )	Facteur d'émission (FE)	Concentration dans la pièce où est utilisé le produit / matériau (µg.m <sup>-3</sup> )	Référence
Toile cirée	neuf : 82 après lavage à 40°C : < LD	/	110	
<b>Colles</b>	scolaire	2,1	/	Survey N°29, 2003 : Survey and assessment of chemical substances in hobby adhesives
	en tube	3,4	/	
	scolaire	2,4	/	
	à bois usage extérieur	1 600	/	
	à bois usage intérieur	22	/	
<b>Téléviseurs</b> n = 10 littérature	/	neuf : < 0,5 – 9,9 µg/appareil/h après 4 mois : 0,5 – 6,6 µg/a./h	/	
n = 1 mesure D-EPA	/	après 7 h : 3 µg/appareil/h après 9 jours : 2 µg/appareil/h	après 7 h : 0,34 après 9 jours : 0,23	Survey N°32, 2003 : Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products  (mes-ex) <sup>(5)</sup>
<b>Ordinateur</b> n = 1	/	après 7 h : 26 µg/appareil/h après 9 jours : 24 µg/appareil/h	après 7 h : 3,0 après 9 jours : 2,8	
<b>Console de jeu</b> n = 1	/	après 7 h : 7 µg/appareil/h après 9 jours : 4 µg/appareil/h	après 7 h : 0,80 après 9 jours : 0,46	
<b>Transformateurs</b> n = 5	/	après 7 h : 97 µg/appareil/h après 9 jours : 38 µg/appareil/h	après 7 h : 11,1 après 9 jours : 4,3	
<b>Magnétoscopes</b> n = 10, littérature	/	neuf : 8,0 – 40 µg/appareil/h après 4 mois : 2,4 – 19 µg/a./h	/	
<b>Mouchoirs en papier et papier toilette</b>	de 45 à 50 kg/tonne, soit 4,5 % en masse	/	/	Survey N°34, 2003 : Survey of chemical substances in paper handkerchiefs and toilet paper

Produits / matériaux	Concentration dans le produit / matériau (mg.kg <sup>-1</sup> )	Facteur d'émission (FE)			Concentration dans la pièce où est utilisé le produit / matériau (µg.m <sup>-3</sup> )	Référence	
		nb de jours après l'impression puis FE en µg/kg de papier/h					
<b>Papiers imprimés</b>	par rotogravure	/	0 : 129	1 : 106	2 : 100	8,5	} (mes-ex) <sup>(6)</sup> Survey N°36, 2003 : Survey, emission and evaluation of volatile organic chemicals in printed matter
	par rotogravure	/	7 : 35	11 : 5	15 : <LD	< LD	
	par flexographie	/	0 : 191	5 : 91	7 : 350	0,15	
	par offset	/	1 : 35	4 : 21	5 : 25	2,5	
	par offset	/	0 : 58	2 : 50	7 : 59	4,5	
	par offset	/	0 : 17	5 : 54	7 : 38	1,0	
<b>Joints silicone</b>	1 – 30 mg d'aldéhydes totaux par kg de joint (5 joints ont été testés)	/			/	Survey N°38, 2004 : Survey and liberation of chemical substances in joint sealants	
			en µg/h	en µg/unité			
<b>Encens</b>	Cône lavande	/	11 352	5 281		132	} (mes-ex) <sup>(7)</sup> Survey N°39, 2004 : Emission of chemical substances from incense
	Bâton citron	/	1 771	1 266		32	
	Bâton ayurveda	/	4 399	2 823		71	
	Bâton musc	/	5 982	5 922		148	
	Bâton sali saï baba	/	6 055	4 826		121	
	Bâton cèdre	/	3 417	1 735		43	
<b>Produits de soin pour animaux</b>	Présence de formaldéhyde rapportée, mais pas de données quantitatives Un libérateur de formaldéhyde est identifié : la DMDM hydantoïne.					Survey N°44, 2004 : Chemical substances in animal care products	

Produits / matériaux	Concentration dans le produit / matériau (mg.kg <sup>-1</sup> )	Facteur d'émission (FE)	Concentration dans la pièce où est utilisé le produit / matériau (µg.m <sup>-3</sup> )		Référence	
			Concentration mesurée au bout de 28 jours dans une chambre d'essai d'émission de 225 L	Différence entre la concentration mesurée dans la toile de tente et celle de la pièce du test		
	Nylon, polyuréthane, polyéthylène, polyester	/	/	5	/	
<b>Tentes – jouets pour enfants</b>	Nylon, polyéthylène, polystyrène, PVC	/	/	73	jusqu'à 14 µg.m <sup>-3</sup>	
	Polyester, polyéthylène	/	/	109	jusqu'à 13 µg.m <sup>-3</sup>	
	Nylon, polypropylène, PVC	/	/	92	/	
	Nylon, polyuréthane	/	/	15	/	
	Coton, nylon, polyuréthane	/	/	10	/	
FE en µg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> après :						
			3 jours	10 jours	28 jours	Concentration extrapolée après 28 jours <sup>(8)</sup>
<b>Mobilier et objets en bois exotique</b>	Table de salle à manger laquée en hévée	/	72	53	41	33
	Store vénitien en ramin	/	1	4	2	1,6
	Support de lit en sheesham	/	6	5	5	4
	Parquet en merbau	/	1	1	4	3,2
	Table en iroko	/	8	5	5	4

Survey N°46, 2004 :  
Chemical substances from tents and tunnels for children

Survey N°49, 2004 :  
Emission of chemical compounds from products made of exotic wood

Produits / matériaux		Concentration dans le produit / matériau (mg.kg <sup>-1</sup> )	Facteur d'émission (FE)		Concentration dans la pièce où est utilisé le produit / matériau (µg.m <sup>-3</sup> )		Référence
<b>Jouets pour animaux</b> (9)	Hippopotame en peluche	10	/	/	/	/	Survey N°56, 2005 : Chemical substances in toys for animals
	Corde à nœuds	8	/	/	/	/	
	Souris mécanique en peluche	6	/	/	/	/	
<b>Peintures et vernis pour verre et porcelaine (produits de loisir)</b>		<i>Présence de formaldéhyde rapportée, mais pas de données quantitatives Un libérateur de formaldéhyde est identifié : le « 1-(3-chloroallyl)-3,5,7-triaza-1-azoniaadamantan chloride » (ou Quartenium-15), N°CAS 4080-31-3.</i>					Survey N°59, 2005 : Assessment of chemical substances in glass and porcelain colours
			7 h après un 1 <sup>er</sup> usage	Après 9 j d'usage	7 h après un 1 <sup>er</sup> usage	Après 9 j d'usage	
			en µg/appareil/heure				
<b>Imprimante</b>	/	/	3,5	7,8	0,10	0,22	Survey N°66, 2005 : Emission and evaluation of chemical substances from selected electrical and electronic products - part 2  (mes-ex) <sup>(10)</sup>
<b>Four électrique</b>	/	/	160	210	4,6	6,0	
<b>Sèche-cheveux</b>	/	/	4,2	5,8	0,12	0,17	
<b>Fer à repasser</b>	/	/	29	0,06	0,83	0,002	
<b>Lampe décorative</b>	/	/	170	43	4,9	1,2	
<b>Téléphone mobile avec chargeur</b>	/	/	0,017	< 0,2	0,0005	/	
<b>Ordinateur</b>	/	/	29	32	0,83	0,92	
<b>Téléviseur</b>	/	/	13	< 1	0,37	/	
<b>Multiprise</b>	/	/	0,06	0,5	0,002	0,01	
<b>Chauffage électrique mural</b>	/	/	3,8	3,2	0,11	0,10	

Légende : / = non déterminé ; < LD = concentration mesurée inférieure à la limite de détection ; (*mes-ex*) = facteur d'émission du formaldéhyde *mesuré*, puis concentration *extrapolée* à une pièce. Les conditions de l'extrapolation sont précisées au cas par cas ; (*mod*) = concentration *modélisée* à partir de la teneur en formaldéhyde dans le produit. Les conditions de la modélisation sont précisées au cas par cas.

Notes : (1) Concentration extrapolée à une pièce de 20 m<sup>3</sup>, avec un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol.h<sup>-1</sup> ; facteurs d'émission en formaldéhyde non fournis

(2) Mesure suivant la norme EN ISO 14184 ; limite de détection à 20 mg.kg<sup>-1</sup>. Plusieurs types de textiles en coton (coloriés, à motif, de marque) ont été testés, ce qui explique que la mention apparaisse plusieurs fois dans le tableau. Tous les textiles testés servent à la fabrication de vêtements.

(3) Modélisation réalisée considérant que 10 kg de textiles neufs sont dans une pièce de 20 m<sup>3</sup> et que ces textiles sont assimilables à des solutions de formol à 37 % s'évaporant dans cette pièce.

(4) Limite de détection à 1 mg.kg<sup>-1</sup>

(5) Concentration extrapolée à une pièce de 17,4 m<sup>3</sup> (chambre d'enfant), avec un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol.h<sup>-1</sup> ; 1 seul appareil du type considéré dans la pièce

(6) La concentration inhalée par le lecteur, dans un volume d'air de 2 m<sup>3</sup> autour de lui en train de feuilleter un prospectus, est prise égale à la quantité de formaldéhyde émise par ce prospectus plusieurs jours après l'impression (quantité mesurée pour un échantillon en chambre d'essai d'émission extrapolée au prospectus entier ; la 3<sup>ème</sup> série de mesures – de 2 à 15 jours – est exploitée) divisée par 2.

(7) Concentration liée à la combustion de 1 bâton ou 1 cône extrapolée à une pièce de 20 m<sup>3</sup>, avec un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol.h<sup>-1</sup>

(8) La concentration est extrapolée considérant une densité de mobilier de 0,4 m<sup>2</sup>.m<sup>-3</sup> et un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol.h<sup>-1</sup>.

(9) Le formaldéhyde a été détecté dans 3 objets sur 19 testés. Ces produits ont été testés car l'Agence danoise considère qu'ils peuvent aussi être utilisés par des enfants.

(10) Les conditions d'usage standard ou réaliste sont détaillées dans le rapport d'étude de D-EPA. La concentration est extrapolée à une pièce de 17,4 m<sup>3</sup> (chambre d'enfant), avec un taux de renouvellement d'air de 0,5 vol.h<sup>-1</sup>. 1 seul appareil du type est présent dans la pièce.

La base de données associée au projet EIS-Chemrisks (*European Information System on Risks from chemicals released from consumer products/articles*) est pilotée par le Centre commun de recherche européen (JRC)<sup>4</sup>. Cet outil compile les références des travaux scientifiques relatifs à l'évaluation des expositions des populations aux substances chimiques émises par les produits de consommation courante. Une recherche pour le formaldéhyde a été conduite par l'Ineris et a fourni 58 résultats de produits testés. Les produits pour lesquels EIS-Chemrisks fournit des données quantitatives sont rapportés dans le tableau IV. Par ailleurs, la requête « formaldéhyde » renvoie également aux produits suivants sans possibilité d'accéder à des données chiffrées référencées (année de l'étude entre parenthèses) : jouets en bois (2007), tapis en velours (2006), textiles (1974, 1982, 1983, 1985, 1986, 1987, 1989, 1992, 1994, 1995, 1999), moquettes (1993), revêtements de sol (1999, 2002) et peintures (2001).

**Tableau IV : Résultats fournis par la base de données EIS-Chemrisks (avril 2007)**

Produits / matériaux	Concentration dans le produit / matériau (mg.kg <sup>-1</sup> )	Facteur d'émission	Référence	
<b>Tapis</b>	2,2 ; 4,1 ; 3,1 ; < 0,5 ; 1,2 ; 1,1 ; 7,6 <sup>(1)</sup>	/	(Greenpeace, 2001)	
<b>Peintures pour les enfants</b> (pour peindre à la main)	Type A : 539 ± 67 441 ± 38 547 ± 53 487 ± 49	/	(Garrigos <i>et al.</i> , 2001)	
	Type B : 793 ± 62 756 ± 93 764 ± 39 742 ± 84			
<b>Mobilier :</b> 4 chaises de bureau neuves en acier et plastique <sup>(2)</sup>	/	FE en µg/chaise/heure <sup>(3)</sup> exprimés après :		
			A	B
		4 h :	28 ; 30	13
		8 h :	42 ; 26	14
		24 h :	25	11
		48 h :	20	7
		3 j :	< LD	7
4 j :	20	8		
7 j :	< LD	8		
			(RTP, 1999)	

**Légende :** < LD : concentration mesurée inférieure à la limite de détection

**Notes :** (1) 8 tapis achetés en Angleterre ; technique analytique non précisée

(2) 2 chaises testées par chambre d'essai d'émission (chambre A et chambre B)

(3) Les 2 valeurs correspondent à des réplicats du test

<sup>4</sup> Accès libre avec codes sur demande auprès du coordinateur de EIS-CHEMRISKS : <http://web.jrc.ec.europa.eu/eis-chemrisks/>

### 2.2.2 Données fournies par d'autres agences ou instituts

Dans le cadre du **projet COSI**, le centre commun de recherche (JRC) a recensé en 2005 les **données d'émission des matériaux et produits** afin d'obtenir un premier aperçu des informations disponibles et ainsi d'identifier les manques et donc les besoins de recherche. L'étude s'est focalisée plus particulièrement sur le formaldéhyde, le monoxyde de carbone, le benzène, le dioxyde d'azote et l'acétaldéhyde, polluants jugés prioritaires par le JRC. Les facteurs d'émission (FE) de ces substances par les matériaux, les produits de revêtements liquides, les appareils de combustion, les appareils électroniques (photocopieurs et imprimantes) et d'autres sources comme les textiles ont été recherchés dans la littérature scientifique internationale.

Les gammes de valeurs de ces facteurs d'émission ont été compilées par les auteurs du rapport du projet COSI et sont rapportées dans le tableau V, à l'exception du cas des appareils de combustion et de certains appareils électriques et électroniques, pour lesquels la source documentaire de COSI a déjà été identifiée dans le présent rapport (rapport Danish-EPA N°32 ; facteurs d'émission rapportés dans le tableau III).

Même si ces facteurs d'émission ont été obtenus à partir de méthodes similaires, à savoir des tests en chambre d'essai d'émission, ils sont difficilement comparables puisque les produits testés le sont aussitôt après leur fabrication ou utilisation ou bien de quelques heures ou jours à quelques semaines après.

Tableau V : Produits et matériaux pour lesquels les émissions de formaldéhyde ont été quantifiées et recensées dans l'inventaire COSI (COSI, 2005)

Type de produit	Facteurs d'émission		Unité	Remarque
	min	max		
<b>Produits solides</b>				
Panneaux de particules	82	1 580	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	(Kelly <i>et al.</i> , 1999) (Hodgson, 2002) Matériaux neufs
Panneaux de fibres <i>medium density</i> (MDF)	210	460	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Sol contreplaqué	< 3	103	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Tableaux en bois	9,2	9,2	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Lamellé-collé	< 2,7	51	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Fibre de verre	16 (dalle)	32 (laine d'isolation)	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Serviette en papier	-	< 0,6	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
<b>Produits liquides</b>				
Peintures	100	320	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	(Jo <i>et al.</i> , 2002)
Colles	25	41	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Adhésifs	19	30	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Peinture latex	8,1	663	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	(Kelly <i>et al.</i> , 1999)
Papier peint	27	691	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Peinture murale vinyle	0	54	$\text{mg.kg}^{-1}$	(Salthammer and Fuhrmann, 1993)
Peinture murale acrylique	0	113	$\text{mg.kg}^{-1}$	
Tissu mural	0	17	$\text{mg.kg}^{-1}$	
Durcisseur pour ongles	124	253 000 <sup>(1)</sup>	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	(Kelly <i>et al.</i> , 1999)
Polisseur pour ongles	-	20 700 <sup>(1)</sup>	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
<b>Autres</b>				
Imprimantes laser	< 1	< 3	$\mu\text{g/feuille}$	(Brown <i>et al.</i> , 1999)
Tissu d'ameublement	1 seule mesure : 215		$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	(Kelly <i>et al.</i> , 1999)
Vêtements neufs	42	107	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Chemise lavée une fois	1 seule mesure : 42		$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
Tapis	0,03	20	$\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$	Référence non détaillée
	moyenne : 0,17		$\text{mg.h}^{-1}$	(Yu <i>et al.</i> , 1999)

Note : (1) au moment de son utilisation

Le TNO, institut de recherche hollandais (<http://www.tno.nl/>) a débuté en mai 2006 une étude sur les émissions de formaldéhyde par les **cosmétiques**, via les libérateurs de formaldéhyde plus particulièrement. Les résultats ont été transmis au mandataire, à savoir la *European trade association for the cosmetic, toiletry and perfumery industry* (COLIPA), mais ne sont pas rendus publique à la date de rédaction du rapport.

L'Agence allemande de l'environnement (*Umweltbundesamt*) a publié en juin 2002 une étude sur les émissions de formaldéhyde par des **peintures en phase aqueuse** dans lesquelles le formaldéhyde est utilisé comme **biocide** (UBA, 2002). Des mesures de facteurs d'émission ont été réalisées à partir de la cellule FLEC (*Field Laboratory Emission Cell*) et des mesures de concentration dans l'air de pièces fraîchement repeintes (deux bureaux, une maison expérimentale, un appartement privé ; taux de renouvellement d'air non précisés). Le jour où ces pièces ont été repeintes, la concentration en formaldéhyde variait de 66 à 205  $\mu\text{g.m}^{-3}$  peu de temps après la fin des travaux. Après 7 jours, cette concentration était située entre 13 et 96  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . L'Agence recommande qu'une ventilation adéquate soit effective pendant et après les travaux, afin que les concentrations ne dépassent pas 125  $\mu\text{g.m}^{-3}$ <sup>5</sup>.

Le Bureau européen des Unions de Consommateurs (Beuc) a proposé en 2005 les résultats de tests d'émission de substances chimiques par les désodorisants et parfums d'ambiance. L'étude incluait 74 produits de consommation vendus en Europe.

Les concentrations de formaldéhyde mesurées sont rapportées dans le tableau VI.

**Tableau VI : concentrations (en  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) de formaldéhyde mesurées pour divers désodorisants et parfums d'ambiance (Beuc, 2005)**

Classe de produits	Nombre de produits testés positifs	Concentration mesurée en $\mu\text{g.m}^{-3}$
Papier d'Arménie et autres produits naturels	3	ND à 42
Bougies parfumées <sup>6</sup>	14	1 à 13
Encens	3	51 à 69
Désodorisants en gels	Aucune trace de formaldéhyde dans l'air n'est mesurée au cours de l'utilisation des 9 produits testés	
Désodorisants liquides <sup>7</sup>	1	6
Diffuseurs électriques	13	2 à 13
Sprays <sup>8</sup>	1	1

<sup>5</sup> Valeur guide retenue en Allemagne pour le formaldéhyde dans l'air intérieur depuis 1977, <http://www.umweltbundesamt.de/>

<sup>6</sup> 14 bougies sur 16 testées émettent du formaldéhyde

<sup>7</sup> Seul un produit parmi les 10 produits testés émet du formaldéhyde

<sup>8</sup> Un seul des 21 produits testés émet du formaldéhyde

Une étude danoise publiée en 2004 a déjà mis en évidence de fortes émissions de formaldéhyde sur 6 encens testés. La moyenne de concentration en formaldéhyde mesurée dans l'air est de 5,5 mg par heure ou 3,6 mg par unité d'encens brûlé. Certains encens entraînent des concentrations de plus de 11 mg par heure et près de 6 mg par bâton ou cône brûlé. Ces valeurs correspondent à des concentrations de formaldéhyde en moyenne de 140,3  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , avec un minimum de 49  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour un encens chinois et un maximum de 210  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour un encens indien.

### 2.2.3 Données de la littérature scientifique

De très nombreuses publications scientifiques et communications lors des congrès internationaux sur l'environnement intérieur rapportent des mesures d'émission de formaldéhyde par des **matériaux de construction et d'ameublement, notamment en bois**. Un grand nombre de pays disposent de protocoles de caractérisation des émissions de COV et aldéhydes par ces matériaux (ECA, 2005). Ces mesures ne sont pas détaillées ici dans la mesure où l'on dispose déjà de données récentes pour des produits similaires présents sur le marché français (cf. résultats des tests du CTBA et du CSTB dans le chapitre 2.1.2). De même, des **peintures latex** qui contiennent du formaldéhyde comme agent biocide ont été étudiées (Chang *et al.*, 1999, 2002).

Brown *et al.* (2005) ont caractérisé les facteurs d'émission de **fours électriques**, la source émettrice identifiée pour chacun étant la **laine minérale** à base de résines phénol-formol utilisée pour l'isolation thermique de l'appareil. Les concentrations mesurées dans une pièce expérimentale de 32,4 m<sup>3</sup> (parois inertes, taux de renouvellement d'air mesuré = 1,1 h<sup>-1</sup>, température = 25 ± 1°C et humidité relative = 50 ± 2 %) sont rapportées dans le tableau VII (four en fonctionnement à 250°C pendant toute l'expérimentation).

Tableau VII : Concentration en formaldéhyde dans l'air d'une pièce standard pendant le fonctionnement d'un four neuf (en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (Brown *et al.*, 2005)

Laine isolante du four	Après 30 minutes	Après 1 heure	Après 2 heures	Après 4 heures	Après 1 jour	Après 2 jours
Résine urée-formol – test 1	1 600	2 400	1 800	850	110	37
Résine urée-formol – test 2	1 200	1 900	1 300	700	<i>non mesurée</i>	<i>non mesurée</i>
Liant acrylique	< 10	120	< 10	380	<i>non mesurée</i>	<i>non mesurée</i>

Les émissions de formaldéhyde par les **textiles** ont été testées dans une chambre d'essai d'émission en Pologne (Wiglusz *et al.*, 1991). Les résultats sont rapportés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Émissions de formaldéhyde par des textiles neufs (en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ) (Wiglusz *et al.*, 1991)

Textile	Humidité relative 25 – 45 %					Humidité relative 65 – 85 %				
	25°C		35°C		45°C	25°C		35°C		45°C
	Après 1 semaine	Après 3 semaines	Après 1 semaine	Après 3 semaines	Après 1 semaine	Après 1 semaine	Après 3 semaines	Après 1 semaine	Après 3 semaines	Après 1 semaine
<b>Rideaux</b>	140	/	/	/	210	500	/	/	/	1 181
<b>Couvre-lit</b>	50	/	/	/	250	360	/	/	/	850
<b>Couvre-lit</b>	110	/	/	/	130	260	/	/	/	410
<b>Rideaux</b>	130	100	180	110	/	330	20	590	400	/
<b>Rideaux</b>	30	20	50	30	/	40	20	80	30	/
<b>Rideaux</b>	40	30	/	/	/	110	60	170	80	/

Légende : / = facteur d'émission non déterminé

Les émissions de formaldéhyde par les **imprimantes laser** ont été mesurées par Tuomi *et al.* (2000) dans une chambre d'essai d'émission. Les facteurs d'émission variaient de 100 à 300  $\mu\text{g}/\text{h}$ , 8 impressions d'une page ayant été réalisées durant l'heure de test, soit une émission de 13 à 38  $\mu\text{g}/\text{feuille}$ .

D'autres articles ou rapports, proposant des résultats d'émissions pour le formaldéhyde associées à des produits ou matériaux, soulignent également la multiplicité des sources. L'annexe 6 propose, pour la France, un bilan des utilisations de formaldéhyde associées à des émissions dans les environnements clos.

### 3 Quelle hiérarchisation possible des contributions aux expositions de la population générale au formaldéhyde dans l'air ?

Compte tenu des multiples sources de formaldéhyde dans les environnements intérieurs, il serait intéressant et utile, éventuellement à travers la modélisation, de pouvoir identifier la(les) plus préjudiciable(s) pour la qualité de l'air dans une perspective de gestion. Cependant, **il apparaît relativement difficile d'identifier les matériaux ou produits contributeurs à la concentration en formaldéhyde dans une pièce pour plusieurs raisons :**

- les sources émettrices sont très nombreuses ;
- les teneurs en formaldéhyde dans ces matériaux et produits et leurs potentiels émissifs sont très hétérogènes. Les tests réalisés par le CSTB sur les produits d'une même gamme le montrent de façon évidente (lingettes nettoyantes pour le sol, colles murales, par exemple) (CSTB, 2006). En outre, ces teneurs évoluent probablement régulièrement ou ont évolué les années passées d'après les fabricants. Les concentrations en formaldéhyde (%) rapportées dans la BNPC ne sont plus nécessairement celles des produits actuellement sur le marché français ;
- les facteurs d'émission sont mesurés de façons diverses et exprimés dans des unités parfois différentes. Par ailleurs, ils ne sont pas disponibles pour tous les produits pouvant émettre du formaldéhyde. Par exemple, il existe peu d'informations sur les émissions des nettoyeurs ménagers ; seuls les tests cités dans le chapitre 2.1.1 sont disponibles (CSTB, 2006). Les résultats, exprimés en concentration dans la pièce à différents intervalles de temps après leur utilisation, sont joints en annexe 3 ;
- les sources permanentes émettent à différents degrés selon leur ancienneté (mais il n'a pas été trouvé de publications fournissant les facteurs d'émission de matériaux au-delà de 12 mois, (Järnström *et al.*, 2007)) et les paramètres d'ambiance (température et humidité relative) (Haghighat et De Bellis, 1998) ;
- les sources ponctuelles dépendent des activités, plus ou moins régulières, des occupants des locaux ;
- les concentrations intérieures dépendent directement de caractéristiques propres au bâtiment (perméabilité du bâti, dispositif de ventilation...) ;
- les composés chimiques libérateurs de formaldéhyde ne sont pas tous identifiés et leur contribution aux émissions de formaldéhyde reste inconnue ;
- l'air extérieur peut jouer un rôle, notamment via l'apport d'ozone, en période de chaleur en particulier. Cet ozone participe aux réactions chimiques dans l'air intérieur et ainsi à la formation de formaldéhyde secondaire (Nazaroff et Weschler, 2004 ; Nicolas *et al.*, 2007). Cette réactivité chimique augmenterait ponctuellement la concentration intérieure en formaldéhyde de 3 à 15  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  ;
- Il existe des phénomènes de sorption et de désorption des COV à partir de multiples surfaces présentes dans les environnements intérieurs (murs, plafonds, meubles...) (Zellweger *et al.*, 1995). Ces processus peuvent influencer la cinétique des concentrations de formaldéhyde dans l'air intérieur.

Pour toutes ces raisons, une modélisation globale (multi-sources) apparaissait complexe et n'a pas été développée dans le cadre de cette expertise. Il est à noter que cette initiative fait l'objet de programmes de recherche, notamment par le CSTB.

Plusieurs publications scientifiques proposent cependant l'identification et la hiérarchisation des déterminants des concentrations intérieures en formaldéhyde.

L'Institut de santé environnementale du Royaume-Uni (IEH) identifie les **mousses urée-formol** comme le contributeur majoritaire (IEH, 1996). Cependant, leur utilisation s'étant fortement réduite depuis les années 1990, leur contribution a vraisemblablement diminué voire complètement disparu aujourd'hui.

Le BfR a proposé une modélisation des concentrations intérieures attribuables à différentes sources dans le cadre de son expertise récente sur le formaldéhyde (BFR, 2005). L'agence s'est essentiellement basée sur les travaux de Kelly *et al.* (1999) qui avaient caractérisé les émissions de matériaux et produits variés. Cette hiérarchisation est rapportée dans le tableau IX. Un taux de renouvellement d'air de  $0,2 \text{ h}^{-1}$  est retenu (ventilation plutôt faible).

**Tableau IX : Concentrations intérieures en formaldéhyde modélisées attribuables aux sources émettrices présentes (hors combustion ;  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) (BFR, 2005)**

Produits ou matériaux	Facteur d'émission (Kelly <i>et al.</i> , 1999) ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	Volume de la pièce ( $\text{m}^3$ )	Surface émettrice ( $\text{m}^2$ )	Concentration intérieure attribuable à la source de formaldéhyde ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )	
Panneau de particules brut	1 580 (max)	40	20	3 950	
	170			425	
Panneau de particules recouvert <sup>(1)</sup>	460 (max)			40	1 150
	16			40	40
Lamellé-collé	14			40	35
Toile de verre	32			40	80
Papier peint	9	40	20	23	
Tissu d'ameublement	215 (max)	40	20	540	
Vêtements <sup>(2)</sup>	42	20	1	11	
Produits en papier <sup>(3)</sup>	0,6	40	20	1,5	
Durcisseur pour ongle					
- non utilisateur	178 000	20	0,002	1,2 <sup>(5)</sup>	
- utilisateur	178 000	5 <sup>(4)</sup>	0,002	4,9 <sup>(5)</sup>	

Notes : (1) par un revêtement du type vernis, lasure, laque...

(2) ayant été lavés une fois

(3) du type serviette en papier, nappe en papier

(4) Ce volume ne correspond pas au volume de la pièce, mais à celui d'air autour de la personne qui applique le produit

(5) Calculs non explicités dans le rapport du BFR

Ce travail proposé par le BFR confirme que les produits neufs sont les plus émetteurs et qu'ainsi, dans le contexte d'un intérieur neuf ou rénové, ce sont les matériaux qui contribuent à des concentrations potentiellement élevées de formaldéhyde. En dehors de ce contexte et gardant à l'esprit les incertitudes associées à cette modélisation, on peut cependant dégager une tendance qui semblerait montrer que, de façon générale, **les matériaux du bâtiment et le mobilier en bois non massif contribueraient plus aux concentrations intérieures en formaldéhyde que les textiles et cosmétiques, toutes choses égales par ailleurs (ventilation...).**

Cette tendance est cohérente avec les mesures du CSTB et du CTBA réalisées pour le compte de l'AFSSET et rapportées pour partie dans le tableau I (CSTB, 2005 ; CTBA, 2006, 2007a). Même si les produits testés ne sont aucunement représentatifs des produits sur le marché français, y compris au sein d'une gamme de produits, et qu'on ne peut formuler de généralités par type de produits, on constate néanmoins que **les facteurs d'émission les plus élevés sont obtenus pour des panneaux de bois (hors bois massif) et des produits associés aux matériaux du bâti : peintures, lasures, colles.**

L'Agence danoise de l'environnement a compilé l'ensemble de ces rapports d'évaluation des émissions de substances chimiques par les produits d'usage courant pour proposer une évaluation globale des expositions de la population aux substances multi-sources (D-EPA, 2006). Cependant, tous les produits testés n'ont pas été pris en compte dans la modélisation de la concentration intérieure à partir des facteurs d'émission (textiles exclus par exemple). En outre, les matériaux reconnus comme émetteurs de formaldéhyde (fours, lames décoratives, chargeurs et transformateurs) ne sont pas inclus dans la liste des produits grand public testés. En conséquence, la hiérarchisation proposée dans le cas du formaldéhyde ne paraît pas très instructive.

Deux études françaises récentes ont cherché à identifier les déterminants des concentrations en formaldéhyde dans le logement. D'une part, dans le cadre d'une thèse de doctorat, les concentrations intérieures en formaldéhyde ont été mesurées (prélèvement actif) dans le salon et la chambre de 162 logements du département du Bas-Rhin (Marchand, 2005). Des régressions multiples ont été effectuées sur 7 variables descriptives du logement et 9 variables propres à chaque pièce, renseignées par questionnaire. Dans les deux pièces du logement, **l'âge des revêtements du plafond** apparaît comme la variable explicative principale des concentrations (diminution avec l'âge). Pour la chambre, une influence significative de **l'âge du mobilier** (diminution avec l'âge), ainsi que de **la présence d'un parquet stratifié** (augmentation de la concentration) a également été observée. Aucune corrélation n'a été observée entre le pourcentage de bois aggloméré et la concentration en formaldéhyde, dans chaque pièce. Enfin, aucune des variables associées à l'utilisation de produits ménagers du type désodorisant, nettoyant, aérosol, ou de bougies, lampe ou encens ne présente une influence significative sur les concentrations intérieures en formaldéhyde. D'autre part, dans le cadre d'une étude ayant mesuré le formaldéhyde dans 61 logements parisiens (prélèvement passif 72 heures ; salon et chambre), une analyse statistique par régression linéaire multiple a permis de montrer que les concentrations intérieures en formaldéhyde étaient principalement liées à **l'âge des revêtements de sol** (concentrations plus élevées lorsque les sols datent de moins de 1 an) (Clarisse *et al.*, 2003). Le volume de bois aggloméré n'est pas apparu comme étant influent.

**En conclusion générale**, au regard des usages et des volumes de formaldéhyde consommés annuellement en France (ainsi que des ordres de grandeur des facteurs d'émission disponibles dans la littérature et obtenus pour des produits sur le marché français), une contribution *a priori* plus prépondérante de certains matériaux, incluant leurs revêtements, et du mobilier en bois (hors massif), semble se dessiner. Ceux-ci ne sont cependant pas les seuls émetteurs de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et les produits d'entretien domestique pourraient avoir une influence non négligeable. L'identification des déterminants des concentrations intérieures en formaldéhyde demeure néanmoins très complexe.

## 4 Lien entre composition et émission

Dans le cadre de la saisine, de nombreuses études de composition et d'émission de formaldéhyde pour diverses catégories de produit ont été initiées afin de répondre aux différents volets de l'évaluation des risques sanitaires. L'analyse des résultats porte plus particulièrement sur les produits de consommation et repose sur :

- des mesures d'émission en formaldéhyde à partir d'un panel de produits de consommation (CSTB) ;
- des mesures d'émission en formaldéhyde à partir de produits d'ameublement (FCBA, anciennement CTBA) ;
- de la composition des produits liquides type vernis, colles... testés pour l'émission par le CSTB et le FCBA notamment la teneur initiale en formaldéhyde et les COV majoritaires (LNE). Dans le cadre de ce travail, les libérateurs de formaldéhyde n'ont pas été recherchés ;
- des compositions théoriques de ces produits extraites de la BNPC (formulations transmises par les industriels aux CAPTV).

L'analyse avait pour objectif :

- d'analyser les relations entre compositions et émission de formaldéhyde, notamment d'explicitier l'évolution des concentrations au cours du temps et tenter de comprendre les niveaux d'émission de formaldéhyde par certains produits alors que ni le formaldéhyde ni des libérateurs de formaldéhyde reconnus n'avaient été déclarés dans la composition des produits,
- d'identifier les principales sources contributrices de formaldéhyde en environnement intérieur,
- d'évoquer l'importance des libérateurs de formaldéhyde et d'éventuelles formations secondaires de formaldéhyde (réactivité chimique...).

L'annexe 7 synthétise l'ensemble des valeurs de composition et d'émission disponibles dans le cadre de cette saisine pour les produits de consommation courante.

L'analyse de chacun des produits testés a permis de dégager des hypothèses en vue d'établir éventuellement un lien entre la composition des produits et l'émission en formaldéhyde.

Pour certains produits destinés à être brûlés (type bâton d'encens ou bougie) et ne contenant initialement pas de formaldéhyde, la combustion semble être à l'origine d'une émission de formaldéhyde relativement faible.

Pour les produits contenant initialement du formaldéhyde dans leur composition, les émissions de formaldéhyde restent relativement élevées et supérieures aux autres produits (données du LNE confirmées par le dosage semi-quantitatif réalisé par le FCBA sur les produits avant essais d'émission)

Pour les produits incluant des libérateurs de formaldéhyde type 1,3-diméthylol-5,5-diméthylhydantoïne (DMDM), des émissions de formaldéhyde ont pu être relevées, parfois assez élevées (ex : lingette sols à visée antibactérienne).

Pour les produits n'incluant apparemment pas de formaldéhyde ou de libérateurs selon les informations transmises par les industriels aux CAPTV, des émissions de formaldéhyde ont pu être détectées impliquant différentes hypothèses :

- Le CAPTV ne dispose pas de la composition exacte du produit (changement de formulation ? erreur de l'industriel ?),

- D'autres libérateurs de formaldéhyde sont présents mais non encore identifiés à l'heure actuelle (notamment les isothiazolinones),
- Une réaction secondaire s'opère entre l'ozone et certains terpènes ou autres substances chimiques dégagés par les produits aboutissant à la formation de formaldéhyde,
- Les émissions relevées procèdent d'un problème de méthodologie analytique.

Les experts soulignent que les émissions ou les variations d'émission entre 0 et 9  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  n'apparaissent pas forcément pertinentes et pourraient s'expliquer par les imprécisions liées aux techniques de mesure et de quantification.

A la lumière de ces données, les experts attirent l'attention du gestionnaire sur la nécessité d'une modélisation globale afin d'identifier précisément les principaux contributeurs pour l'exposition de la population générale au formaldéhyde. Par ailleurs, ils soulignent le fait qu'il est plus pertinent de s'appuyer sur des tests d'émission plutôt que sur la composition du produit afin d'évaluer l'exposition de la population générale au formaldéhyde.

## 5 Conclusion

Le rapport souligne la multitude des sources d'émission de formaldéhyde associées à des produits ou des matériaux dans les environnements clos. Il présente les principales données françaises avant de proposer d'autres données d'émission issues de bases de données étrangères ou de la littérature scientifique.

Il apparaît néanmoins difficile d'identifier les déterminants de l'exposition au formaldéhyde et de hiérarchiser les matériaux ou produits contributeurs à la concentration en formaldéhyde dans les environnements intérieurs. Ainsi, une modélisation globale (multi-sources) apparaissait difficile à construire (insuffisance de données, complexité du modèle...) et n'a pas été développée dans le cadre de cette expertise. Cependant, au regard des usages et des volumes de formaldéhyde consommés annuellement en France (ainsi que des ordres de grandeur des facteurs d'émission disponibles dans la littérature et obtenus pour des produits sur le marché français), une contribution *a priori* plus prépondérante de certains matériaux, incluant les revêtements, et du mobilier en bois (hors massif), semble se dessiner. Ceux-ci ne sont cependant pas les seuls émetteurs de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et les produits d'entretien domestique pourraient avoir une influence non négligeable.

L'analyse des relations entre les émissions des produits de consommation courante testés dans le cadre de cette saisine et les données de composition disponibles a permis de dégager quelques hypothèses concernant l'origine de formaldéhyde dans les émissions liées notamment à la combustion, la présence de formaldéhyde ou de libérateurs dans les produits. Cependant, les résultats d'émission restent hétérogènes et certaines données paraissent inexplicables. Ainsi, les experts soulignent le fait qu'il est plus pertinent de s'appuyer sur des tests d'émission plutôt que sur la composition du produit afin d'évaluer l'exposition de la population générale au formaldéhyde.

## 6 Bibliographie

Afsset (2008) Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs aux fibres minérales artificielles. Rapport d'expertise relatif aux laines minérales et aux filaments continus de verre.

Beuc (2005) Emission of chemicals by air fresheners. Test on 74 consumer products sold in Europe. 54 pp.

BFR (2005) Exposition des Verbrauchers gegenüber Formaldehyd, Bundesinstitut für Risikobewertung. <http://www.bfr.bund.de>

Brown S.K., Cheng M. and Mahoney K.J. (2005) Pollutant emissions from new electric ovens. *Proceedings: Indoor Air 2005*, 2206-2211

Brown SK. (1999). Assessment of pollutant emissions from dry-process photocopiers. *Indoor Air*. 9(4):259-67.

Chang J.C., Fortmann R., Roache N.F. and Lao H. (1999) Evaluation of low-VOC latex paints, *Indoor Air*, 9(4): 253-258.

Chang J.C., Guo Z., Fortmann R. and Lao H. (2002) Characterisation and reduction of formaldehyde emissions from a low-VOC latex paints, *Indoor Air*, 12(1): 10-16.

CICAD (2002) Concise International Chemical Assessment Document 40, Formaldehyde, International Programme on Chemical Safety (IPCS).  
<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad40.htm>

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

COSI (2005) Characterization of Indoor Sources, Emissions of Chemical Substances from Materials and Products, Yuri Bruinen de Bruin, Dimitrios Kotzias and Stylianos Kephelopoulos, EUR 21500 EN 2005.  
[http://www.jrc.cec.eu.int/pce/documentation/eur\\_reports/report\\_EUR21500en2005.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/documentation/eur_reports/report_EUR21500en2005.pdf)

CSTB (2005) Caractérisation des émissions de COV et de formaldéhyde par six produits de construction, Rapport final SB-05-0576 du 19 décembre 2005

CSTB (2006) Caractérisation des émissions de formaldéhyde par différents types de produits, Rapport final SB-06-044 du 30 août 2006

CSTB. (2007). Caractérisation de la libération des fibres minérales artificielles dans l'air par des matériaux vieilliss.

CTBA (2006) Détermination de l'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) à partir de produits de construction, méthode de la chambre d'essai d'émission (pr NF EN 13419-1 : 2003), rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1074/05C du 8 février 2006

CTBA (2007a) Détermination de l'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) à partir de produits d'ameublement et d'aménagement intérieur selon la norme NF EN ISO 16000-9 : 2006, rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1158/05C/a du 2 avril 2007

CTBA (2007b) Détermination de l'émission de composés volatils (COV, formaldéhyde) à partir de produits liquides à usage spécifique bois, rapport d'essais n°CTBA-IBC/67/1158/05C/b/c du 27 juillet 2007

D-EPA (2006) Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products, Survey of Chemical Substances in Consumer Products N°75.

[http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer\\_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm](http://www.mst.dk/English/Chemicals/Consumer_Products/Surveys-on-chemicals-in-consumer-products.htm)

ECA (2005) Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU, Inventory of existing schemes, Report N°24, European Collaborative Action, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, European Commission, EUR 21891.48 p.  
[http://www.irc.cec.eu.int/pce/eca\\_reports/ECA\\_Report24.pdf](http://www.irc.cec.eu.int/pce/eca_reports/ECA_Report24.pdf)

Flyvholm M.A. and Andersen P. (1993) Identification of formaldehyde releasers and occurrence of formaldehyde and formaldehyde releasers in registered chemical products, *American Journal of Industrial Medicine*, 24(5): 533-52.

Garrigos M.C., Reche F., Jiménez A. (2001) Potentially Toxic Colorant Precursors and Preservatives Used in Finger-Paints, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 66(5), 557-562.

Greenpeace (2001) Hazardous chemicals in carpets, Allsopp A., Santillo D. & Johnston P. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 01/2001, January 2001: 14 pp.  
<http://www.greenpeace.to/publications/carpet.pdf>

Haghighat F. and De Bellis L. (1998) Material Emission Rates: Literature Review, and the Impact of Indoor Air Temperature and Relative Humidity, *Building and Environment*, 33(5): 261-277.

Hodgson A.T., Beal D., McIlvaine J.E.R. (2002) Sources of formaldehyde, other aldehydes and terpenes in a new manufactured house, *Indoor Air* 12(4): 235-242.

IARC (2004) International Agency for Research on Cancer, Volume 83, Tobacco Smoke and Involuntary Smoking, 1452 pages, Lyon, France, ISBN 92 832 1283 5

IARC (2006) Volume 88, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol, 478 pages, Lyon, France, ISBN 92 832 1288 6

IEH (1996) IEH Assessment on indoor air quality in the home, Medical Research Council, Institute for Environment and Health, University of Leicester. ISBN 1899110054. 384 pages.  
<http://www.le.ac.uk/ieh/>

Ineris (2007) Filières de production et d'utilisation du formaldéhyde, produits de substitution existants et en développement. RAPPORT D'ÉTUDE 31/08/2007 réf. DRC-07-71747-10905A. 56 pp

Järnström H., Saarela K., Kalliokoski P. and Pasanen A.L. (2007) Reference values for structure emissions measured on site in new residential buildings in Finland, *Atmospheric Environment*, 41: 2290-2302.

Jo W.J., Kim H.S., Cheon J.Y. (2002) A pre-study of HCHO and VOCs emissions from building materials for setting emission criteria. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Monterey, CA, June 30-July 5 2002. pp. 615-618.

Kelly T.J., Smith D.L. and Satola J. (1999) Emission rates of formaldehyde from materials and consumer products found in California homes, *Environmental Science & Technology*, 33(1): 81-88

- Marchand C. (2005) Incidences 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 soutenue le 2 décembre 2005
- Nazaroff W.W. and Weschler C.J. (2004) Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants, *Atmospheric Environment*, 38: 2841-2865
- NF EN ISO 16000-9 : Air intérieur – Partie 9 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-1).
- NF EN ISO 16000-10 : Air intérieur – Partie 10 : dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission (AFNOR 2006, ISO 2006) (ancienne norme pr NF EN 13419-2).
- Nicolas M., Ramalho O. and Maupetit F. (2007) Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions, *Atmospheric Environment*, 41(15): 3129-3138.
- OCDE (2002) The Development Dimension of Trade and Environment: Case Studies on Environmental Requirements and Market Access, Joint Working Party on Trade and Environment, COM/ENV/TD(2002)86/FINAL, 19 Nov 2002 <http://www.oecd.org/dataoecd/23/15/25497999.pdf>
- RTP (1999) Environmental Technology Protocol Verification Report. Emissions of VOCs and Aldehydes from Commercial Furniture. Research Triangle Park, NC, USA, Research Triangle Institute for the U.S. Environmental Protection Agency
- Salthammer T. and Fuhrmann F. (1993) Release of organic and inorganic compounds from wallcoverings. *Proceedings of Indoor Air 93*; Vol. 2, pp. 531-536.
- SCCNFP (2002) Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food-Products Intended for Consumers, Opinion concerning the determination of certain formaldehyde releaser in cosmetic products
- SIDS (2003) Screening Information Data Set Formaldehyde (CAS-No. 50-00-0), OECD HPV Chemicals Programme.  
<http://www.inchem.org/documents/sids/sids/FORMALDEHYDE.pdf>
- Tuomi T., Engström B., Niemela R. *et al.* (2000) Emission of ozone and organic volatile from a selection of laser printers and photocopiers, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15(8): 629-634.
- UBA (2002) Biozidmissionen aus Dispersionsfarben, Zum Vorkommen von Isothiazolinonen, Formaldehyd und weiteren innenraumrelevanten Verbindungen, Horn W., Roßkamp E., Ullrich D., Umweltbundesamt, Berlin.  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3178.pdf>
- Weschler CJ (2004) Chemical reactions among indoor pollutants: what we've learned in the new millennium. *Indoor Air*, 14 (S7), 184-194
- Wiglusz R., Sitko E. and Jarnuszkiewicz I. (1991) Formaldehyde release from furnishing fabrics. Effect of ageing, temperature and air humidity, *Bull. Inst Marit Trop Med Gdynia*, 42(1-4): 51-56.
- Yu C.W.F., Crump D.R., Squire R.W. (1999) The effect of new materials on the indoor concentrations of VOCs and formaldehyde in an occupied test house. The 8<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate. *Proceedings of Indoor Air 1999a*; Vol. 1, pp 420-423
- Zellweger C., Gerig R., Hill M. and Hofer P. (1995). VOC emissions from building materials: Comparison of chamber emission data with concentrations in real rooms. In: M Maroni, Editor, *Proceedings of Healthy Buildings '95* vol. 2, pp. 845–850

---

## **ANNEXES**

---

## Annexe 1 : Lettres des saisines

 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE		COURRIER REÇU LE 30 NOV. 2004 8294
<b>MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE</b> Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale Direction de la prévention des pollutions et des risques	<b>MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DE LA PROTECTION SOCIALE</b> Direction générale de la santé DGS / SD7C / 723	
001058	Le directeur général de la santé Le directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale Le directeur de la prévention des pollutions et des risques	
	à	
	Madame la directrice Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale 27-31 Avenue du Général Leclerc 94701 MAISONS ALFORT	
	Paris, le <b>24 NOV. 2004</b>	
<p><b>OBJET :</b> Evaluation des risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs</p> <p><b>REF :</b> Saisine du 28 avril 2004 (Procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction)</p> <p>Madame la directrice générale,</p> <p>Par courrier du 28 avril 2004 cité en référence, nous vous avons sollicitée pour la mise en place d'une procédure d'évaluation des risques sanitaires concernant les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de construction.</p> <p>Le 15 juin 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a annoncé que le formaldéhyde est cancérigène pour l'homme. Nous avons donc saisi l'INRS en juillet 2004, afin qu'il travaille à la révision de la classification européenne du formaldéhyde.</p> <p>Dans ce contexte, nous sollicitons à nouveau l'expertise de votre agence sur cette substance afin de procéder en particulier à une évaluation des risques sanitaires engendrés par son exposition dans les environnements intérieurs en France – qu'il soit émis par les produits de construction ou par toute autre source – ainsi que dans les environnements extérieurs. Cette évaluation des risques suivra, pour ce qui concerne les matériaux de construction, la méthodologie élaborée dans le cadre de la saisine du 28 avril 2004.</p> <p>A cette fin, nous vous demandons notamment de :</p>		

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

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

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

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

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

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

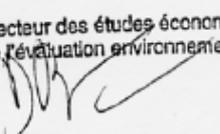
Le directeur général de la santé,



Professeur William DAB

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

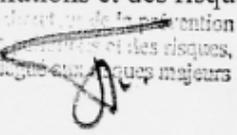
Le directeur des études économiques  
et de l'évaluation environnementale



Dominique BUREAU

Le directeur de la prévention des  
pollutions et des risques,

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



Thierry TROUVE



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

COURRIER REÇU LE

- 5 JAN. 2005

8872

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

Télécopie : 01 44 38 26 48

Le directeur des relations du travail

à

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

Copie :

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

Paris, le 30 décembre 2004

Affaire suivie par : Marielle FAYOL / Céline POUJOULAS

Tél : 01 44 38 31 33 / 01 44 38 27 89

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

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

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

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

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

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

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

Le directeur des relations du travail

Jean-Denis COMBRELLE

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

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

### RAPPEL DES RUBRIQUES DE LA DECLARATION PUBLIQUE D'INTERETS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**SR-A**

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

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

**ORGANISME-EXPERT PARTICIPANT**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Annexe 3 : Concentrations en formaldéhyde dans l'air après utilisation de produits ménagers (CSTB, 2006)

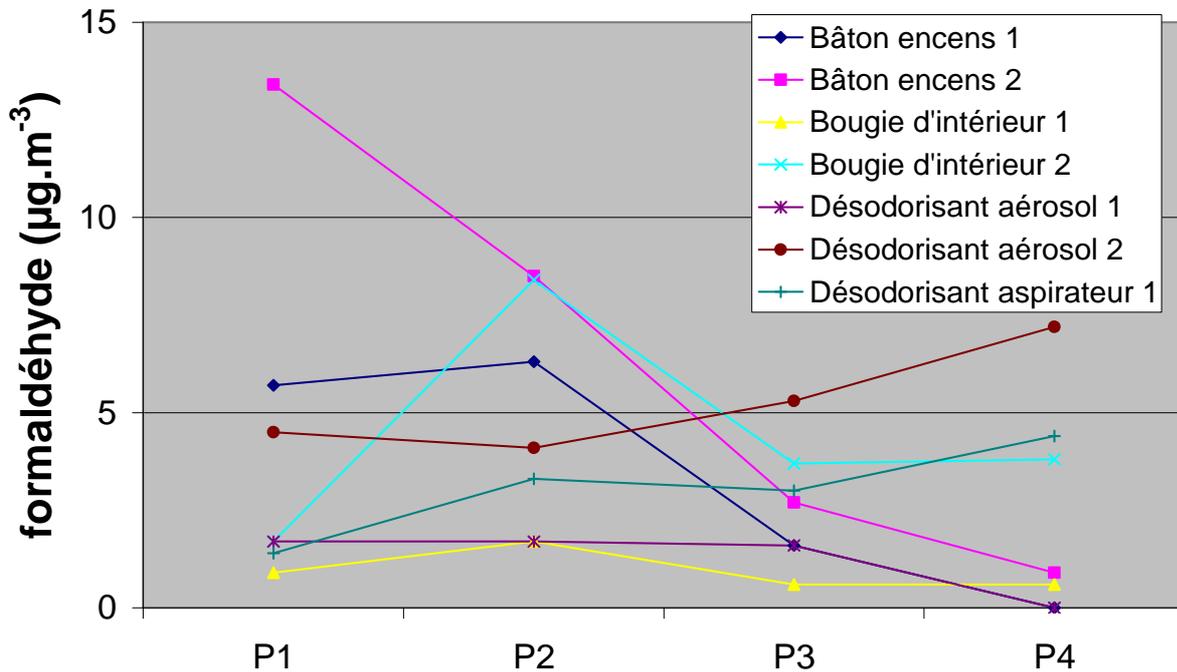
Les tests ont été réalisés dans la maison expérimentale MARIA du CSTB dans les conditions normales d'utilisation de ces produits. Pour plus d'information, consulter le rapport (CSTB, 2006).

N° Produits	Durée des prélèvements (en minutes) après t = 0 de l'utilisation ou du début de la combustion				Concentration en formaldéhyde dans la pièce (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )			
	t 1	t 2	t 3	t 4	t 1	t 2	t 3	t 4
1 encens en spirale	60	60	60	60	5,7	6,3	1,6	< 0,3
2 bâton d'encens	25	60	60	60	13,4	8,5	2,7	0,9
3 diffuseur électrique	60	60	60	60	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
4 diffuseur électrique	60	60	60	60	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
5 mèche	60	60	60	60	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
6 mèche	60	60	60	60	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
7 bougie	60	60	60	60	0,9	1,7	0,6	0,6
8 bougie	60	60	60	60	1,7	8,4	3,7	3,8
9 aérosol	30	30	30	30	1,7	1,7	1,6	< 0,3
10 aérosol	30	30	30	30	4,5	4,1	5,3	7,2
11 désodorisant aspirateur	30	30	30	30	1,4	3,3	3	4,4
12 désodorisant aspirateur	30	30	30	30	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
13 nettoyeur moquette	30	30	30	30	8,3	9,6	10,5	10,5
14 nettoyeur moquette	30	30	30	30	10,4	9,9	8,2	5,9
15 détachant moquette	30	30	30	30	6,1	6,6	6,6	5,4
16 détachant moquette	30	30	30	30	4,4	4,6	5,3	5,4
17 bloc WC	30	30	30	30	< 0,3	1,8	3	4
18 bloc WC	30	30	30	30	5,6	5,8	9,3	12,5

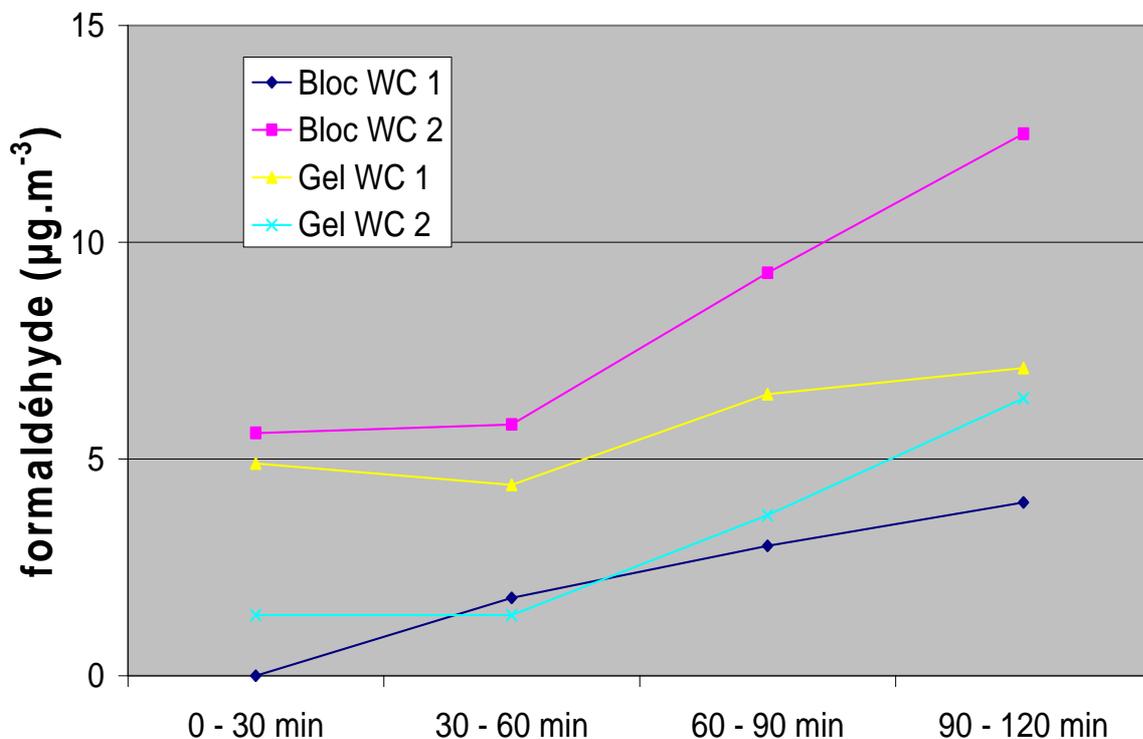
N° Produits	Durée des prélèvements (en minutes) après t = 0 de l'utilisation ou du début de la combustion				Concentration en formaldéhyde dans la pièce (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )			
	t 1	t 2	t 3	t 4	t 1	t 2	t 3	t 4
19 gel WC	15	30	30	30	4,9	4,4	6,5	7,1
20 gel WC	15	30	30	30	1,4	1,4	3,7	6,4
21 nettoyant vitres	30	30	30	30	2,7	3,5	4,3	12
22 nettoyant vitres	30	30	30	30	1,7	2,9	3,8	4,4
23 lingette vitres	30	30	30	30	1	1,4	2,1	2,5
24 lingette vitres	30	30	30	30	1,4	4	4,5	5,8
25 Dépoussiérant meuble	30	30	30	30	2,2	3,4	4,6	5,2
26 Dépoussiérant meuble	30	30	30	30	2,5	5	8,2	10,9
27 lingette sols	30	30	30	30	6,1	2,7	0,8	0,9
28 lingette sols	30	30	30	30	1 249	410	209	128
29 nettoyant sol pur	30	30	30	30	46,6	19,7	9,3	3,6
30 nettoyant sol dilué	30	30	30	30	8,9	2,5	1,5	0,7
31 nettoyant sol pur	30	30	30	30	47,9	27,1	10,1	2,3
32 nettoyant sol dilué	30	30	30	30	12,1	5,6	2,9	1,4
33 nettoyant SM pur	30	30	30	30	9,2	4	1,5	< 0,3
34 nettoyant SM pur	30	30	30	30	4,8	4	0,7	0,6
35 nettoyant SM dilué	30	30	30	30	10,1	3,9	1,1	< 0,3

Légende : SM = Savon de Marseille

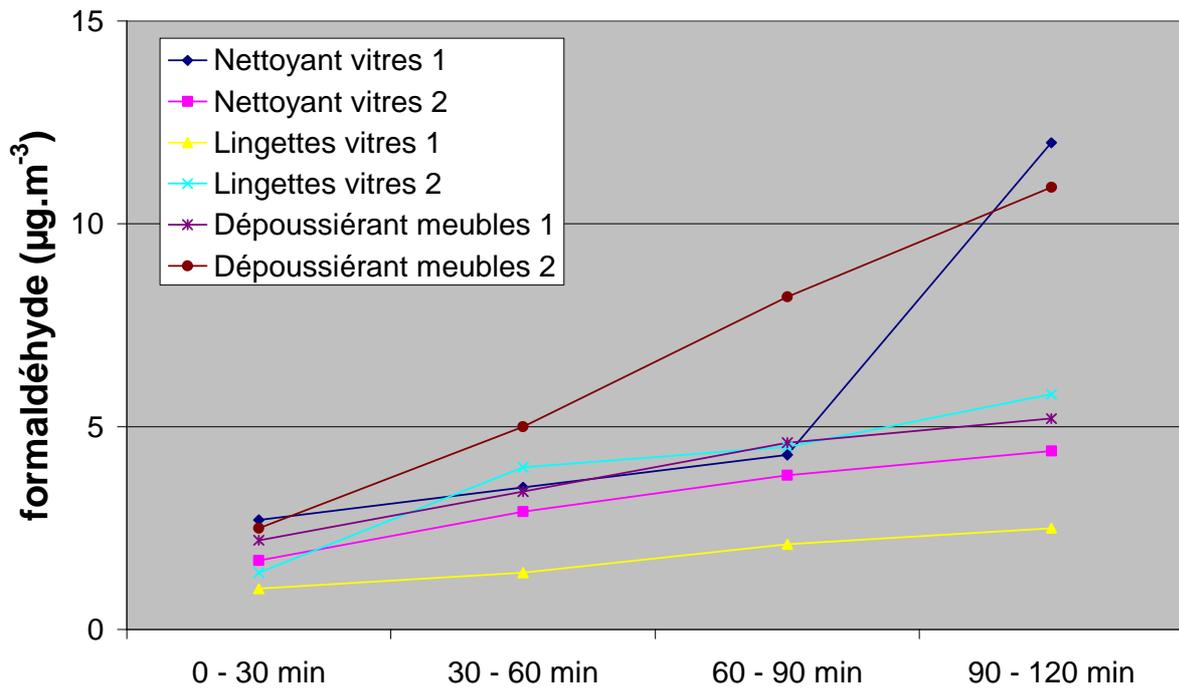
Les mesures des concentrations en formaldéhyde émis à différents intervalles par les diverses catégories de produits testés sont les suivantes :



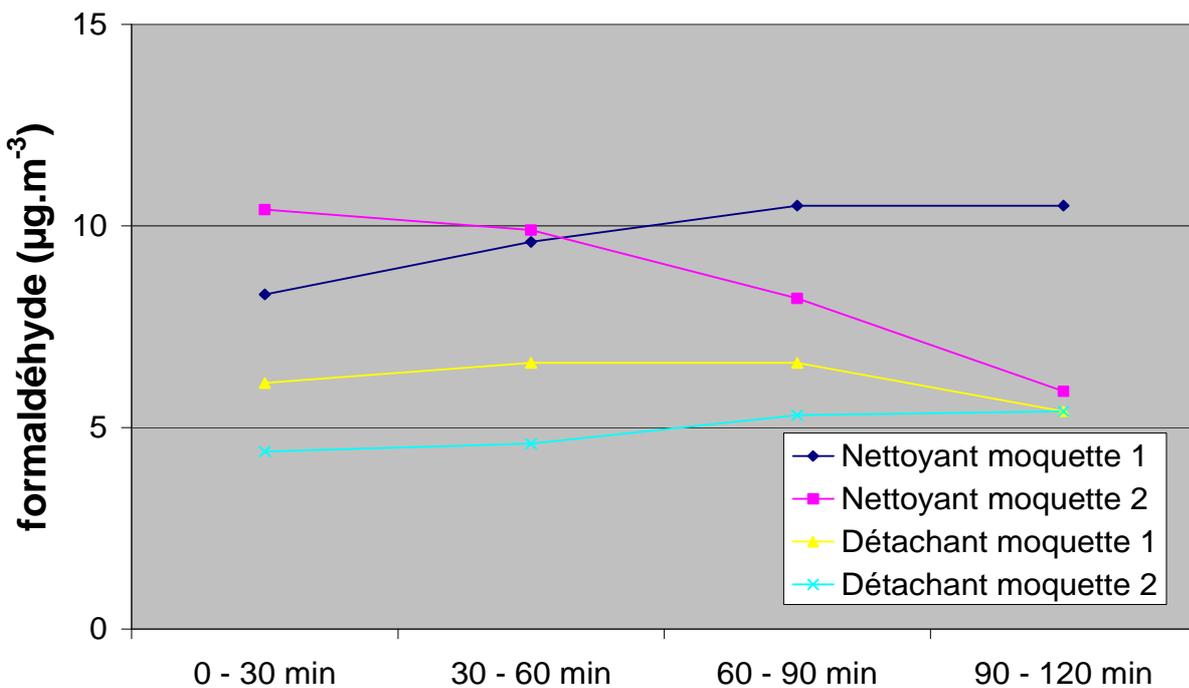
Concernant les **désodorisants d'intérieur**, on constate que les diffuseurs électriques, les désodorisants mèches et le désodorisant aspirateur 2 n'émettent pas de formaldéhyde. Tous les autres produits émettent du formaldéhyde pendant ou après leur utilisation (concentration max =  $13,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )



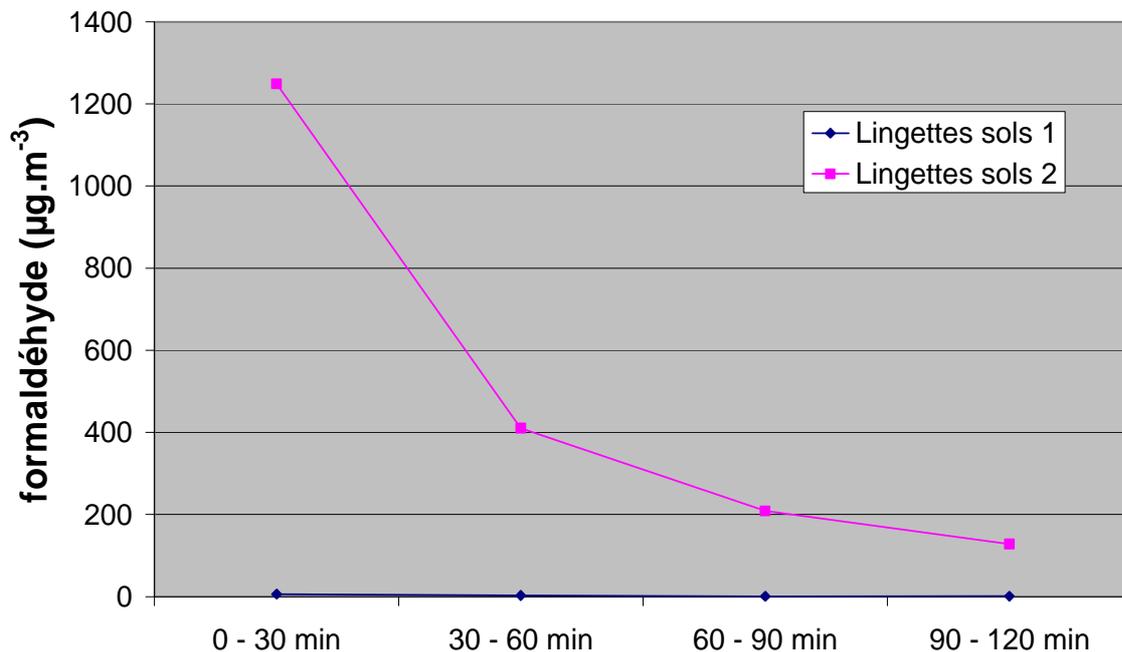
Concernant **les produits WC**, on constate que les 4 produits testés émettent du formaldéhyde (concentration max = 12,5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).



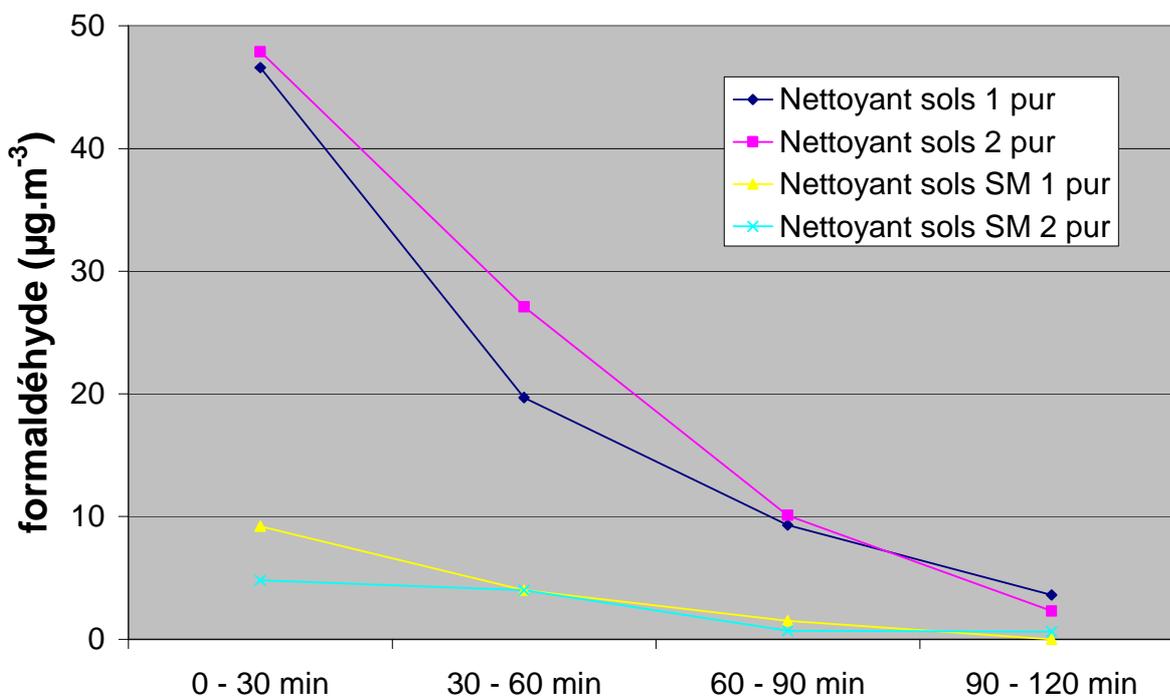
Concernant **les produits d'entretien**, tous les produits testés émettent du formaldéhyde (concentration max = 12,0  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) avec une tendance générale à l'augmentation des concentrations après utilisation des produits.



Concernant **les produits de nettoyage des sols**, les produits nettoyeurs et détachants moquette testés émettent tous du formaldéhyde, à des niveaux d'émission relativement stables (concentration de l'ordre de 5 à 10  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

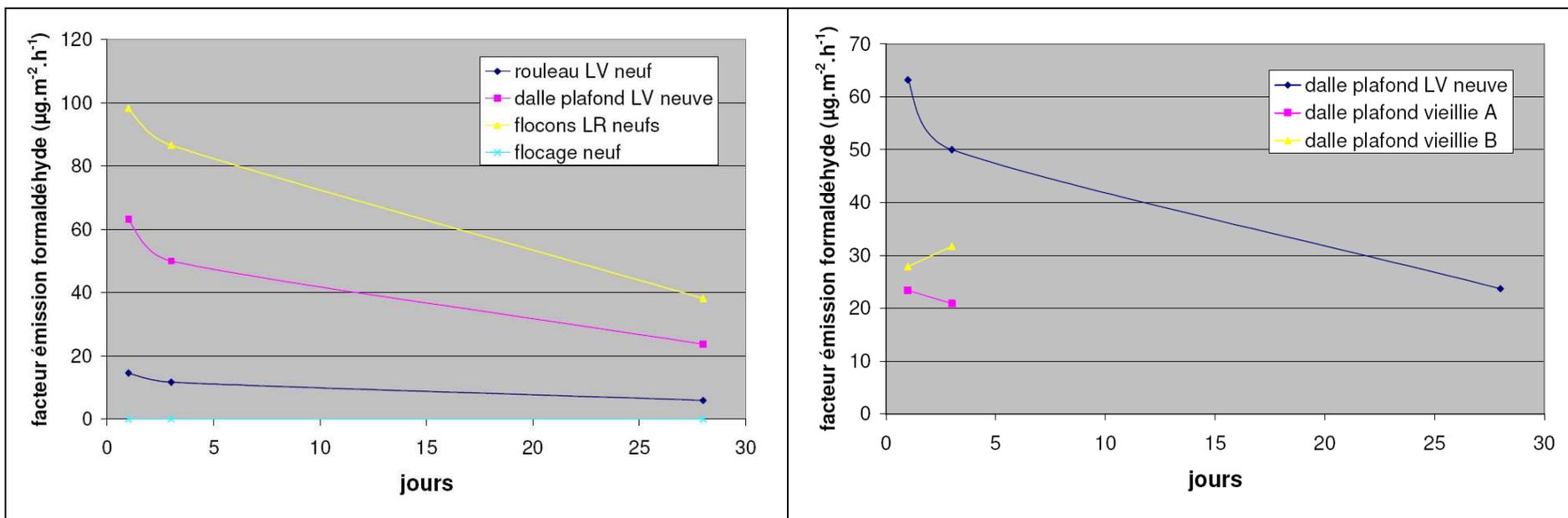


Si la lingette sols 1 présente des émissions de formaldéhyde relativement faibles, des concentrations très importantes ont été mesurées après utilisation simulée de la lingette sols 2 : environ 1250  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  dans la demi-heure suivant son utilisation et encore 128  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  entre une heure et demi et 2 heures après utilisation. Ce produit est commercialisé comme un produit « antibactérien », ce qui pourrait expliquer les fortes concentrations de formaldéhyde retrouvées.



Pour les produits d'entretien des sols testés purs, on constate des concentrations en formaldéhyde qui décroissent après utilisation du produit (séchage). Les émissions de nettoyeurs pour sol 1 et 2 (environ  $47 \mu\text{g.m}^{-3}$  de formaldéhyde de 0 à 30 min après utilisation) sont supérieures à celles des nettoyeurs pour sol 1 et 2 au savon de Marseille (environ 5 à  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  de formaldéhyde 0 à 30 min après utilisation).

### Annexe 4 : Facteurs d'émission spécifiques ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ) en formaldéhyde pour les matériaux testés à base de laines minérales (CSTB, 2007)



## Annexe 5 : Résultats des essais d'émissions sur les produits, réalisés entre 2000 et 2008 par l'UFC Que Choisir

DATE	Produits testés	SCENARIO UTILISE	MESURES	RESULTATS
Septembre 2008	5 bougies, 2 parfums utilisés avec des lampes berger, 2 encens, 2 huiles essentielles utilisées avec un brûle parfum, 1 extrait de parfum utilisé avec un brûle parfum	Conditions opératoires : * Chambre en Plexiglas de 28 L: * Température de 23 °C * Humidité relative de 50% * Taux de renouvellement d'air de 4.3	* Prélèvements des aldéhydes : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH, 3 et 28 jours après application du vitrificateur * Analyse : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3) *calcul : Transformation des débits d'émission en concentration en considérant : une pièce d'un volume de 17,4 m <sup>3</sup> , un taux de renouvellement d'air de 0,5 h <sup>-1</sup> , et un temps d'utilisation variable selon l'emploi du produit (quelques secondes pour l'aérosol à 2 heures pour les diffuseurs)	Détection de formaldéhyde dans les émissions de 2 bougies à hauteur de 7 et 9 µg.m <sup>-3</sup> (au bout de 2 heures d'émission)
	10 aérosols			Emissions inférieures à la limite de détection pour 3 bougies"
	11 diffuseurs électriques ou automatiques			Emissions inférieures à la limite de détection pour les 2 parfums testés avec une lampe berger
	6 diffuseurs prêts à poser			Détection de formaldéhyde dans les émissions des 2 encens testés à hauteur de 17 et 19 µg.m <sup>-3</sup>
				Détection de formaldéhyde dans les émissions des 2 huiles essentielles utilisées avec le brûle parfum à hauteur de 9 µg.m <sup>-3</sup> dans les 2 cas.
				Détection de formaldéhyde dans les émissions de l'extrait de parfum utilisé avec le brûle parfum à hauteur de 2 µg.m <sup>-3</sup> .
				Emissions inférieures à la limite de détection pour les 10 aérosols testés
				Emissions inférieures à la limite de détection pour les 11 diffuseurs électriques testés
				Emissions inférieures à la limite de détection pour les 6 diffuseurs prêts à poser testés

Octobre 2007	12 vitrificateurs de parquet : 6 en phase aqueuse et 6 en phase organique	<p>- <u>Application</u> : sur plaque de verre en suivant les préconisations du fabricant (prise en compte du nombre de couche et du rendement moyen mentionné sur l'emballage)</p> <p>- <u>Conditions de l'essai</u> :</p> <p>*utilisation de chambre d'émission en acier inoxydable (volume = 119 ou 238 m<sup>3</sup>)</p> <p>*simulation d'une pièce de 7 m<sup>2</sup> avec un volume de 17,4 m<sup>3</sup> (norme ISO 16 000-9) dans laquelle on recouvre intégralement la surface au sol de vitrificateur : taux de charge = 0,4 m<sup>2</sup>.m<sup>-3</sup> d'air</p> <p>*Humidité relative = 50 %</p> <p>*Température = 23°C</p> <p>*Taux de renouvellement d'air : 0,5</p>	<p>* <u>Prélèvements des aldéhydes</u> : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH, 3 et 28 jours après application du vitrificateur</p> <p>* <u>Analyse</u> : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	<p>Formaldéhyde :</p> <p>Pas de différences flagrantes de concentrations entre les produits en phase aqueuse et ceux en phase organique</p> <p>11 produits en émettent au bout de 3 et 28 jours. Le seul produit à ne pas en émettre est un produit aqueux.</p> <p>Moyennes : à 3 jours = 13 µg.m<sup>-3</sup>; à 28 jours = 4 µg.m<sup>-3</sup></p> <p>Max : à 3 jours = 23 µg.m<sup>-3</sup>; à 28 jours = 6 µg.m<sup>-3</sup></p> <p>Min : à 3 jours = 6 µg.m<sup>-3</sup>; à 28 jours = 3 µg.m<sup>-3</sup></p>
Mars 2007	14 nettoyants pour salle de bain	<p>- <u>Application</u> : 5 g de produit pur dans un (obtention d'un taux d'émission par gramme de produit employé)</p> <p>- <u>Conditions de l'essai</u> :</p> <p>*simulation d'une pièce de 4 m<sup>2</sup> avec un volume de 10,1 m<sup>3</sup> dans laquelle on a nettoyé une surface de 7,5 m<sup>2</sup> (cabine de douche/lavabo)</p> <p>*Humidité relative = 50 %</p> <p>*Température = 23°C</p> <p>*Taux de renouvellement d'air : 0,25</p>	<p>* <u>Prélèvement</u> : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH,</p> <p>* <u>Analyse</u> : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	Pas d'émission de formaldéhyde
Novembre 2006	20 revêtements de sol, (5 dalles pvc, 5 rouleaux pvc, 5 sols stratifiés, 5 parquets contrecollés)	<p>Les échantillons sont coupés, les bords et la face arrière sont couverts d'aluminium,</p> <p>Chambres de 119 &amp; 238 litres,</p> <p>*Humidité relative = 50 %</p> <p>*Température = 23°C</p> <p>*Taux de renouvellement d'air : 0,5</p>	<p><u>Prélèvement</u> : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH,</p> <p>Recherche des aldéhydes C1-C10 après 3 jours et 28 jours</p> <p>* <u>Analyse</u> : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	<p>Sur les 20 produits testés, le formaldéhyde est présent dans 12 produits, avec des teneurs moyennes de 14,2 µg.m<sup>-3</sup> à +3jours et de 12.7 µg.m<sup>-3</sup> à +28j.</p> <p>Les teneurs en formaldéhyde allaient de 3 à 64 µg.m<sup>-3</sup> à +3j et de 3 à 54 µg.m<sup>-3</sup> à +28j.</p> <p>Les plus fortes teneurs sont retrouvées dans les parquets contrecollés</p>

Mai 2006	12 peintures murales intérieures grand public, en phase aqueuse	<p>- <u>Application</u> : mélange de la peinture et application avec un applicateur sur une vitre épaisse de 100 µm puis transférée dans la chambre</p> <p>- <u>Conditions de l'essai</u> :</p> <p>*utilisation de chambre d'émission en acier inoxydable (volume = 119 m<sup>3</sup>)</p> <p>* taux de charge = 1,4 m<sup>2</sup>.m<sup>-3</sup> d'air (norme ISO 16 000-9)</p> <p>*Humidité relative = 50 %</p> <p>*Température = 23°C</p> <p>*Taux de renouvellement d'air : 0,5</p>	<p>* <u>Prélèvements des aldéhydes</u> : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH, 1 et 14 jours après application de la peinture</p> <p>* <u>Analyse</u> : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	Formaldéhyde détecté lors de l'application pour 6 peintures (6 à 21 µg.m <sup>-3</sup> ), mais persistant en faible concentration seulement dans 2 peintures après 14 j (3 et 4 µg.m <sup>-3</sup> )
Février 2006	12 commodes testées en panneaux de particules et panneaux de moyenne densité pour adultes et chambres d'enfant	<p><u>Application</u> :</p> <p>* présence de la commode à J1 dans la chambre puis stockage dans une pièce à température ambiante pendant 27 jours. Les échantillons ont été replacés dans une chambre d'émission pendant 24 heures puis soumis à une mesure identique à celle du premier jour.</p> <p><u>Conditions de l'essai</u> :</p> <p>*utilisation de chambre d'émission en acier inoxydable (volume = 119 m<sup>3</sup>)</p> <p>*Humidité relative = 50 %</p> <p>*Température = 23°C</p> <p>*Taux de renouvellement d'air : 0,5 (norme ISO 16 000-9)</p>	<p><u>Prélèvement</u> : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH,</p> <p>Recherche des aldéhydes C1-C10 après 1 jour et 28 jours</p> <p>* <u>Analyse</u> : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	<p>Les 12 meubles émettent du formaldéhyde :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A +1j moyenne 28.8 µg.m<sup>-3</sup>, maximum 96.4 µg.m<sup>-3</sup>, mini 7.6 µg.m<sup>-3</sup></li> <li>- A +28j, moyenne 21.0 µg.m<sup>-3</sup>, max 64.7 µg.m<sup>-3</sup> et mini 6.4 µg.m<sup>-3</sup>,</li> </ul>
Avril 2005	15 tapis ou moquettes, certains collées au sol	<p>- <u>Application</u> :</p> <p>* <b>Préparation des échantillons de tapis</b></p> <p>surface de 0,5 m<sup>2</sup> non prélevée à l'extrémité du rouleau. puis enveloppée d'une feuille d'aluminium épaisse en double épaisseur, enfin réenveloppée dans du polyéthylène (polypropylène) non odorant avant d'être envoyé au laboratoire. Le laboratoire déballera le</p>	<p><u>Prélèvement</u> : sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH,</p> <p>Recherche des aldéhydes C1-C10 après 3 jours et 28 jours</p> <p>* <u>Analyse</u> : Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	<p>Formaldéhyde : détecté dans 3 tapis sur les 15 testés, les valeurs étant</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour le premier tapis : 4,2 µg.m<sup>-3</sup> à +3j puis 3,4 µg.m<sup>-3</sup> à +28j,</li> <li>- pour le second tapis : 5.6 µg.m<sup>-3</sup> à +3 j puis 5.4 µg.m<sup>-3</sup> à +28j,</li> <li>- pour le troisième tapis : 8.0 µg.m<sup>-3</sup> à +3j puis 7.3 µg.m<sup>-3</sup> à +28j</li> </ul>

		<p>produit</p> <p><b>*Préparation des dalles de moquettes</b></p> <p>une surface d'un mètre carré emballée comme ci-dessus.</p> <p>découpe d'une prise d'essai et test avec le dos et les bords couverts.</p> <p><b>*Préparation de la moquette à coller</b></p> <p>Idem ci-dessus.</p> <p>la plus petite quantité possible d'adhésif ainsi que les instructions d'utilisation du fabricant.</p> <p><u>Conditions de l'essai :</u></p> <p>*utilisation de chambre d'émission en acier inoxydable (volume = 119 m<sup>3</sup>)</p> <p>* taux de charge = 0,4 m<sup>2</sup>.m<sup>-3</sup> d'air</p> <p>*Humidité relative = 50 %</p> <p>*Température = 23°C</p> <p>*Taux de renouvellement d'air : 0,5 (norme ISO 16 000-9)</p>		
Décembre 2004	Désodorisants d'intérieur	Voir l'étude du Beuc (2005) présentée dans le tableau VI de ce rapport		
Novembre 2004	18 nettoyants ménagers	<p><u>Application :</u></p> <p>*application selon les recommandations figurant sur l'étiquette du produit pour diluer le nettoyant ménager multi-usage à tester</p> <p>*quantité appliquée définie en fonction de l'épaisseur du film de liquide appliqué, soit 150 µm/m<sup>2</sup>.</p> <p>- <u>Conditions de l'essai :</u></p> <p>*utilisation de chambre d'émission en acier inoxydable (volume = 238 l)</p>	<p><u>Prélèvement :</u> sur cartouches de silicagel imprégné de 2,4-DNPH,</p> <p>Recherche des aldéhydes C1-C10 après 30 minutes et 4 h</p> <p><u>* Analyse :</u> Désorption par solvant suivie d'une analyse par HPLC/UV (Norme ISO 16000-3)</p>	<p>8 nettoyants émettent du formaldéhyde :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A +30 min, maximum 27 µg.m<sup>-3</sup>, mini 3 µg.m<sup>-3</sup>,</li> <li>- A +4h, max 30 µg.m<sup>-3</sup> et mini 4 µg.m<sup>-3</sup></li> </ul>

		*simulation d'une pièce de 12 m <sup>2</sup> (norme ISO 16 000-9) *Humidité relative = 50 % *Température = 23°C *Taux de renouvellement d'air : 0,5		
--	--	--	--	--

## **Annexe 6 : Bilan des utilisations du formaldéhyde associées à des émissions dans les environnements clos (Ineris, 2007)**

---

Le tableau suivant fait la synthèse des produits contenant du formaldéhyde et susceptibles, par les relargages éventuels, de générer des expositions de la population générale par inhalation dans les environnements intérieurs. Les tonnages utilisés annuellement en France (valeurs UIC, 2005) sont rapportés si disponibles. Les autres sources de formaldéhyde dans l'air intérieur (combustion, air extérieur, formation secondaire...) ne sont pas listées, car en dehors du champ couvert par l'étude. Les sources indirectes que représentent les libérateurs de formaldéhyde ne sont pas non plus spécifiquement recensées dans ce tableau, ces substances étant incluses dans les produits inventoriés.

Produits contenant et/ou émettant du formaldéhyde (HCHO)	En France <sup>(1)</sup>		Autres pays	
	HCHO dans le produit	HCHO émis par le produit	HCHO dans le produit	HCHO émis par le produit
<b>Émissions constantes ou possiblement permanentes</b>				
<b>Panneaux en bois, parquets, charpentes, mobilier...</b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005)	(CTBA, 2006a) (CTBA, 2007a)	(IARC, 2006) (SIDS, 2003) (CICAD, 2002) (SPIN, 2000) (Santé Canada, 1999)	importante littérature scientifique
		190 000 tonnes/an utilisées pour ces usages		
<b>Peintures, vernis, encres, couleurs, colles et adhésifs, cires, vitrificateurs, lasures ...</b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005) (CAP, 2005) (CTBA, 2007b)	(CSTB, 2006) –colles– (CTBA, 2007b) –cires, vitrificateurs, lasures, peintures–	(IARC, 2006) (SIDS, 2003) (CICAD, 2002) (SPIN, 2000) (Santé Canada, 1999) (NIH, 2007)	(UBA, 2002) (Chang, 1999, 2002) Danish-EPA (Garrigos, 2001) –colles de loisir– (COSI, 2005)
<b>Produits de construction, dont :</b>			(IARC, 2006)	
– dalles de plâtre			(SIDS, 2003)	
– dalles isolantes		5 500 tonnes/an utilisées pour cet usage	(CICAD, 2002)	
– laines minérales artificielles pour l'isolation	(DGE, 2006)		(SPIN, 2000)	(Brown, 2005)
– mousses isolantes <sup>(2)</sup>	(INRS, 2005)	(CSTB, 2005)	(Santé Canada, 1999) (NIH, 2007)	
<b>Produits en papier : magazines, prospectus, mouchoirs et serviettes...</b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005)		(SIDS, 2003) (Santé Canada, 1999) Danish-EPA	(COSI, 2005)
<b>Tapis, moquettes</b>	(DGE, 2006)	(CSTB, 2005)	(Santé Canada, 1999)	Danish-EPA (Greenpeace, 2001) (COSI, 2005)
<b>Textiles (habillement et ameublement) <sup>(3)</sup></b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005)	3 500 tonnes/an utilisées pour ces usages	(IARC, 2006) (SIDS, 2003) (CICAD, 2002)	Danish-EPA (Wiglusz, 1991) (COSI, 2005)
<b>Cuir</b>	(INRS, 2005)	(CTBA, 2007a)	(IARC, 2006) (CICAD, 2002) (Santé Canada, 1999)	
	Utilisation « pour » la production, mais pas « dans » le cuir			

Produits contenant et/ou émettant du formaldéhyde (HCHO)	En France <sup>(1)</sup>		Autres pays	
	HCHO dans le produit	HCHO émis par le produit	HCHO dans le produit	HCHO émis par le produit
<b>Éléments et objets plastiques</b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005)	(CTBA, 2007a) –mousse polyuréthane de rembourrage de matelas–	(IARC, 2006)	
<b>Appareils électriques et électroniques</b>	(DGE, 2006)			Danish-EPA (Tuomi, 2000) (COSI, 2005)
<b>Émissions ponctuelles</b>				
<b>Cosmétiques, produits d'hygiène corporelle <sup>(4)</sup></b>	(DGE, 2006) (CAP, 2005)		(IARC, 2006) (SIDS, 2003) (CICAD, 2002) (Santé Canada, 1999) (NIH, 2007)	(COSI, 2005)
<b>Produits vétérinaires</b>	(CAP, 2005)		Danish-EPA (NIH, 2007)	
<b>Produits nettoyants / désinfectants / décapants</b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005) (CAP, 2005) (CTBA, 2007b)	(CSTB, 2006) (CTBA, 2007b)	(SIDS, 2003) (CICAD, 2002) (Santé Canada, 1999)	
<b>Phytoprotecteurs</b>	(DGE, 2006) (INRS, 2005)		(IARC, 2006) (SIDS, 2003) (CICAD, 2002) (Santé Canada, 1999)	

Bilan des produits susceptibles de contenir du formaldéhyde (en contenant actuellement ou en ayant contenu)

Notes : (1) (INRS, 2005) correspond à l'exploitation des bases de données COLCHIC (Vincent et Jaendel, 2006) et SEPIA.

(2) Les mousses isolantes urée-formol sont de moins en moins utilisées. Elles sont interdites d'utilisation au Canada depuis 1980 et en France, leur usage est réglementé par le décret n°88-683 du 6 mai 1988 relatif à l'utilisation des mousses urée-formol dans les locaux à usage d'habitation ou destinés à une occupation humaine permanente ou semi-permanente.

(3) Plusieurs pays ont réglementé les teneurs en formaldéhyde dans les textiles. Par exemple, les Pays-Bas interdisent de façon effective depuis le 20 janvier 2000, les textiles en contact avec la peau s'ils contiennent plus de 120 ppm avant d'avoir été lavés et s'ils ne portent pas la mention « Veuillez

laver cet article avant de l'utiliser » et ceux qui contiennent plus de 120 ppm après avoir été lavés une fois. Au Japon, la teneur autorisée en formaldéhyde dans les textiles pour les enfants de moins de 2 ans (incluant les couches, bavoirs et la literie) ne doit pas dépasser 15-20 ppm. Pour les textiles non destinés aux jeunes enfants (incluant les adhésifs comme les perruques, postiches...), la limite est de 75 ppm (OCDE, 2002).

(4) La réglementation européenne fixe à 0,2 % la concentration maximale en formaldéhyde libre (agent conservateur) dans les cosmétiques (concentration à 0,1 % pour les produits d'hygiène buccale). Il est interdit dans les aérosols. Dans les préparations pour durcir les ongles, la concentration maximale est fixée à 5 %. En outre, l'étiquetage doit indiquer la présence de formaldéhyde et recommander de protéger les cuticules par un corps gras. Par ailleurs, le Japon a interdit l'utilisation du formaldéhyde dans les cosmétiques (DGE, 2006).

## Annexe 7 : Données de composition et d'émission de formaldéhyde disponibles dans le cadre de cette saisine pour les produits de consommation courante

	EMISSION FORMALDEHYDE ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )					COMPOSITION FORMALDEHYDE		COMPOSITION COV	
	P1	P2	P3	P4	P5	LNE	CAPTIV BNPC	LNE (traces < 0,1%)	Fiche de Données de Sécurité (FDS)
bâton d'encens spirale	5,7	6,3	1,6	0			Aldéhydes : hélional, hydroxycitronellal, jasmonal Présence de linalol		
bâton d'encens bâton	13,4	8,5	2,7	0,9			Aldéhydes : citral, hydroxycitronellal		
diffuseur électrique agrumes	0	0	0	0	0	ND	Parfum	Acétate d'éthyle et parfum (5%)	
diffuseur électrique mandarine thé vert	0	0	0	0	0	ND	Aldéhydes : decanal, octanal, undecanal, nonanal Parfum (99,96%)	Ester d'acide gras (7%) Parfum	
désodorisant mèche lotus	0	0	0	0		ND	Parfum (10%)	Ethanol majoritaire (15%) Parfums	
désodorisant mèche lavande	0	0	0	0		ND	<b>Libérateur : Parmetol K20 (0,1%)</b> Parfum (1%) Isothiazolinone	Ethanol majoritaire (traces) Parfums (traces)	
bougie d'intérieur parfumée	0,9	1,7	0,6	0,6	0		Aldéhydes : jasmonal, hydroxycitronellal, jessamal, lillial, hélional Terpineol		
bougie d'intérieur anti tabac	1,7	8,4	3,7	3,8	2,6		Parfum (2%)		
désodorisant aérosol orange jasmin	1,7	1,7	1,6	0			Parfum (0,5%)		
désodorisant aérosol fraîcheur bouquet	4,5	4,1	5,3	7,2			Parfum (4%)		
désodorisant aspirateur vanille liquide	1,4	3,3	3	4,4			Aldéhydes : furfural, aldéhyde C18 (sans précision), anisal, veratral		
désodorisant aspirateur bâton	0	0	0	0			Citronellol Terpènes		

	EMISSION FORMALDEHYDE ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )				COMPOSITION FORMALDEHYDE		COMPOSITION COV	
	P1	P2	P3	P4	LNE	CAPTIV BNPC	LNE (traces < 0,1%)	Fiche de Données de Sécurité (FDS)
					0-30min	30-60 min	60-90 min	90-120 min
nettoyant vitres spray écologique menthe	2,7	3,5	4,3	12	ND	Adéhydes Huile essentielle d'orange (0,1%) Chloromethyl (CMIT) et methylisothiazolinone (MIT) (< 15 ppm)	Ethanol (traces)	FDS : Solution aqueuse de surfactants + bio-alcool  Alcool Lauryl polyglucose Sodium laureth sulfate Glycereth-17 cocoate Parfum CI 1940 CMIT et MIT Colorant bleu CI 42051
nettoyant vitres anti-traces anti-pluie	1,7	2,9	3,8	4,4	ND	Libérateur : Bronopol (0,1%)	2 propanol-1-méthoxy, éthanol, 2-propanol-1-butoxy (traces)	Butoxypropanol Méthoxyisopropanol Ethanol C8 C10 alkyl polyglycoside Sodium laureth sulfate Parfum EDTA de sodium Acide citrique Colorant bleu CI 42051
lingettes vitres triple action	1	1,4	2,1	2,5		Libérateur : Bronopol (0,01%) Parfum (0,1%)		Butoxypropanol (< 5%) Alcool (< 5%) Agents de surface anioniques (< 1%)  Parfum
lingettes vitres	1,4	4	4,5	5,8		Limonène (0,07%) Parfum (0,4%)		
dépoussiérant meuble nettoyant	2,2	3,4	4,6	5,2		Libérateur : Bronopol (< 0,5%) Limonène, linalol Parfum (0,1%)		Distillats de pétrole (20-30%) Heptane (5 %) Parfum (< 0,5%) Méthanol (<0,5%)
dépoussiérant meuble	2,5	5	8,2	10,9		Parfum (0,3%)		

	EMISSION FORMALDEHYDE ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )				COMPOSITION FORMALDEHYDE		COMPOSITION COV	
	P1	P2	P3	P4	LNE	CAPTIV BNPC	LNE (traces < 0,1%)	Fiche de Données de Sécurité (FDS)
	0-30min	30-60 min	60-90 min	90-120 min				
<b>bloc WC triple action marine</b>	0	1,8	3	4	0,5 $\text{mg.kg}^{-1}$	Libérateur : Bronopol (0,02%) Citronellol, geraniol, isoeugenol, limonène, linalol Parfum (10%)	Parfums (traces)	Lauryl éther sulfate de sodium (10-20%) Alcool linéaire éthoxylé (5-10%) Acide étidronique (1-5%) Isopentyl salicylate (< 0,5%) Octabenzone (< 0,5%) Coumarine (< 0,5%) Acétyl cédrène (< 0,5%) Méthyl 2-naphthyl éther (< 0,5%)  Tensioactifs anioniques (15-30%) Tensioactifs non ioniques (5-15%) Phosphonates (0,2-5%) <b>2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol</b> Parfum Coumarine Citral Eugénol Citronellol Géranol Isoeugénol Limonène Linalool
<b>bloc WC parfum pin</b>	5,6	5,8	9,3	12,5	ND	Parfum (2,5%) : eugenol, isoeugenol, limonène	Ethanol, parfums, acétate d'isobutyle (traces)	Dodécyl benzène sulphonate sodique Parfum Pin dont Eugénol, Isoeugénol et limonène Pigment Green CI 7 Sodium sulphate
	<b>0-15 min</b>	<b>15-45 min</b>	<b>45-75 min</b>	<b>75-105 min</b>				
<b>Gel WC 100% détartrant</b>	4,9	4,4	6,5	7,1	ND	Parfum (1%)	Ethanol, parfum (traces)	
<b>Gel WC anti-tartre</b>	1,4	1,4	3,7	6,4	ND	Parfum (1%)	Ethanol, parfums, acétate d'isobutyle (traces)	

	EMISSION FORMALDEHYDE ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )				COMPOSITION FORMALDEHYDE		COMPOSITION COV	
	P1	P2	P3	P4	LNE	CAPTIV BNPC	LNE (traces < 0,1%)	Fiche de Données de Sécurité (FDS)
					0-30min	30-60 min	60-90 min	90-120 min
nettoyant moquette liquide	8,3	9,6	10,5	10,5		Isothiazolinone (30 ppm) potentiellement libérateur Parfum (0,5%)		Ethanol Phosphate trisodique Sodium Laureth-6 carboxylate Ammonium polyacrylate Alcool gras éthoxylé C9-C11 Parfum dont limonène Dihydroxyéthyl cocamine oxide
nettoyant moquette poudre	10,4	9,9	8,2	5,9		Parfum (0,1%) : limonène		Distillats de pétrole (10-20%) Carbonate de calcium (5-10%) Ether monométhylique du propylène glycol (1-5%)
détachant moquette	6,1	6,6	6,6	5,4		-		
détachant moquette tapis shampoing anti-acariens	4,4	4,6	5,3	5,4		CMIT et MIT Parfum (0,1%)		Alcool isopropylique (1-5%) Alphaoléfine sulfonate de sodium (1-5%) Parfum (0,09% limonène et linalool)
lingettes sols	6,1	2,7	0,8	0,9		Parfum (2%)		1-propoxy-2-propanol (1-5%)  Site internet du fabricant : Propylène glycol propyl éther Parfum Undeceth-5 Diméthylamino méthylpropanol Polyvinylpyridine-N-oxide Sodium caprylyl sulfinate Benzoisothiazolinone Sodium hydroxyde Sodium sulfate Diméthicone PEG-10 stéarate Polyéthylène glycol Cyclotétrasiloxane Silica Diméthicone Silylate Dipropylène glycol PEG-3 dipalmitate
lingettes sols anti-bactériennes parfum pin	1248,9	410,3	208,6	127,9		Libérateur : DMDM (0,1%) CMIT et MIT (0,1%) Parfum (0,1%)		

nettoyants sols pur	46,6	19,7	9,3	3,6	ND	CMIT Urée : 1,3-bis(hydroxyméthyl)urée	Parfum (limonène) (traces)	<p>Tri (2-butoxyéthyl)phosphate (&lt; 5%)            Alkyldiamine éthoxylée (&lt; 5%)            Savon (&lt; 5%)            Agents de surface non ioniques (&lt; 5%)</p> <p>Ancienne FDS :            2-(2-éthoxyéthoxy)éthanol (1-5%)            Phtalate de dibutyle (&lt; 0,5%)            Ammoniaque (&lt; 0,5%)            Oxyde de zinc (&lt; 0,5%)            (R)-p-mentha-1,8-diène (&lt; 0,5%)            Tensioactifs non ioniques (0,2-5%)            Phosphates (0,2-5%)            Parfum            Limonène            Linalool            Coumarine            Méthylchloroisothiazolinone            Méthylisothiazolinone            Ethylènedioxydiméthanol            1,3-bishydroxyméthylurée            Benzisothiazolinone</p>
nettoyants sols dilué	8,9	2,5	1,5	0,7				
nettoyants sols fraîcheur citron pur	47,9	27,1	10,1	2,3	1 mg.l <sup>-1</sup>	Libérateur : Bronopol (0,1%) Parfum (0,1%)	Ethanol, isopropanol (traces)	<p>Acid yellow 73 CI 45350  <b>Bronopol</b>            C9-C11 alcool polyoxyéthylène            limonène            Parfum            Sodium carbonate            Sodium cocoate            Sodium dodecylbenzènesulfonate            Tetrasodium EDTA            Sodium hydrogenocarbonate            Sodium C14-17 alkyl sec sulfonate</p>
nettoyants sols fraîcheur citron dilué	12,1	5,6	2,9	1,4				







))) **afsset** .)))

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

253, avenue du Général Leclerc  
94701 Maisons-Alfort Cedex  
Tél. +33 1 56 29 19 30  
afsset@afsset.fr  
[www.afsset.fr](http://www.afsset.fr)

ISBN 978-2-11-098506-4

