

Présentation de matrices emplois-expositions à cinq solvants chlorés

Quelques applications à un échantillon de population en France

Groupe de travail Matgéné

Santé travail

Département santé travail, Institut de veille sanitaire (DST, InVS), Saint-Maurice;
Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en transport, travail et environnement (Umrestte), InVS/UCBL/Inrets, Lyon.

Le programme Matgéné

Le Département santé travail a mis en place et coordonne un programme de réalisation de matrices emplois-expositions adaptées à la population générale en France : le programme Matgéné.

Une matrice emplois-expositions peut être sommairement décrite comme un tableau donnant la correspondance entre des intitulés d'emplois et des indices d'exposition à une ou plusieurs nuisances. Les expositions peuvent ensuite être attribuées automatiquement aux individus en fonction de leurs intitulés d'emploi.

Les applications potentielles de ces matrices sont nombreuses. Elles permettent notamment d'estimer la prévalence d'expositions professionnelles dans la population et d'étudier les variations de cette prévalence en fonction du sexe, de l'âge, de la région, de la profession, du secteur d'activité et de la période. Elles peuvent également être utilisées pour évaluer les expositions professionnelles de sujets dans des études épidémiologiques, ou comme aide au repérage des expositions pour la prévention ou la prise en charge médico-sociale.

Les matrices réalisées sont spécifiques d'une substance ou d'un groupe de substances. Afin de pouvoir être utilisée de façon la plus large possible, chaque matrice comprend l'ensemble des professions et branches d'activité considérées comme pouvant générer une exposition, avec les codes correspondants dans plusieurs nomenclatures. Les professions et branches d'activité considérées comme non exposées ou exposées en dessous d'un niveau minimum ne sont pas présentées dans la matrice.

LES SOLVANTS CHLORÉS ÉVALUÉS : DÉFINITIONS, UTILISATIONS

Les solvants chlorés sont des hydrocarbures dans lesquels un ou plusieurs atomes d'hydrogène ont été remplacés par un ou plusieurs atomes de chlore.

D'une manière générale, ils sont utilisés comme intermédiaires de synthèse dans divers secteurs de la chimie. D'autre part, étant ininflammables et de bons solvants des graisses, ils ont été très utilisés dès le début du XX^e siècle comme produits de dégraissage des métaux et des textiles. Cependant, suite à des réglementations visant à préserver l'environnement et la santé, leur consommation est en déclin depuis les années 1970.

Cinq solvants chlorés (le trichloroéthylène, le perchloroéthylène, le chlorure de méthylène, le chloroforme et le tétrachlorure de carbone) ont été retenus pour une évaluation par matrice. Ils ont été choisis en fonction de leur importance d'utilisation, de leur toxicité et de leur réglementation.

Le trichloroéthylène

S'avérant être un bon substituant du benzène, il a connu un développement important dans les années 1950 comme produit de dégraissage des métaux (à froid ou à chaud). Il a aussi été largement utilisé pour le dégraissage manuel des

textiles, le nettoyage des machines et du matériel lors de la mise en œuvre de peintures, colles, adhésifs, plastiques, caoutchoucs, etc.

Dans les années 1970, suspecté d'être cancérigène, le trichloroéthylène a été en partie remplacé par le 1,1,1-trichloroéthane, jugé moins toxique, pour les tâches de dégraissage. De fait, à partir de cette date, ces deux solvants ont eu des utilisations similaires qui les rendent difficiles à distinguer l'un de l'autre dans ce type de tâche. Cependant, en 1995, suite à une réglementation interdisant l'utilisation du 1,1,1-trichloroéthane (sauf dérogation), le trichloroéthylène a repris sa place en tant que dégraissant, mais à une échelle moindre. C'est en effet à cette période que sa toxicité a été réévaluée par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ), pour passer du groupe 3 (inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme) au groupe 2A (probablement cancérigène pour l'homme). Depuis, son utilisation est en continue régression.

Le tétrachloroéthylène (perchloroéthylène)

Depuis les années 1950, sa principale utilisation est le nettoyage à sec des vêtements ; il a aussi été utilisé pour le dégraissage des métaux ainsi que pour le nettoyage des machines et du matériel lors de la mise en œuvre de peintures, colles, adhésifs, plastiques, caoutchoucs, etc.

Comme le trichloroéthylène, le Circ l'a réévalué en cancérigène probable pour l'homme (groupe 2A) en 1995. Depuis, son utilisation est plus limitée, en particulier pour le dégraissage des métaux. Elle reste effective pour le dégraissage à sec des vêtements mais dans des conditions plus strictes d'utilisation.

Le dichlorométhane (chlorure de méthylène)

Dès les années 1950, il a été beaucoup utilisé dans l'industrie chimique et pharmaceutique car c'est un très bon solvant, facile à évaporer (point d'ébullition de 40 °C). C'est le solvant idéal pour les extractions à basse température de matières altérables par la chaleur (médicaments, huiles comestibles, huiles essentielles, caféine). C'est aussi un excellent solvant des esters de cellulose, d'où son utilisation dans la fabrication de films photographiques et de fibres textiles à base d'acétate de cellulose, jusque dans les années 1980-1990. Il a aussi été utilisé pour le dégraissage des métaux (en particulier dans l'industrie de l'aviation) mais sa principale utilisation a été sa présence dans les formulations de décapants jusque dans le milieu des années 1990. En effet, la diminution de sa valeur moyenne d'exposition (VME) en 1995 fut un tournant quant à son utilisation. Cependant, en 2004, il restait le solvant chloré le plus largement utilisé en tonnage, soit comme composant dans des formulations de décapants, soit tel quel pour le nettoyage, en particulier dans la mise en œuvre des matières plastiques.

Le tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)

Excellent solvant, il a été largement employé dès le début du XX^e siècle pour diverses utilisations (extraction de graisses,

composant de certains extincteurs, solvant des caoutchoucs, détachage des textiles, industrie pharmaceutique, dégraissage des métaux, etc.). Or, suite à des intoxications, ses effets toxiques ont été connus dès le début des années 1950, ce qui en a rapidement limité l'utilisation. D'autre part, contribuant à la destruction de la couche d'ozone, son utilisation a été peu à peu réglementée pour être finalement interdite (sauf dérogation) en 1995.

Le trichlorométhane (chloroforme)

Il fut utilisé comme anesthésiant jusque dans les années 1950. Excellent solvant, il a aussi trouvé des applications comme agent d'extraction, en particulier dans le milieu pharmaceutique et en chimie. Il a aussi été utilisé pour la synthèse des fréons. Toutefois, classé comme pouvant être cancérigène pour l'homme (groupe 2B) par le Circ dès 1987, puis en 1999, son utilisation a été limitée en milieu industriel. En 2006, la diminution de sa VME en a encore limité l'utilisation.

LA RÉGLEMENTATION

Valeurs limites d'exposition professionnelle (France) et classements des produits

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (valeur moyenne sur 8 heures – VME – ou valeur limite sur 15 minutes – VLE) et les classements Circ et Union européenne (CMR 2006) sont regroupés dans le tableau 1.

TABLEAU 1 VME, VLE, CLASSEMENTS CIRC ET CMR DES SOLVANTS CHLORÉS ÉVALUÉS DANS LES MATRICES						
Solvants chlorés	VME ppm	VME mg/m ³	VLE ppm	VLE mg/m ³	Classements	
					Circ	CMR
Trichloroéthylène	75	405	200	1 080	2A (1995)	Cancérigène 2 Mutagène 3
Perchloroéthylène	50	335			2A (1995)	Cancérigène 3
Chlorure de méthylène	50	175	100	350	2B (1999)	Cancérigène 3
Chloroforme	2	10	50	250	2B (1999)	Cancérigène 3
Tétrachlorure de carbone	2	12	10	60	2B (1999)	Cancérigène 3

Tableaux des maladies professionnelles

Les solvants chlorés apparaissent dans plusieurs tableaux des maladies professionnelles :

- tableau RG 3 : "Intoxication professionnelle par le tétrachloroéthane (intermédiaire de synthèse du trichloroéthylène et du tétrachloroéthylène)";
- tableaux RG 12 et RA 21 : "Affections professionnelles provoquées par les hydrocarbures aliphatiques halogénés suivants : trichlorométhane, chloroéthane, etc." ;
- tableaux RG 11 et RA 9 : "Intoxication professionnelle par le tétrachlorure de carbone".

STRUCTURE DES MATRICES EMPLOIS-EXPOSITIONS

Cinq matrices évaluent les expositions aux cinq solvants définis précédemment, à savoir le trichloroéthylène, le perchloroéthylène, le chlorure de méthylène, le chloroforme et le tétrachlorure de carbone. À noter toutefois que le trichloroéthylène et le 1,1,1-trichloroéthane ayant eu les mêmes utilisations jusqu'en 1995, il était difficile de les différencier. L'évaluation au trichloroéthylène inclut donc une exposition possible au 1,1,1-trichloroéthane jusqu'en 1995.

Une matrice globale regroupe les cinq matrices établies pour les cinq solvants chlorés ainsi qu'une matrice évaluant l'exposition à au moins l'un d'entre eux.

Nomenclatures des professions et des secteurs d'activité

Pour chaque matrice, trois versions ont été élaborées :

- CIP 1968 croisée avec la NAF 2000 ;
- CIP 1968 croisée avec la CITI 1975 ;
- PCS 1994 croisée avec la NAF 2000¹.

Périodes prises en compte

Les évaluations ont été faites pour différentes périodes, définies pour chaque solvant chloré en fonction de l'évolution des réglementations et des techniques de travail. D'une manière générale, les périodes suivantes ont été retenues :

- 1950-1969 (évolution technique) ;
- 1970-1984 (évolution technique) ;
- 1985-1994 (évolution technique + législations environnementales et professionnelles) ;
- 1995-2007.

Trois indices permettent d'évaluer l'exposition respiratoire et cutanée aux cinq solvants chlorés

- **Probabilité** : elle représente la proportion de travailleurs estimés comme étant exposés au produit dans l'emploi concerné. Elle est évaluée de 10 % en 10 % : une probabilité notée 10 correspond à une probabilité comprise entre 1 et 10 %, notée 20 entre 11 et 20 % et ainsi de suite.
- **Intensité d'exposition** : elle évalue la concentration à laquelle est soumis l'opérateur au moment de l'exposition. Une recherche préalable de la métrologie disponible a permis d'établir des classes d'intensité d'exposition pour certains postes de travail. Un niveau minimum d'exposition a également été défini.
Lorsque les données étaient suffisantes, il a été possible de définir ces classes quantitativement. C'est le cas pour le trichloroéthylène, le perchloroéthylène et le chlorure de méthylène.

Classes d'intensité retenues pour le trichloroéthylène, le perchloroéthylène et le chlorure de méthylène :

- ① entre 5 et 25 ppm ;
- ② entre 26 et 50 ppm ;
- ③ entre 51 et 100 ppm ;
- ④ supérieure à 100 ppm.

En revanche, pour le tétrachlorure de carbone et le chloroforme, le peu de données métrologiques n'a permis de définir que

des catégories d'intensité d'exposition semi-quantitatives (très faible, faible, moyenne, forte), en comparant les tâches exposantes des différents emplois à des tâches typiques.

Exemples de postes de travail correspondant aux classes d'intensité retenues pour le tétrachlorure de carbone :

- ① exposition très faible : agents de maîtrise en synthèse de produits chimiques organiques de base, 1970-1994 ;
- ② exposition faible : biologistes, 1970-1994 ;
- ③ exposition moyenne : biologistes, 1950-1969 ;
- ④ exposition forte : chimistes en fabrication d'huiles essentielles, 1950-1969.

Exemples de postes de travail correspondant aux classes d'intensité retenues pour le chloroforme :

- ① exposition très faible : chimistes dans l'industrie pharmaceutique, 1995-2007 ;
- ② exposition faible : chimistes dans l'industrie pharmaceutique, 1970-1994 ;
- ③ exposition moyenne : chimistes dans l'industrie pharmaceutique, 1950-1969 ;
- ④ exposition forte : chimistes dans la fabrication d'huiles essentielles, 1950-1969.

- **Fréquence d'exposition** : elle correspond à la proportion du temps de travail pendant laquelle l'exposition peut exister et est évaluée de 10 % en 10 % : une fréquence notée 10 correspond à une tâche effectuée entre 1 et 10 % du temps de travail, en se basant sur des journées de huit heures, notée 20 entre 11 et 20 %, et ainsi de suite.

Deux indices permettent d'évaluer l'exposition à au moins un des cinq solvants chlorés

- **Probabilité** : elle est évaluée à partir des probabilités estimées pour chacun des solvants en se basant sur la même échelle.
- **Niveau moyen sur une journée de travail** : il est évalué en quatre catégories (très faible, faible, moyen, fort) et correspond à une combinaison de l'intensité et de la fréquence, basée sur les évaluations faites pour chaque solvant.

DESCRIPTION DE L'EXPOSITION AUX SOLVANTS CHLORÉS DANS LA POPULATION EN FRANCE

Les prévalences d'exposition (proportions d'exposés) aux différents types de solvants chlorés ont été estimées à partir d'un échantillon d'environ 10 000 sujets, pour lesquels on dispose, pour chaque emploi exercé pendant la vie active, de la profession et de la branche d'activité. L'échantillon est représentatif de la population en France âgée de 25 à 74 ans en 2007, en termes de sexe, d'âge, de région et de catégorie socioprofessionnelle. L'application des matrices à cet échantillon permet d'estimer à la fois les proportions d'exposés en 2007 et les prévalences d'exposition sur la vie entière.

¹ CIP : Classification internationale type des professions ; NAF : Nomenclature d'activités française ; CITI : Classification internationale type par industrie ; PCS : Nomenclature (française) des professions et catégories socioprofessionnelles.

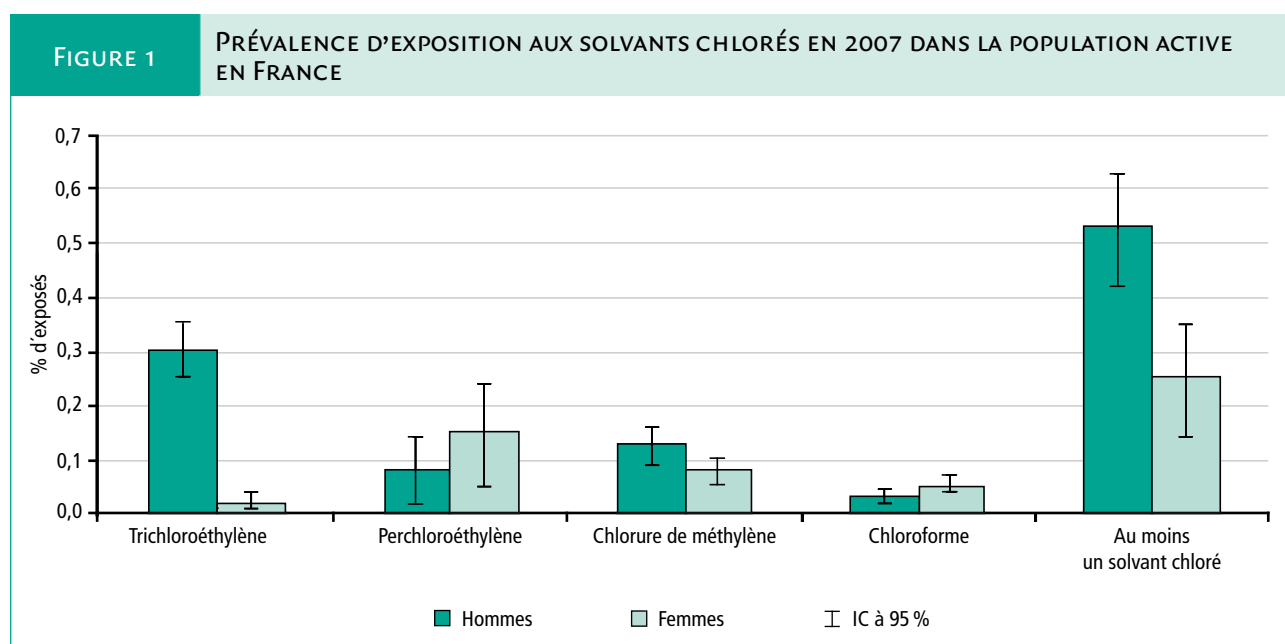
Les prévalences d'exposition ont été calculées en prenant en compte les probabilités d'exposition de chaque sujet. Elles peuvent être considérées comme fiables, même s'il ne s'agit pas de valeurs exactes. Les fluctuations d'échantillonnage sont prises en compte par la présentation de l'intervalle de confiance (IC), estimé par la méthode du bootstrap, mais il subsiste toutefois une imprécision difficile à estimer, liée à différentes approximations inhérentes à la nature même des matrices, aux divers calculs et à l'imprécision des nomenclatures utilisées.

Pour l'exposition à au moins un solvant chloré, le niveau d'exposition sur une journée de travail a été directement estimé dans la matrice. En revanche, pour les cinq solvants spécifiques, l'intensité et la fréquence d'exposition ont été évaluées séparément. Un niveau moyen d'exposition sur la journée de travail a donc été calculé ultérieurement pour chaque sujet.

Pour les produits évalués selon une échelle d'intensité quantitative (trichloroéthylène, perchloroéthylène et chlorure de méthylène), ce niveau moyen d'exposition a été calculé en multipliant l'intensité par la fréquence, et a été considéré comme faible lorsqu'il était inférieur à 25 ppm.

Pour les produits pour lesquels on ne dispose pas d'échelle quantitative (tétrachlorure de carbone et chloroforme), les expositions d'intensité très faible ou faible quelle que soit la fréquence, ou survenant pendant moins de 30 % du temps de travail quelle que soit l'intensité, ont été considérées comme des expositions de niveau faible.

En 2007, 0,53 % des hommes et 0,25 % des femmes de la population active étaient exposés à au moins un solvant chloré. La figure 1 présente les prévalences d'exposition aux différents types de solvants chlorés. Les expositions sont exclusivement des expositions de niveau faible. Chez les hommes, le solvant le plus utilisé est le trichloroéthylène (0,30 % d'exposés), alors que très peu de femmes sont exposées à ce solvant (0,02 %). Le perchloroéthylène est le solvant chloré auquel les femmes sont le plus exposées, avec une prévalence d'exposition (0,15 %) environ deux fois plus élevée que chez les hommes (0,08 %). L'exposition au chlorure de méthylène concerne 0,13 % des hommes et 0,08 % des femmes. L'exposition au chloroforme est rare chez les hommes (0,03 % d'exposés) comme chez les femmes (0,05 % d'exposées). Les expositions au tétrachlorure de carbone n'apparaissent pas dans la matrice en 2007, n'étant plus présentes qu'à titre dérogatoire après 1995.

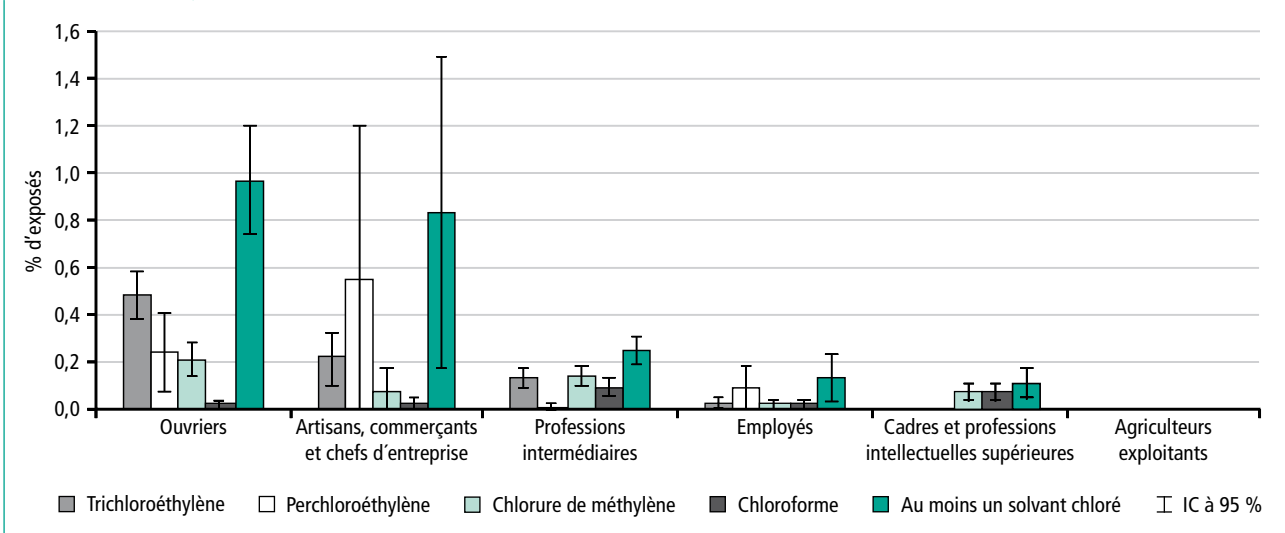


La figure 2 présente les prévalences d'exposition selon la catégorie socioprofessionnelle. Globalement, en 2007, les expositions aux solvants chlorés concernent principalement les ouvriers (0,97 % d'exposés) et les artisans (0,83 % d'exposés). Les ouvriers sont les plus exposés au trichloroéthylène et au chlorure de méthylène ; les artisans présentent la plus forte

prévalence d'exposition au perchloroéthylène. En revanche, les plus fortes proportions d'exposés au chloroforme sont observées chez les cadres et les professions intermédiaires. Aucun agriculteur n'est exposé aux solvants chlorés au delà du niveau minimum défini.

FIGURE 2

PRÉVALENCE D'EXPOSITION AUX SOLVANTS CHLORÉS EN 2007 SELON LA CATÉGORIE SOCIOPROFESSIONNELLE (PCS, NIVEAU AGRÉGÉ)



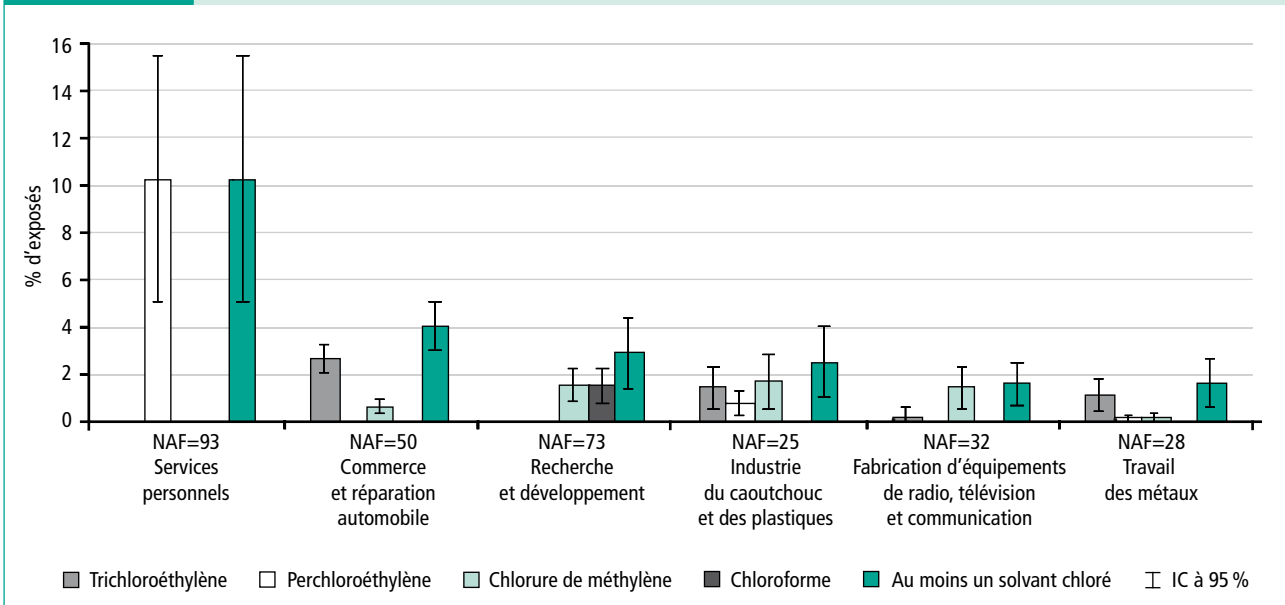
Les secteurs d'activité dans lesquels sont observées les plus fortes prévalences d'exposition aux solvants chlorés (plus de 1,5 % d'exposés à au moins un solvant) sont présentés dans la figure 3, avec les proportions d'exposés aux différents solvants. La plus forte proportion d'exposés, due en totalité à l'exposition au perchloroéthylène, est observée dans le secteur des services personnels (blanchisserie – teinturerie). Dans les secteurs du commerce et réparation automobile ainsi que du travail des métaux, le solvant le plus utilisé est le trichloroéthylène. Les travailleurs de l'industrie du caoutchouc et des matières plastiques sont exposés aux trois principaux solvants chlorés (trichloroéthylène, perchloroéthylène et chlorure de méthylène).

Les expositions dans la fabrication d'équipements de radio, télévision et communication sont majoritairement des expositions au chlorure de méthylène. Le chloroforme et le chlorure de méthylène sont les solvants les plus employés dans le secteur de la recherche et du développement.

En dehors des secteurs du travail des métaux ainsi que du commerce et réparation automobile, dans lesquels les expositions concernent essentiellement les hommes, les prévalences d'exposition dans les autres secteurs sont du même ordre de grandeur chez les hommes et chez les femmes (résultats non présentés).

FIGURE 3

PRÉVALENCE D'EXPOSITION AUX SOLVANTS CHLORÉS EN 2007 SELON LE SECTEUR D'ACTIVITÉ (NAF 2 CHIFFRES)



Les secteurs d'activité dans lesquels sont observées les prévalences d'exposition les plus élevées ne sont pas nécessairement ceux qui contribuent le plus à l'exposition globale en France (figure 4).

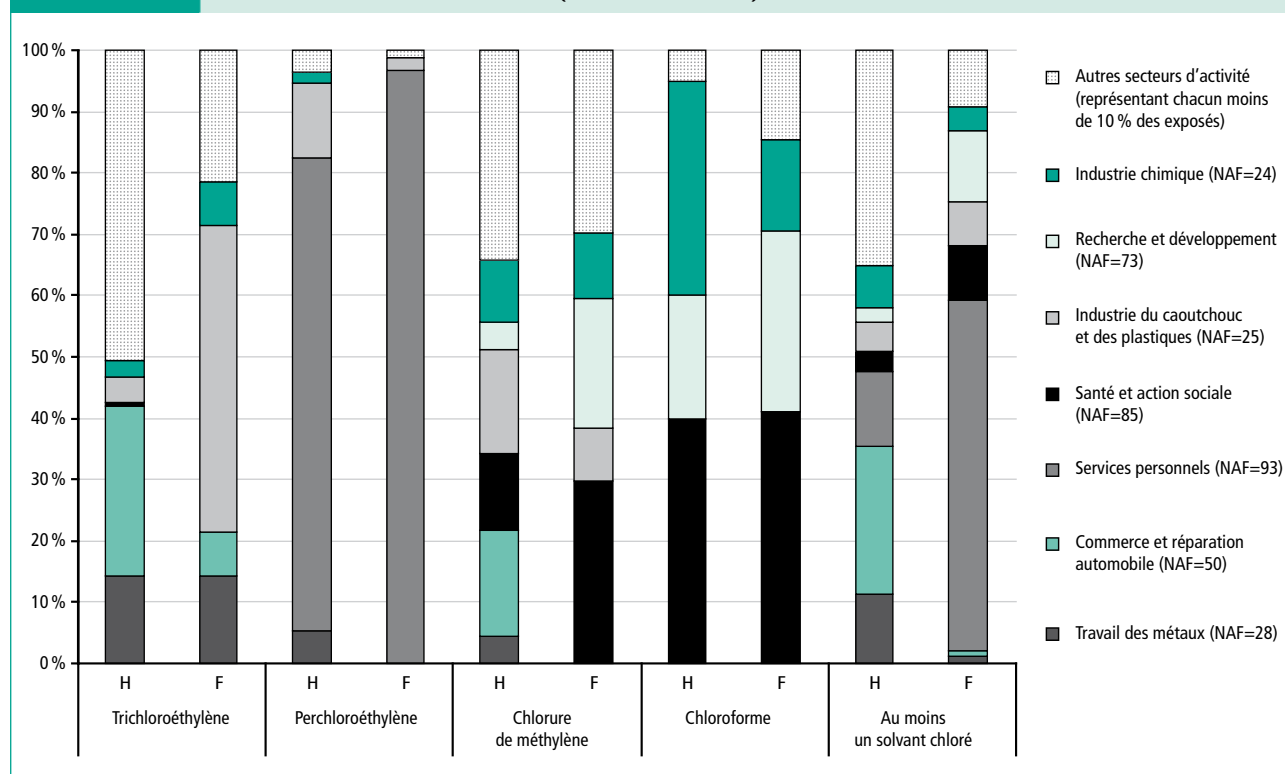
Chez les femmes, les expositions aux solvants chlorés en général proviennent majoritairement d'emplois dans les services personnels en raison de l'exposition prépondérante des femmes au perchloroéthylène dans les blanchisseries – teintureries. Chez les hommes, les secteurs d'activité concernés sont beaucoup plus variés.

Des différences nettes sont observées selon le type de solvant. Les expositions au trichloroéthylène sont principalement dues chez les hommes à des emplois dans les secteurs du commerce et

réparation automobile ainsi que dans celui du travail des métaux et chez les femmes à des emplois dans l'industrie du caoutchouc et des plastiques (transformation des matières plastiques). Les expositions au perchloroéthylène résultent très majoritairement chez les hommes comme chez les femmes d'emplois dans les services personnels (blanchisserie – teinturerie). Les expositions au chlorure de méthylène proviennent de secteurs plus diversifiés, surtout chez les hommes; 30 % des femmes exposées au chlorure de méthylène sont employées dans la santé et l'action sociale (activités hospitalières, laboratoires d'analyses médicales). C'est également dans ce secteur d'activité que sont employés environ 40 % des hommes et des femmes exposés au chloroforme.

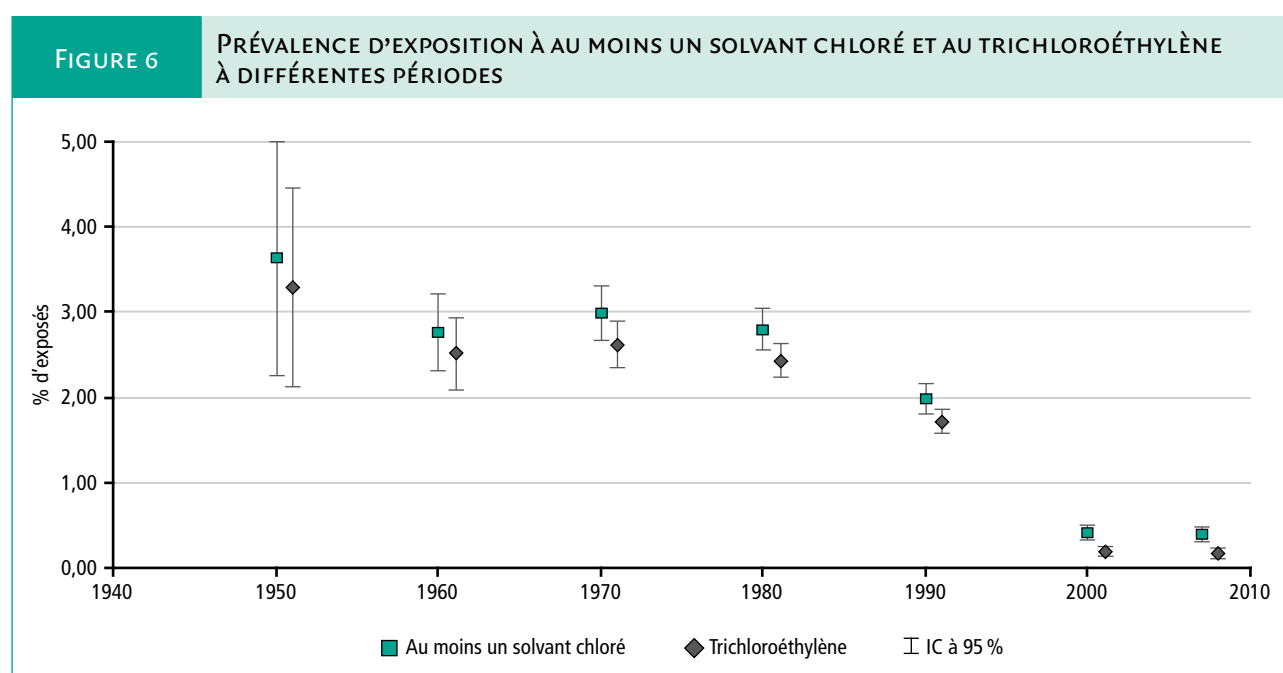
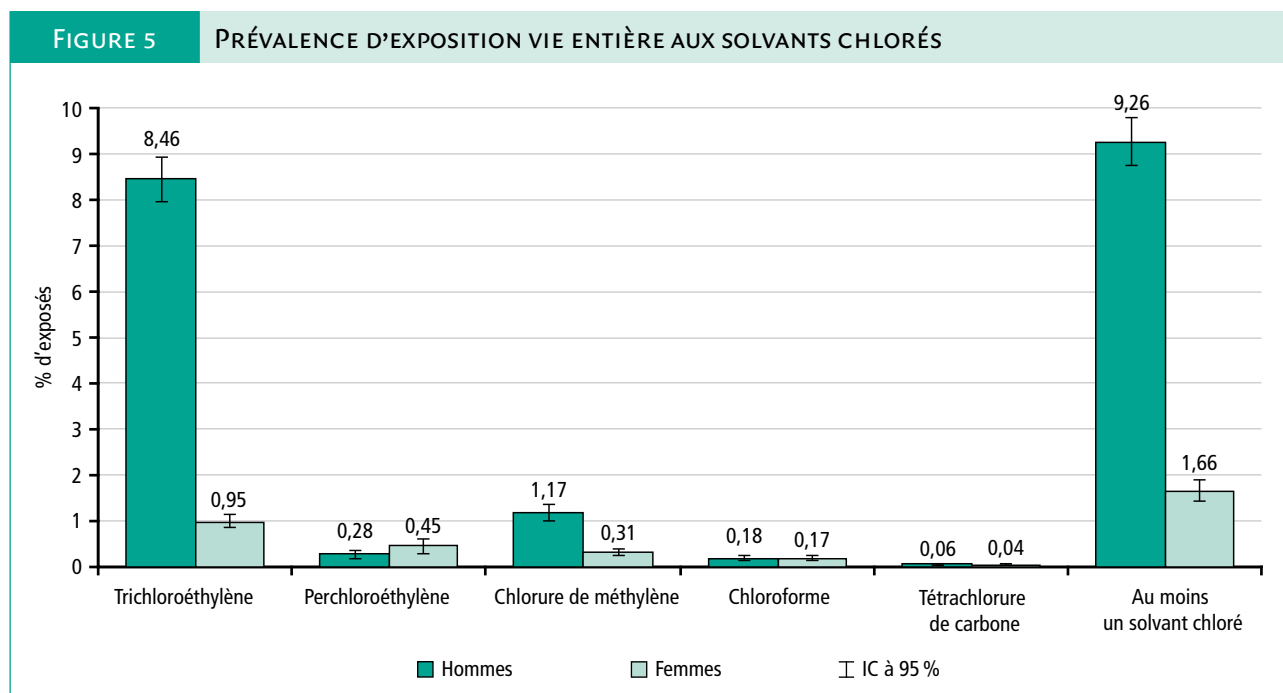
FIGURE 4

DISTRIBUTION DES HOMMES (H) ET DES FEMMES (F) EXPOSÉS AUX SOLVANTS CHLORÉS EN 2007 SELON LE SECTEUR D'ACTIVITÉ (NAF 2 CHIFFRES)



La figure 5 donne les prévalences d'exposition vie entière chez les hommes et les femmes pour les différents types de solvants. L'exposition la plus fréquente est l'exposition au trichloroéthylène.

Les différences notables entre les prévalences d'exposition vie entière aux solvants chlorés et celles en 2007 sont dues à la baisse importante de l'utilisation de ces solvants au début des années 1990 (figure 6).



Le tableau 2 donne de façon plus détaillée les proportions d'hommes (9,26 %) et de femmes (1,66 %) exposés à au moins un solvant chloré, en fonction du niveau d'exposition

le plus élevé atteint au cours de la vie professionnelle. Pour la majorité des exposés, ce dernier est très faible.

Niveau*	Hommes		Femmes	
	% d'exposés	IC à 95 %	% d'exposées	IC à 95 %
Très faible	6,24	5,82-6,66	0,87	0,74-1,03
Faible	2,87	2,51-3,24	0,55	0,40-0,68
Moyen	0,15	0,07-0,22	0,16	0,08-0,24
Fort	-	-	0,08	0,02-0,13

* Niveau moyen sur la journée de travail.

REMARQUES GÉNÉRALES

Cet ensemble de matrices emplois-expositions permet d'avoir une vision globale de l'exposition professionnelle à cinq solvants chlorés en France, de 1950 à 2007. De plus, la possibilité d'avoir été exposé à au moins l'un de ces cinq solvants a été évaluée. Les matrices sont présentées en trois versions de nomenclatures, mais c'est la version CITP 1968 x NAF 2000 qui assure l'évaluation la plus fine, les autres nomenclatures utilisées pour les activités et les professions étant moins détaillées.

La législation concernant les solvants chlorés, relative à leurs effets sur l'homme ou sur l'environnement, a freiné l'utilisation de ces produits dans les années 1990. C'est pourquoi la

proportion de personnes exposées à au moins un solvant chloré au cours de l'ensemble de leur vie professionnelle (9,26 % des hommes et 1,66 % des femmes) est nettement plus élevée que la proportion de personnes exposées en 2007 (0,53 % des hommes et 0,25 % des femmes). Dans tous les cas, les niveaux moyens d'exposition sont généralement très faibles.

L'exposition aux solvants chlorés se retrouve à la fois en milieu industriel, et concerne alors plutôt les hommes de catégorie ouvrière (dégraissage de pièces métalliques, etc.), en laboratoires (de chimie et de biologie) pour des techniciens hommes et femmes, et dans les blanchisseries – teintureries où sont concernés les employés, les artisans et les chefs de petites entreprises.

Sont consultables sur le site de l'Institut de veille sanitaire, dans le dossier thématique "Matrices emplois-expositions : le programme Matgéné" www.invs.sante.fr/surveillance/matgene/index.htm :

- la matrice emplois-expositions globale aux solvants chlorés (regroupant les six matrices décrites précédemment) en trois versions de nomenclatures (CITP 1968 x CITI 1975, PCS 1994 x NAF 2000 et CITP 1968 x NAF 2000), chaque version étant triée par activité et par profession ;
- le document technique correspondant ;
- le rapport "Le programme Matgéné : matrices emplois-expositions en population générale, état d'avancement septembre 2005", Institut de veille sanitaire, 2006.

Les fichiers informatiques pourront être mis à disposition sur demande ; contacter Brigitte Dananché ou Joëlle Févotte : brigitte.dananche@adm.univ-lyon1.fr ou joelle.fevotte@adm.univ-lyon1.fr.

Groupe de travail Matgéné (ordre alphabétique) : B. Dananché, L. Delabre, S. Ducamp, J. Févotte, L. Garras, M. Houot, D. Luce, C. Pilorget, G. Rabet.

Citation suggérée :

Groupe de travail Matgéné. Présentation de matrices emplois-expositions à cinq solvants chlorés. Quelques applications à un échantillon de population en France. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, mai 2009, 8 p. Disponible sur : www.invs.sante.fr