

Estimation de prévalences d'expositions professionnelles en France à des solvants oxygénés aliphatiques

Calcul à partir des matrices emplois-expositions du programme Matgéné

B. Dananché^{1,2}, M. Houot¹, D. Luce¹, D. Jezewski-Serra¹, L. Delabre¹, S. Ducamp³, L. Garras¹, M. El Yamani¹, C. Pilorget^{1,2}

1/ Département santé travail (DST), Institut de veille sanitaire (InVS), Saint-Maurice ; 2/ Université Claude Bernard Lyon 1, Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en transport, travail et environnement (Umrestte), Lyon ; 3/ Équipe associée en santé travail (Essat), université de Bordeaux, Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped), Centre Inserm U897 (Institut national de la santé et de la recherche médicale) – Épidémiologie-biostatistique, Bordeaux.

Le programme Matgéné

Le Département santé travail (DST) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) 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 OXYGÉNÉS ALIPHATIQUES ÉVALUÉS : DÉFINITIONS, UTILISATIONS

Les solvants oxygénés sont des hydrocarbures comportant un ou plusieurs atomes d'oxygène. Ils sont classés en plusieurs grandes familles, en fonction de leur structure chimique.

Solvants efficaces pour de nombreuses résines et présentant en général une faible toxicité, ils sont utilisés dans de très nombreuses formulations. Ils sont cependant, pour la plupart, facilement inflammables, créant des atmosphères explosives dangereuses et doivent donc être manipulés avec précaution en milieu industriel. La plupart font partie des composés organiques volatils (COV). Les solvants oxygénés sont concernés par la Directive européenne sur les émissions de solvants adoptée en 1999 ainsi que par des certifications ayant pour objectif de réduire les émissions de COV.

Les solvants oxygénés peuvent être des solvants aliphatiques (hydrocarbures à chaîne carbonée linéaire ou cyclique) ou des solvants aromatiques (hydrocarbures contenant au moins un cycle aromatique).

Les solvants oxygénés aromatiques n'ont pas été évalués dans ce travail, de même que les éthers de glycol correspondant à

un groupe particulier de solvants oxygénés dont les principaux sont dérivés de l'éthylène glycol ou du propylène glycol.

Deux groupes de solvants oxygénés (les alcools – les cétones et les esters) ainsi que trois solvants (l'éthylène glycol, l'éther diéthylique, le tétrahydrofurane) ont été retenus pour une évaluation de l'exposition professionnelle par matrice. Ces solvants comptabilisent un peu plus de 90 % des solvants oxygénés consommés en 2004 [1].

Les alcools

Ils sont caractérisés par la fonction hydroxyle (-OH), liée à un atome de carbone ; ils peuvent posséder un, deux ou trois groupements hydroxyles et sont appelés respectivement mono alcools, glycols et triols.

Le méthanol et l'éthylène glycol présentent une toxicité importante par ingestion. Les effets néfastes de l'absorption d'éthanol contenu dans les boissons alcoolisées ne sont pas pris en compte ici. Les autres alcools présentent une faible toxicité.

Dans cette étude, nous traitons séparément les mono alcools sous l'appellation « alcools » et l'éthylène glycol, qui présentent des caractéristiques et utilisations différentes.

D'une manière générale **les alcools** sont largement utilisés dans la chimie, comme matières premières ou intermédiaires de synthèse, milieux réactionnels ou agents d'extraction, ainsi que dans de nombreuses formulations, en particulier dans l'industrie pharmaceutique, l'industrie des cosmétiques et la parfumerie. De plus, certains alcools, présentant des propriétés désinfectantes, sont largement utilisés dans le milieu médical.

L'**éthylène glycol**, quant à lui, trouve ses principales utilisations dans la chimie et dans la formulation d'antigels.

Les cétones et esters

Les cétones sont caractérisées par la fonction carbonyle (C=O) rattachée à deux chaînes carbonées. Quant aux esters, c'est la fonction carboxyle (-CO-O-), rattachée elle aussi à deux chaînes carbonées, qui les caractérise.

Hormis quelques produits (méthylbutylcétone par exemple), ce sont des produits présentant une faible toxicité.

Ces deux familles de solvants, souvent présentes en mélange dans de nombreuses formulations, ont été étudiées dans une même matrice.

Elles sont utilisées dans la chimie comme intermédiaires de synthèse ou solvants d'extraction, ainsi que dans de nombreuses formulations, en particulier dans les industries des peintures, vernis, encres, adhésifs.

Les éthers

Les éthers, appelés aussi éthers-oxydes, résultent de la déshydratation de deux alcools pour former la liaison R-O-R' où R et R' sont des groupements carbonés aliphatiques.

Les deux éthers les plus utilisés sont le **tétrahydrofurane** et l'**éther diéthylique**.

Comme les autres solvants oxygénés, ils sont peu toxiques. L'éther diéthylique présente toutefois la spécificité d'être un anesthésique.

Ils sont utilisés comme solvants réactionnels ou d'extraction dans la chimie. L'éther diéthylique trouve d'autres applications dans l'industrie pharmaceutique et le tétrahydrofurane dans la formulation d'adhésifs.

LA RÉGLEMENTATION

Classements et valeurs limites d'exposition professionnelle (France) des solvants oxygénés les plus utilisés (classés par familles)

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP-8h et VLCT-15min) des solvants oxygénés les plus utilisés sont regroupées dans le tableau 1 [2].

Très peu sont concernés par les classements du Centre international de recherche sur le cancer (Circ) ainsi que par celui de l'union européenne sur leur caractère cancérigène, mutagène ou reprotoxique (tableau 2) [3-12].

Seul l'éthanol compris dans les boissons alcoolisées est classé cancérigène avéré pour l'homme par le Circ (groupe 1) mais il s'agit d'une exposition par ingestion non prise en compte dans cette évaluation.

La méthylisobutylcétone (MIBK) a été classée comme cancérigène possible pour l'homme (groupe 2B), alors que

TABLEAU 1

VLEP-8h et VLCT-15min en France des solvants oxygénés les plus utilisés (les valeurs en gras sont des valeurs limites réglementaires contraignantes)

Familles	Solvants oxygénés	VLEP-8h ppm	VLEP-8h mg/m ³	VLCT-15min ppm	VLCT-15min mg/m ³
Alcools	Éthanol	1 000	1 900	5 000	9 500
	n-butanol	-	-	50	150
	Isopropanol	-	-	400	980
Glycols	Éthylène glycol (vapeur)	20	52	40	104
Cétones	Acétone	500	1 210	1 000	2 420
	Méthyléthylcétone (MEK)	200	600	300	900
	Cyclohexanone	10	40,8	20	81,6
Esters	Acétate d'éthyle	400	1 400	-	-
	Acétate de n-butyle	150	710	200	940
	Acétate de n-propyle	200	840	-	-
Éthers	Tétrahydrofurane (THF)	50	150	100	300
	Éther diéthylique (oxyde de diéthyle)	100	308	200	616

l'éther diéthylique, l'isopropanol et la cyclohexanone n'ont pas pu être classés quant à leur cancérogénicité (groupe 3).

L'union européenne a classé l'isophorone comme cancérogène de catégorie 2 (substance suspectée d'être cancérogène pour

l'homme) et la méthylbutylcétone (MBK) comme reprotoxique de catégorie 2 (substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine).

TABLEAU 2 I

Classements des solvants oxygénés quant à leur caractère cancérogène, mutagène ou reprotoxique (CMR)

Solvants oxygénés classés	Caractère cancérogène Classement du Circ	Caractère cancérogène, mutagène, reprotoxique (CMR) Classement européen
Alcools		
Éthanol	1* (cancérogène avéré)	-
Isopropanol	3 (substance inclassable)	-
Cétones		
Méthylisobutylcétone (MIBK)	2B (cancérogène possible)	-
Méthylbutylcétone (MBK)	-	R2 (reprotoxique suspecté)
Cyclohexanone	3 (substance inclassable)	-
Isophorone (3,5,5 triméthylcyclohex-2-èneone)	-	C2 (cancérogène suspecté)
Éthers		
Éther diéthylique	3** (substance inclassable)	-

* Groupe 1 pour l'éthanol présent dans les boissons alcoolisées.

** Classement évalué pour l'ensemble des anesthésiques volatils.

Tableaux des maladies professionnelles

Les solvants oxygénés les plus couramment utilisés apparaissent dans les tableaux RG 84 (régime général) et RA 48 (régime agricole) des maladies professionnelles relatifs aux « Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel... ».

STRUCTURE DES MATRICES EMPLOIS-EXPOSITIONS

Cinq matrices emplois-expositions évaluent l'exposition professionnelle respiratoire et cutanée aux solvants oxygénés suivants :

- les alcools (sauf glycol, éthers de glycol et leurs acétates) ;
- l'éthylène glycol ;
- les cétones et les esters ;
- l'éther diéthylique ;
- le tétrahydrofurane.

En plus de chacune de ces matrices évaluant l'exposition à un solvant ou à une famille de solvants, une matrice globale donne une évaluation de l'exposition professionnelle à au moins un de ces solvants.

Nomenclatures des professions et des secteurs d'activité

Pour chaque matrice, deux versions ont été élaborées, selon les nomenclatures d'emplois utilisées pour exprimer les professions et les secteurs d'activité :

- professions codées selon la nomenclature internationale CIP 1968 [13] croisées avec les secteurs d'activité codés selon la nomenclature des activités française (NAF) 2000 [14] ;
- professions codées selon la nomenclature française des Professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) 1994 [15] croisées avec les secteurs d'activité codés selon la NAF 2000.

Périodes prises en compte

Les matrices tiennent compte des expositions aux solvants oxygénés de 1950 à 2012. Cette durée d'une soixantaine d'années a été divisée en deux périodes d'environ trente ans :

- 1950-1979 ;
- 1980-2012.

La coupure dans les années 1980 correspond à l'évolution des technologies, et c'est à cette période que des améliorations notables dans la mise en place de systèmes de protection dans le milieu industriel ont eu lieu.

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

- **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 % [1-10 %], notée 20 entre 10 et 20 % [10-20 %], et ainsi de suite.
- **Intensité d'exposition** : elle évalue la concentration à laquelle est soumis le travailleur 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 pour les deux familles de solvants (alcools et cétones-esters).

Compte tenu que, d'une part, l'évaluation est faite pour des familles intégrant des solvants différents, et d'autre part, les données métrologiques étaient insuffisantes pour les solvants évalués séparément, il n'a pas été possible de définir des classes d'intensité de manière quantitative. Des classes d'intensité d'exposition semi-quantitatives (très faible, faible, moyenne, forte) ont donc été utilisées en comparant les tâches exposantes des différents emplois à des tâches typiques. Les classes semi-quantitatives d'exposition sont données ci-après.

- Classes d'intensité d'exposition pour les familles « alcools » et « cétones et esters » :

- 1 : exposition très faible
- 2 : exposition faible
- 3 : exposition moyenne
- 4 : exposition forte

- Classes d'intensité d'exposition pour les solvants éthylène glycol, éther diéthylique et tétrahydrofurane :

- 1 : exposition faible
- 2 : exposition moyenne
- 3 : exposition forte

- **Fréquence d'exposition** : elle correspond à la proportion du temps de travail, en se basant sur des journées de 8 heures, pendant laquelle le travailleur est potentiellement exposé à un des solvants. Elle est évaluée de 10 % en 10 % : une fréquence notée 10 correspond à une tâche effectuée entre 1 et 10 % [1-10 %] du temps de travail, notée 20 entre 10 et 20 % [10-20 %], et ainsi de suite.

Deux indices permettent d'évaluer l'exposition à au moins l'un de ces solvants oxygénés

- **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 famille ou solvant évalués séparément.

Remarque : il est à noter que pour certains emplois une évaluation a été réalisée pour l'exposition à au moins un solvant, alors qu'elle n'avait pas été possible pour chacune des cinq catégories car l'exposition était évaluée en dessous des minimums définis pour chacune des nuisances.

Pour plus d'informations sur les expositions professionnelles liées à ces solvants, vous pouvez consulter le guide technique rédigé lors de l'élaboration de ces matrices, disponible sur le portail Exp-pro (www.expro.fr).

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

Les prévalences d'exposition professionnelle (proportions d'exposés) aux différents types de solvants oxygénés évalués (cf. définition des solvants considérés, page 1) 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 de la matrice à cet échantillon permet d'estimer les proportions de personnes exposées en considérant d'une part leurs expositions en 2007 et d'autre part leurs expositions sur l'ensemble de leur carrière professionnelle.

Les prévalences d'exposition ont été calculées en prenant en compte les probabilités d'exposition de chaque sujet. Les intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %) ont été estimés par la méthode du bootstrap. Pour l'exposition à au moins un solvant oxygéné, le niveau d'exposition sur une journée de travail est directement estimé dans la matrice. En revanche, pour les cinq solvants ou familles spécifiques, l'intensité et la fréquence d'exposition sont évaluées séparément. Les expositions d'intensité très faible ou faible quelle que soit la fréquence, ou survenant pendant au plus 20 % du temps de travail quelle que soit l'intensité, ont été considérées comme des expositions de niveau faible. Tous les résultats sont présentés séparément chez les hommes et chez les femmes, les prévalences d'exposition et les types de solvants utilisés étant très différents.

En 2007, 8,4 % des hommes et 16,2 % des femmes de la population active étaient exposés à au moins un solvant oxygéné, soit 12,1 % de l'ensemble de la population (tableau 3). La figure 1 présente les prévalences d'exposition aux différents types de solvants. Les expositions sont majoritairement des expositions de niveau faible. Les solvants les plus utilisés sont de loin les alcools, particulièrement chez les femmes. La quasi-totalité des femmes et plus de la moitié des hommes exposés aux solvants oxygénés évalués sont exposés aux alcools. Les expositions aux autres solvants sont moins fréquentes. L'éther diéthylique est, après les alcools, le solvant le plus fréquemment retrouvé chez les femmes (2,4 % des

femmes exposées), cette exposition étant beaucoup plus rare chez les hommes (0,5 %). La prévalence d'exposition professionnelle aux cétones-esters est du même ordre de grandeur chez les hommes et chez les femmes. Les expositions à l'éthylène glycol et au tétrahydrofurane (THF) concernent presque exclusivement

les hommes, avec des prévalences d'exposition respectivement de 1,7 % et 0,4 %. En raison d'un trop faible nombre d'exposées, les expositions à l'éthylène glycol chez les femmes (seulement 3 femmes exposées) et au THF n'ont pas été étudiées plus en détail par la suite.

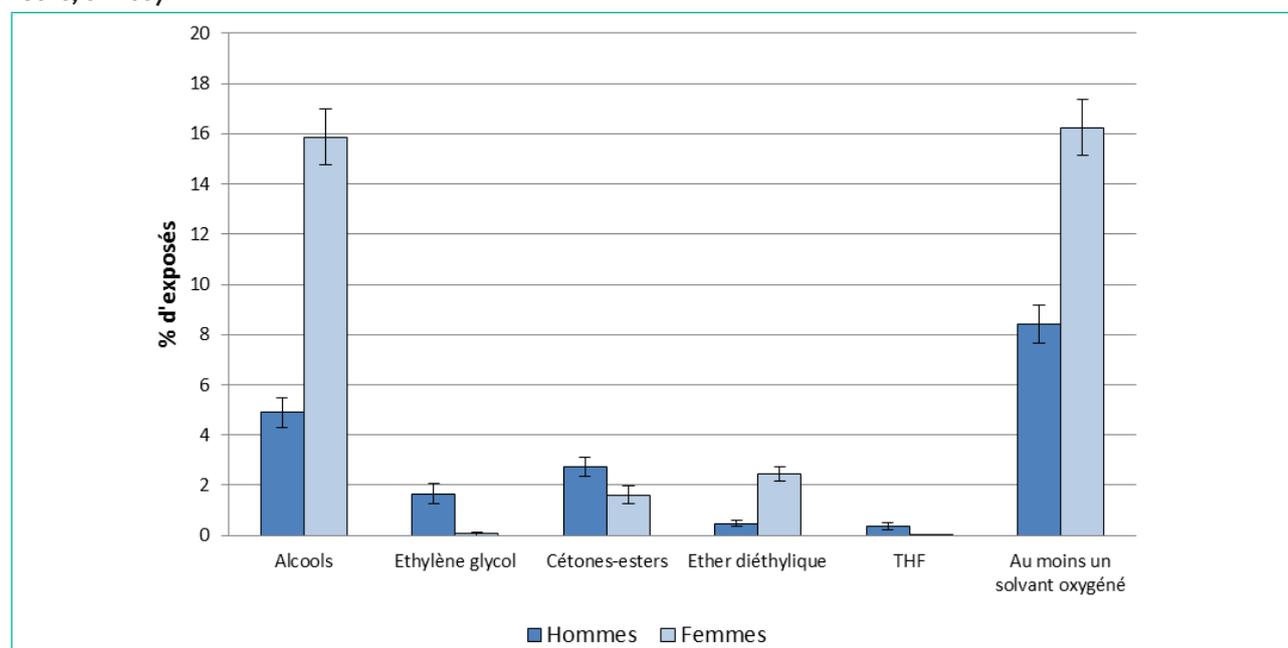
I TABLEAU 3 I

Prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés dans la population active en France, en 2007

Solvants	Prévalence hommes	Prévalence femmes	Prévalence ensemble
Alcools	4,9 % [4,3-5,5]	15,8 % [14,7-17,0]	10,1 % [9,5-10,7]
Ethylène glycol	1,7 % [1,2-2,1]	0,07 % [0,0-0,1]	0,9 % [0,7-1,1]
Cétones-esters	2,7 % [2,3-3,1]	1,6 % [1,2-2,0]	2,2 % [1,9-2,5]
Ether diéthylique	0,5 % [0,3-0,6]	2,4 % [2,1-2,7]	1,4 % [1,2-1,6]
THF	0,4 % [0,2-0,5]	0,01 % [0,0-0,02]	0,2 % [0,1-0,3]
Au moins 1 de ces solvants oxygénés	8,4 % [7,7-9,2]	16,2 % [15,1-17,4]	12,1 % [11,5-12,8]

I FIGURE 1 I

Prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés évalués dans la population active en France, selon le sexe, en 2007



La figure 2 présente les prévalences d'exposition professionnelle selon la catégorie socioprofessionnelle. Les prévalences d'exposition sont de façon générale plus élevées chez les femmes que chez les hommes dans toutes les catégories socioprofessionnelles, que ce soit pour l'ensemble des solvants oxygénés ou pour les solvants spécifiques (remarque : les échelles utilisées pour les graphiques des hommes et des femmes sont différentes). Les seules exceptions sont les expositions aux cétones-esters, plus fréquentes chez les ouvriers que chez les ouvrières. Chez les hommes, les prévalences

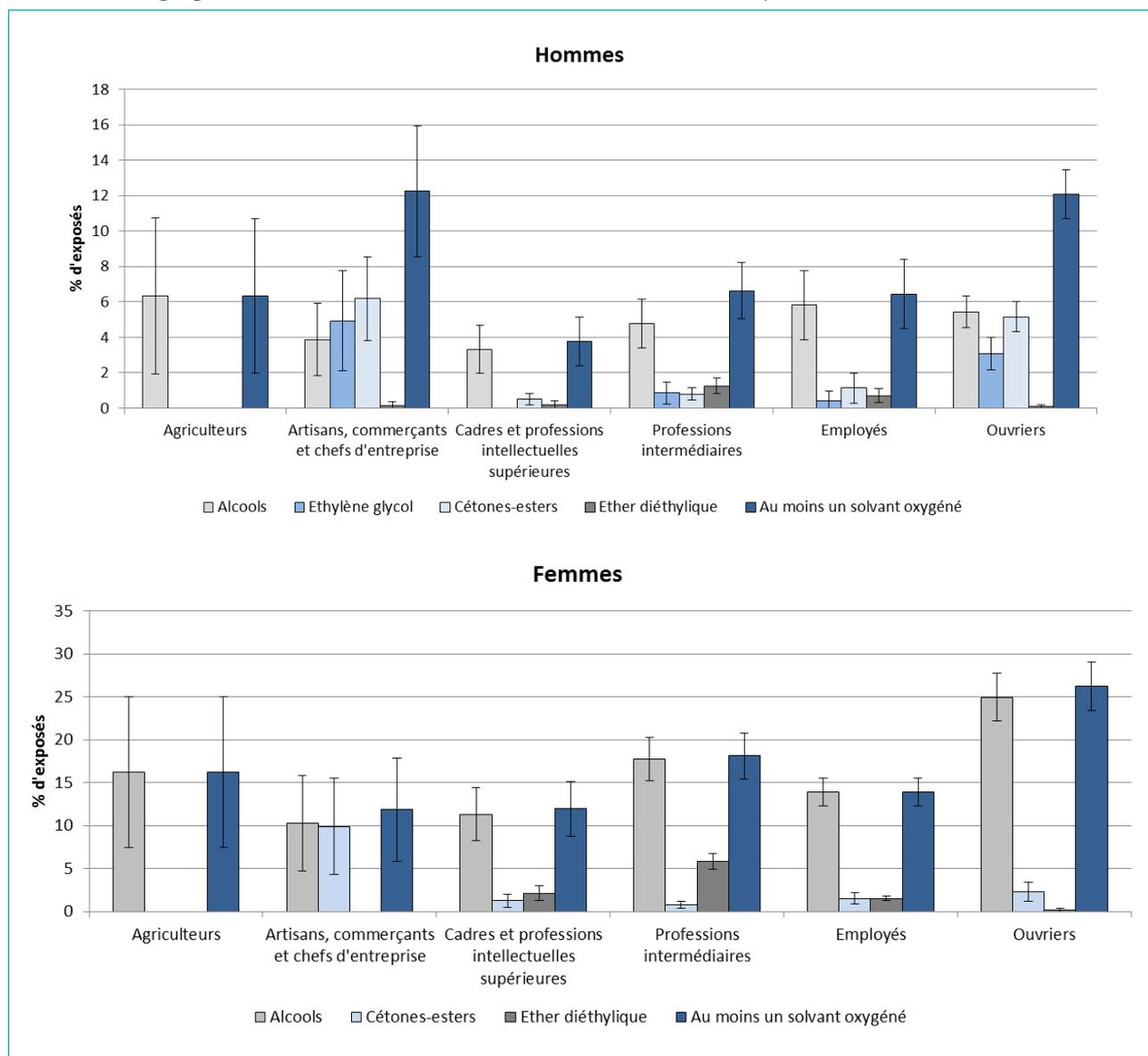
d'exposition aux solvants oxygénés évalués les plus élevées sont observées chez les ouvriers et les artisans. Ce sont également ces catégories qui présentent les plus fortes prévalences d'exposition aux cétones-esters et à l'éthylène glycol. L'exposition aux alcools se retrouve dans toutes les catégories, et ce sont les seuls solvants oxygénés auxquels sont exposés les agriculteurs. Les plus fortes proportions d'exposés à l'éther diéthylique sont observées chez les employés et les professions intermédiaires.

Chez les femmes, dans toutes les catégories socioprofessionnelles, des prévalences d'exposition supérieures à 10 % sont observées pour l'exposition aux alcools qui sont les solvants oxygénés les plus fréquemment rencontrés. Ce sont les ouvrières qui sont les plus exposées (plus d'un quart d'entre elles sont exposées aux solvants oxygénés, principalement aux alcools). Les professions intermédiaires présentent également une

prévalence d'exposition élevée. L'exposition à l'éther diéthylique est plus fréquemment retrouvée dans cette catégorie ; on la retrouve également chez les cadres et les employées. En dehors d'une prévalence d'exposition aux cétones-esters de l'ordre de 10 % chez les artisanes, les expositions aux autres solvants sont rares.

I FIGURE 2 I

Prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés évalués selon la catégorie socioprofessionnelle (CSP, niveau agrégé de la PCS) chez les hommes et chez les femmes, en 2007



Notes :
 - les échelles utilisées pour les graphiques des hommes et des femmes sont différentes ;
 - les prévalences d'exposition à l'éthylène glycol ne sont pas données chez les femmes (très peu de femmes exposées).

La figure 3 présente, pour les hommes et pour les femmes, les secteurs d'activité présentant les plus fortes prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés évalués. Chez les hommes, la plus forte proportion d'exposés est observée dans le commerce et la réparation automobile, en raison principalement de l'exposition à l'éthylène glycol essentiellement présente dans ce secteur. Les secteurs de la santé, des services personnels et de l'industrie chimique présentent également des prévalences d'exposition élevées ;

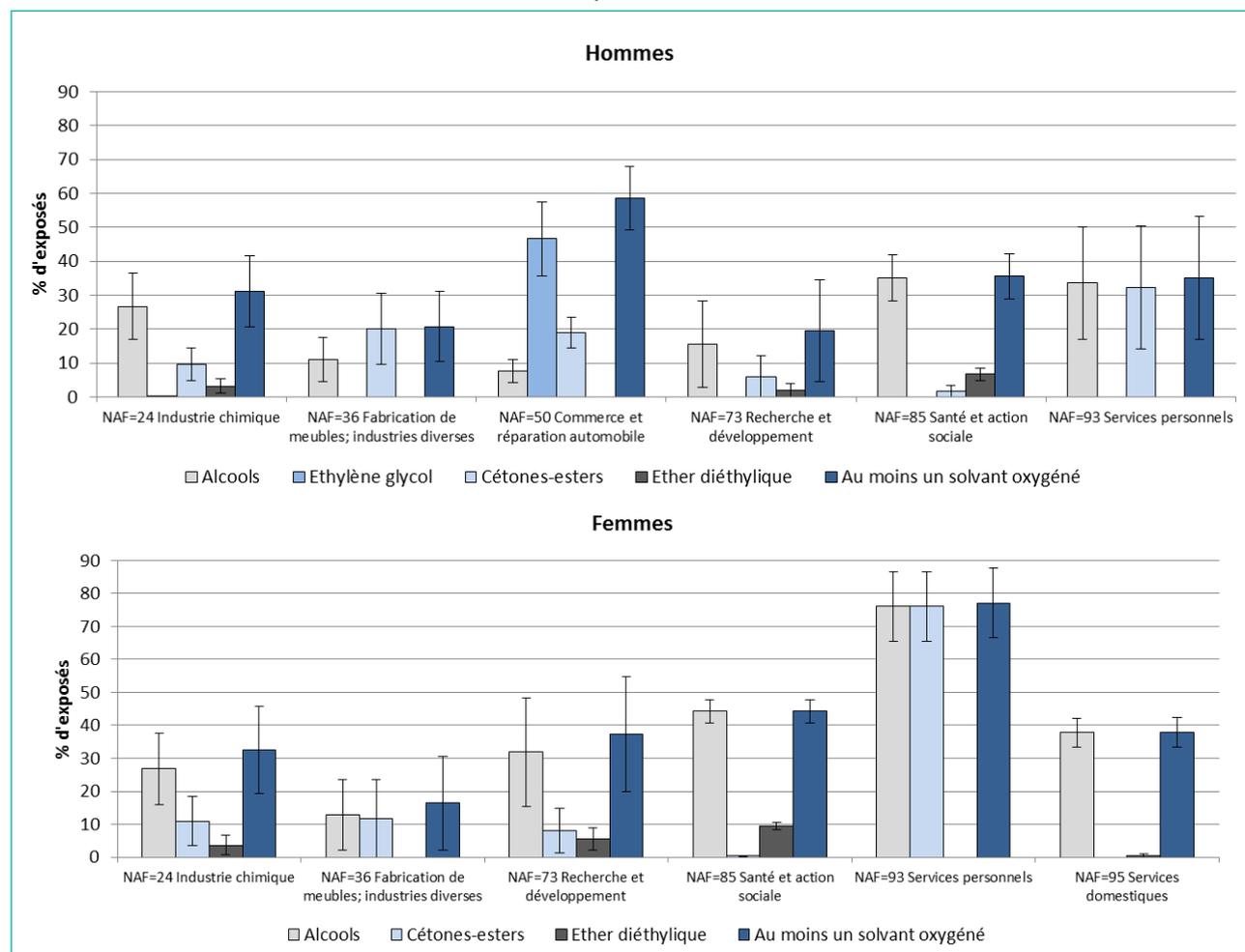
ce sont également les secteurs présentant les plus fortes prévalences d'exposition aux alcools. L'exposition aux cétones-esters se retrouve surtout dans les services personnels, la fabrication de meubles et le commerce et la réparation automobile. Chez les femmes, le secteur dans lequel on observe la plus forte proportion d'exposées est de loin celui des services personnels, avec plus des trois quarts des femmes exposées aux alcools et aux cétones-esters. Les autres secteurs présentant une prévalence d'exposition élevée sont la santé, la recherche,

les services domestiques, l'industrie chimique et la fabrication de meubles. Les alcools sont toujours l'exposition majoritaire, mais le secteur de la santé est également caractérisé par une proportion élevée de femmes exposées à l'éther diéthylique.

On observe également des prévalences d'exposition aux cétones-esters non négligeables dans l'industrie chimique, la fabrication de meubles et la recherche.

FIGURE 3 |

Prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés évalués selon le secteur d'activité (NAF à 2 chiffres) chez les hommes et chez les femmes, en 2007



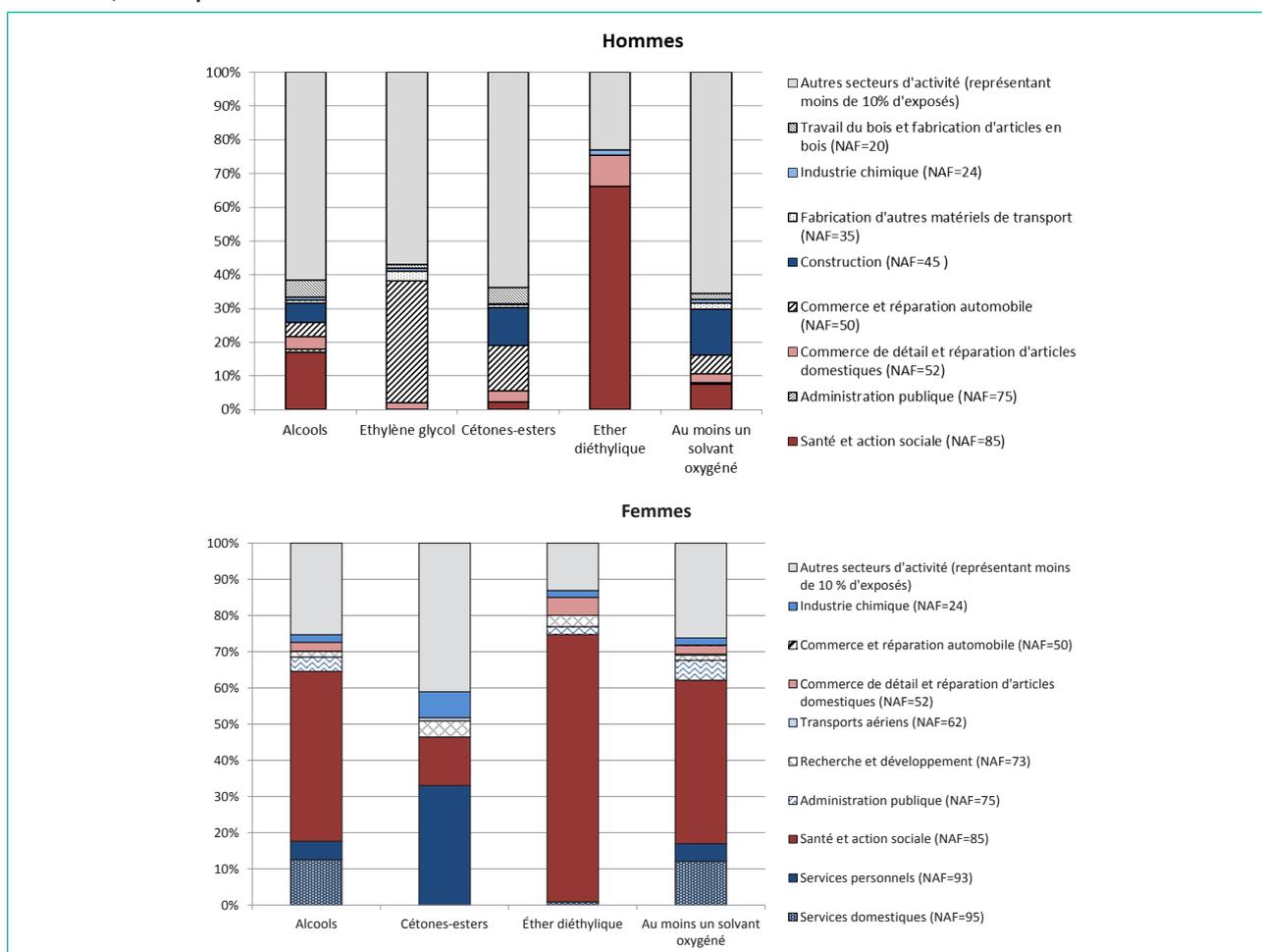
Note : les prévalences d'exposition à l'éthylène glycol ne sont pas données chez les femmes (très peu de femmes exposées).

La répartition des hommes et des femmes exposés en fonction du secteur d'activité est donnée dans la figure 4. Chez les hommes, bien que les secteurs d'activité concernés soient très variés, les expositions aux solvants oxygénés évalués proviennent majoritairement d'emplois dans le secteur de la construction, en raison d'expositions aux cétones-esters et aux alcools. Les secteurs d'activité qui contribuent le plus à l'exposition varient selon le type de solvant : les deux tiers des hommes exposés à l'éther diéthylique sont employés dans le secteur de la santé. C'est également dans ce secteur que sont employés la majorité des hommes exposés aux alcools. Chez les hommes, les expositions aux cétones-esters et surtout

à l'éthylène glycol résultent essentiellement d'emplois dans le commerce et la réparation automobile. Chez les femmes, les secteurs d'activité sont moins diversifiés que chez les hommes, avec une part prépondérante du secteur de la santé et de l'action sociale qui emploie environ la moitié des femmes exposées aux solvants oxygénés en général et aux alcools, et les trois quarts des femmes exposées à l'éther diéthylique. Les services domestiques contribuent également à l'exposition aux solvants oxygénés, uniquement par l'exposition aux alcools. Un tiers des femmes exposées aux cétones-esters sont employées dans le secteur des services personnels.

I FIGURE 4 I

Répartition des hommes et des femmes exposés aux solvants oxygénés évalués selon le secteur d'activité (NAF à 2 chiffres), en 2007



Au cours de leur vie professionnelle, 23 % des femmes et 19,3 % des hommes ont été exposés à un solvant oxygéné dans au moins un de leurs emplois, soit 21,2 % de la population exposée au cours de sa carrière (tableau 4). La figure 5 donne les prévalences d'exposition sur la carrière entière chez les hommes et les femmes pour les différents types de solvants. La prévalence d'exposition sur la vie professionnelle entière,

globalement plus élevée chez les femmes, s'explique par des prévalences d'exposition aux alcools et à l'éther diéthylique nettement plus élevées que chez les hommes. En revanche, les prévalences d'exposition professionnelle aux autres solvants chez les hommes sont supérieures à celles observées chez les femmes.

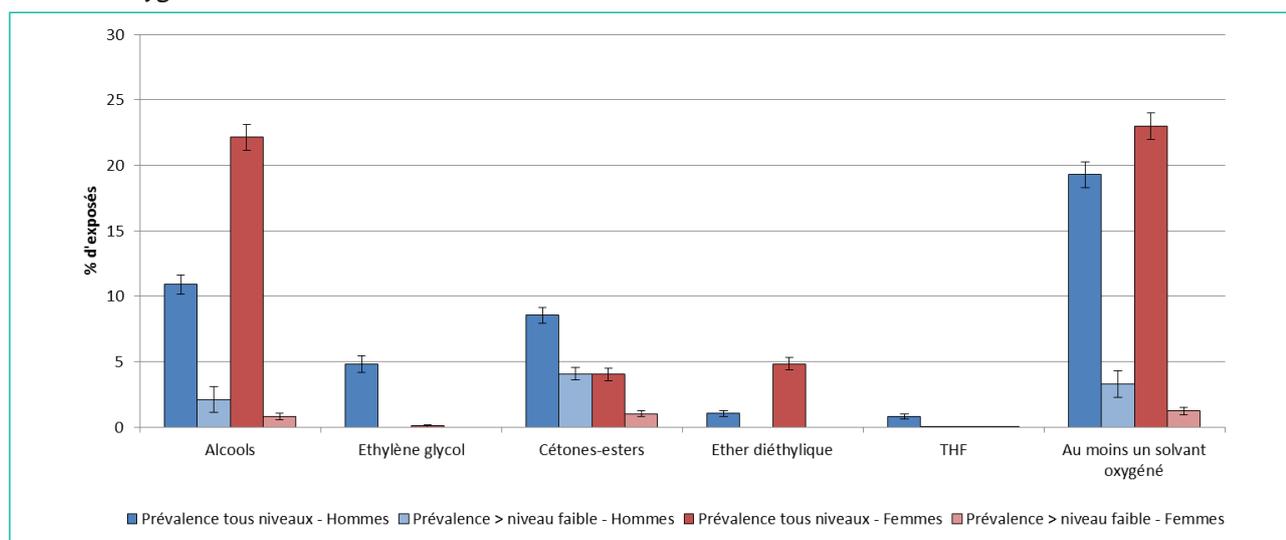
I TABLEAU 4 I

Prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés sur l'ensemble de la carrière dans la population active en France, en 2007

Solvants	Prévalence hommes	Prévalence femmes	Prévalence ensemble
Alcools	10,9 % [10,1-11,6]	22,1 % [21,2-23,1]	16,8 % [16,2-17,4]
Ethylène glycol	4,8 % [4,2-5,4]	0,08 % [0,01-0,15]	2,3 % [2,0-2,6]
Cétones-esters	8,5 % [7,9-9,2]	4,0 % [3,5-4,5]	6,2 % [5,8-6,5]
Ether diéthylique	1,1 % [0,8-1,3]	4,8 % [4,4-5,3]	3,0 % [2,8-3,3]
THF	0,8 % [0,6-1,0]	0,04 % [0,02-0,06]	0,4 % [0,3-0,5]
Au moins 1 de ces solvants oxygénés	19,3 % [18,3-20,2]	23,0 % [22,0-24,0]	21,2 % [20,5-22,0]

I FIGURE 5 I

Prévalences d'exposition sur la carrière entière chez les hommes et les femmes pour les différents types de solvants oxygénés



Les niveaux d'exposition sont cependant plus élevés chez les hommes que chez les femmes. En effet, si l'on se restreint aux expositions à un niveau substantiel (niveau maximum

atteint au cours de la vie active supérieur ou égal au niveau faible), les proportions d'exposés sont de 4,2 % chez les femmes et de 10,3 % chez les hommes (tableau 5).

I TABLEAU 5 I

Prévalences d'exposition sur la vie professionnelle entière à au moins un solvant oxygéné selon le niveau d'exposition maximum atteint au cours de la vie professionnelle

Niveau	Hommes		Femmes	
	Prévalence d'exposition (% d'exposés)	Intervalle de confiance de 95 %	Prévalence d'exposition (% d'exposées)	Intervalle de confiance de 95 %
Très faible	8,9	8,3-9,6	18,8	17,8-19,7
Faible	7,0	6,4-7,7	3,0	2,6-3,4
Moyen	2,3	1,9-2,7	0,9	0,7-1,2
Fort	1,0	0,7-1,3	0,3	0,2-0,4

REMARQUES GÉNÉRALES

Ce travail fournit des estimations de prévalences d'expositions professionnelles à certains solvants oxygénés aliphatiques, à l'exclusion des éthers de glycol, pour l'ensemble des emplois occupés en France (quel que soit le secteur d'activité et le statut du travailleur). La toxicité de certains de ces éthers de glycol a certes été démontrée [16], cependant ils ne représentaient que 8 % des solvants oxygénés employés en France en 2004 [1]. Par ailleurs, une matrice emplois-expositions spécifique des éthers de glycol a précédemment été réalisée par l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) [17].

L'échantillon utilisé est constitué d'un panel de 10 000 sujets représentant plus de 50 000 emplois. Il a été constitué pour être représentatif de la population en France en 2007 en termes de sexe, d'âge et de catégories socioprofessionnelles, mais il peut être limité pour l'analyse des prévalences d'exposition professionnelles chez des groupes professionnels peu représentés en France (par exemple pour les femmes artisanes ou les agricultrices).

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 à 95 % estimé par la méthode du bootstrap. Cependant 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 d'emploi utilisées.

L'exposition professionnelle aux solvants oxygénés concerne majoritairement les femmes, ce qui diffère des précédentes estimations de prévalences d'exposition pour les solvants pétroliers ou les solvants chlorés (hormis le perchloroéthylène) qui étaient des expositions presque exclusivement « masculines » [18;19]. Cette particularité est liée aux utilisations de certains de ces solvants qui sont moins spécifiques d'emplois industriels que les autres catégories de solvants et qui sont de fait plus fréquemment retrouvés dans les emplois féminins.

L'enquête Sumer conduite régulièrement par la direction générale du travail permet de documenter l'exposition des salariés (du secteur privé et de la fonction publique) sur leur dernière semaine travaillée, à de nombreuses substances ou familles de nuisance. La dernière enquête réalisée en 2009

permet une comparaison des prévalences d'exposition sur certains de ces solvants [20], dans les limites de la définition des catégories de solvants et de la population d'étude (tableau 6). Les prévalences estimées dans le cadre du programme Matgéné sont globalement supérieures aux prévalences issues de l'enquête Sumer, pour les solvants oxygénés comparés.

Ces différences de prévalence peuvent s'expliquer par les écarts de population couvertes dans les deux études, par les différences de définition des catégories de solvants et par les différences d'emplois retrouvés dans chacune des populations de ces études.

Ainsi, la population prise en compte dans le programme Matgéné concerne l'ensemble des travailleurs, quel que soit leur statut (salarié ou indépendant) et quel que soit leur employeur (privé ou public). Sumer concerne la population des salariés et l'enquête de 2009 couvre 92 % de ces travailleurs (sont exclus les enseignants de l'éducation nationale et les agents des ministères sociaux et de la justice) [20]. Cette différence d'estimation est liée à l'exposition aux alcools, puisque les expositions aux cétones et au THF sont très comparables entre les deux études. Pour les cétones, l'évaluation dans le cadre de Matgéné concerne également les esters, compte

TABLEAU 6 I

Comparaison des prévalences d'exposition professionnelle aux solvants oxygénés estimées dans l'enquête Sumer et dans le programme Matgéné – Ensemble de la population

Familles de solvants oxygénés	Définition des solvants dans les deux études	Prévalence d'exposition en 2007 du programme Matgéné	Prévalence d'exposition en 2009 dans l'enquête Sumer
Alcools	Matgéné : l'évaluation ne concerne pas l'éthylène glycol évalué à part Sumer : 3 évaluations distinctes pour méthanol, éthanol et autres alcools (pour la comparaison, les évaluations ont été regroupées)	Échantillon représentatif des travailleurs en France en 2007 10,1 [9,5-10,8]	Enquête auprès de salariés 4,5
Cétones	Matgéné : l'évaluation est faite pour les cétones et les esters Sumer : l'évaluation concerne les cétones uniquement	2,2 [1,9-2,5]	2,5
THF	Même définition dans les 2 études	0,2 [0,1-0,3]	0,3
Au moins un de ces solvants oxygénés	Matgéné : l'évaluation concerne les alcools, les cétones et esters et le THF Sumer : l'évaluation concerne les alcools, les cétones et le THF	12,1 [11,5-12,8]	9,0

tenu que ces deux catégories de solvants sont très souvent mis en œuvre ensemble dans les formulations. L'exposition aux alcools est retrouvée plus fréquemment dans la population suivie dans le cadre de Matgéné que dans celle de Sumer (10,1 % de la population de Matgéné et 4,5 % de la population Sumer). Hormis les statuts des travailleurs concernés dans les deux populations, cette différence peut également être liée aux protocoles d'évaluation utilisés pour les deux études : d'une part, les matrices Matgéné donnent une estimation moyennée de l'exposition sur une année alors que Sumer porte sur les expositions rencontrées lors de la dernière semaine travaillée et d'autre part, les estimations réalisées dans le cadre de Matgéné

intègrent l'ensemble des sources d'exposition à ces solvants, c'est-à-dire les expositions liées à l'utilisation d'un alcool mais également à l'utilisation d'une formulation contenant un alcool. D'ailleurs, dans le programme Matgéné, les secteurs d'activité pour lesquels on trouve les prévalences d'exposition aux alcools les plus élevées sont dans l'ordre décroissant, les services personnels (NAF 93), la santé et action sociale (NAF 85) et les services domestiques (NAF 95) (résultats non présentés). De ce fait, les évaluations aux alcools réalisées dans le cadre de Matgéné sont certainement plus sensibles que celles réalisées dans le cadre de Sumer et pourraient donc expliquer les différences observées pour cette exposition.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Triolet J. Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. Hygiène et sécurité du travail - Cahier de notes documentaires 2005;199:65-97.

[2] Courtois B, Cadous S. Valeurs limites d'expositions professionnelle aux agents chimiques en France. INRS; 2012 Jul. Report No.: ED 984.

[3] Cadou S. Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction; classification réglementaire. Paris: INRS; 2012 Apr. Report No.: ED 976.

[4] IARC monographs. Cadmium, nickel, some epoxides, miscellaneous industrial chemicals and general considerations on volatile anaesthetics. IARC monographs on the evaluations of carcinogenic risks to humans. 11. IARC. 1976.

[5] IARC monographs. Some fumigants, the herbicides 2,4-D and 2,4,5-T, chlorinated dibenzodioxins and miscellaneous industrial chemicals. IARC monographs on the evaluations of the carcinogenic risks to humans. 15. IARC. 1977.

[6] IARC monographs. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1-42. IARC monographs on the evaluations of the carcinogenic risks for humans. Supp 7. IARC. 1987.

[7] IARC monographs. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. 71. IARC. 1999.

[8] IARC monographs. Personal habits and indoor combustions. A review of human carcinogens. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 100 E. IARC. 2012.

[9] IARC monographs. Chemical agents and related occupations. A review of human carcinogens. 100F. IARC. 2012.

[10] IARC monographs. Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking-water. IARC monographs on the evaluations of the carcinogenic risks to humans. 101. IARC. 2013.

[11] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Alcohol Consumption and Ethyl Carbamate. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 96. IARC. 2010.

[12] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Personal Habits and Indoor Combustions. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2012.

[13] Bureau international du travail. Classification internationale type des professions CIP. 2nd ed. Genève: 1968.

[14] Insee. Nomenclature d'activités française, NAF. 2nd ed. Paris: 1999.

[15] Insee. Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles PCS. 2nd ed. 1994.

[16] Boust C. Les éthers de glycol. 2011. Report No.: ED 4222.

[17] Vincent R. Ethers de glycol. Matrice emplois-expositions. Cahier de notes documentaires 1996;(162):5-17.

[18] Groupe de travail Matgéné. Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers. Institut de veille sanitaire 2007.

[19] Groupe de travail Matgéné. Présentation de matrices emplois-expositions à cinq solvants chlorés. Quelques applications à un échantillon de population en France. Institut de veille sanitaire. 2009.

[20] Cavet M, Léonard M. Les expositions aux produits chimiques cancérigènes en 2010. Dares analyses. n° 54. 2013.

Remerciements

Nous remercions les personnes qui nous ont fourni des renseignements utiles à l'élaboration des matrices, en particulier :

- MM. Bodifée et Goursot du Syndicat national des fabricants de produits aromatiques (Prodarom) ;
- Mme I. Girod-Quilain et M.V. Ferrari du Syndicat national des industries aromatiques alimentaires (Sniaa) ;
- Mme M. Plaine-Mileur du Syndicat national des producteurs d'additifs et d'ingrédients de la chaîne alimentaire (SYNPA) ;
- les responsables techniques des sociétés Payan, Robertet-Charabot (fabrication d'huiles essentielles), Tiflex, Apcis, Kiian, Petrel (produits pour l'impression), Emfi, Forbo Helmitin, Bostik, Icabois (colles), PPG industries, Maestria, Sob, Zolpan, Tollens, Renaulac (peintures), Sodes (bioéthanol), Calpi Color (traitement de surface) ;
- Mme le docteur G. Lafon de l'Agemetra ;
- M. A. Becue, toxicologue industriel à Annecy Santé au travail.

Nous remercions également M. J.-B. Pelletan (DST-InVS) pour la relecture de ce document.

Mise à disposition des matrices emplois-expositions

Les matrices spécifiques de l'exposition professionnelle aux solvants oxygénés présentées dans ce document sont consultables (par emploi ou par solvant) sur le portail Exp-Pro à l'adresse www.expro.fr. Un document donnant des éléments techniques sur l'exposition professionnelle à ces solvants est également mis à disposition *via* ce portail, ainsi que la présente plaquette.

Les fichiers informatiques des matrices peuvent également être mis à disposition des équipes de recherche pour l'évaluation de l'exposition professionnelle dans leurs études (envoyer votre demande à dst-matgene@invs.sante.fr).

Mots clés : solvants oxygénés, expositions professionnelles, prévalences, matrices emplois-expositions, alcools, éthylène glycol, cétones, esters, éther diéthylique, tétrahydrofurane.

Citation suggérée :

Dananché B, Houot M, Luce D, Jezewski-Serra D, Delabre L, Ducamp S, *et al.* Estimation de prévalences d'expositions professionnelles en France à des solvants oxygénés aliphatiques. Calcul à partir des matrices emplois-expositions du programme Matgéné. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2015. 12 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>