



LE FORMALDÉHYDE ET LES SOLVANTS CHLORÉS EN MILIEU DE TRAVAIL

Partenariat
Services Santé au Travail - CRAM des Pays de la Loire
2005 - 2007

Auteurs :

M. Barret (SATM)
Dr Chotard (SMIA)
Dr Gillard (SMIA)
Dr Hoornweg (GIST)
M. Leray (CRAM des Pays de la Loire)
Dr Meritet (SMIA)
M. Portanguen (ST 72)
Dr Tilliette (SMIEC)

Le 15 octobre 2007

Avant-propos

Cette étude sur l'exposition au formaldéhyde et aux solvants chlorés, menée par la CRAM et les services de santé au travail de la région des Pays de la Loire, a permis de recueillir un certain nombre de données sur l'exposition des salariés (697 prélèvements) dans plusieurs secteurs d'activité des Pays de la Loire, sur les sources d'émissions, sur les tâches à risques et sur les moyens de supprimer ou d'atténuer l'exposition des salariés. Elle ne prétend pas être exhaustive.

Cette synthèse doit permettre de mieux appréhender les risques associés au formaldéhyde et aux solvants chlorés et les mesures à mettre en place pour limiter ces risques.

Ce document est à l'attention des intervenants en prévention (des contrôleurs et des ingénieurs-conseils des CRAM, des médecins du travail, des IPRP, de la DRTEFP), des chefs d'entreprises, des CHSCT, des délégués du personnel.

Table des matières

	pages
Avant-propos	2
Préambule	4
Chapitre 1 : INFORMATIONS GENERALES	6
1-1 La sélection des entreprises et des secteurs d'activités	
1-2 Les valeurs limites	
1-3 Les différents types de prélèvements d'atmosphère	
1-4 L'interprétation des résultats	
1-5 Les déterminants de l'exposition	
1-6 La maîtrise de l'exposition	
1-7 Glossaire	
Chapitre 2 : LE FORMALDEHYDE	11
2-1 Données sur le formaldéhyde	
2-2 Évaluation de l'exposition au formaldéhyde des salariés dans les Pays de la Loire	
2-3 Informations et recommandations pour quelques secteurs d'activité	
Chapitre 3 : LE DICHLOROMETHANE	32
3-1 Données sur le dichlorométhane	
3-2 Évaluation de l'exposition au dichlorométhane des salariés dans les Pays de la Loire	
3-3 Informations et recommandations pour quelques secteurs d'activité	
Chapitre 4 : LE TRICHLOROETHYLENE	39
4-1 Données sur le trichloroéthylène	
4-2 Évaluation de l'exposition au trichloroéthylène des salariés dans les Pays de la Loire	
Chapitre 5 : LE PERCHLOROETHYLENE	41
5-1 Données sur le perchloroéthylène	
5-2 Évaluation de l'exposition au perchloroéthylène des salariés dans les Pays de la Loire	
5-3 Informations et recommandations pour quelques secteurs d'activité	
CONCLUSION	48
ANNEXES	49
BIBLIOGRAPHIE	52

Préambule

Une des priorités d'action des services prévention des CRAM est la prévention des cancers professionnels.

- **Le formaldéhyde**, classé cancérigène avéré chez l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer, est depuis le 1^{er} janvier 2007 visé par le décret CMR : les travaux exposant au formaldéhyde entrent dans le champ de ce décret.

Le formaldéhyde est utilisé dans de nombreuses situations de travail. L'enquête SUMER 2003 estime que plus de 100 000 salariés sont potentiellement exposés à cette substance. Rapporté à la région, ce sont plusieurs milliers de salariés concernés [1]. Le formaldéhyde est une substance très volatile. Dès qu'elle est présente, elle contamine rapidement les atmosphères de travail. On le rencontre dans le secteur du bois où c'est un composant des colles qui servent à fabriquer des pièces en lamellé-collé ou des panneaux de bois agglomérés. C'est également un désinfectant qu'on rencontre dans des opérations de nettoyage. Il est également utilisé massivement dans les laboratoires d'anatomo-pathologie comme fixateur des tissus. La fonderie l'utilise également, incorporé à certaines résines pour la réalisation de moules et de noyaux. D'autres utilisations s'ajoutent à celles-ci.

- **Les solvants chlorés** les plus utilisés sont le trichloréthylène, le dichlorométhane (ou chlorure de méthylène) et le tétrachloréthylène (ou perchloroéthylène). Le trichloroéthylène a été récemment classé cancérigène probable pour l'homme, C2 par l'Union européenne, il entre donc également dans le cadre du décret CMR. Le dichlorométhane est classé cancérigène possible, C3, de même que le perchloroéthylène. Pour ce dernier, un classement reprotoxique de catégorie 2 est à l'étude au niveau européen.

Le trichloréthylène est le solvant dégraissant le plus connu, utilisé dans pratiquement toutes les entreprises de mécanique il y a 10 ou 20 ans. Son utilisation, comme nettoyant ou diluant, était encore fréquente au début des années 2000 dans le secteur du bâtiment. Il n'a pas disparu de toutes les imprimeries. Son caractère ininflammable et son efficacité en faisaient un dégraissant « universel » bien que sa toxicité neuropsychique soit connue depuis longtemps. Une majorité des entreprises de mécanique a cherché à le substituer ces dernières années, souvent avec succès. Les entreprises ont opté pour des solutions diverses : la suppression du dégraissage lorsqu'il ne s'avère pas indispensable, l'utilisation de solvants moins dangereux tout en maîtrisant le risque incendie, le dégraissage lessiviel... Ces démarches de substitution sont cependant parfois longues à faire aboutir : essais, validation, industrialisation. Néanmoins, le trichloréthylène reste présent dans de très nombreuses entreprises, essentiellement des établissements de faible effectif. Vraisemblablement, de 5 000 à 10 000 salariés sont encore concernés dans la région. Les dispositions réglementaires visant à la maîtrise et au suivi du risque sont insuffisamment appliquées selon la campagne menée en 2006 par l'Inspection du Travail et les CRAM sur l'application du décret CMR.

Le dichlorométhane est un solvant fréquemment utilisé, le plus couramment pour le décapage chimique. C'est également un solvant largement utilisé lors de la mise en œuvre de résines, comme les polyuréthanes. C'est pratiquement la substance dangereuse pour laquelle on observe le plus souvent des dépassements de valeur limite aux postes de travail. Sa faible odeur et son absence de caractère irritant, ajoutées à sa très grande volatilité expliquent en partie ce constat. Des accidents mortels par intoxication sont rapportés régulièrement. Plusieurs milliers de salariés sont concernés dans la métallurgie et la plasturgie notamment.

Le perchloroéthylène est utilisé essentiellement dans le nettoyage à sec mais il l'est également pour le dégraissage des métaux. Il est le moins volatil de ces trois solvants. Quelques milliers de salariés sont concernés.

La connaissance des niveaux d'exposition par substance est plus ou moins bonne suivant les secteurs d'activité. On pourra se reporter utilement à l'extraction de la base de données SOLVEX, accessible sur le site www.inrs.fr. Une publication sur les expositions au formaldéhyde est également disponible [2] sur ce site.

D'après l'enquête SUMER 2003, les expositions sont estimées fortes ou très fortes¹ dans 20 % des cas pour le perchloréthylène, 10 % pour le dichlorométhane ou le trichloréthylène².

La recherche de la substitution ou de la suppression de ces substances dangereuses doit être menée en priorité au sein des entreprises. Dans certains cas, ce sont les procédés industriels qui sont remis en cause. Le problème mérite donc souvent d'être abordé au niveau de la branche professionnelle, avec son centre technique quand il existe. Le rôle des fournisseurs de produits chimiques est essentiel. La substitution ne sera pérenne que si le cahier des charges du client est réellement satisfait.

¹ Forte ou très forte : exposition estimée ou mesurée supérieure à 50 % la valeur limite.

² A noter que la VME du trichloréthylène a été établie il y a de nombreuses années sans prendre en considération son effet cancérigène.

CHAPITRE 1 : INFORMATIONS GENERALES

1-1 : La sélection des entreprises et des secteurs d'activités

Dans les Pays de la Loire, le nombre d'établissements toutes activités confondues est de 107 173 pour 953 604 salariés.

La répartition du nombre d'établissements et de salariés par branches d'activités (comité technique national ou CTN) est la suivante (schéma 1 et tableau 1) :

Chiffres 2005

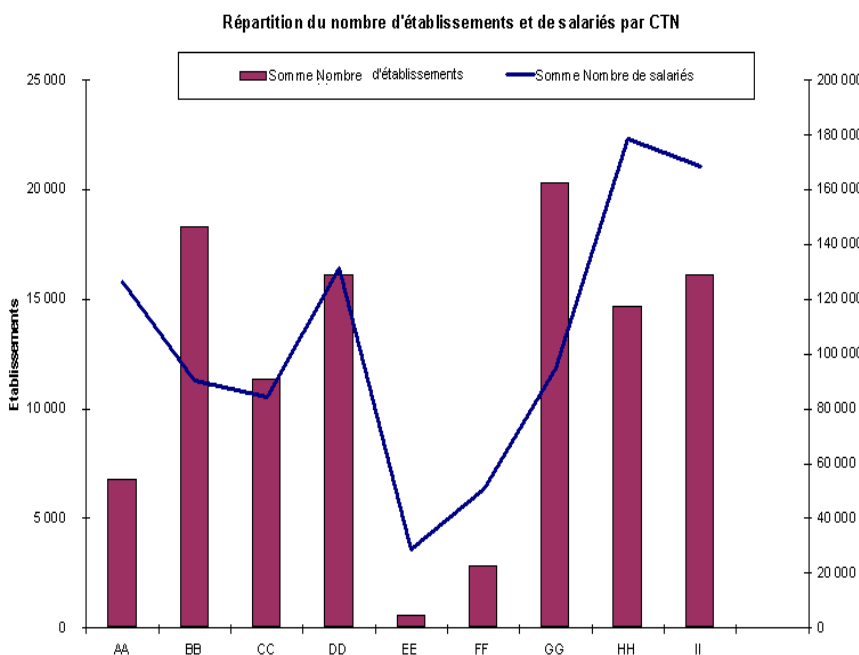


Schéma 1

Les secteurs d'activités

AA	Industries de la métallurgie
BB	Industries du bâtiment et des travaux publics
CC	Industries des transports de l'eau, du gaz, de l'électricité, du livre et de la communication
DD	Services, commerces et industries de l'alimentation
EE	Industries de la chimie, du caoutchouc, de la plasturgie
FF	Industries du bois, du papier carton, du textile, vêtement, des cuirs et peaux et des pierres et terres à feu
GG	Commerces non alimentaires
HH	Activités de services I
II	Activités de services II et le travail temporaire

Tableau 1

La plupart des métiers sont concernés par la problématique CMR (cancérogène, mutagène et toxique pour la reproduction). Cette étude ne prétend pas être exhaustive, elle n'a pas eu pour objectif d'évaluer toutes les situations de travail mais de faire un "état des lieux" de l'utilisation et de l'exposition des salariés à ces différents polluants.

Elle doit permettre de mieux appréhender les risques associés au formaldéhyde et aux solvants chlorés et les mesures à mettre en place pour limiter ces risques.

Les entreprises les plus représentatives de leur secteur d'activité ont été sélectionnées soit par les médecins du travail, soit par le service prévention de la CRAM (cf. Annexe 2).

Des prélèvements d'atmosphères ont été réalisés soit par le Laboratoire de chimie de la CRAM (LICO¹), soit par les Services de Santé au Travail, sachant que l'objectif de ces interventions consistait prioritairement à évaluer un risque lié à l'exposition des salariés.

¹ LICO : Laboratoire Interrégional de Chimie de l'Ouest

1-2 : Les valeurs limites

Les valeurs limites d'exposition professionnelle servent de référence dans l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux différents polluants présents dans l'atmosphère au poste de travail.

Il existe en France trois listes de VLEP :

- **des valeurs réglementaires contraignantes**
- **des valeurs réglementaires indicatives**
- **des valeurs indicatives fixées par circulaires**

Les VLEP sont établies par rapport à une durée d'exposition :

- **VLEP CT**, Valeur Limite d'Exposition Professionnelle Court Terme, ou **VLE**, Valeur Limite d'Exposition, qui se rapportent à une courte durée de référence (≈ 15 min.),
Pour protéger des effets à court terme liés à des pics de pollution.
- **VLEP 8 heures**, Valeur Limite d'Exposition Professionnelle sur 8 h, ou **VME**, Valeur Limite de Moyenne d'Exposition,
Pour protéger des effets sur la base d'une journée de travail de 8 h.

Les VLEP sont généralement indicatives. Le respect de ces valeurs limites ne garantit pas contre toute atteinte de la santé l'ensemble des personnes exposées. Elles sont révisables en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques. En conséquence, elles doivent être considérées comme des objectifs minimaux à atteindre.

Les valeurs limites contraignantes sont des valeurs soumises à une obligation réglementaire de non dépassement (contrôle annuel). Les autres valeurs constituent des objectifs de prévention. Toutes les valeurs devraient, à terme, avoir un statut réglementaire.

Les VLEP des différents polluants examinés dans l'étude correspondent à des valeurs indicatives fixées par circulaire :

		Formaldéhyde		Dichlorométhane		Trichloroéthylène	Perchloroéthylène	
		VME	VLE	VME	VLE	VME	VME	VLE
VLEP	mg/m3	0,6	1,2	180	350	405	335	670*

* Valeur fixée par les hygiénistes américains de l'ACGIH correspondant à 100 parties par million (ppm).

Tableau 2

1-3 : Les différents types de prélèvements d'atmosphère

Plusieurs types de prélèvements d'atmosphère ont été réalisés :

- auprès des voies respiratoires des opérateurs :
 - sur de longues durées, afin de mesurer leur exposition moyenne et se référer aux VME ;
 - pendant des phases de travail courtes qui seront comparées aux VLE ;
- à postes fixes, à proximité des postes de travail, afin de mesurer la pollution ambiante et/ou de caractériser les sources de pollution.

Une phase de sélection des différents résultats a permis de disposer d'un groupe homogène d'exposition dont les caractéristiques sont indiquées, pour chaque polluant, dans le tableau : description des conditions de prélèvements (cf. Annexe 2).

Les périodes d'échantillonnage doivent être représentatives du travail effectué (cf. tableau 3), d'où l'importance de connaître les tâches effectuées par les salariés.

	Durée mini (min)	Durée maxi (min)
VME	40	600
VLE	0	30

Tableau 3

Certains résultats n'ont pas été retenus dans cette étude, compte tenu de la méthode de prélèvement utilisée (cf. Annexe 3) et de la durée de ces prélèvements jugée inadaptée.

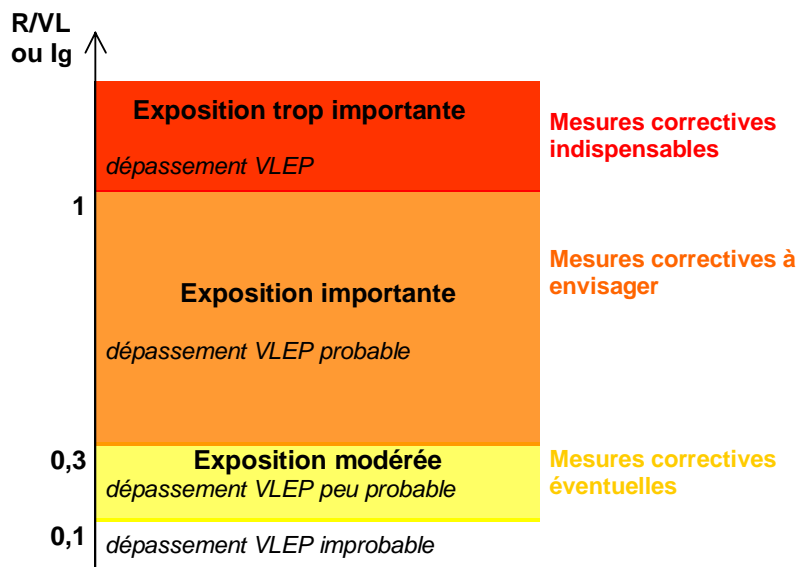
1-4 : L'interprétation des résultats [3]

L'interprétation des résultats correspond à une étape importante pour évaluer l'exposition aux nuisances sachant que cette étude ne comprend qu'un nombre très limité de mesures. Pour les substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR), l'objectif est de se situer le plus bas possible.

Pour les solvants, compte tenu de leur passage dans le placenta et dans le lait maternel, il est recommandé de ne pas dépasser le dixième des valeurs limites ou un indice global de pollution de 0,1 [4].

Pour les autres substances, et lorsqu'un prélèvement est représentatif d'une exposition individuelle sur une journée de travail (ou sur une courte durée), on interprétera la valeur du rapport R/VL, Résultat/Valeur Limite, ou de l'Indice global de pollution Ig, comme ci-dessous.

Cette approche tient compte des variations statistiques des situations de travail.



1-5 : Les déterminants de l'exposition

Afin d'éliminer les risques à la source, il importe de bien identifier les sources d'émission et les déterminants de l'exposition.

Les méthodes et habitudes de travail sont à considérer lors de l'identification des déterminants de l'exposition. Cet aspect est d'autant plus important si le nombre de tâches impliquant le polluant est important.

Les principaux facteurs susceptibles d'influencer l'exposition des travailleurs, quelque soit le métier, sont :

- la quantité de produit utilisé et sa concentration,
- les méthodes de travail,
- la présence et l'efficacité des dispositifs de ventilation localisés,
- l'efficacité de la ventilation générale,
- ...

1-6 : La suppression de l'exposition

Pour supprimer l'exposition des salariés, il faut dans un premier temps rechercher à éliminer le polluant. Pour y arriver, la substitution [5] ou la suppression est prioritaire. Celle-ci consiste à remplacer un produit chimique dangereux par un autre produit ou par un procédé, moins dangereux ou, mieux, sans danger.

Dans un second temps, il faut envisager le travail en circuit fermé pour toute opération qui s'y prête.

La mise en place de mesures de prévention collective (ex : aspirations localisées aux sources d'émission des polluants) peut permettre de diminuer la concentration dans l'air. Elle doit être privilégiée lorsque la source d'émission est bien identifiée. La ventilation générale va, pour sa part, diluer les polluants en introduisant un apport d'air neuf. Il faut préciser que les aspirations localisées et la ventilation générale doivent être vérifiées régulièrement.

L'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) peut s'avérer, dans certains cas, comme la seule solution disponible et efficace (ce doit être le dernier recours). Afin de connaître les EPI adaptés aux produits, il peut être nécessaire de se reporter au §8 des fiches de données de sécurité.

Afin d'empêcher le contact du produit avec la peau et les yeux, il peut être envisagé de mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.

Dans les cas où un appareil de protection respiratoire filtrant est préconisé, il faut utiliser un filtre adapté au polluant (cf. tableau ci-dessous), combiné à un filtre anti-aérosols de type P pour toute application par pulvérisation :

	Type de cartouche filtrante
Formaldéhyde [6]	BP3
Dichlorométhane	AXP3
Trichloréthylène	AP3
Perchloroéthylène	AP3

Tableau 4

Remarque : les appareils de protection respiratoire doivent être stockés en dehors de la zone polluée.

L'information et la formation sur les risques encourus, sur les sources d'émission et sur les tâches les plus polluantes, sur les protections collectives à mettre en œuvre et sur les équipements de protection individuelle sont des éléments clés de maîtrise du risque.

A noter : des mesures simples permettent d'atténuer l'exposition des salariés comme :

- entreposer dans les ateliers les quantités de produits ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée ;
- conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet et fermés ;
- ne pas laisser ouverts les récipients et traîner les chiffons souillés au poste de travail ;
- respecter des règles élémentaires d'hygiène (ne pas manger ni boire au poste de travail) permet également de limiter l'exposition des opérateurs ;
- ...

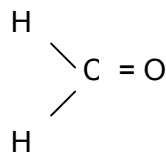
CHAPITRE 2 : LE FORMALDEHYDE

2-1 : Données sur le formaldéhyde

Le formaldéhyde, également appelé aldéhyde formique, formaldéhyde (solutions), méthanal, formaline ou oxométhane, se présente à température ambiante sous forme d'un gaz incolore à odeur âcre et suffocante. Le seuil minimum de perception de cette odeur caractéristique est de 0.05 ppm et est détecté par la plupart des personnes autour de 1 ppm.

Il est commercialisé sous forme de solution aqueuse (appelée formaldéhyde) contenant généralement de 30 à 55 % en poids de formaldéhyde ou sous forme solide [6].

La formule du formaldéhyde est CH₂O ou sous la formule développée :



Les principales caractéristiques du formaldéhyde sont :

N° CAS (Chemical Abstract Service)	50-00-0
Masse molaire	30.03
Point d'ébullition	-20 à -19°C
Densité	0.816 g/cm ³ à 20°C
Tension de vapeur	517 à 519 kPa à 25°C
Température d'auto-inflammation	424°C
Limite d'inflammabilité	
	Inférieure 7 %
	Supérieure 73 %

Tableau 5

Pour plus d'informations, consulter la fiche toxicologique INRS FT n° 7 Edition 2006 [7].

2-1-1 : Classification du formaldéhyde - données toxicologiques [8]



T - TOXIQUE

Le formaldéhyde

Contient : Formaldéhyde ... %

R: 23/24/25-34-40-43
S: 24-26-36/37/39-45-53
Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.
Provoque des brûlures.
Effet cancérigène suspecté - preuves insuffisantes
Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
Eviter le contact avec la peau.
En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.
Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux/du visage.
En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
Eviter l'exposition - se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.

Le formaldéhyde stabilisé est étiqueté Toxique :

- toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion (R23/24/25),
- provoque des brûlures (R34) ,
- effet cancérigène suspecté, preuves insuffisantes (R40),
- peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau (R43).

L'Union Européenne a classé le formaldéhyde comme cancérigène de catégorie 3, C3 : substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles (à titre d'exemple, excès de cancers nasopharyngés). Ce classement va être prochainement revu (catégorie 1 vraisemblablement).

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a évalué les données scientifiques disponibles sur la cancérigénicité du formaldéhyde et a, récemment, classé celui-ci comme « cancérigène pour l'homme » (catégorie 1).

Les précédentes évaluations du CIRC, fondées sur un plus petit nombre d'études, avaient conclu en 1995 que celui-ci était « *probablement cancérigène pour l'homme* » (catégorie 2A).

En Europe, la classification du formaldéhyde comme cancérigène reste pour l'instant inchangée et s'applique pour des concentrations supérieures à 1 % : « *Effets cancérigènes suspectés - preuves insuffisantes* » (Xn - R40).

Concentration	Classification
$C \geq 25 \%$	T; R23/24/25-34-40-43
$5 \% \leq C < 25 \%$	Xn; R20/21/22-36/37/38-40-43
$1 \% \leq C < 5 \%$	Xn; R40-43
$0,2 \% \leq C < 1 \%$	Xi; R43

Tableau 6

Sur la base des travaux du CIRC, les autorités françaises ont inclus les travaux exposant les salariés au formaldéhyde dans la liste « *des substances, préparations et procédés cancérigènes* ».

De ce fait, et malgré un étiquetage qui ne répond pas aux critères de classification des substances cancérigènes avérées, toutes les activités dans lesquelles les travailleurs sont exposés ou susceptibles d'être exposés au formaldéhyde doivent, à partir du 1^{er} janvier 2007, appliquer les dispositions du décret du 1^{er} février 2001 relatif « *aux produits cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction* » (CMR).

En conséquence, l'entreprise est tenue de supprimer ou de réduire l'exposition des salariés au formaldéhyde, notamment en le substituant, dans la mesure où cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé qui, dans ses conditions d'emploi, n'est pas ou est moins dangereux pour la santé et la sécurité des salariés.

A noter : le formaldéhyde peut provoquer, par contact cutané et suivant le degré d'exposition et sa concentration, des brûlures, des urticaires ou des eczémas subaigus ou chroniques. A l'effet irritant, s'ajoute, donc, un effet allergique.

Par ailleurs, de nombreuses études montrent que l'exposition aux vapeurs de formaldéhyde peut entraîner des signes d'irritations oculaire, respiratoire (bronchite), ORL (rhinite allergique, polyposé, anosmie voire perforation de la cloison nasale en cas d'exposition très importante), des affections respiratoires chroniques plus fréquentes (asthme), une augmentation des symptômes neurologiques tels que maux de tête, perte d'appétit, insomnies, troubles du caractère et de la mémoire.

☞ Certaines de ces affections font l'objet du tableau n° 43 des maladies professionnelles indemnifiables.

2-1-2 : Secteurs d'utilisations du formaldéhyde

Le formaldéhyde, avec une consommation estimée de 125 000 tonnes par an en France [9], se distingue des autres composés organiques (ex. : alcool, aldéhydes, alcanes, hydrocarbures aromatiques) car il entre dans la composition de très nombreux produits d'usage courant :

laques, colles, vernis, encres, plastiques, papier, textiles, désinfectants, bactéricides, produits ménagers, laine de verre et de roche...

Il est présent, par l'intermédiaire de la colle, dans la plupart des bois agglomérés et contreplaqués (mobilier, matériaux de construction).

Il est d'autre part utilisé dans certains médicaments, cosmétiques et pesticides.

Signalons aussi de nombreuses autres sources d'exposition comme les gaz d'échappement des véhicules à moteur, la fumée de tabac...

2-2 : Evaluation de l'exposition au formaldéhyde des salariés dans les Pays de la Loire

2-2-1 : Moyenne d'exposition sur 8h/VME

Répartition du nombre de prélèvements par branche d'activité

Depuis 1986 et jusqu'à octobre 2006, l'ensemble des différents laboratoires des CRAM ont effectué 8 240 prélèvements d'atmosphère, dont 2 500 réalisés par le LICO en Bretagne et dans les Pays de la Loire.

Répartition du nombre de prélèvements réalisés de 1986 à octobre 2006 (personnels et d'ambiance)

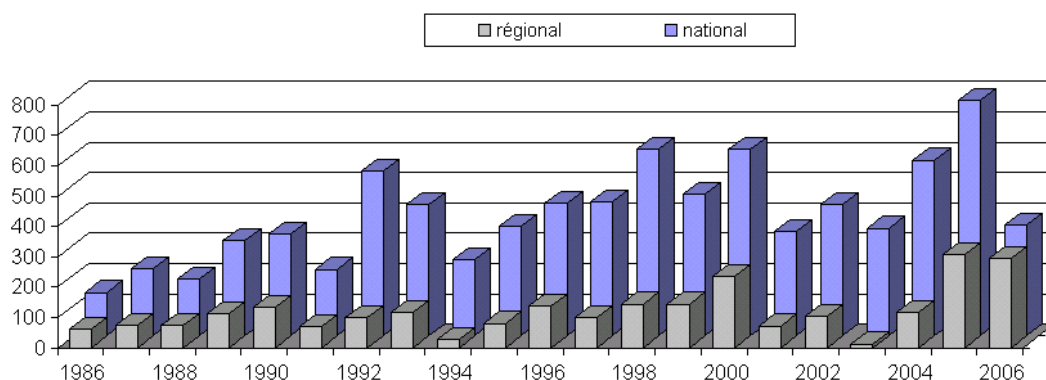


Schéma 2

La répartition des prélèvements réalisés dans le cadre de l'étude montre que la plupart des branches d'activité (Comité Technique National ou CTN) ont fait l'objet de mesures d'exposition et confirme que de nombreux métiers sont concernés.

Répartition du nombre de prélèvements par branche d'activité (CTN)

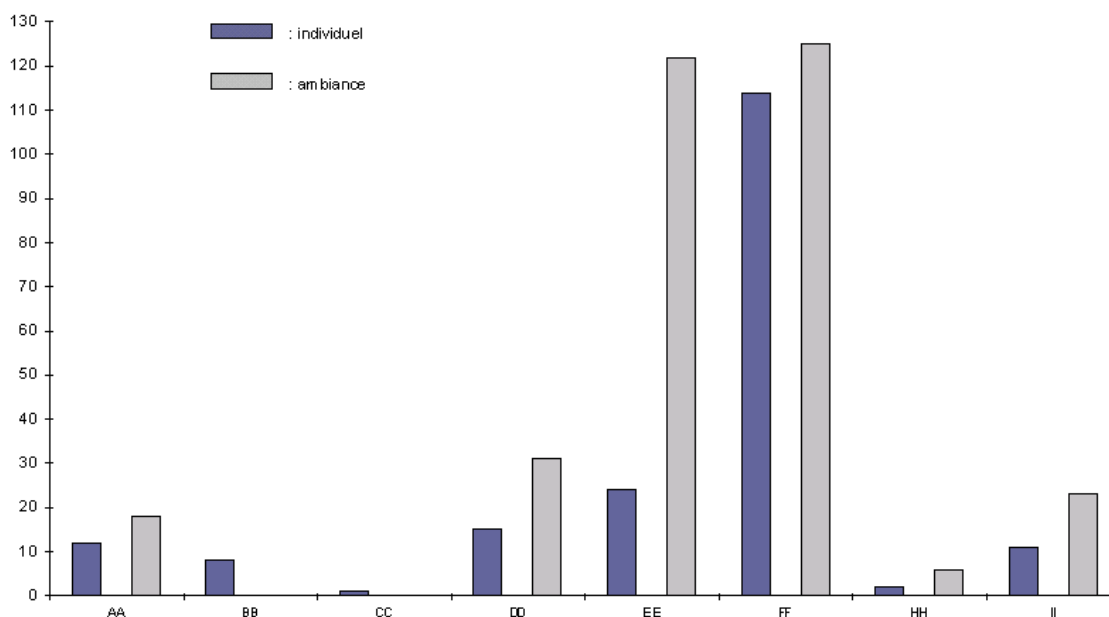


Schéma 3

Le CTN FF (bois, ameublement, textile...) représente la moitié des prélèvements et le EE (chimie, caoutchouc...) environ 30 %. Les secteurs de la métallurgie [AA], du bâtiment [BB], du commerce [DD], du transport et de l'énergie [CC] et des activités de service [HH et II] ne représentent que 20 % des prélèvements.

Contrairement aux autres CTN, la plupart des prélèvements réalisés dans le CTN EE ont été surtout effectués à postes fixes en ambiance.

Résultats de la campagne de mesures

La majorité des prélèvements a été effectuée à poste fixe en ambiance. Contrairement aux autres substances, on retrouve au niveau national ce même ratio 60/40 [22] pour le formaldéhyde. Un grand nombre de prélèvements a été réalisé, à point fixe, lors de la désinfection de bâtiments (ex. : agroalimentaire), à proximité de machines (ex. : extrusion de plastiques) ou dans des stocks de produits (ex. : panneaux de bois).

Le nombre de mesures pris en compte est de 187 pour les prélèvements individuels comparables à la VME et de 325 pour les ambiances.

	Individuels	Ambiance
Nombre de mesures	187	325
VME (mg/m³)	0,6	
Moyenne arithmétique	0,37	0,93
Etendue	0,001 - 3,51	0,004 - 8,97
Médiane	0,20	0,33
Percentile 25	0,06	0,08
Percentile 75	0,40	1,13
Percentile 90	0,82	2,86
Percentile 95	1,47	3,71

Tableau 7

La médiane est égale au 1/3 de la VME pour les prélèvements individuels et à la moitié de la VME pour les ambiances, sachant que l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France [22] est de :

	Individuel	Ambiance
Médiane	0.27	0.11

Une proportion importante de concentrations (schéma 4) est supérieure à la VLEP - 8 heures (16 % pour les individuels et 33 % pour les ambiances).

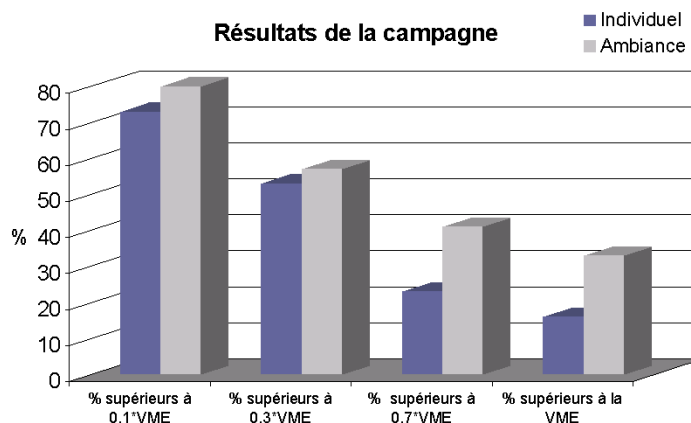


Schéma 4

Contrairement aux résultats nationaux (schéma 5), les concentrations en ambiance mesurées lors de la campagne sont plus fortes que celles mesurées par prélèvement individuel. Un nombre important de mesures (ambiance) a été réalisé dans des zones fortement polluées (ex. : désinfection de locaux agroalimentaires).

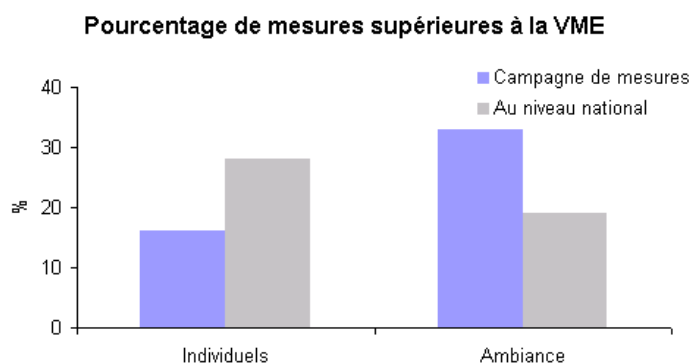


Schéma 5

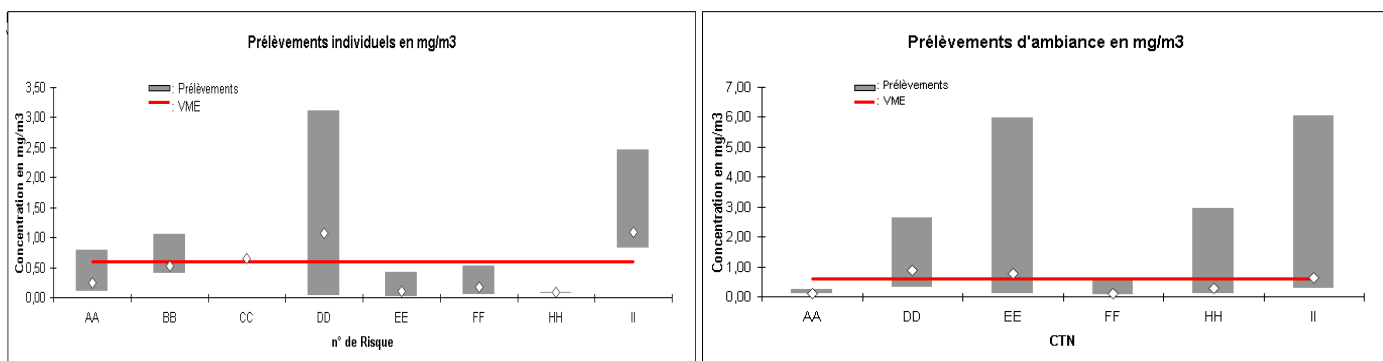
D'après des données antérieures issues de COLCHIC, probabilité de dépassement de la VME en fonction du poste de travail :

Poste de travail	Probabilité de dépassement de la VME (%)
Ensemble des postes de travail	20
Mélange, moulage, compression, réaction, laminage, calandrage	20
Usinage, assemblage, soudage, collage, chaîne de montage	14
Contrôle, stérilisation, nettoyage, réparation	29
Fonderies	10
Hôpitaux, laboratoires d'analyses médicales	27

Données issues de COLCHIC : mesures effectuées par les 8 laboratoires interrégionaux des CRAM et l'INRS de 1994 à 2004.

Quelques exemples d'expositions par métier

Le nombre de prélèvements est souvent insuffisant ($n < 10$) pour mener une analyse fine de l'exposition pour l'ensemble des groupements d'activités (cf. schéma 3).



Le mode graphique dit "en boîte" permet de représenter les 25^e (limite inférieure) et 95^e (limite supérieure) percentiles de la distribution des données. Le losange correspond à la valeur médiane.

Schéma 6

Médiane en mg/m3

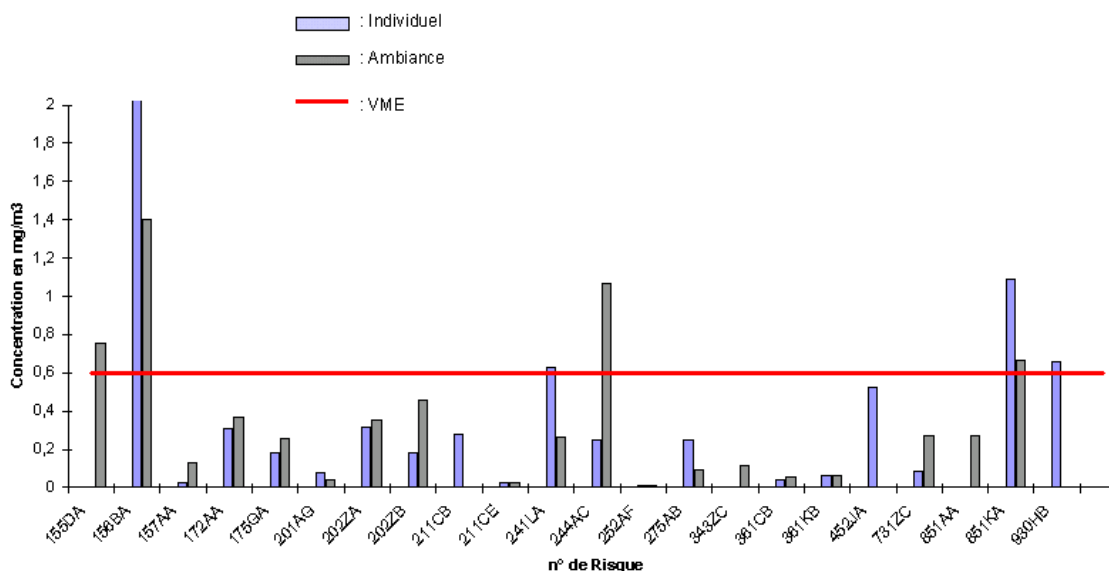


Schéma 7 (cf. annexe 4)

Globalement, cette étude confirme la présence de tâches très exposantes, notamment dans les CTN et n° de risques suivants :

CTN		N° de Risque	
[DD]	Services, commerces et industries de l'alimentation	156 DA	Fabrication d'autres produits laitiers
		156 BA	Activité de travail de grains
[EE]	Industries de la chimie, du caoutchouc, de la plasturgie	241 LA	Fabrication de matières plastiques
		244 AC	Fabrication de produits de base pour la pharmacie, d'alcaloïdes, de glucosides...
[III]	Des activités de services	851 KA	Laboratoires d'analyses médicales extra-hospitaliers
[CC]	Des industries du transport, de l'eau, du gaz, de l'électricité, du livre et de la communication	930 HB	Pompes funèbres et services annexes y compris le commerce d'articles funéraires.
[BB]	Bâtiment	452JA	Couverture en tous matériaux : Fabrication de lamellés collés

Tableau 8

Les métiers les plus exposés concernent principalement :

- les laboratoires d'anatomo-pathologie,
- la fabrication de lamellés collés,
- les thanatopracteurs,
- la papeterie,
- ...

A noter, les tâches de désinfection sont fortement exposantes.

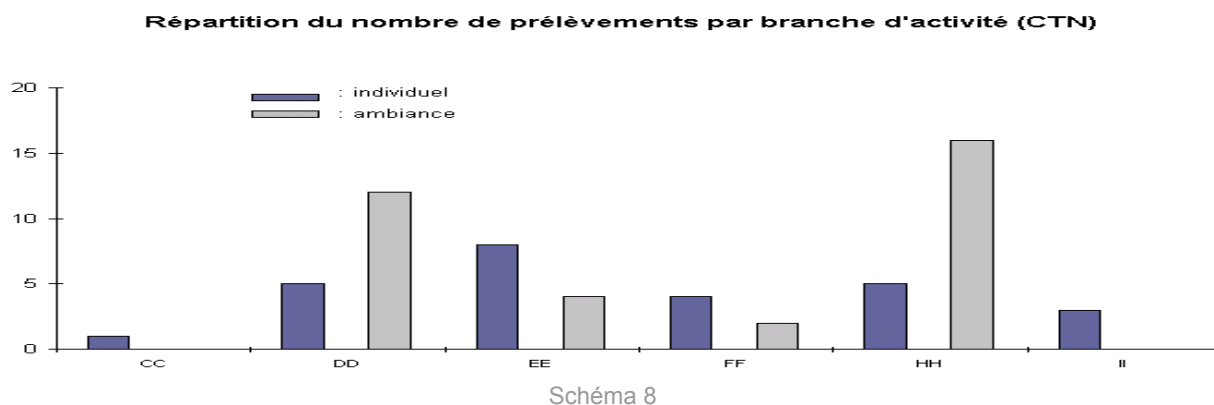
Désignation du métier	Métier	CTN	Risque	NB Res	Moyenne Concentration	Max Concentration
Thanatopracteur	11141013	CC	930HB		0,82	0,82
Laborantin d'analyses médicales	24212003	II	851KA	11	1,30	2,50
Employé au conditionnement	43311026	DD	156BA	8	2,05	3,51
Agent d'usinage	44111001	EE	241LA	1	0,63	0,63
Conducteur d'encolleuse sur bois	45311003	FF	20ZZA	11	0,29	0,50
Conducteur de chaîne de conformation de panneaux de particules agglomérées	45311007	FF	20ZZA 20ZZB	8	0,13 0,52	0,15 0,77
Opérateur (fabrication de panneaux de bois)	45311025	FF	20ZZA	13	0,38	0,74
Préparateur de mélanges en papeterie	45321011	FF	211CB	2	0,37	0,69
Mouleur main (fonderie)	45421017	AA	275AB	6	0,57	1,08

Tableau 9

2-2-2 : Exposition court terme (VLEP CT)

Répartition du nombre de prélèvements par branche d'activité

Le nombre de mesures pris en compte est de 26 pour les prélèvements individuels comparables à la VLE et de 34 pour les ambiances. Le CTN HH (Activités de services) représente 35 % des prélèvements et le DD (Alimentation) environ 30 %. Les autres secteurs ne représentent que 35 % des prélèvements.



Résultats de la campagne de mesures

	Individuels	Ambiance
Nombre de mesures	26	34
VLE (mg/m³)	1,2	
Moyenne arithmétique	1,74	4,33
Etendue	0,038 - 12,7	0,022 - 33,2
Médiane	0,69	0,90
Percentile 25	0,14	0,12
Percentile 75	1,48	5,94
Percentile 90	4,87	12,48
Percentile 95	6,95	19,51

Tableau 10

La valeur médiane est égale à 60 % de la VLE pour les prélèvements individuels et à 75 % de la VME pour les ambiances. Ce tableau montre que les niveaux d'exposition des opérateurs peuvent être excessifs lors de tâches de courtes durées.

Le pourcentage de concentrations supérieures à la VLE est de près de 30 % pour les individuels et de plus de 40 % pour les ambiances.

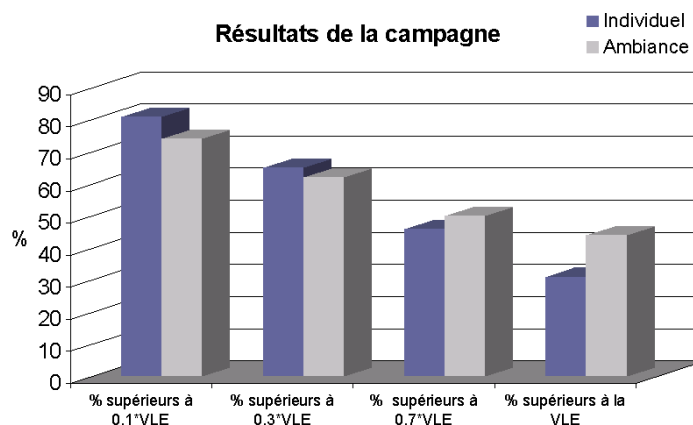


Schéma 9

Quelques exemples d'expositions par métier

On peut noter une très grande disparité de résultats dans les activités de services (CTN HH et II).

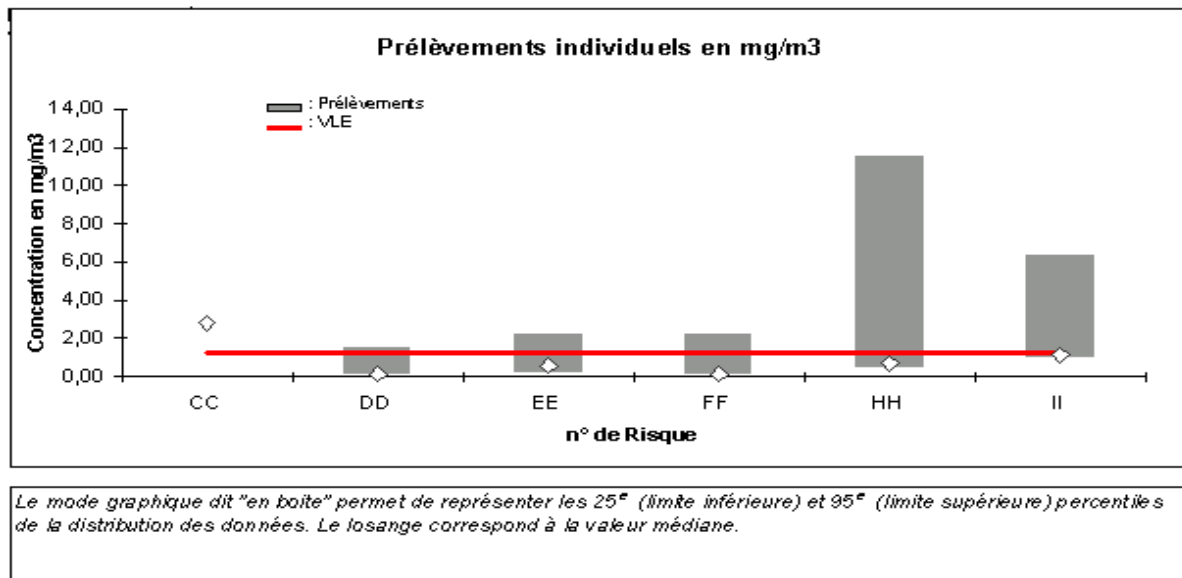


Schéma 10

2-3 : Informations et recommandations pour quelques secteurs d'activité

2-3-1 : Les laboratoires d'anatomo-pathologie (CTN II - n° de risques 851 AA et KA)

a) Utilisations

L'anatomo-pathologie est une spécialité de la médecine qui pose le diagnostic de maladies par l'examen des organes, des tissus ou des cellules, soit macroscopiquement, soit par microscopie optique ou d'autres techniques avancées.

Cette spécialité médicale étudie les modifications morphologiques des organes au cours des processus pathologiques. Les principales étapes sont [10] :

- la préparation des solutions de formaldéhyde (dilution de 37 % à 10 %),
- la macroscopie, c'est-à-dire la description à l'œil nu de la pièce,
- pour le préparateur de tissus, la mise en cassettes des prélèvements,
- l'inclusion et la coupe des pièces,
- l'observation microscopique.

Les autres tâches du laboratoire sont :

- la vidange des récipients,
- l'entretien du préparateur de pièces,
- l'élimination des organes, tissus, cellules,
- le recyclage ou l'élimination de la solution usée de formaldéhyde.

b) Déterminants de l'exposition

Les principaux facteurs qui peuvent influencer l'exposition des salariés sont :

- la concentration de la solution en formaldéhyde,
- la taille et le nombre des pièces étudiées,
- les méthodes de travail comme la présence de récipients ouverts, de chiffons imbibés sur la paillasse, de poubelles ouvertes...
- le nombre de postes utilisant du formaldéhyde dans un même local,
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

Les expositions sont essentiellement liées à l'utilisation de formaldéhyde ou du liquide de Bouin (mélange de formaldéhyde, d'acide picrique et d'alcool) [10]. Les expositions sont importantes, voire excessives :

- les expositions de courtes durées (15 minutes) de l'ordre de 1,33 mg/m³ avec une étendue de [0,005 - 8,34],
- les expositions moyennes journalières (8 h) de l'ordre de 0,4 mg/m³ avec une étendue de [0,001 - 8,6].

d) Suppression de l'exposition

Les principaux moyens à employer pour supprimer l'exposition au formaldéhyde sont :

• La substitution

Certains laboratoires d'anatomo-pathologie testent actuellement différents produits de substitution, fixateurs à base de chlorure de zinc, d'alcool, de glyoxal...

Dans un des laboratoires d'anatomo-pathologie, les niveaux d'exposition constatés en 2007 sont nettement inférieurs à ceux observés en 2004, la substitution du formaldéhyde par un fixateur non formolé, à base de glyoxal, contribuant nettement à ce constat (schéma 11).

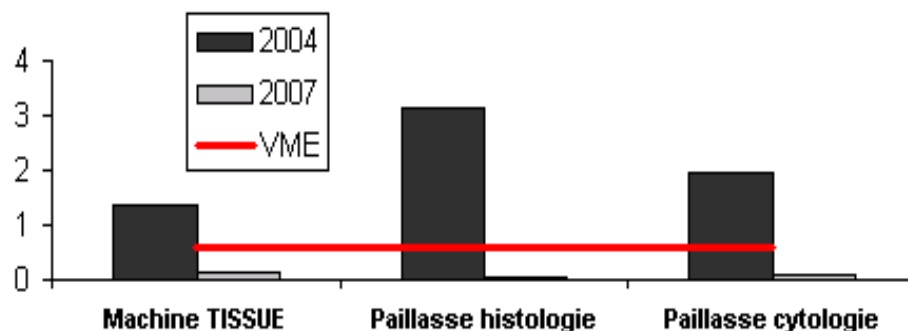


Schéma 11

Le glyoxal se présente sous la forme d'un liquide jaune pâle ou de cristaux, plus ou moins réguliers. Contrairement au formaldéhyde, le glyoxal a l'avantage d'être peu volatil. Par contre, ce composé, nocif par inhalation et irritant pour les yeux et la peau, peut entraîner une sensibilisation par contact. Il est classé R68, mutagène catégorie 3 : possibilité d'effets irréversibles.

Les solutions de glyoxal ont un caractère acide (pH = environ 2).

Pour plus de précisions, consulter la fiche toxicologique INRS n° 229 (2005).

• Action sur les procédés

Ces actions passent par :

- le développement de nouveaux procédés comme les micro-ondes à basse et haute énergie ;
- l'utilisation de solutions de formaldéhyde moins concentrées. Des modifications des procédures de travail peuvent également être envisagées. Elles doivent minimiser les émissions de formaldéhyde (fermeture des pots non utilisés, mise au rebut immédiat des chiffons imprégnés, vérification périodique des équipements). La possibilité d'utiliser des pots de solutions prêts à recevoir les spécimens et celle d'utiliser des contenants en plastique jetables pourraient être évaluées.

- **Action sur les équipements**

Les opérations de préparation des solutions de formaldéhyde, remplissage des pots, vidange des spécimens et neutralisation du formaldéhyde doivent être réalisées sous une hotte efficace.

Lors du travail de macroscopie, une aspiration localisée disposée au plus près de la source d'émission du polluant ou le travail sous sorbonne peut permettre de limiter l'exposition de l'opérateur. Des mesures de prévention passent également par le confinement des tâches les plus polluantes et par l'installation de hottes aspirantes au-dessus des équipements :

- appareil à recycler,
- appareil à préparer les tissus,
- poubelle,
- ...

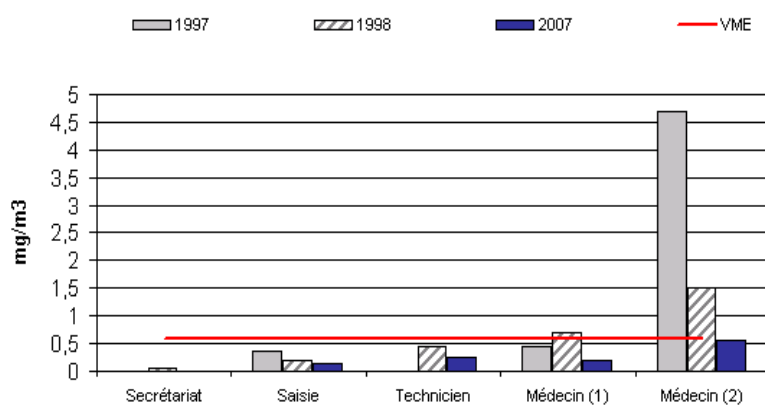


Schéma 12

A titre d'exemple, si l'on compare les différents résultats effectués en 1997, 1998 et 2007 dans un même laboratoire (schéma 12), une nette amélioration des niveaux d'exposition a pu être constatée.

Même si des progrès restent encore envisageables, la mise en place de tables de macroscopie équipées d'un système de captage des polluants a permis d'atténuer la pollution [10].

2-3-2 : La thanatopraxie (CTN CC - n° de risque 930HB)

a) Utilisation

La thanatopraxie est l'ensemble des techniques mises en œuvre pour la conservation temporaire et la présentation des corps. Elle permet de suspendre, pour une durée limitée, les manifestations de la "thanatomorphose".

Dans ce cadre, le formaldéhyde est utilisé en injection dans l'artère carotidienne (voire fémorale) et dans la cavité abdominale. Les injections artérielles utilisent des produits à 25 % dilués à environ 2 %, et les injections abdominales se réalisent avec le produit à 25 % sans dilution.

Lorsque l'état du cadavre est normal, l'embaumement est réalisé en 1 heure et demie, dont 10 ou 35 minutes d'utilisation du formaldéhyde. Dans les cas de cadavres dans un état de putréfaction avancée, l'embaumement peut exiger jusqu'à 3 heures. Le thanatopracteur peut également utiliser des gelées ou des poudres à base de formaldéhyde ou de paraformaldéhyde pour traiter les plaies [11].

b) Déterminants de l'exposition

L'exposition des thanatopracteurs au formaldéhyde est due principalement :

- à la préparation des solutions,
- aux injections abdominales en raison d'écoulements importants. Ces derniers sont moindres lors des injections artérielles.

Les autres facteurs qui influencent l'exposition des salariés sont :

- la concentration de la solution de formaldéhyde,
- le nombre de postes de travail,
- le nombre de corps traités,
- les paramètres physiques du cadavre : état de putréfaction, corpulence...

c) Sources d'exposition et postes exposés

Les phases d'exposition critiques se rencontrent lors des injections (jusqu'à 2,8 la VLE) et lors de la préparation des solutions. Sur l'ensemble des activités, les thanatopracteurs peuvent être exposés à des concentrations de l'ordre de 1,3 fois la VME.

d) Suppression de l'exposition [11]

La suppression de l'exposition au formaldéhyde peut reposer sur plusieurs critères :

- **La substitution**

Certaines pistes comme le chlorure de zinc ont été a priori abandonnées en raison de difficultés liées à la qualité du résultat obtenu, mais d'autres pistes sont à l'étude.

- **Action sur les procédés**

Une rationalisation des concentrations en formaldéhyde des préparations est envisageable, soit en utilisant des solutions initiales moins concentrées, soit en effectuant les dilutions sous une hotte.

- **Action sur les équipements**

Il est nécessaire d'agir sur la ventilation : ventilation générale d'une part afin d'assainir le local de travail, mais également localisée à travers une ventilation au niveau de la table d'embaumement (ventilation verticale de préférence). Il existe également des tables intégrant un système d'aspiration. Il ne faut pas oublier, dans ces dispositifs localisés, le poste de préparation des solutions qui doit être équipé d'une hotte efficace.

2-3-3 : La désinfection (CTN DD - II)

a) Utilisation

Le formaldéhyde peut être utilisé comme agent désinfectant (bactéricide, fongicide) notamment pour la désinfection de locaux médicaux, d'instruments médicaux ou dans l'industrie agroalimentaire.

Celui-ci est utilisé soit sous forme de solution liquide (trempage), soit sous forme liquide pulvérisée (ex. : concentration de 1 à 5 %), soit sous forme gazeuse (ex. : granulés de paraformaldéhyde à raison de 6 mg/m³ chauffés par lampes halogènes).

b) Déterminants de l'exposition

Plusieurs facteurs peuvent influencer l'exposition des opérateurs au formaldéhyde :

- la concentration de la solution et les quantités utilisées,
- la durée de la désinfection,
- le lieu de mise en route et d'arrêt de la ventilation (se trouve, dans certains cas, dans le local à désinfecter),
- des fuites de formaldéhyde du local désinfecté vers les locaux contiguës,
- l'organisation du travail : respect des délais avant intervention dans les locaux désinfectés,
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

DIFFERENTES TACHES	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³		REMARQUES
	VME = 0,6	VLE = 1,2	
DESINFECTION DE BLOC OPERATOIRE PAR DIFFUSION			
Dans le bloc opératoire :			
• Après 2 h de désinfection et sans ventilation	6,38 - 7,32*		Exposition logiquement excessive - pas de personnel exposé (> 10 × VME)
• Après 2 h de ventilation	0,04 - 0,08*		Une ventilation efficace permet d'atténuer la pollution
DESINFECTION DE LOCAUX AGROALIMENTAIRES PAR PULVÉRISATION			
Dans la salle :			
• Pendant la désinfection	4,00*		Pollution logiquement excessive
• 1 h après la désinfection	0,10 - 1,20*		
• 2 h 30 après la désinfection	0,20 - 1,00		
Salle contiguë à la salle désinfectée	0,50 - 0,60*		La pollution est due aux fuites de formaldéhyde du local désinfecté vers les locaux contiguës
DESINFECTION DE LOCAUX AGROALIMENTAIRES PAR CHAUFFAGE DE PARAFORMALDEHYDE			
Dans la salle :			
• Pendant la préparation (pesées et manipulations)		3,30*	3 à 4 × VLE
• Pendant la mise en place du matériel		0,40 à > 12,70	> 10 × VLE
Salle contiguë à la salle désinfectée	< 0,10 - > 21,00*		Fuites importantes : de 7 à 31 × VME

* Prélèvements d'ambiance

Tableau 11

d) Suppression de l'exposition

- **La substitution**

La façon la plus efficace de contrôler l'exposition des travailleurs est la substitution.

- La substitution par l'acide peracétique est réalisée fréquemment pour la désinfection de matériel médical, dans les laiteries et les brasseries, pour les désinfections d'emballages de jus de fruits (cartons ou verre).

Il a l'avantage de faire partie des inactivateurs modérés des prions. Il est recommandé dans le traitement des dispositifs médicaux utilisés chez un patient suspect ou atteint de maladie de Creutzfeldt Jakob. La circulaire n° 138 du 14 mars 2001 le classe en groupe II = produit d'efficacité partielle.

L'acide peracétique, en fonction de la concentration, est fortement irritant, voire corrosif, pour la peau, les yeux et les voies respiratoires.

En toxicité expérimentale, certains effets génotoxiques et cancérigènes ont pu être observés chez la souris, sans qu'il puisse être fait d'extrapolation chez l'être humain.

Pour plus de précisions, consulter la fiche toxicologique INRS n° 239 (2001) [12].

- La substitution par le glutaraldéhyde est très efficace sur la plupart des microorganismes et peu corrosif pour le matériel.

Les désinfectants choisis jusqu'à ce jour dans les établissements de santé pour la désinfection des dispositifs médicaux thermosensibles étaient composés pour la majorité de glutaraldéhyde. On sait qu'ils représentent un réel danger aussi bien pour le personnel que pour le patient, pour lequel une toxicité a pu être rapportée lors de l'utilisation, par exemple, d'endoscopes insuffisamment rincés.

De plus, son activité reste lente, de 20 minutes minimum de contact à plus de 60 minutes. Parallèlement, les aldéhydes sont totalement contre-indiqués pour inactiver les prions.

A fortes concentrations, le glutaraldéhyde provoque des lésions de la peau et des muqueuses respiratoires et oculaires.

A de faibles concentrations, outre l'effet irritant déjà cité, il peut provoquer des nausées, des maux de tête et des difficultés respiratoires.

Les effets les plus souvent signalés en exposition professionnelle sont les eczémas et les affections respiratoires de mécanisme allergique.

Les études récentes effectuées sur cette substance n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet cancérigène ou mutagène. Par contre, diverses études expérimentales animales conduisent à s'interroger sur une éventuelle toxicité pour la reproduction.

☞ *Le glutaraldéhyde est concerné par les tableaux 65 et 66 des maladies professionnelles indemnifiables du régime général.*

- **Mesures de prévention**

Si une substitution n'est pas possible, il faudra agir sur les facteurs d'exposition et envisager :

- une réduction des concentrations ou des quantités de formaldéhyde utilisées ;
- des locaux désinfectés étanches sans contamination possible des pièces contiguës (identification des fuites) ;
- une organisation du travail excluant l'intervention humaine en cours de désinfection et respectant les temps de ventilation (commandes de trappes d'aération et mise en route de ventilation ou d'extraction à l'extérieur des locaux désinfectés, emplacement des extracteurs dans les locaux désinfectés) ;
- l'utilisation de masques à cartouche filtrante (BP3) adaptés en cas d'expositions inévitables.

2-3-4 : Les colles, les matières plastiques [13]

a) Utilisation

- Les **colles** urée-formol (UF), mélamine-formol (MF), phénol-formol (PF)... peuvent libérer, notamment pendant le séchage, du formaldéhyde libre dans l'atmosphère.

Ces résines peuvent contenir plus ou moins de formaldéhyde libre :

		Formaldéhyde libre en %
Aminoplastes	Urée-formol	10 %
Phénoplaste	Phénol-formol	> 5 %

Tableau 12

- La fabrication de certaines **matières plastiques** (ex. : mousse formophénolique) nécessite l'utilisation de formaldéhyde.

Certaines matières plastiques, lors de la transformation (ex. : extrusion de Polypropylène - PP, de Résines acétals ou polyacétals - POM...), peuvent libérer du formaldéhyde aux températures de mises en œuvre (si excessives) et surtout en cas de pyrolyse ou de combustion.

- Le procédé de **fonderie** consiste à couler du métal fondu dans un moule. Le moule peut être doté d'un noyau qui détermine les dimensions de la cavité interne du produit final. Le moule et le noyau sont parfois fabriqués avec du sable lié à une résine à base de formaldéhyde. Les étapes de fabrication sont les suivantes :
 - fabrication du moule et des noyaux,
 - assemblage du moule,
 - fusion du métal,
 - coulée du métal dans le moule,
 - refroidissement de la pièce moulée,
 - démoulage et dénoyautage (décochage),
 - dessablage et ébarbage de la pièce.

b) Déterminant de l'exposition

Les principaux facteurs qui peuvent influencer l'émission de formaldéhyde sont :

- les types de liants et le pourcentage de formaldéhyde libre dans le liant utilisé,
- le type de matière plastique^[13],
- la quantité de matière (ex. : taille des moules et des noyaux),
- les températures de mise en œuvre,
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

DIFFERENTES TACHES	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³		REMARQUES
	VME = 0,6	VLE = 1,2	
COLLE : fabrication de non tissé, de produits floqués... (N° de risque 275GA - 343ZC)			
Préparation de la colle	0,11 - 0,26		Le niveau d'exposition est excessif. ± la VME Augmentation des valeurs au cours de la journée : 70 % de la VME.
Fabrication de produits floqués (enduction)			
• à l'ajout de la colle	0,18 - 0,28		
• après le séchage de la colle	0,24 - 3,77*		
Fabrication de non tissé imprégné			
• pour des blocs insonorisés	0,27 - 0,32		
	0,16 - 0,55*		
• pour des filtres	0,11 - 0,40*		
FABRICATION-UTILISATION DE MATIERES PLASTIQUES (N° de risque 241LA - 252AF - 275AB)			
Fabrication de mousse formophénolique			
• Coulée	0,13	1,05	± la VLE
	0,10*	1,04	
• Découpe et mise en cartons	0,63		
	0,42*		
Extrusion de matières plastiques			
• Surveillance de ligne	0,01		L'exposition est modérée, elle est fonction des matières plastiques et de la présence d'une aspiration localisée au-dessus de l'extrudeuse (filière).
• Au niveau de la filière	< 0,01*		
Fonderie **			
• Moulage	0,30 - 1,10		Les niveaux d'exposition augmentent au cours de la journée : température-cadence.
	0,20*		
• Noyautage	0,06 - 0,18		

* Prélèvements d'ambiance

Tableau 13

d) Suppression de l'exposition

• La substitution

Des résines acryliques réticulées peuvent être utilisées comme liants (ex. : supports en laine de verre, de roche, à base de fibres de verre, panneaux de particules), sans modification du procédé et avec des caractéristiques techniques identiques.

• Mesures de prévention

Si une substitution n'est pas possible, il faudra agir sur les facteurs d'exposition :

- diminuer la quantité de produit et les concentrations de formaldéhyde à un niveau aussi bas que techniquement possible. Il existe des colles à teneur réduite en formaldéhyde. Les résines urée-formaldéhyde ont le taux d'émission le plus important en formaldéhyde ;
- confiner les zones émettrices de formaldéhyde ;
- en fonderie, remplacer les procédés à chaud par le durcissement à froid.

2-3-5 : L'industrie du bois (CTN FF)

1- Fabrication de produits en bois (lamellés collés, contreplaqués, médium, etc.)

a) Utilisation industrielle

La fabrication des panneaux de bois comprend les panneaux de particules, les contreplaqués et les lamellés collés (utilisés notamment pour la fabrication de charpentes).

Ces panneaux sont encollés avec des résines à base de formaldéhyde.

Les résines peuvent être des urées formol (UF), des mélamines - formol (MF), des mélamines - urées - formol (MUF) ou phénol-formol (PF).

L'encollage peut être réalisé avec des encolleuses à rideaux ou rouleaux.

Les lames de bois ou les panneaux sont ensuite mis sous presse. Le serrage a pour but de maintenir les pièces encollées à la pression voulue dans la forme désirée pendant le temps de polymérisation de la colle. Ce temps est variable suivant le type de colle employée, la température et l'hygrométrie de l'air ambiant, le mode de chauffage.

Les presses sont mono-étage, sur plusieurs étages ou en continu.

Les panneaux sont ensuite refroidis puis laissés pendant un certain temps en "maturation".

Les opérations de finition qui suivent sont essentiellement des opérations de rabotage, de perçage, de taillage et d'application de produits de traitement et/ou de finition.

b) Déterminants de l'exposition

Les principaux facteurs qui peuvent influencer l'émission de formaldéhyde sont :

- types de résines (UF, MF, MUF,PF) et le pourcentage de formaldéhyde libre,
- quantité de colle - épaisseur du panneau,
- pression de la presse,
- températures de mise en œuvre,
- durée du pressage,
- durée de la "maturation",
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

DIFFERENTES TACHES	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³	
	Individuel	Ambiance
FABRICATION DE LAMELLES COLLES / CONTREPLAQUES		
Encolleuse	0,20 - 0,53	1,80
Presse	0,71 - 0,87	0,71 - 1,18

Tableau 14

Les dégagements les plus importants en formaldéhyde se font à la fois au niveau de l'encolleuse mais aussi après, lorsque les pièces sont encollées et mises sous presse, où l'on retrouve des concentrations dans l'atmosphère qui peuvent atteindre 2 fois la valeur limite.

DIFFERENTES TACHES	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³ VME = 0,6 VLE = 1,2	
	Individuel	Ambiance
FABRICATION DE PANNEAUX DE PARTICULES		
Encolleuse	0,21 - 0,40	-
Presse	0,33 - 0,62	0,36 - 0,90
Refroidisseur (carrousel)	-	0,59
Stockage	-	< 0,06 - 0,55

Tableau 15

Lors de la fabrication de panneaux de particules, les expositions mesurées sont importantes.

d) [Suppression de l'exposition](#)

- **La substitution**

La première démarche à entreprendre est la recherche d'un **produit de substitution** ne contenant pas de formaldéhyde.

Il existe des produits à base d'isocyanates mais ces derniers ont également une toxicité élevée. L'exposition répétée peut être à l'origine d'une sensibilisation chez certaines personnes. La sensibilisation aux isocyanates organiques est un phénomène de type allergique pouvant apparaître après un séjour plus ou moins prolongé dans une atmosphère polluée, même à des niveaux de concentrations extrêmement faibles. La personne sensibilisée développe une réaction allergique cutanée et surtout respiratoire (asthme) à la moindre trace d'isocyanates et doit alors être soustraite à l'exposition à ces substances.

En revanche, le type de résines utilisées peut également avoir une incidence sur l'exposition des opérateurs, la résine UF a le taux d'émission le plus élevé et la résine PF le plus bas.

En fonction de leur taux d'émission (mg/m²) ou de leur teneur en formaldéhyde (mg/100 g) (après fabrication), les panneaux seront classés différemment :

- **panneaux de contreplaqué** selon la norme NF EN 1084 (août 1995) :
 - classe A (< 3,5 mg de formaldéhyde/m² h),
 - classe B (3,5 à 8 mg/m² h),
 - classe C (> 8 mg/m² h).
- **panneaux de particules** selon la norme NF EN 312-1 :
 - classe E1 (< 8 mg/100 g de panneau sec),
 - classe E2 (< 30 mg/100 g de panneau sec).
- **panneaux de fibres** selon la norme NF EN 622-1 :
 - classe A (< 9 mg/100 g de panneau sec),
 - classe B (< 40 mg/100 g de panneau sec).

- **Action sur les équipements**

Concernant les locaux de travail, ceux-ci doivent être parfaitement ventilés, notamment dans les zones de passage et de "maturation" qui sont des secteurs où les dégagements en formaldéhyde sont importants.

Afin de limiter la dispersion de formaldéhyde et limiter le débit nécessaire à la ventilation générale, ces zones de passage et de "maturation" doivent être, si possible, isolées du reste de la fabrication.

2- Usinage de panneaux de bois

a) Utilisations industrielles

La plupart des meubles sont fabriqués à partir de panneaux de bois agglomérés. Ces panneaux sont fabriqués à partir de résines contenant du formaldéhyde : urées formaldéhyde (UF), des mélamines - formaldéhyde (MF), des mélamines - urées - formaldéhyde (MUF) ou phénol-formaldéhyde (PF).

Au cours de la fabrication des meubles, les panneaux de bois subissent diverses transformations : découpe, ponçage, vernissage... Les opérateurs travaillant dans ces phases de fabrication peuvent ainsi être exposés à des vapeurs de formaldéhyde.

L'utilisation de certains vernis contenant du formaldéhyde peut également contribuer à l'exposition des opérateurs.

b) Déterminants de l'exposition

L'exposition des opérateurs va être fonction :

- du taux d'émission ou de la teneur en formaldéhyde des panneaux,
- du temps entre la fabrication du panneau et son utilisation industrielle,
- de la quantité de poussières de bois émises,
- du procédé : vitesse et affûtage de l'outil,
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

DIFFERENTES TACHES	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³ VME = 0,6 VLE = 1,2	
	Individuel	Ambiance
Scie double	0,07	-
Moulurière	0,09	-
Déligneuse	0,09	-
Centre d'usinage à commande numérique	0,03 - 0,06	-
Calibreuse	0,03 - 0,04	-
Tenonneuse	-	0,07
Perceuse	-	0,06
Scie à panneaux	-	0,04 - 0,08
Montage		0,08
Stockage	-	0,04 - 0,07

Tableau 16

L'exposition des salariés est comprise entre 5 et 15 % de la VME.

d) Suppression de l'exposition

Afin de supprimer l'exposition des opérateurs, il convient d'utiliser des panneaux de bois fabriqués avec un liant sans formaldéhyde ou le moins émissif possible en polluant (cf. : § 1 Fabrication de produits en bois).

A noter : un système de ventilation adapté pour le captage des poussières de bois peut permettre de réduire considérablement la pollution en formaldéhyde dans l'atelier.

2-3-6 : Autres utilisations du formaldéhyde

a) Utilisations industrielles

On peut retrouver le formaldéhyde dans diverses industries, en quantités et en concentrations variables selon les utilisations, quelques exemples :

- la fabrication d'aliments pour bétails,
- la fabrication de la pâte à papier,
- le conditionnement de graines de blé en boîtes,
- la "formulation" des algues,
- ...

b) Déterminants de l'exposition

Les principaux facteurs qui influencent les concentrations d'exposition des travailleurs au formaldéhyde sont :

- la concentration de la solution et les quantités utilisées,
- le mode d'introduction du formaldéhyde et d'utilisation du produit formolé,
- le système de ventilation, extraction d'air des locaux,
- la température ambiante (facteur saisonnier),
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

Secteurs d'activités	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³		Remarques
	VME = 0,6	VLE = 1,2	
Fabrication d'aliments pour bétail (CTN DD - 157 AA)	0,02 - 0,1 0,06 - 0,16*		
Conditionnement de graines de blé en boîtes (CTN DD - 156BA : appâts de pêche) : <ul style="list-style-type: none">• remplissage des boîtes avec les graines cuites• ajout du formaldéhyde dilué• fermeture, essuyage et rangement des boîtes	1,51 - 2,33 1,03 - 2,02*		Extraction localisée inefficace 4 x VME
Formulation d'algues (CTN EE - 244AC)	0,4 ≤ 0,1 - 8,6*		Exposition excessive 14 x VME
Fabrication de papier (CTN FF - 211CB et CE)	0,30	0,03 - 5*	½ de la VME 4 x VLE

* Prélèvements d'ambiance

Tableau 17

On peut avoir des niveaux d'exposition très largement supérieurs à la VME. La pollution la plus importante a été obtenue dans un lieu de stockage d'algues dans du formaldéhyde (14 fois la VME).

d) Suppression de l'exposition

Quel que soit le secteur d'activité, il est souhaitable de supprimer le formaldéhyde. Certaines entreprises de fabrication d'aliments pour bétail et de papier ont décidé de le supprimer définitivement de leurs produits.

Si la substitution n'est pas possible, l'entreprise doit abaisser l'exposition des opérateurs en installant des mesures de prévention collective, et notamment des aspirations localisées au plus près des sources d'émission. Les autres paramètres qui peuvent influencer le niveau d'exposition peuvent être :

- dilution plus importante des solutions à base de formaldéhyde,
- climatisation et filtration de l'air des cabines des engins de manutention (grues, camions, ponts roulants),
- isolation des locaux qui utilisent du formaldéhyde,
- ...

CHAPITRE 3 : LE DICHLOROMETHANE

3-1 : Données sur le dichlorométhane

Le dichlorométhane, également appelé chlorure de méthylène, est un liquide incolore, très volatil, d'odeur étherée généralement perceptible entre 200 et 300 ppm.


Les principales caractéristiques du dichlorométhane sont :

N° CAS (Chemical Abstract Service)	75-09-2
Masse molaire	84.93
Point d'ébullition	40°C
Densité	1,328 g/cm ³ à 20°C
Tension de vapeur	46,5 kPa à 20°C
Température d'auto-inflammation	605°C
Limite d'explosivité	
	Inférieure 13 %
	Supérieure 22 %

Tableau 18

Pour plus d'informations, consulter la fiche toxicologique INRS FT 34 [14].

3-1-1 : Classification du dichlorométhane - Données toxicologiques [8]



Le dichlorométhane

Contient : Dichlorométhane.

Xn - NOCIF

R: 40
S: 36/37-46
Effet cancérogène suspecté - preuves insuffisantes
Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.
En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.

A fortes concentrations, le dichlorométhane agit sur le système nerveux central conduisant à des vertiges, des maux de tête, une altération des réflexes. Il peut provoquer, également, des irritations des yeux et des voies respiratoires.

Il se métabolise partiellement en carboxyhémoglobine (COHb), substance également formée lors de l'inhalation d'oxyde de carbone (CO).

Le contact répété ou prolongé avec la peau peut provoquer des dermatoses.

En expérimentation animale, le dichlorométhane a induit des cancers pulmonaires et hépatiques chez la souris. Aussi, cette substance est classée dans la catégorie 3 dans la réglementation Européenne (substance préoccupante en raison d'effet cancérigène possible) justifiant la mention sur l'étiquette R 40 : effet cancérigène suspecté preuves insuffisantes.

Plusieurs cas mortels d'intoxication ont été rapportés suite à des expositions massives au dichlorométhane, en particulier lors de travaux de décapage du bois ou de métaux.

☛ Certaines de ces affections font l'objet du tableau n° 12 des maladies professionnelles indemnissables.

Pour plus de précisions, consulter la fiche solvants INRS ED 4223 [15].

3-1-2 : Secteur d'utilisation du dichlorométhane

Le dichlorométhane est utilisé comme agent d'expansion des mousses polyuréthanes, comme décapant des peintures, comme solvant, comme agent de dégraissage...

Il peut être utilisé dans la formulation de certains aérosols et reste employé dans l'industrie pharmaceutique.

La décaféination par le dichlorométhane a été arrêtée en France il y a quelques années [9].

3-2 : Evaluation de l'exposition au dichlorométhane des salariés dans les Pays de la Loire

3-2-1 : Moyenne d'exposition sur 8 h

Répartition du nombre de prélèvements par branche d'activité

Depuis 1986 et jusqu'à octobre 2006, l'ensemble des différents laboratoires des CRAM ont effectué 5 073 prélèvements d'atmosphère, dont 966 en Bretagne et dans les Pays de la Loire.

Répartition du nombre de prélèvements dichlorométhane réalisés de 1986 à octobre 2006 (personnels et d'ambiance)

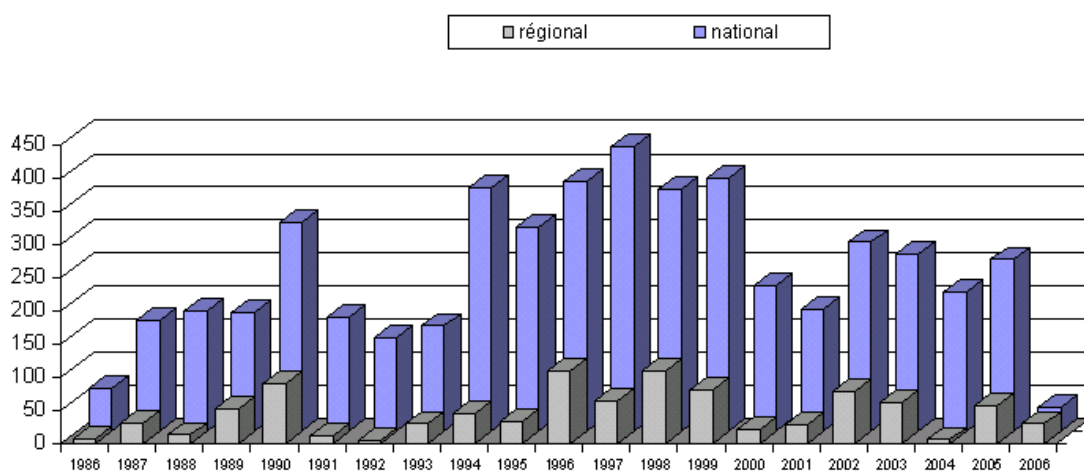


Schéma 13

La plupart des prélèvements a été effectuée dans les secteurs de la métallurgie [AA], de la chimie, caoutchouc...[EE].

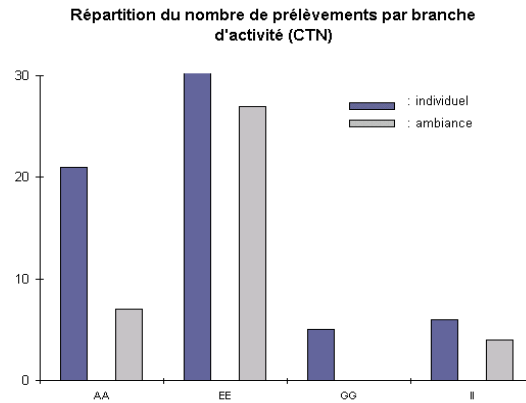


Schéma 14

Résultats de la campagne de mesures

Le nombre de mesures pris en compte est de 76 pour les prélèvements individuels et de 57 pour les ambiances. La médiane est égale au 1/10^{ème} de la VME pour les prélèvements individuels et au 1/30^{ème} de la VME pour les ambiances.

Ce tableau indique qu'une forte proportion de prélèvements (25 % pour les individuels et 18 % pour les ambiances) est supérieure à la VLEP - 8 heures.

Les concentrations en ambiance sont plus faibles que celles mesurées par prélèvement individuel, probablement en raison d'un éloignement plus marqué par rapport à la source d'émission.

	Individuels	Ambiance
Nombre de mesures	76	57
VME (mg/m³)	180	
Moyenne arithmétique	218	79
Etendue	1 - 2910	0,2 - 708
Mediane	18	5
Percentile 25	6	1
Percentile 75	174	74
Percentile 90	677	263
Percentile 95	938	379

Tableau 19

Une proportion importante de concentrations est supérieure à la VLEP - 8 heures (25 % pour les individuels et 18 % pour les ambiances).

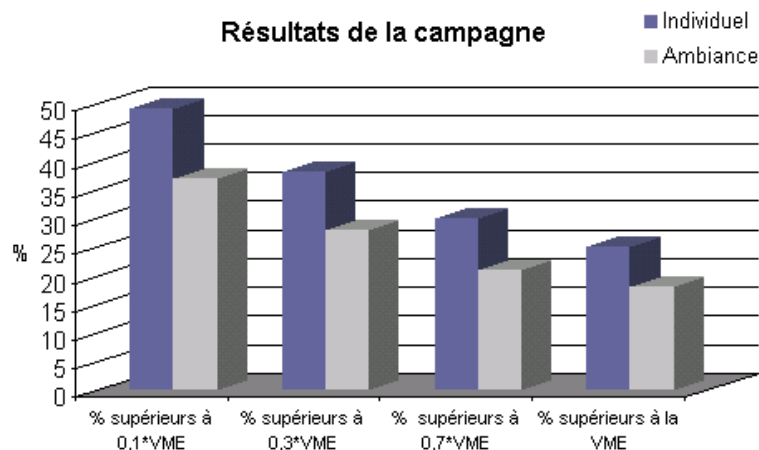


Schéma 15

Quelques exemples d'expositions par métier

Cette étude confirme la présence de tâches très exposantes dans les CTN de la chimie et du caoutchouc - EE et des activités de services - II. Il faut préciser que, pour la plupart des prélèvements, le dichlorométhane a été utilisé comme décapant, solvant de nettoyage ou de dégraissage...

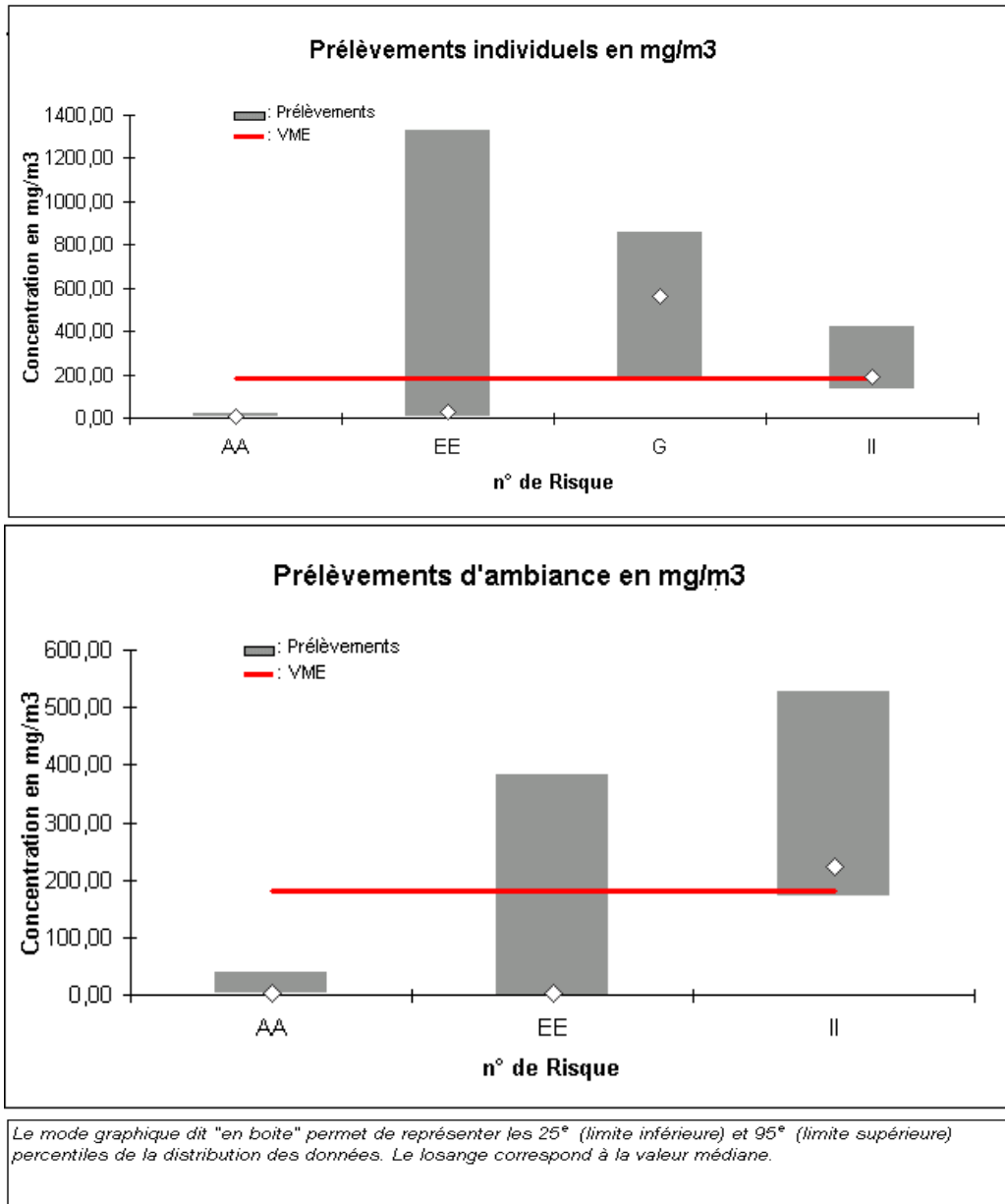


Schéma 16

3-2-2 : Exposition court terme (VLEP CT)

Le nombre de prélèvements (11 individuels et 11 points fixes) est insuffisant pour effectuer une analyse statistique.

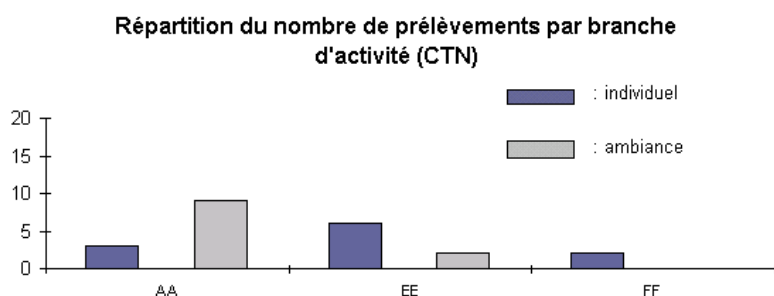


Schéma 17

3-3 : Informations et recommandations pour quelques secteurs d'activité

a) Utilisations

Le dichlorométhane est utilisé, notamment, comme décapant de peintures et de façades, comme solvant de nettoyage ou de dégraissage dans l'industrie de transformation des matières plastiques, des métaux et de l'industrie électronique, dans la formulation de colles...

b) Déterminants de l'exposition

Les principaux facteurs qui peuvent influencer l'exposition des salariés sont :

- le type de procédé : ouvert, semi-ouvert, clos ;
- la concentration en dichlorométhane, la consommation en solvants ;
- les méthodes de travail comme la présence de récipients ouverts, de chiffons imbibés, de poubelles ouvertes...
- le nombre de postes utilisant du dichlorométhane dans un même local ;
- le travail en intérieur ou en extérieur (décapage de façades) ;
- l'état des machines (fuites) ;
- ...

c) Sources d'exposition et postes exposés

Les expositions sont, généralement, excessives et peuvent être très largement supérieures à la VME ou à la VLE.

SECTEURS D'ACTIVITÉS		PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³ VME = 180 VLE = 350	REMARQUES
Décapage de façades	Application du produit à l'aide d'une brosse	185 - 873	Fonction de la température et de la direction du vent
	Nettoyage de la façade avec un nettoyeur à l'eau HP	103 - 816	
Décapage de pièces métalliques dans un bac (cuve à solvants)	Chargement et déchargement des pièces du bac de décapage	340 - 412	Cuve à solvants dans un local semi-ouvert et non aspiré
	Évaporation du solvant (pièces nettoyées)	150 - 169	
Dégraissage de pièces métalliques à l'aide d'une machine de dégraissage	Remplissage de la "distilleuse"	249	Fuites importantes au niveau de la machine de dégraissage
	Au niveau de la machine de dégraissage	312 - 3 195	
Fabrication de mousse PU	Nettoyage du matériel	302	Fonction de la quantité de dichlorométhane
	Préparation du matériel, démontage, trempage	13 - 32	
Atelier polyester	Nettoyage	415 - 3 500	Exposition excessive (10 x VLE), utilisation de dichlorométhane

Tableau 20

Les postes de travail dépassent, pour la plupart, les 10 % de la valeur limite et ne peuvent donc pas être occupés par une femme enceinte.

d) Suppression de l'exposition

La substitution va être fonction, notamment, de :

- l'innocuité du produit vis-à-vis :
 - des salariés,
 - de l'environnement (potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone...),
 - des matériaux.
- la stabilité du produit,
- l'ininflammabilité,
- l'efficacité du nettoyage : élimination des polluants,
- l'absence d'endommagement des matériaux,
- l'absence de tâches après séchage,
- des coûts directs et indirects (consommation, rejet ou retraitement),
- ...

Quelques exemples de substitution ¹

○ Produits de substitution

Décapant :

- Solvants "ramollisseurs" de peinture ne contenant ni produits chlorés, ni produits classés toxiques.
- Formulations contenant des dérivés du 1,3-dioxolane-2-one. Ces produits sont généralement peu volatils et non inflammables à température ambiante.
- Produits aqueux fortement basiques, selon le type de peinture à éliminer.
- Produits lessiviels :
Utilisés en phase aqueuse par trempage ou par projection, en machine ou manuellement, ils sont non volatils à température ambiante.

Ces produits peuvent être irritants voire corrosifs pour la peau, les yeux ou les voies respiratoires.

Solvant :

- **Solvants non halogénés** : différentes familles de solvants sont envisageables : alcools, cétones, coupes pétrolières... Le procédé doit être adapté au nouveau solvant, ces produits doivent être utilisés en milieu ventilé ou en vase clos.

Ils présentent un risque d'incendie/explosion et une nocivité variable, dépendants de leur nature et des conditions d'utilisation (température, évolution de la composition dans le temps, contamination).

Les solvants aromatiques, toluène, xylènes, doivent être écartés du fait de leur nocivité.

- **Solvants halogénés** : ils peuvent être classés CMR (cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction) ou visés par la directive COV protection de l'environnement. Ils sont donc à éviter lorsque c'est techniquement possible hors utilisation en vase clos.

Des substituts halogénés (fluorés type HFE, HFA) peuvent être proposés en association avec un co-solvant.

¹ Fiches d'aide à la substitution (FAS) établies par un groupe d'ingénieurs-conseils, contrôleurs de sécurité et conseillers médicaux de CRAM (www.inrs.fr) : dichlorométhane et trichloréthylène.

○ Procédés de substitution

Décapant :

- **Décapage par des granulés de glace ou CO₂** : *attention aux projections et au risque d'anoxie pour l'utilisation de CO₂ en milieu confiné ou insuffisamment ventilé.*
- **Sablage et autres projections haute pression** : le décapage par un sablage, la projection à haute pression avec un matériau **exempt de silice** et des "médias plastiques" peuvent être utilisés.

Attention à bien se protéger contre les projections de particules mais aussi contre l'inhalation des poussières du décapant et du matériau décapé.

- **Décapage laser**
Nota : il existe des risques spécifiques à ce procédé [16].

Solvant :

- **Fontaines de biodégradation des graisses** (moyen biologique) : un "bio fluide" contenant des tensio-actifs et des agents biologiques non classés parmi les agents pathogènes peuvent être utilisés en fontaine, à moins de 40°C, avec remplacement régulier des filtres biologiques. Cette technique est à privilégier pour des opérations de dégraissage manuel.

Des règles d'hygiène corporelle permettent de prévenir les risques d'ingestion.

- **Utilisation du CO₂ supercritique** (moyen physique) : pour le nettoyage, le CO₂ est comprimé à plus de 73 bars et chauffé à plus de 31°C. Il est ensuite détendu à l'état gazeux et recyclé. Ce procédé convient pour les lubrifiants pétroliers dans le secteur de la connectique et de la micromécanique, mais demande des investissements coûteux.

CHAPITRE 4 : LE TRICHLOROETHYLENE

4-1 : Données sur le trichloréthylène

Le trichloroéthylène, également appelé trichloroéthène ou trichlorure d'éthylène, est un liquide incolore, d'odeur douce rappelant celle du chloroforme généralement perceptible dès 50 à 100 ppm.

Les principales caractéristiques du trichloroéthylène sont :

N° CAS (Chemical Abstract Service)	79-01-6
Masse molaire	131,4
Point d'ébullition	87°C
Densité	1,46 g/cm ³ à 20°C
Tension de vapeur	8,6 kPa à 20°C
Température d'auto-inflammation	410°C
Limite d'explosivité	
	Inférieure 8 %
	Supérieure 90 %

Tableau 21

Pour plus d'informations, consulter la fiche toxicologique INRS FT 22 [17].

[4-1-1 : classification du trichloroéthylène - Données toxicologiques \[8\]](#)



T - TOXIQUE

Le trichloroéthylène

Contient : Trichloroéthylène.

R: 36/38-45-52/53-67
S: 45-53
Irritant pour les yeux et la peau.
Peut causer le cancer.
Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges.
En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
Eviter l'exposition - se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.

Le trichloroéthylène inhalé est partiellement absorbé par l'organisme. Le réseau sanguin le distribue dans tous les organes, où il sera retenu plus particulièrement dans les tissus adipeux. Une autre voie d'absorption est la pénétration percutanée.

Ses vapeurs sont irritantes pour les muqueuses oculaires, respiratoires et pour la peau. Elles ont un effet narcotique (signes ébriés, étourdissements, engourdissements) et peuvent être, à fortes concentrations, à l'origine de troubles digestifs (nausées, ballonnement abdominal...).

Comme tous les solvants halogénés, il est susceptible de provoquer des dermatoses.

Des atteintes hépatiques, rénales ou sanguines mineures, ont été signalées.

Les études épidémiologiques et expérimentales ont montré des associations entre l'exposition aux vapeurs de trichloroéthylène et l'apparition de cancers du rein.

L'Union Européenne l'a classé :

- **cancérogène du groupe 2 : Assimilable à un cancérogène pour l'homme.**

L'étiquetage réglementaire comporte les phrases suivantes :

- *Peut causer le cancer (R45),*
- *Irritant pour la peau et les yeux (R36/38) ,*
- *L'inhalation des vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges (R67).*

Du fait de ce classement, les travaux exposant les salariés au trichloroéthylène sont visés par les articles R 231-56 et suivants du Code du Travail établissant les règles particulières de prévention du risque cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction.

☞ Cette substance est visée par le tableau n° 12 des maladies professionnelles indemnifiables.

4-1-2 : Secteur d'utilisation du trichloroéthylène

Le trichloroéthylène est principalement utilisé comme solvant de dégraissage dans le secteur de la métallurgie, avec une consommation annuelle de 3 900 tonnes. C'est un dégraissant considéré comme polyvalent et pratique car ininflammable.

La plupart des entreprises de mécanique ont réussi à le substituer¹, elles ont opté pour :

- la suppression du dégraissage dès que celui-ci ne s'avère pas indispensable ;
- l'utilisation de solvants moins dangereux tout en maîtrisant le risque incendie (ex. : le dégraissage lessiviel) ;
- ...

4-2 : Evaluation de l'exposition des salariés au trichloroéthylène dans les Pays de la Loire

4-2-1 : Moyenne d'exposition sur 8 h

Le nombre de prélèvements est insuffisant pour interpréter les résultats et ces derniers se sont déroulés exclusivement dans le secteur de la métallurgie.

	Individuels	Ambiance
Nombre de mesures	16	10
VME (mg/m³)	405	
Moyenne arithmétique	54	36
Étendue	0,9 - 202	5 - 57
Médiane	27,50	43,50

Tableau 22

¹ Fiches d'aide à la substitution (FAS) établies par un groupe d'ingénieurs-conseils, contrôleurs de sécurité et conseillers médicaux de CRAM (www.inrs.fr) : trichloroéthylène.

CHAPITRE 5 : LE PERCHLOROETHYLENE

5-1 : Données sur le perchloroéthylène

Le tétrachloroéthylène, appelé plus communément perchloroéthylène, correspond à un liquide incolore volatil, d'odeur caractéristique.


Les principales caractéristiques sont :

N° CAS (Chemical Abstract Service)	127-18-4
Masse molaire	165,85
Point d'ébullition	121,2°C
Densité	1,623 à 20°C
Tension de vapeur	1,9 kPa à 25°C


Tableau 23

Pour plus d'informations, consulter la fiche toxicologique INRS FT 29 [18]

5-1-1 : classification du perchloroéthylène - Données toxicologiques [8]



N - DANGEREUX POUR L'ENVIRONNEMENT



Xn - NOCIF

Le Perchloroéthylène

Contient : Tétrachloroéthylène.

R: 40-51,53
S: 36/37-46-61
Effet cancérogène suspecté - preuves insuffisantes
Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
Porter un vêtement de protection et des gants appropriés.
En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.
Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.

Dans les conditions normales d'utilisation, il n'est ni explosif, ni inflammable. Néanmoins, en cas d'incendie, il est susceptible de se décomposer en libérant des substances plus ou moins toxiques (acide chlorhydrique, chlore, dichlorure de carbone).

Le tétrachloroéthylène s'absorbe facilement par voie pulmonaire, plus faiblement par voie digestive, et partiellement par voie cutanée. Il s'accumule surtout dans les tissus graisseux de l'organisme et son élimination est lente.

Les intoxications aiguës se manifestent par une dépression du système nerveux central. L'action narcotique serait perceptible à des concentrations de l'ordre de 1 000 ppm (ébrété, somnolence, coma).

L'inhalation à des concentrations comprises entre 100 ppm et 1 000 ppm provoque des céphalées, vertiges, troubles de la coordination, irritations oculaires et des voies respiratoires. Il a également été observé des atteintes hépatiques ainsi que des troubles neurologiques (maux de tête, somnolence, difficultés d'élocution, troubles de la mémoire, altération de l'humeur).

L'exposition au tétrachloroéthylène provoque des dermatoses et des irritations oculaires.

Cette substance est classée par l'Union Européenne dans la catégorie 3 des cancérigènes (substance préoccupante en raison d'effet cancérigène possible) avec, notamment, l'étiquetage suivant :

- Xn, Nocif R 40 : effet cancérigène suspecté ; preuves insuffisantes.

Une proposition d'étiquetage relatif à la reprotoxicité est examinée par l'Union Européenne :

- T, toxique pour la reproduction de catégorie 2, R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant ;

ou

- Xn, toxique pour la reproduction de catégorie 3, R63 : risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.

Cette proposition inclut également les phrases de risque :

- R38 : Irritant pour la peau,
- R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges.

☞ *Certaines des affections décrites sont reprises au tableau n° 12 des maladies professionnelles indemnisables, révisé en juillet 2007.*

5-1-2 : Secteur d'utilisation

Le perchloroéthylène est utilisé pour le nettoyage à sec des vêtements (90 % des quantités utilisées), le dégraissage et le nettoyage de pièces métalliques, le finissage des textiles, l'extraction des huiles et graisses, intermédiaire de synthèse, diluant pour peintures et vernis.

5-2 : Evaluation de l'exposition des salariés au perchloroéthylène dans les Pays de la Loire

5-2-1 : Moyenne d'exposition sur 8 h

Répartition du nombre de prélèvements par branche d'activité

Depuis 1986 et jusqu'à octobre 2006, l'ensemble des différents laboratoires des CRAM ont réalisé 3 176 prélèvements d'atmosphère, sachant que le LICO n'a réalisé que 183 prélèvements.

Répartition du nombre de prélèvements réalisés de 1986 à octobre 2006 (personnels et d'ambiance)

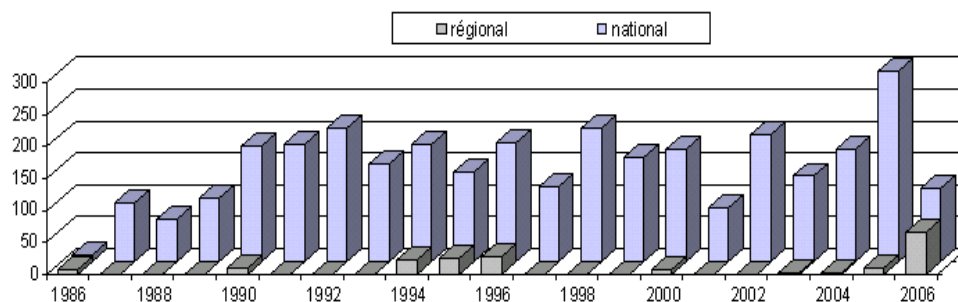


Schéma 18

La majorité des prélèvements a été réalisée dans le CTN AA (métallurgie), et plus particulièrement dans la fabrication d'articles métalliques ménagers et ferblanterie (N° de risque 287 LD).

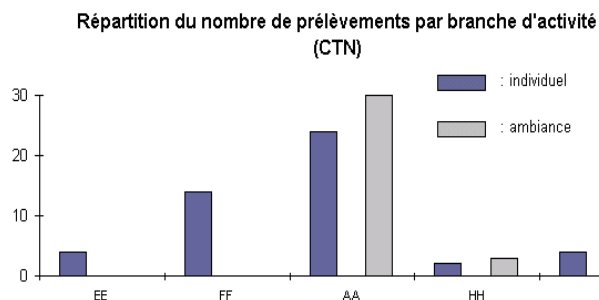


Schéma 19

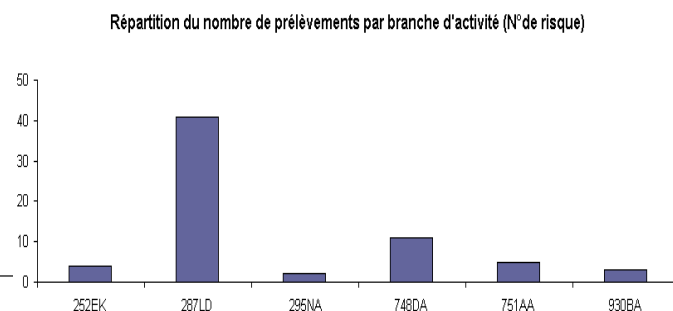


Schéma 20

Résultats de la campagne de mesures

Le nombre de mesures pris en compte est de seulement 48 pour les prélèvements individuels et de 43 pour les ambiances. La médiane est inférieure au 1/10^{ème} de la VME.

	Individuels	Ambiance
Nombre de mesures	48	43
VME (mg/m³)	335	
Moyenne arithmétique	56	41
Etendue	0,4 - 334	0,4 - 206
Médiane	28,50	26,00
Percentile 25	1,00	1,00
Percentile 75	74,25	59,00
Percentile 90	163,00	113,80
Percentile 95	226,60	139,40

Tableau 24

Les résultats obtenus sont inférieurs à la VME quelle que soit l'activité.

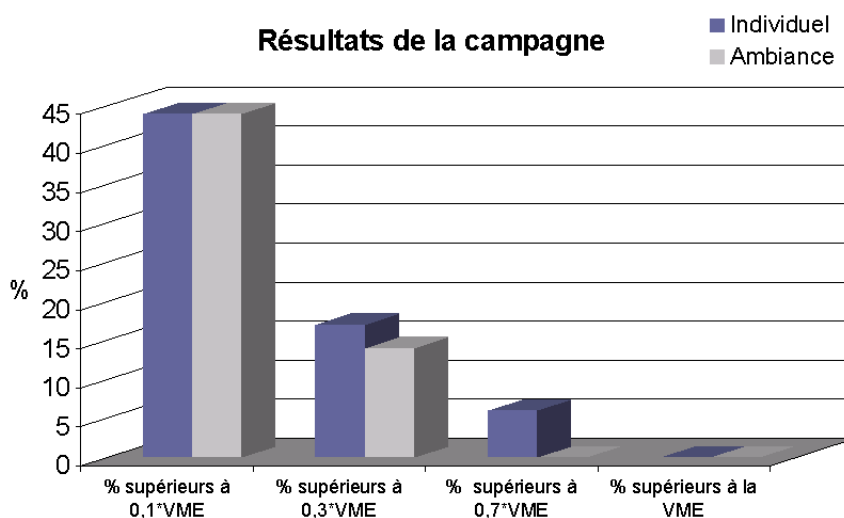


Schéma 21

Quelques exemples d'expositions par métier

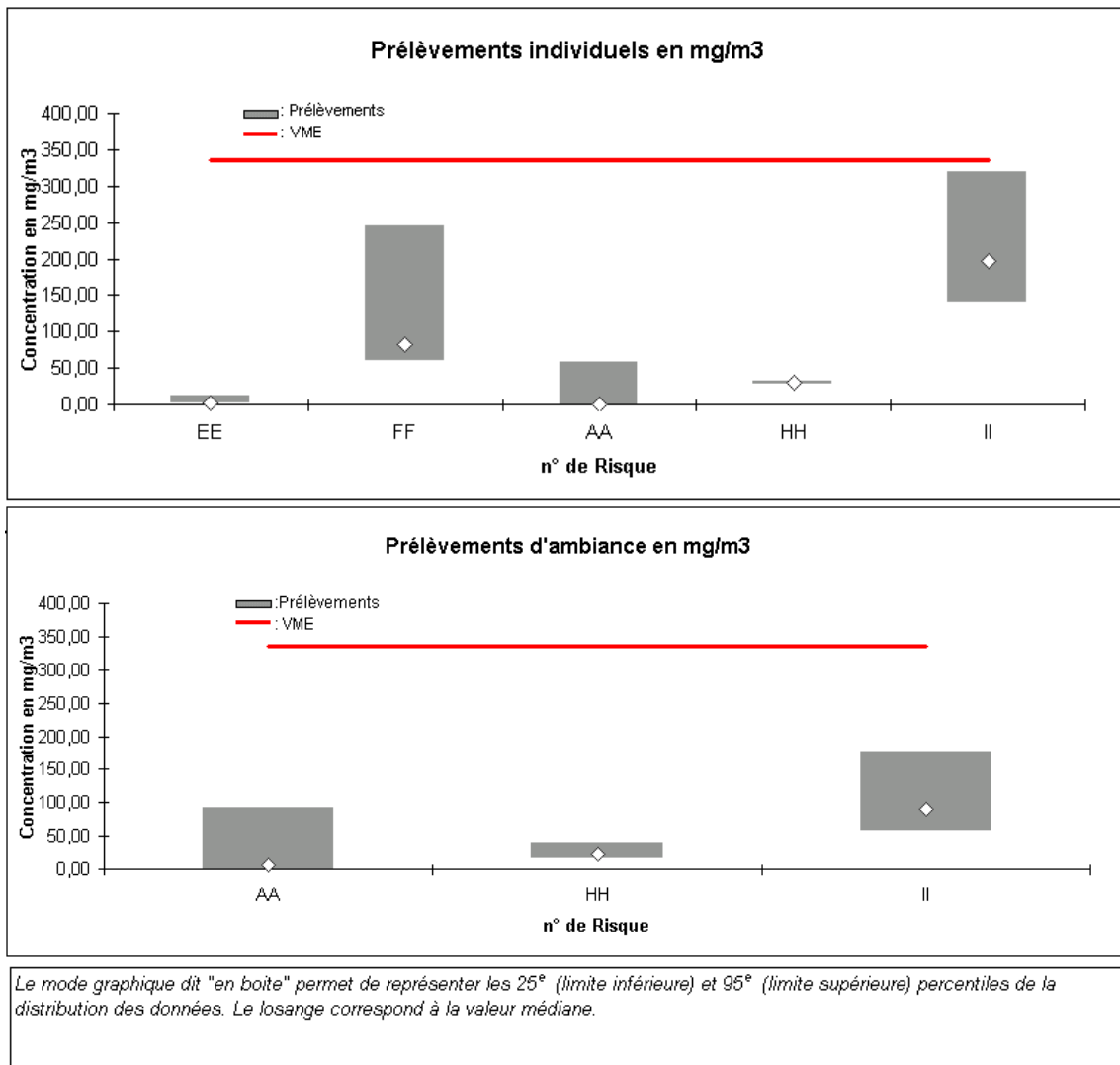


Schéma 22

5-2-2 : Exposition court terme (VLEP CT)

Le nombre de prélèvements est insuffisant pour réaliser une interprétation statistique des résultats.

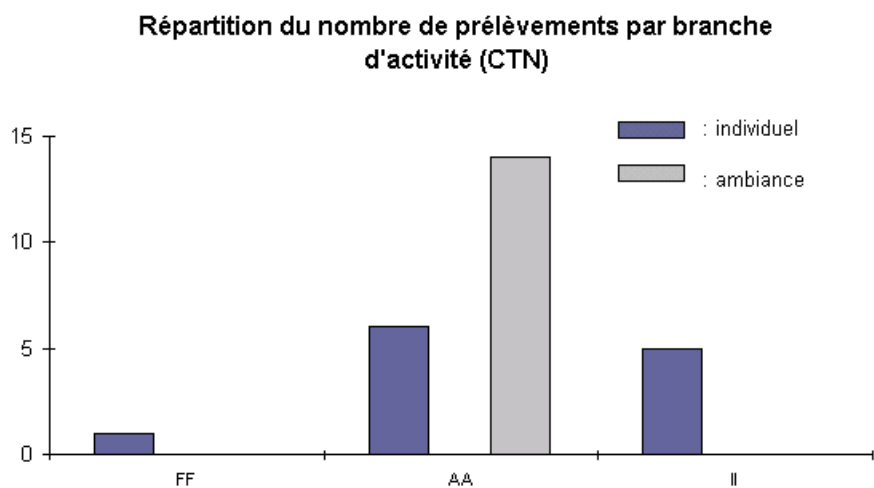


Schéma 23

	Individuels	Ambiance
Nombre de mesures	12	14
VME (mg/m³)	670	
Moyenne arithmétique	159	111
Etendue	1 - 914	1,6 - 314
Médiane	84	60
Nombre de valeurs supérieures à la VME	1	0

Tableau 25

5-3 : Informations et recommandations pour quelques secteurs d'activité

a) Sources d'émission et postes exposés

DIFFERENTES TACHES	PLAGE D'EXPOSITION en mg/m ³ VME = 335 VLE = 670	REMARQUES
NETTOYAGE A SEC DES VETEMENTS		
<ul style="list-style-type: none"> Dans le pressing (repassage...) 	27 - 149	L'exposition est fonction de la distance entre le poste de travail et la machine.
<ul style="list-style-type: none"> Alimentation et déchargement de la machine 	170 - 211	L'exposition la plus élevée est associée au nombre de déchargements le plus élevé.
<ul style="list-style-type: none"> Retrait des boues 	914	Cette opération est souvent la plus polluante.
DEGRAISSAGE ET NETTOYAGE		
<ul style="list-style-type: none"> Papier humecté à l'aide d'un distributeur 	2 - 13	L'exposition est modérée, la quantité de produit est très faible.
<ul style="list-style-type: none"> Contenants ouverts 	203 - 235* 30 - 72	L'exposition est importante : <ul style="list-style-type: none"> les contenants sont ouverts, le poste de travail n'est pas aspiré.
<ul style="list-style-type: none"> Cuves de dégraissage positionnées sous une hotte ventilée 	66 - 334 53 - 206*	Le dispositif de ventilation est à revoir.
<ul style="list-style-type: none"> Cuve de dégraissage avec une extraction en périphérie 	30 - 314* 6 - 134*	Les expositions maximales se situent lors des phases de transfert des paniers, sachant que l'extraction est à revoir.

* prélèvements d'ambiance

Tableau 26

b) Maîtrise de l'exposition

Pressing

L'exposition du personnel peut être importante et ne pas atteindre l'objectif de 10 % de la VME préconisé pour prévenir le risque reprotoxique [4]. Pendant la grossesse, et compte tenu du risque reprotoxique, la salariée doit être soustraite aux expositions comme lors :

- de l'ouverture de la porte de la machine,
- du raclage des boues,
- du détachage (sinon masque avec cartouche de type A).

De nombreux produits sont utilisés en pré détachage (Anti-rouille, Acétate de butyle...). Certains sont cancérigènes (Trichloréthylène par exemple). L'aspiration au niveau de la table de détachage est donc souhaitable.

Dans le cas de grossesse, le repassage et l'accueil sont possibles sauf si ces derniers sont situés à proximité du détachage ou de la machine.

A noter : il faut faire attention au moment de l'ouverture de la porte car il existe des pics de pollution si la machine est ouverte :

- avant la fin du cycle (pour gagner du temps),
- longtemps après la fin du cycle (accumulation de vapeurs dans le tambour).

Afin d'abaisser le niveau de pollution résiduelle du local, il peut être opportun d'optimiser le fonctionnement de la machine et d'examiner la ventilation générale.

En outre, quelques cas de substitution¹ sont répertoriés en France. Celle-ci est pratiquée, notamment, en Allemagne et aux Etats-Unis :

- **Machine de nettoyage à l'eau ou "au mouillé"**

Les articles sont immergés dans une eau contenant des détergents et des additifs. Cette technique est utilisée dans les blanchisseries mais entraîne une détérioration de certains tissus. Ce procédé s'avère peu efficace pour les graisses, les huiles, les cires, les résines pour lesquelles des pré-détachants sont nécessaires, certains étant toxiques.

- **Machine de nettoyage aux hydrocarbures**

Ces machines sont essentiellement employées dans les entreprises spécialisées dans les cuirs et peaux. Les hydrocarbures sont moins efficaces pour les tâches de graisses et d'huiles. Le temps de séchage est plus long qu'avec le perchloroéthylène.

A titre d'exemple, on peut citer l'utilisation d'isoparaffines aliphatiques de point éclair > 55°C.

Nota : ce procédé entraîne un risque d'incendie/explosion (l'inertage à l'azote est possible).

- **Machine de nettoyage au CO₂ supercritique**

Ces machines sont à l'état de prototype pré-industriel.

Cette technique montre moins d'efficacité pour certaines tâches (herbe, rouge à lèvres, chocolat).

- **Autres applications en développement**

- Des solutions à base de solvants contenant des éthers de glycol aliphatiques substitués ou du décaméthylpentacyclosiloxane, "D5".
- Le nettoyage "au mouillé" avec ultrasons, nettoyage "sec-mouillé".

¹ Fiches d'aide à la substitution (FAS) établies par un groupe d'ingénieurs-conseils, contrôleurs de sécurité et conseillers médicaux de CRAM (www.inrs.fr) : Perchloroéthylène.

CONCLUSION

Ce travail a été réalisé en équipe pluridisciplinaire (Services de Santé au Travail et Risques Professionnels de la CRAM des Pays de la Loire).

Malgré le nombre de prélèvements important, cette étude n'est que partiellement représentative des expositions des salariés des Pays de la Loire au formaldéhyde et aux solvants chlorés. Elle a permis cependant de dresser une synthèse sur l'exposition des salariés dans certains secteurs d'activité et de confirmer les expositions élevées et préoccupantes dans des secteurs comme :

Formaldéhyde

- les laboratoires d'anatomo-pathologie,
- la fabrication de lamellés collés,
- la thanatopraxie,
- la désinfection,
- ...

Solvants chlorés

- le décapage,
- le dégraissage,
- les pressings,
- ...

Cette étude a mis en exergue certains secteurs d'activités concernés par l'exposition professionnelle au formaldéhyde et non investigués jusqu'alors :

- fabrication d'aliments pour bétail,
- fabrication d'appâts de pêche (conditionnement de graines de blé),
- ...

Outre les sources primaires d'exposition qui correspondent à l'utilisation du formaldéhyde, il ne faut pas négliger les sources secondaires d'exposition comme l'émanation possible de formaldéhyde :

- en fonderie,
- lors de l'usinage de panneaux de bois,
- pendant la transformation de certaines matières plastiques.

Pour supprimer l'exposition des salariés, il faut rechercher à éliminer le polluant :

- dans un premier temps, la substitution ou la suppression est prioritaire,
- dans un second temps, il faut envisager le travail en circuit fermé.

La mise en place de mesures de prévention collective peut permettre d'atténuer l'exposition des salariés. L'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) peut s'avérer, en derniers recours, dans certains cas, comme la seule solution disponible et efficace.

La contribution des Services de Santé au Travail et du Service Prévention de la CRAM des Pays de la Loire a été essentielle. Ils ont été largement sollicités, d'une part pour rechercher les entreprises, d'autre part pour réaliser les prélèvements. Les auteurs veulent aussi exprimer leur profonde gratitude à l'ensemble des membres du groupe. L'investissement personnel qu'ils ont chaleureusement consenti, la qualité des contributions qu'ils nous ont fournies, leur disponibilité, ont permis d'enrichir ce rapport.

Que chacun d'eux trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

- **LICO** : Laboratoire Interrégional de Chimie de l'Ouest.
- **SST** : Service de Santé au Travail.
- **CIRC** : Centre International de Recherche sur le Cancer.
- **CMR** : Cancérogènes, Mutagènes et toxiques pour la Reproduction.
- **Percentiles** : le x-ième percentile est la valeur qui scinde une distribution de sorte que x% des résultats lui soient inférieurs.
- **Médiane** ou percentile 50 correspond à la valeur centrale qui sépare une population en deux populations distinctes.
- **Moyenne arithmétique** correspond au quotient de la somme de ces quantités par leur nombre.

ANNEXE 2 : NOMBRE D'INTERVENTIONS

Services	Nombre d'interventions
SATM Laval	7
SMIA Angers	6
SMIEC Cholet	11
SMIS	-
ST 72	6
Divers	14
GIST	-
SSTRN Nantes	5
SMIE Châteaubriant	1
Total	50

ANNEXE 3 : DESCRIPTION DES CONDITIONS DE PRELEVEMENTS ^[20]

		Formol		Dichlorométhane		Trichloroéthylène	Perchloroéthylène	
		VME	VLE	VME	VLE	VME	VME	VLE
Fiches métropol (cf. INRS.fr)	-	1		039-C		029-C		
Référence supports	-	Tube gel de silice imprégné (TSLF)		Orbo90 - badges - (TCAN)		TCAN - TCA - badges		
VME	mg/m³	0,6	1,2	180	350	405	335	670
Pour l'étude								
Nombre de prélèvements	-	508	60	124	22	30	66	26
Nombre d'établissements		26	10	13	7	3	7	4
Durée des prélèvements	minutes							
Étendue		41 - 405	6 - 30	43 - 580	2 - 30	60 - 430	41 - 600	2 - 30

ANNEXE 3 : LES METHODES DE PRELEVEMENTS ^[20]

La base de données METROPOL disponible sur le site inrs.fr détaille le mode opératoire à employer pour chaque substance.

	Formol	Dichlorométhane	Solvants chlorés : trichloréthylène - perchloroéthylène
Fiches métropol	1	039-C	029-C
Prélèvement	<ul style="list-style-type: none"> Matériel Débit Support 	<ul style="list-style-type: none"> Matériel Débit Support 	<ul style="list-style-type: none"> Matériel Débit Support
Analyse	chromatographie liquide haute performance (HPLC)	chromatographie en phase gazeuse, identification par GC-MS (détecteur de masse)	chromatographie en phase gazeuse, identification par GC-MS (détecteur de masse)

Les méthodes de prélèvements sont consultables sur inrs.fr.

ANNEXE 4 : REPARTITION DES EFFECTIFS DANS LES PAYS DE LA LOIRE

Le tableau ci-dessous indique le nombre d'établissements et le nombre de salariés dans les secteurs d'activités concernés par les prélèvements.

FORMALDEHYDE

N° de risque		Branche d'activité	Nombre d'établissements	Nombre de salariés
155DA	DD	Fabrication d'autres produits laitiers	27	4350
156BA	DD	Autres activités de travail de grains	4	37
157AA	DD	Fabrication d'aliments pour animaux de ferme	44	993
172AA	FF	Tissage	7	518
175GA	EE	Enduction de tissus à base d'huiles siccatives, de dérivés de la cellulose ou de résines synthétiques thermoplastiques. Fabrication de linoléum	7	214
201AG	FF	Fabrication parquets, moulures, baguettes à partir du bois débité, de fibres en bois, de sciures et de farine de bois	7	50
202ZA	FF	Tranchage et déroulage de bois, fabrication de contreplaques, de panneaux lattes, de bois tranche, bois de placage, bois améliorés	9	392
202ZB	FF	Fabrication de panneaux dits "de particules" à base de bois hache, broyé mais non defibre, de panneaux en bois defibre, en végétaux divers defibres protec super	6	251
211CB	FF	Fabrication de pâte à papier intégrée ou non	2	596
211CE	FF	Fabrication de papier associée ou non à une transformation	4	1172
241LA	EE	Fabrication de matières plastiques	3	65
244AC	EE	Fabrication de produits de base pour la pharmacie, d'alcaloïdes, de glucosides, etc.	2	308
252AF	EE	Fabrication de plaques, feuilles, tubes et profilés en matières plastiques	28	1169
275AB	AA	Fonderie de fonte ou fabrication d'articles en fonte	7	906
343ZC	AA	Fabrication d'équipements/de pièces pour moteurs d'automobiles Fabrication de parties, pièces détachées et équipement de châssis	8	821
361CB	FF	Fabrication de meubles de bureau et de magasin en bois	39	1042
361KB	FF	Industries connexes de l'ameublement, hors fabrication de cercueils et réparation de meubles anciens. Fabrication de billards	93	713
452JA	BB	Couverture en tous matériaux (sans plomberie)	980	3266
731ZC	HH	Recherche scientifique et technique	117	1765
851AA	II	Établissements de soins privés : cliniques générales/spécialisées, établissements hospitaliers, généraux/spécialisés, dispensaires, etc.	135	10541
851KA	II	Laboratoires d'analyses médicales extra-hospitaliers	199	1654
930HB	CC	Pompes funèbres et services annexes y compris le commerce d'articles funéraires	185	631

DICHLOROMETHANE

Au total, plus de 85 000 salariés sont potentiellement exposés en France ^[1] .

N° de risque		Branche d'activité	Nombre d'établissements	Nombre de salariés
175GA	EE	Enduction de tissus à base d'huiles siccatives, de dérivés de la cellulose ou de résines synthétiques thermoplastiques. Fabrication de linoléum	7	214
252AF	EE	Fabrication de plaques, feuilles, tubes et profile en matières plastiques	28	1169
252EK	EE	Fabrication d'éléments pour le bâtiment en matières plastiques	77	3709
252HJ	EE	Fabrication de pièces techniques en matières plastiques	132	6451
281CA	AA	Fabrication de menuiseries métalliques	106	2062
287CD	AA	Fabrication de bouchages ou de conditionnement métallique	5	518
322AA	AA	Construction de matériel professionnel électronique et radio-électrique	67	5131
524PB	GG	Commerce de détail de bricolage (surface de vente supérieure ou égale à 400 m ²)	252	4243
748DA	II	Entreprises de conditionnement non spécialisées	46	1185
252GK	EE	Fabrication d'articles divers en matières plastiques	43	2298

TRICHLOROETHYLENE

En France, plus de 150 000 personnes sont exposées au trichloréthylène ^[1] .

N° de risque		Branche d'activité	Nombre d'établissements	Nombre de salariés
287CD	AA	Fabrication de bouchages ou de conditionnement métallique	5	518
287NC	AA	Fabrication de petits articles métalliques (dont instruments de bureau et bimbeloterie)	22	275
321AC	AA	Fabrication de composants passifs ou de résistances et d'éléments chauffants industriels	17	580

PERCHLOROETHYLENE

Plus de 45 000 personnes en France sont exposées au perchloroéthylène ^[1]

N° de risque		Branche d'activité	Nombre d'établissements	Nombre de salariés
252EK	EE	Fabrication d'éléments pour le bâtiment en matières plastiques	77	3709
287LD	AA	Fabrication d'articles métalliques ménagers et ferblanterie Repoussage des métaux en feuilles	22	1197
751AA	HH	Administrations locales, territoriales et hospitalières (communales, départementales, régionales y compris leurs établissements publics	2697	45115
930BA	FF	Blanchisserie et teinturerie de détail y compris laverie automatique	297	643
748DA	II	Entreprises de conditionnement non spécialisées	46	1185
295NA	AA	Fabrication de moules	61	1303

Bibliographie

- [1] DARES, Enquête SUMER 2003, les expositions aux produits cancérogènes, mutagènes, reprotoxiques. <http://www.travail-solidarite.gouv.fr/>
- [2] R. Vincent, B. Jeandel. Exposition professionnelle au formaldéhyde en France : informations fournies par la base de données COLCHIC, Cahiers de Notes Documentaires de l'INRS, ND 2247, 2006. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [3] Metropol, Aide au diagnostic – dépassement/non-dépassement de la VLEP dans l'évaluation de l'exposition professionnelle, Fiche A3. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [4] F. Conso, J.C. Contassot, M. Falcy, F. Faupin, J.L. Fumery, R. Garnier, Hermouet, D. Lafon, Salariées enceintes exposées à des substances toxiques pour le développement fœtal. Surveillance médicale. Recommandations de la Société française de médecine du travail, novembre 2004, Documents pour le médecin du travail, n° 101, 2005. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [5] La substitution des agents chimiques dangereux, ED 6004, INRS, 2007. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [6] Le formaldéhyde, ED 5032, INRS, 2007. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [7] Aldéhyde formique et solutions aqueuses. Fiche toxicologique N° 7, INRS, 1997. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [8] European chemical Substances Information System (ESIS). Disponible sur <http://ecb.jrc.it/>
- [9] R. Vincent. Inventaire des agents chimiques CMR utilisés en France en 2005, PR 26, INRS, 2006. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [10] H. Clermont, C. David, P. Duquenne, A. Meyer, N. Nassar, M. Rocher, A. Suiro, S. touche. Conception des laboratoires d'analyses biologiques, ED 999, INRS, 2007. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [11] N. Goyer, D. Bégin, C. Beaudry, M. Bouchard, G. Carrier, J. Lavoué, N. Noisel, M. Guérin, Le formaldéhyde en milieu de travail, Guide de prévention de l'IRSST, 2006. Disponible sur www.irsst.qc.ca
- [12] Acide peracétique. Fiche toxicologique N° 239, INRS, 2001. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [13] Matières plastiques et adjuvants. Hygiène et sécurité, ED 638, INRS, 1982. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [14] Dichlorométhane. Fiche toxicologique N° 34, INRS, 1997. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [15] Les hydrocarbures halogénés. Fiche solvants ED 4223, 2004. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [16] Évaluation et prévention des risques optiques induits par le nettoyage laser des bâtiments INRS, ED 2212. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [17] Trichloréthylène. Fiche toxicologique N° 22, INRS, 2002. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [18] Tétrachloroéthylène. Fiche toxicologique N° 29, INRS, 2004. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [19] J.-C. Mathieu, C. Boust, dégraissage des métaux, ED 48, 2001. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [20] Metropol, Recueil des méthodes de prélèvement et d'analyse de l'air, Fiche 001 – 039C – 029 C. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>

- [21] R. Vincent, B. Jeandel. Apport de la base de données COLCHIC dans le repérage des nuisances chimiques en milieu professionnel. Revue de Médecine du travail, 1997. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [22] R. Vincent, P. Poirot, I. Subra, B. Carton, B. Jeandel, Exposition professionnelle au dichlorométhane, Cahiers de Notes Documentaires de l'INRS, ND 1958, 1994 Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [23] La substitution des solvants par le carbonate de propylène, B-070, IRSST, Disponible sur www.irsst.qc.ca
- [24] R. Brossard, Dossiers de la CRAM Pays de la Loire, Dégraissage des métaux, 2002. Disponible sur www.cram-pl.fr
- [25] R. Vincent, T. Kauppinen, J. Toikkanen, D. Pedersen, R. Young, M. Kogevinas. 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, 1999. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [26] G. Hecht. Exposition aux produits chimiques dans l'industrie agroalimentaire. Les risques professionnels lors d'opérations de nettoyage et de désinfection. Cahiers de Notes Documentaires, ND 2109- 176-99, INRS, 1999. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [27] N. Rosenberg. Asthme professionnel dû aux désinfectants employés en milieu hospitalier. Documents pour le médecin du travail, dossier 84 TR 26, INRS, 2000. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [28] Principes généraux de ventilation N° 0, ED 695, INRS, 1989. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [29] Note sur les produits de substitution du perchloroéthylène dans les installations de nettoyage à sec, Ersa-05 n° 9, INERIS, 2005, Disponible sur www.ineris.fr
- [30] Guide Nettoyage à sec : les risques et leur prévention, Guide CRAMIF DTE 161, 2004, Disponible www.cramif.fr
- [31] Équipement à jets d'eau sous haute pression, ED 784, INRS. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [32] C. Boust, C. Brugnot , J.-C. Gendre, M. Goliro , M. Lecler , X. Lê Quang , J.-C. Osternaud, Machines à dégraisser, ED 964, INRS, 2006. Disponible sur <http://www.inrs.fr/>
- [33] Panneaux à base de bois - détermination de la teneur en formaldéhyde. Méthode par extraction dite méthode au perforateur. NF EN 120, AFNOR. Disponible sur www.afnor.org/
- [34] Panneaux de particules - exigences (février 2004), NF EN 312, AFNOR. Disponible sur www.afnor.org/
- [35] Contreplaqué - Classes de dégagement de formaldéhyde déterminées par la méthode d'analyse de gaz), NF 1084, AFNOR. Disponible sur www.afnor.org/
- [36] Adhésifs de nature phénolique et aminoplaste, pour structure portante en bois – classification et exigences de rétention, NF EN 301 (NF T 76-151), AFNOR. Disponible sur www.afnor.org/
- [37] Panneaux de fibres – exigences - Partie 1 : exigences générales, NF EN 622-1, AFNOR. Disponible sur www.afnor.org/
- [38] Panneaux de fibres – exigences - Partie 5 : exigences pour panneaux obtenus par procédé à sec (MDF), NF EN 622-5, AFNOR. Disponible sur www.afnor.org/