

scientifique & technique
note
note scientifique
& technique
scientifique
technique

**Comparaison des mesures
d'exposition au formaldéhyde
enregistrées dans les bases
de données française et allemande**

Comparaison des mesures d'exposition au formaldéhyde enregistrées dans les bases de données française et allemande

Frédéric Clerc^{1#}, Marco Steinhausen^{2#},
Nicolas Bertrand¹, Raymond Vincent¹,
Stefan Gabriel², Rainer Van Gelder²

¹INRS, Institut National de Recherche et de Sécurité,
1 rue du Morvan, 54500 Vandœuvre-les-Nancy, France

²IFA, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung,
Alte Heerstrasse 111, 53757 Sankt Augustin, Allemagne

Les auteurs ont contribué à part égale à la réalisation de ce document.
Auteur correspondant : frederic.clerc@inrs.fr

NS 334
avril 2015

Comparaison des mesures d'exposition au formaldéhyde enregistrées dans les bases de données française et allemande

Frédéric Clerc^{#*1}, Marco Steinhausen[#], Nicolas Bertrand*, Raymond Vincent*, Stefan Gabriel, Rainer Van Gelder

[#]Les auteurs ont contribué à part égale à la réalisation de ce document.

¹Auteur correspondant : frederic.clerc@inrs.fr

*Institut National de Recherche et de Sécurité, Avenue du Morvan, 54500 Vandœuvre-les-Nancy Cedex, France

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Alte Heerstrasse 111, 53757 Sankt Augustin, Allemagne

Mots clés : formaldéhyde, évaluation de l'exposition, base de données

Nombre de mots : 3933

RÉSUMÉ

Cette étude présente les mesures d'exposition au formaldéhyde enregistrées dans la base de données allemande MEGA et dans la base de données française COLCHIC. Les données utilisées pour cette étude proviennent des secteurs industriels où sont effectués, dans les deux pays, le plus grand nombre de prélèvements de formaldéhyde. Les résultats montrent que les expositions au formaldéhyde sont fréquentes dans les secteurs suivants : activités pour la santé humaine, industrie du bois, fabrication de métaux de base, industrie du caoutchouc et des matières plastiques, industrie textile. Les données d'exposition enregistrées dans MEGA et celles enregistrées dans COLCHIC sont présentées par type de prélèvement (prélèvement d'ambiance et prélèvement individuel), puis les résultats sont analysés par grand secteur industriel pour les deux pays. Les données enregistrées dans MEGA et COLCHIC affichent des niveaux analogues. En comparant les résultats des deux bases de données, on obtient une vue d'ensemble de l'exposition professionnelle au formaldéhyde en France et en Allemagne.

INTRODUCTION

Généralités

Les bases de données d'exposition ont été développées pour recueillir les données de mesures d'exposition professionnelle, harmoniser les pratiques et veiller au respect de la réglementation. Aux États-Unis, l'OSHA recueille et enregistre depuis plus de trente ans des données d'exposition dans son système d'information de gestion intégré [1]. En Europe, les principales sources de données sont la base de données COLCHIC de l'INRS [2] et la base de données MEGA de l'IFA (anciennement BGIA) [3].

L'évaluation comparative de bases de données de différents pays en Europe a pour origine un projet financé par la Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail, datant du début des années 1990. Ce projet consistait à décrire les caractéristiques communes et les différences entre les valeurs d'exposition mesurées sur des échantillons de xylène, d'acétone et de poussières de bois, et à définir des critères de comparabilité ainsi que l'étendue de ces comparaisons [3,4]. Parmi les instituts ayant pris part au projet se trouvaient notamment l'INRS avec sa base de données COLCHIC et l'IFA avec sa base de données MEGA. L'UE avait alors reconnu l'intérêt considérable que présentait ce projet, dans la mesure où il permettait de disposer de données en cours de validité et acceptées du plus grand nombre, élément fondamental pour une gestion européenne des valeurs limites et du risque.

Le présent document fournit une vue d'ensemble des données de MEGA et de COLCHIC sur les expositions au formaldéhyde. Cette étude arrive à point nommé, alors qu'au sein de l'UE, les débats s'intensifient sur cette substance en raison de ses effets cancérigènes. Les données relatives au formaldéhyde ont déjà été examinées par Lavoué et coll. [5] dans une étude comparative de la base de données IMIS des États-Unis et de la base de données française COLCHIC.

Description des bases de données

Dans les deux bases de données, les déterminants de l'exposition ont été recueillis, de manière à fournir toutes les "informations de base" pouvant avoir un effet sur le résultat de mesure, accompagnées de l'évaluation globale de l'exposition [6,7,8]. Ces informations sont liées au lieu de travail industriel, aux méthodes de travail et de fabrication, aux substances utilisées, aux mesures de protection, aux conditions d'exposition et aux conditions de prélèvement et d'analyse. Ainsi, une valeur mesurée peut correspondre à des douzaines d'éléments de données différents.

Pour ce qui est des prélèvements d'air sur les lieux de travail, les deux bases de données enregistrent des centaines de milliers de résultats de mesure d'exposition à des centaines d'agents chimiques et biologiques (Tableau 1). Il est à noter que le nombre de résultats est très variable d'un agent à l'autre, entre plusieurs milliers pour certains et moins de dix pour d'autres.

Tableau 1 – Résumé comparatif des bases de données COLCHIC et MEGA

	COLCHIC	MEGA
Début	1985 (mise à jour en 2002)	1972
Objectif (principal)	Prévention uniquement	Assurance et non pas contrôle réglementaire
Valeurs mesurées	930 000 mesures	2 470 000 avec 260 éléments d'information au maximum
Établissements	16 500	61 000
Prélèvements d'air	330 000	930 000
Prélèvements de produits	87 000	119 000

	COLCHIC	MEGA
Agents chimiques	712	840 (2 348 000 résultats)
Codification utilisée pour les secteurs industriels	NACE	Office allemand des statistiques
Codification utilisée pour les lieux de travail	Tableau ad hoc	MGU
Codification des professions (métiers)	Code ROME (convertible en CITP)	Office allemand du travail
Codification des produits chimiques	COLCHIC et CAS	MEGA et CAS

La base de données COLCHIC contient les mesures par prélèvement d'air réalisées depuis 1985 par les huit laboratoires interrégionaux des caisses régionales d'assurance maladie et les laboratoires de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). Les informations contenues dans COLCHIC proviennent d'établissements placés sous l'autorité du régime général de la sécurité sociale française, à l'exception des services de l'État (armée, la majeure partie de l'éducation, services municipaux) et des secteurs suivants : agriculture, industrie minière, production d'énergie et transports en commun nationaux. COLCHIC a pour objectif de faciliter la gestion des données d'exposition pour les laboratoires, de répondre aux questions sur les sources des données et de contribuer à l'élaboration de solutions visant à mieux comprendre comment sont évaluées les expositions aux produits chimiques (modélisation). La plupart des mesures effectuées par les laboratoires ont lieu suite à une évaluation du lieu de travail par un expert et sont déclenchées le plus souvent (75% des mesures enregistrées) par une "suspicion de surexposition".

Les données stockées dans la base de données MEGA sont recueillies via le système MGU (Messsystem Gefährdungsermittlung der Unfallversicherungsträger) des établissements allemands de sécurité sociale et d'assurance accident [9, 10]. Ce système sert à évaluer les risques d'exposition. L'ensemble des processus du MGU répondent aux exigences d'un système d'assurance de la qualité conforme à la norme EN ISO 9001. Le MGU a pour but de réunir et d'enregistrer des données en cours de validité concernant les expositions à des substances dangereuses et à des agents biologiques sur les lieux de travail, mesurées par des prélèvements d'air et des analyses de substances. Les mesures

effectuées sur les lieux de travail peuvent faire partie des contrôles de surveillance mis en place par les organismes allemands de sécurité sociale et d'assurance accident. Elles peuvent aussi être demandées dans le cadre de programmes de mesure de grande envergure.

Formaldéhyde

Le formaldéhyde est un agent chimique très courant, entrant dans la composition de désinfectants et utilisé pour la fumigation. Ses effets largement biocides agissent contre les bactéries, les moisissures, les spores et certains virus.

Le formaldéhyde présente un vaste éventail de risques pour la santé, avec notamment des effets aigus et chroniques et un effet cancérigène. Il existe un large consensus sur le fait qu'en raison de ses effets d'irritation des voies respiratoires supérieures, le formaldéhyde peut causer des tumeurs du nasopharynx, du fait de la prolifération des cellules. Une limitation de l'exposition au formaldéhyde évite les irritations et protège par conséquent les personnes contre le risque supplémentaire d'un cancer du nasopharynx. Quant à l'implication éventuelle du formaldéhyde dans les leucémies, cet aspect fait actuellement l'objet de discussions.

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), entité de l'OMS, a classé le formaldéhyde dans le groupe 1 (cancérigène pour l'homme) en 2004 (classement confirmé en 2009), suite à la publication de résultats d'enquêtes épidémiologiques sur les tumeurs des fosses nasales et les leucémies [11]. En 2012, le Comité d'évaluation des risques (RAC) de l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA), sur proposition de la France, a classé le formaldéhyde dans la catégorie 1B comme cancérigène (substance dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé ; ce classement est fondé en grande partie sur des études menées sur des animaux). [12]. Si la Commission européenne applique cette recommandation, ce classement aura force juridique.

En mars 2008, le Comité scientifique en matière de limites d'exposition professionnelle à des agents chimiques (CSLEP) a recommandé une valeur limite d'exposition (VLEP - 8 heures) de 0,25 mg/m³ et une valeur limite court terme (VLEP – court terme) de 0,5 mg/m³. Ces limites pourraient être révisées à l'avenir du fait du classement du formaldéhyde dans la catégorie 1B cancérigène.

MÉTHODE

Les mesures enregistrées dans MEGA doivent être conformes à la norme EN 482 sur les prélèvements et analyses. Les techniques de prélèvement et d'analyse sont décrites dans la collection de fiches intitulée "IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen" [13, 14]. La plupart des données enregistrées dans COLCHIC sont conformes à l'EN 482, à l'exception des mesures réalisées sur des échantillonneurs passifs (6,6% de l'ensemble des prélèvements). Ce type de prélèvement n'a pas été utilisé pour l'étude, afin de pouvoir effectuer la comparaison avec MEGA. Toutes les données utilisées dans cette étude (MEGA et COLCHIC) ont été obtenues avec des échantillonneurs actifs utilisant du gel de silice imprégné de 2,4-dinitrophénylhydrazine, et l'analyse a été réalisée par chromatographie liquide haute performance. Les résultats de mesure inférieurs à la limite de quantification ont été ajustés à la moitié de la valeur de cette limite. Dans MEGA, la limite de quantification est 0,02 mg/m³ pour 20 l de volume d'air d'essai. Dans COLCHIC, la limite de quantification (LoQ) dépend du laboratoire qui effectue l'analyse. Dans les données de 2002 à 2011, 80% des LoQ étaient égales à 0,02, le reste était inférieur ou égal à 0,01.

Le Tableau 2 donne un aperçu des concentrations de formaldéhyde enregistrées dans COLCHIC et dans MEGA entre 2002 et 2011, par type de prélèvement : prélèvement d'ambiance et prélèvement individuel.

Tableau 2 – Vue d'ensemble des mesures de concentrations de formaldéhyde enregistrées dans COLCHIC et MEGA

	Tous		Prélèvements d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	8211	7238	4555	4148	3656	3069
MG (mg/m ³)	0,08	0,05	0,07	0,04	0,11	0,07
Médiane (mg/m ³)	0,08	0,04	0,06	0,03	0,11	0,07
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,27	0,18	0,22	0,14	0,31	0,24
90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,73	0,56	0,68	0,52	0,78	0,61
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	1,50	0,92	1,45	0,84	1,60	0,99

Dans MEGA, les mesures sont réalisées de préférence pendant deux heures car c'est la durée indiquée dans la méthode d'analyse normalisée. Du fait de cette contrainte, l'hygiéniste industriel essaie de couvrir l'ensemble des activités habituelles de l'employé(e) pendant la période de prélèvement. Dans COLCHIC, c'est l'hygiéniste industriel qui choisit la durée de prélèvement en fonction de ses capacités, ce qui peut occasionner des différences d'exposition. Pour faciliter la comparaison, la présente étude porte sur des durées de prélèvement comprises entre 30 et 240 minutes, ce qui permet de se concentrer sur les effets chroniques du formaldéhyde. Les effets aigus déclenchés par des pics d'exposition à court terme ne sont pas étudiés ici.

Une comparaison a été effectuée entre les secteurs industriels définis par la nomenclature NACE de l'Union européenne. Le code NACE est un système qui répartit les secteurs économiques en différentes catégories. La base de données COLCHIC utilise directement le système NACE. La base de données MEGA en revanche a ses propres codes. Pour les besoins de la présente étude, ces derniers ont été convertis dans la mesure du possible en codes NACE, ce qui a permis de comparer 88,8% des données MEGA enregistrées entre 2002 et 2011.

La comparaison des secteurs NACE s'est déroulée en deux temps. Premièrement, les secteurs industriels où le formaldéhyde est le plus fréquemment mesuré ont été identifiés. Ces secteurs figurent dans le Tableau 3 par ordre décroissant du nombre de mesures de formaldéhyde réalisées en France et en Allemagne selon les deux bases de données. L'ordre est légèrement différent, mais dégage des tendances générales concernant les secteurs à examiner en raison de leur importance dans l'industrie allemande et dans l'industrie française. Les secteurs les plus importants de chacune des deux bases de données sont : l'industrie du bois et d'ouvrages en bois, les activités pour la santé humaine, la fabrication de métaux de base, et l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques. Ces secteurs représentent la majorité des données des deux bases de données réunies. L'industrie textile sera décrite également en raison de son importance historique [15].

Tableau 3 – Nombre de mesures de formaldéhyde dans les bases de données (tous types) par secteur industriel

Clas sem ent	COLCHIC (nombre de mesures - % de toutes les données d'exposition au formaldéhyde)	MEGA (nombre de mesures - % de toutes les données d'exposition au formaldéhyde)
1	Activités pour la santé humaine (1804 - 21%)	Industrie du bois et d'ouvrages en bois (1309 – 18,1%)
2	Industrie du bois et d'ouvrages en bois (1167 - 13%)	Fabrication de métaux de base (1139 – 15,7%)
3	Industrie du caoutchouc et des matières plastiques (1097 - 12%)	Activités pour la santé humaine (931 – 12,9%)
4	Industrie textile (469 - 5%)	Industrie du caoutchouc et des matières plastiques (709 – 9,8%)
5	Industrie alimentaire (410 - 5%)	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques (479 – 6,6%)
6	Fabrication de métaux de base (392 - 4%)	Éducation (348 - 4,8%)
7	Activités spécifiques de construction (376 - 4%)	Fabrication de produits en métal, sauf machines et équipements (233 – 3,2%)
8	Fabrication de machines et équipements (362 - 4%)	Fabrication de machines et équipements (210 - 2,9%)
9	Fabrication de produits en métal, sauf machines et équipements (316 - 4%)	Industrie chimique (165 – 2,3%)
10	Fabrication de papier et d'articles en papier (259 - 3%)	Industrie textile (149 – 2,1%)
11	Industrie chimique (256 - 3%)	Fabrication d'autres équipements de transport (100 - 1,4%)
12	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques (245 - 3%)	Fabrication de véhicules à moteur, de remorques et de semi-remorques (85 – 1,2%)
13	Recherche et développement scientifiques (174 - 2%)	Fabrication de papier et d'articles en papier (84 – 1,2%)
14	Fonction publique et défense ; sécurité sociale obligatoire (152 - 2%)	Transport terrestre et transport par pipelines (71 - 1%)

15	Commerce de gros, sauf véhicules à moteur et motocycles (138 - 2%)	Réparation et installation de machines et d'équipements (59 – 0,8%)
16	Production végétale et animale, chasse et autres activités de service apparentées (132 - 2%)	Activités spécifiques de construction (50 – 0,7%)
17	Commerce de détail, sauf véhicules à moteur et motocycles (98 - 1%)	Fabrication de matériel électrique (43 – 0,6%)
18	Éducation (93 - 1%)	Transport de l'eau (38 – 0,5%)
19	Fabrication d'autres équipements de transport (77 - 1%)	Activités vétérinaires (16 – 0,2%)
20	Fabrication de véhicules à moteur, de remorques et de semi-remorques (65 - 1%)	

Les données d'exposition au formaldéhyde ont été comparées dans ces grands secteurs d'activité. Pour signaler plus facilement un risque éventuel pour la santé, ces données sont présentées par rapport à la valeur limite fixée par le CSLEP.

RÉSULTATS

Présentation générale des bases de données

L'écart observé dans le Tableau 4 entre les moyennes géométriques de l'ensemble des données (Tableau 2) est relativement faible, en particulier en ce qui concerne les prélèvements individuels. Après filtrage des données de mesure individuelles à court terme, on constate une baisse de la MG à la fois dans la base de données MEGA (de 0,07 mg/m³ à 0,06 mg/m³) et dans la base de données COLCHIC (de 0,11 mg/m³ à 0,09 mg/m³).

Tableau 4 – Mesures de formaldéhyde filtrées, c'est-à-dire avec une durée de prélèvement ≥ 30 minutes et ≤ 240 minutes

	Tous		Prélèvements d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	6784	6469	4041	3663	2743	2796
MG (mg/m ³)	0,07	0,04	0,07	0,03	0,09	0,06
Médiane (mg/m ³)	0,07	0,04	0,06	0,02	0,09	0,06
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,24	0,13	0,21	0,09	0,26	0,19
90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,59	0,42	0,62	0,3	0,55	0,52
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	1,11	0,7	1,2	0,58	0,9	0,8
% ≥ valeur limite fixée par le CSLEP (0,25 mg/m ³)	24%	16%	23%	12%	26%	21%

Sauf en 2002, les concentrations médianes annuelles de l'exposition au formaldéhyde enregistrées dans MEGA (voir Figure 1) étaient globalement stables, à un niveau

largement inférieur à la valeur limite fixée par le CSLEP.

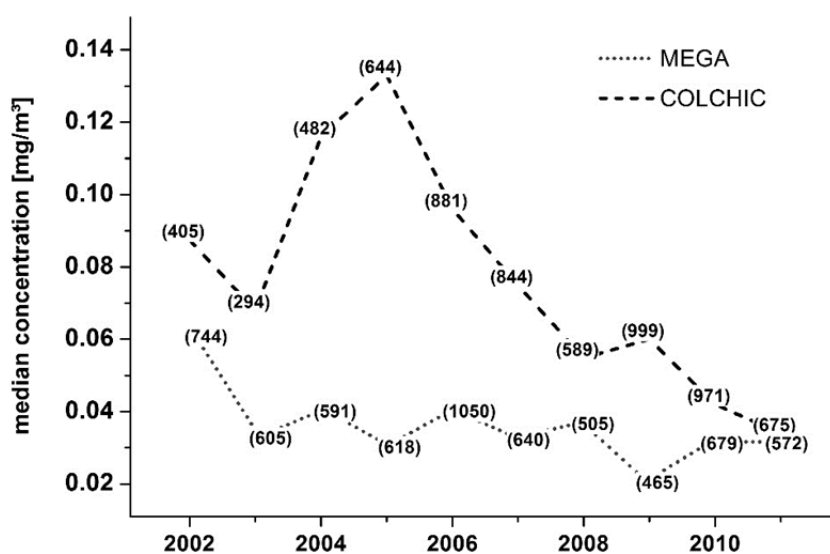


Figure 1 – Concentrations médianes des mesures annuelles (prélèvements d'ambiance et prélèvements individuels confondus, nombre de mesures entre parenthèses)

Au moins 10% et le plus souvent entre 15% et 18% des valeurs mesurées dépassent la valeur limite fixée par le CSLEP. Le 90^{ème} centile est supérieur à 0,3 mg/m³ dans presque tous les cas, et le 95^{ème} centile est toujours supérieur à 0,55 mg/m³. Les variations, en particulier pour les percentiles élevés, peuvent s'expliquer par la durée limitée des programmes de mesure dans certains secteurs industriels. Dans COLCHIC, on observe un pic en 2004-2005. Cela s'explique par le fait qu'en 2002 et 2003 les secteurs industriels examinés étaient répartis différemment, entraînant une concentration médiane plus faible (surreprésentation de l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques avec des concentrations faibles, sous-représentation de l'industrie du bois avec des concentrations élevées).

Analyse des secteurs examinés

La Figure 2 représente les données d'exposition sélectionnées dans MEGA (M) et dans COLCHIC (C), suite à des prélèvements d'ambiance et à des prélèvements individuels, par secteur industriel. Les parties en blanc, gris clair et gris foncé des colonnes correspondent respectivement aux plages d'exposition entre les 50^{ème} et 75^{ème}, 90^{ème} et 95^{ème} centiles. Les lignes horizontales indiquent la VLEP-8 heures fixée par le CSLEP de 0,25 mg/m³ et la VLEP-court terme de 0,5 mg/m³.

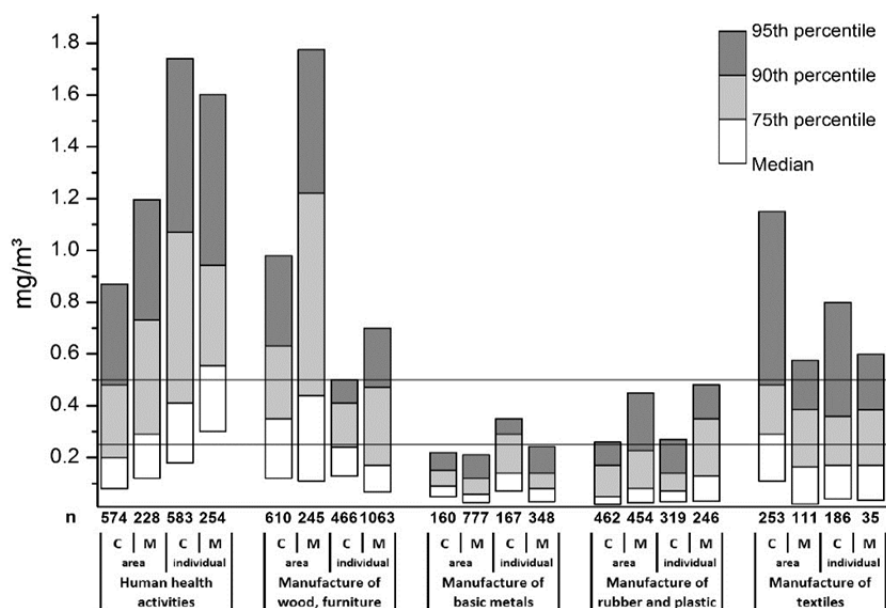


Figure 2 – Mesures de formaldéhyde dans les secteurs examinés ; n = nombre de mesures, C = données COLCHIC, M = données MEGA

Activités pour la santé humaine

Le secteur des activités pour la santé humaine (Tableau 5) est le secteur dont relève le plus grand nombre de mesures enregistrées dans COLCHIC (1157), plus de deux fois plus que dans MEGA (482). Globalement, les valeurs mesurées sont similaires, légèrement plus basses toutefois dans COLCHIC.

Tableau 5 – Mesures de formaldéhyde dans le secteur des activités pour la santé humaine

	Tous		Prélèvements d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	1157	482	574	228	583	254
MG (mg/m ³)	0,11	0,15	0,07	0,09	0,16	0,23
Médiane (mg/m ³)	0,11	0,20	0,08	0,12	0,18	0,30
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,30	0,47	0,20	0,29	0,41	0,56

90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,75	0,89	0,48	0,73	1,07	0,94
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	1,40	1,40	0,87	1,20	1,74	1,60
% >= valeur limite fixée par le CSLEP (0,25 mg/m ³)	29%	44%	20%	29%	39%	58%

L'Indice d'Exposition est défini comme le rapport entre l' "exposition" et la VLEP, il est nommé Rapport de Caractérisation des Risques (RCR) dans le règlement REACH [16]. Ce rapport est un indicateur du risque associé aux secteurs d'activité : la moyenne géométrique est utilisée comme l'exposition et la valeur limite fixée par le CSLEP comme la VLEP. Un RCR > 1 dénote un risque "faiblement contrôlé" : cette situation ne se présente pas dans les secteurs industriels examinés ici. Un RCR < 0,2 dénote un risque "bien contrôlé". Entre les deux, le risque est "contrôlé" mais des efforts s'imposent pour diminuer l'exposition. En ce qui concerne les activités pour la santé humaine, il conviendrait de réduire l'exposition dans les deux pays (RCR = 0,44 dans COLCHIC et RCR = 0,60 dans MEGA). Les proportions de mesures d'ambiance et de mesures individuelles sont équivalentes dans les deux bases de données (50%/50% dans COLCHIC ; 47%/53% dans MEGA). Dans les deux bases de données, les indicateurs statistiques des mesures de concentration d'ambiance sont plus faibles que ceux des mesures de concentration individuelles.

Les mesures ont été réalisées surtout dans des entités d'anatomo-pathologie (ex : laboratoires histologiques, unités de dissection) ou bien en liaison avec des activités de nettoyage et de stérilisation, dans les deux cas dans des établissements de santé.

Dans ces conditions, il convient de mentionner que la base de données MEGA contient en plus 348 mesures (moyenne géométrique : 0,58 mg/m³, médiane : 0,57 mg/m³, 95^{ème} centile : 4,78 mg/m³) réalisées dans des laboratoires et des établissements d'internat de départements de pathologie et d'anatomie de facultés de médecine et d'écoles vétérinaires. Ces mesures sont désignées par le code NACE "Éducation". Parmi celles-ci, 138 ont été obtenues par sélection pendant la période de prélèvement (30 à 240 minutes),

avec les caractéristiques suivantes : moyenne géométrique : 0,45 mg/m³, médiane : 0,56 mg/m³, 95^{ème} centile : 2,04 mg/m³.

Industrie du bois et d'ouvrages en bois

Dans les deux bases de données réunies, la majorité des données provient de l'industrie du bois et d'ouvrages en bois (Tableau 6), avec 1308 valeurs dans MEGA (secteur le plus représenté) et 1076 valeurs dans COLCHIC.

Tableau 6 – Mesures de formaldéhyde dans l'industrie du bois et d'ouvrages en bois

	Tous		Prélèvements d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	1076	1308	610	245	466	1063
MG (mg/m ³)	0,12	0,08	0,13	0,13	0,12	0,07
Médiane (mg/m ³)	0,12	0,07	0,12	0,11	0,13	0,07
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,30	0,2	0,35	0,44	0,24	0,17
90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,52	0,56	0,63	1,22	0,41	0,47
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,75	0,89	0,98	1,78	0,50	0,7
% >= valeur limite fixée par le CSLEP (0,25 mg/m ³)	30%	23%	34%	37%	25%	19%

Cette section porte à la fois sur les données des divisions 16 et 31 de la nomenclature NACE qui ont été jointes. Les domaines de travail enregistrés ici concernent principalement le pressage à chaud, le sciage, l'encollage, le meulage, le broyage, le déchetage et les activités réalisées sur des machines pour la fabrication de meubles et de carton. Au vu du faible RCR, les deux pays devraient s'efforcer de réduire l'exposition dans ce secteur (RCR = 0,48 dans COLCHIC et RCR = 0,32 dans MEGA). Globalement, les indicateurs statistiques sont légèrement différents : la médiane et le 75^{ème} centile sont

plus élevés dans COLCHIC, mais les 90^{ème} et 95^{ème} centiles sont plus faibles. Cela signifie que les concentrations mesurées étaient en moyenne supérieures dans COLCHIC mais que des valeurs de concentration élevées ont été observées dans MEGA. Les proportions de mesures d'ambiance et de mesures individuelles sont presque équilibrées dans COLCHIC (56%/44%), elles sont en revanche largement déséquilibrées dans MEGA (19%/81%). Dans les deux bases de données, les indicateurs statistiques des mesures d'ambiance sont inférieurs à ceux des mesures individuelles. Dans MEGA, les indicateurs statistiques des mesures d'ambiance sont fortement influencés par une exposition élevée pendant la fabrication de panneaux en bois et pendant le pressage à chaud.

Fabrication de métaux de base

Les mesures réalisées dans le secteur de la fabrication des métaux de base (Tableau 7) sont beaucoup plus nombreuses dans MEGA (1132) que dans COLCHIC (327).

Tableau 7 – Mesures de formaldéhyde dans le secteur de la fabrication de métaux de base

	Tous		Prélèvements d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	327	1132	160	777	167	348
MG (mg/m ³)	0,05	0,03	0,04	0,03	0,07	0,03
Médiane (mg/m ³)	0,06	0,03	0,05	0,03	0,07	0,03
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,11	0,06	0,09	0,06	0,14	0,08
90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,22	0,13	0,15	0,12	0,29	0,14
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,30	0,22	0,22	0,21	0,35	0,24
% >= valeur limite fixée par le CSLEP (0,25 mg/m ³)	9%	4%	3%	4%	14%	5%

Les indicateurs statistiques déterminés pour la fabrication de métaux de base sont basés sur des mesures effectuées pendant des travaux sur des installations d'usinage à commande numérique, pendant le noyautage, le soudage, le brasage et le broyage, et dans les fonderies. Le faible RCR tend à indiquer que ce secteur est bien contrôlé dans les deux pays (RCR = 0,20 dans COLCHIC et RCR = 0,12 dans MEGA). Globalement, les indicateurs statistiques sont très ressemblants. Les mesures d'ambiance et les mesures individuelles sont presque équilibrées dans COLCHIC (48%/52%), elles sont en revanche largement déséquilibrées dans MEGA (68%/32%). Dans les deux bases de données, les indicateurs statistiques des mesures d'ambiance sont inférieurs à ceux des mesures individuelles.

Industrie du caoutchouc et des matières plastiques

Ce secteur industriel (voir Tableau 8) a fait l'objet de mesures approximativement à la même fréquence dans COLCHIC et dans MEGA, avec respectivement 781 et 700 valeurs.

Tableau 8 – Mesures de formaldéhyde dans l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques

	Tous		Prélèvements d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	781	700	462	454	319	246
MG (mg/m ³)	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04
Médiane (mg/m ³)	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,06	0,11	0,05	0,08	0,07	0,13
90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,15	0,26	0,17	0,23	0,14	0,35
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,27	0,46	0,26	0,45	0,27	0,48
% >= valeur limite fixée par le CSLEP (0,25 mg/m ³)	5%	11%	5%	9%	6%	14%

Les mesures ont été effectuées principalement pendant la fabrication de pièces en caoutchouc moulé, pendant le moulage par injection et pendant des activités utilisant des extrudeuses. Le faible RCR tend à indiquer que ce secteur est bien contrôlé dans les deux pays (MG = 0,03 mg/m³, donc RCR = 0,12). Globalement, les indicateurs statistiques sont très ressemblants. Les mesures d'ambiance et les mesures individuelles sont presque équilibrées dans les deux bases de données : COLCHIC 59%/51% ; MEGA 65%/35%. Dans les deux bases de données, les indicateurs statistiques des concentrations mesurées en ambiance sont équivalents à ceux des concentrations mesurées individuellement.

Industrie textile

Les mesures relevant de ce secteur sont trois fois plus nombreuses dans COLCHIC que dans MEGA. L'exposition au formaldéhyde a été déterminée surtout dans les domaines suivants : impression, finition chimique et production non tissée. Le RCR observé (Tableau 9) est légèrement différent entre les deux pays, la valeur de COLCHIC étant supérieure à celle de MEGA (RCR = 0,28 dans COLCHIC ; RCR = 0,16 dans MEGA).

Tableau 9 – Mesures de formaldéhyde dans l'industrie textile

	Tous		Prélèvement d'ambiance		Prélèvements individuels	
	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA	COLCHIC	MEGA
N	439	146	253	111	186	35
MG (mg/m ³)	0,07	0,04	0,08	0,04	0,05	0,05
Médiane (mg/m ³)	0,06	0,03	0,11	0,02	0,04	0,04
75 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,25	0,17	0,29	0,17	0,17	0,17
90 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,47	0,39	0,48	0,39	0,36	0,39
95 ^{ème} centile (mg/m ³)	0,98	0,58	1,15	0,58	0,80	0,60
% >= valeur limite fixée par le CSLEP (0,25 mg/m ³)	25%	17%	31%	18%	17%	14%

Globalement, tous les indicateurs statistiques calculés à partir des données de COLCHIC présentent des concentrations légèrement supérieures à celles figurant dans MEGA. Les proportions de mesures d'ambiance et de mesures individuelles sont presque équilibrées dans COLCHIC (57%/43%) ; elles sont en revanche déséquilibrées dans MEGA (76%/24%). Dans COLCHIC, les indicateurs statistiques des mesures d'ambiance sont toujours supérieurs à ceux des mesures individuelles ; dans MEGA, ils sont similaires.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Secteurs industriels

Les activités pour la santé humaine et l'industrie du bois et d'ouvrages en bois sont des secteurs où l'on observe une forte proportion de concentrations de formaldéhyde au-dessus de la VLEP-8 heures fixée par le CSLEP (33% et 26% respectivement pour ces deux secteurs, COLCHIC et MEGA confondues). Par ailleurs, vu le nombre élevé de mesures disponibles pour calculer ces valeurs, on peut en conclure que ces valeurs sont fiables. Les entreprises et les employés de ces secteurs devraient donc prendre des mesures de prévention spécifiques pour réduire l'exposition au formaldéhyde. Mais cela ne semble pas aussi facile à mettre en pratique.

Dans le domaine médical, le formaldéhyde est utilisé pour fixer et conserver les tissus et pour désinfecter les surfaces afin d'éliminer notamment les germes multirésistants. Dans les deux bases de données, ces activités sont reconnues pour les fortes concentrations de formaldéhyde qu'elles génèrent, et il n'existe pas d'autres méthodes complètement équivalentes. Pour minimiser l'exposition, il convient donc, par exemple, de réduire le plus possible la teneur en formaldéhyde des solutions employées ou d'utiliser au maximum les systèmes et processus de ventilation. Dans certaines circonstances, il peut aussi s'avérer indispensable que les employés portent temporairement des équipements de protection individuelle.

Les expositions au formaldéhyde sont préoccupantes dans le secteur du bois et de la fabrication de meubles, notamment pendant la production et le traitement de matériaux à base de bois (panneaux en bois). Ces produits contiennent du formaldéhyde : c'est un composant très présent dans les résines utilisées pour les fixer. On s'efforce actuellement de réduire la teneur en formaldéhyde de ces résines et de développer des résines sans formaldéhyde. Mais les isocyanates cancérigènes utilisés comme substituts sont également controversés.

La fabrication de métaux de base et l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques sont des secteurs où les concentrations en formaldéhyde sont faibles. COLCHIC contient trois fois plus de données relevant du secteur de la fabrication des métaux de base que MEGA. Même si les RCR sont légèrement plus élevés dans COLCHIC que dans MEGA, leur valeur demeure néanmoins relativement faible. S'agissant de l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques, on remarque que le nombre de mesures et les niveaux de concentration sont similaires. Une analyse détaillée des données de COLCHIC et de MEGA montre que la concentration globale mesurée est faible, quel que soit le produit utilisé, la tâche réalisée ou la fonction de l'employé(e).

Dans l'industrie textile, l'exposition se situe dans la moyenne par rapport à l'ensemble des données. L'Allemagne n'ayant plus de forte industrie textile, les données mesurées ne sont pas comparables à celles de pays où ce secteur est "historique" ou à celles enregistrées, par exemple, en Asie. Les données dont on dispose actuellement concernant ce secteur proviennent d'un petit nombre d'usines fabriquant des textiles pour des besoins spécifiques (finition chimique et production non tissée).

Évolution au fil du temps

Depuis 2002-2003, le formaldéhyde est largement controversé et constitue un sujet de préoccupation du fait des débats lancés par les médias sur la pollution de l'air ambiant, liée en particulier aux meubles. En plus, peu de mesures avaient été réalisées dans l'industrie du bois avant 2005. Le pic de concentration médiane d'environ 0,12-0,13 mg/m³ observé en 2004-2005 est peut-être dû à l'importance accordée à ce secteur. Il se peut qu'étant une substance cancérogène, le formaldéhyde ait été substitué pour que les produits et services soient mieux acceptés, entraînant ainsi une baisse de l'exposition professionnelle.

En Allemagne, on n'observe dans aucun secteur une baisse générale des expositions au cours des dix dernières années. Les variations annuelles, en particulier pour les centiles plus élevés, sont le résultat de campagnes menées dans les différents secteurs, impliquant un grand nombre de mesure pendant de courtes périodes.

Comparaison des mesures effectuées par prélèvement d'ambiance et par prélèvement individuel

Sur les lieux de travail, les mesures devraient être effectuées par prélèvement à proximité de l'endroit où la personne respire. Si le prélèvement individuel n'est pas possible, des

systèmes de prélèvement d'ambiance peuvent être utilisés. Le prélèvement doit alors être réalisé par rapport à la personne (mesure au niveau des yeux ou à une distance équivalente par rapport à la source d'exposition). Des systèmes de prélèvement d'ambiance peuvent être utilisés aussi pour établir des scénarios correspondant aux pires des cas et pour déterminer le contraste par rapport à la charge de base.

D'un point de vue général (Tableau 2), la concentration mesurée lors des prélèvements d'ambiance est plus basse que celle mesurée lors des prélèvements individuels. Ce n'est pas vrai cependant pour tous les secteurs. Dans l'industrie du bois et des ouvrages en bois, la concentration d'ambiance est équivalente (moyenne géométrique) à la concentration individuelle (Tableau 6), mais avec beaucoup plus de valeurs élevées (percentiles et valeurs dépassant la limite du CSLEP). Cela s'explique par le fait que les hygiénistes industriels utilisent le prélèvement d'ambiance pour mesurer l'émissivité des processus, plutôt que la concentration d'ambiance globale. Par exemple, pendant les opérations de maintenance sur les sites de production de panneaux en bois, les travailleurs ne sont présents que pendant de courtes périodes dans les ateliers de production. Les prélèvements durent généralement plus longtemps, les moyennes pondérées dans le temps sont faibles. Les travailleurs sont néanmoins soumis à des expositions élevées pendant de courtes périodes.

Données supplémentaires

Dans MEGA, l'immense majorité des 769 lignes de données exclues en raison de la durée de prélèvement relève de la santé humaine (449) et de l'éducation (210), deux secteurs couvrant les domaines de travail décrits précédemment. Ces données se caractérisent par des paramètres statistiques légèrement plus élevés. La médiane et le 95^{ème} centile correspondent à 0,3 et 2,15 mg/m³ dans le secteur des activités pour la santé humaine et à 0,58 et 9,45 mg/m³ dans le secteur de l'éducation. La plupart de ces mesures (567) sont considérées comme étant liées aux tâches. Seulement 119 mesures se rapportent à des pics d'exposition ou à des expositions de courte durée.

En ce qui concerne COLCHIC, l'essentiel des 1849 lignes de données exclues étaient des prélèvements effectués pendant moins de 30 minutes (1155 mesures), dont plus de 35% dans le secteur de la santé humaine (411 mesures) et 19% dans l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques (217 mesures). Comme dans MEGA, ces données se caractérisaient par des paramètres statistiques élevés : la médiane et le 95^{ème} centile correspondaient à 0,34 et 3,33 mg/m³ pour la santé humaine et à 0,04 et 4,34 mg/m³ pour

le caoutchouc et les matières plastiques. Le reste des données exclues porte, pour l'essentiel, sur des expositions non spécifiées. Dans ce cas, l'explication est la même que pour MEGA.

CONCLUSION

Globalement, les valeurs de concentration enregistrées dans les deux bases de données ne présentent pas de différence majeure quant aux conclusions qui pourraient en être tirées pour la prévention. Le niveau d'exposition des travailleurs des deux pays est comparable dans les cinq principaux secteurs industriels où des mesures ont été fréquemment effectuées. D'un point de vue général, il n'existe aucune différence fondamentale entre les secteurs industriels examinés en France et en Allemagne ni en ce qui concerne les politiques préventives appliquées.

Les principales différences observées entre les bases de données COLCHIC et MEGA portent sur l'objectif des mesures et le type de prélèvement choisi. En France, les hygiénistes industriels effectuent des mesures uniquement à titre préventif et peuvent utiliser différents dispositifs et différentes techniques (recommandés dans la base de données MetroPol [17]). En Allemagne, les mesures n'ont pas seulement un but préventif mais elles sont utilisées à des fins réglementaires et pour la sécurité sociale. Les techniques et dispositifs à utiliser sont stipulés par le MGU. D'autres différences concernent les systèmes de codage utilisés.

Les bases de données COLCHIC et MEGA peuvent être utilisées de manières très diverses, pour répondre à un éventail de questions (par exemple dans le cadre de REACH) sur la substance chimique, la tâche, le secteur ou tout autre élément déterminant l'exposition. Elles pourraient être toutefois encore plus pertinentes et fiables si leurs données pouvaient fusionner, par exemple pour combler les lacunes de l'une par les données de l'autre. Pour ce faire, il serait cependant nécessaire de s'appuyer tout d'abord sur des méthodes statistiques pour comparer les données. Des insuffisances spécifiques, identifiées pendant les travaux réalisés sur ces analyses, pourraient causer des difficultés. Le codage des domaines dans COLCHIC et dans MEGA, par exemple, est déjà suffisamment différent pour compliquer l'harmonisation des données. C'est pourquoi seuls des secteurs industriels ont été évalués ici. La solution pourrait être un registre européen normalisé. Il est important aussi de connaître précisément la durée d'exposition. La sélection par durée de prélèvement, utilisée dans ce document, donne de bons résultats

pour un aperçu général, mais ne résout pas les différences dans les scénarios d'exposition à court terme, liés à la tâche ou au poste de travail .

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Stewart, P. A. and Rice, C. A source of Exposure Data for Occupational Epidemiology Studies. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 5.(1990)
- [2] Vincent, R. and Jeandel, B. COLCHIC – Occupational Exposure to Chemical Agents Database: current content and development perspectives. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. Vol. 16, 2. (2001)
- [3] Vinzents, P., et al. Exposure registers in Europe, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. (1994).
- [4] Carton, B., et al. Comparison of Exposure Measurements Stored in European Databases on Occupational Air Pollutants and Definitions of Core Information. 4, *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, Vol. 10, pp. 351-354, (1995)
- [5] Lavoué, Jérôme, Gérin, M and Vincent, Raymond. Comparison of formaldehyde exposure levels in two multi-industry occupational exposure databanks using multimodel inference. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 8, 1 (2011)
- [6] Creek, K. and Schinkel, J. Workshop on key data needs for an occupational exposure database; session II. 4, *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, Vol. 10, pp. 408-410, (1995)
- [7] Gomez, M. R. A proposal to develop a national occupational exposure databank. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, Vol. 8, pp. 768-774, (1993)
- [8] Gomez, M.R. and Rawls, G. Conference on Exposure Databases: A report and look at the future. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, Vol. 10, pp. 238-243 (1995)
- [9] Kromhout, H., Design of measurement strategies for workplace exposures. *Occup. Environ. Med.*, Vol. 59, pp. 349-354 (2002)
- [10] Gabriel, S., Koppisch, D. and Range, D., The MGU – a monitoring system for the collection and documentation of valid workplace exposure data. *Gefahrstoffe - Reinhalt. Luft*, Vol. 70, pp. 43-49 (2010)

- [11] IARC - International Agency for Research on Cancer. List of Classifications. [Online] <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>. (Accessed March 2014.)
- [12] ECHA. Meetings of the RAC – ECHA. [Online] http://echa.europa.eu/documents/10162/13579/rac_meeting_23_minutes_final_en.pdf (Accessed March 2014.)
- [13] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Formaldehyd Kennzahl 6045. IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Berlin: Erich Schmidt Verlag, Vol. 39. Lfg. XI/2007 (2007)
- [14] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Formaldehyd Kennzahl 7520. IFA-Arbeitsmappe Messung von Gefahrstoffen. Berlin: Erich Schmidt, Vol. 39. Lfg. XI/2007, (2007)
- [15] Marsh, G.M., Youk, A.O. and Morfeld, P. Mis-specified and non-robust mortality risk models for nasopharyngeal cancer in the National Cancer Institute formaldehyde worker cohort study. Regul. Toxicol. Pharmacol. Vol. 47, 1, pp. 59-67 (2007)
- [16] ECHA. Part E. Risk characterization. Guidance of information requirements and chemical safety assessment. 11 (2012).
- [17] INRS. MetroPol. [Online] <http://www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/metropol.html>. (Accessed March 2014.)