

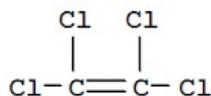
Tétrachloroéthylène

Fiche toxicologique n°29

Généralités

Edition _____ 2012

Formule :



Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
C ₂ Cl ₄	Nom	Tétrachloroéthylène
	Numéro CAS	127-18-4
	Numéro CE	204-825-9
	Numéro index	602-028-00-4
	Synonymes	Perchloroéthylène, Tétrachloroéthène

Etiquette



TÉTACHLOROÉTHYLÈNE

Attention

- H351 - Susceptible de provoquer le cancer
- H411 - Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
204-825-9

Selon l'annexe VI du règlement CLP

Caractéristiques

Utilisations

[1 à 3]

- Nettoyage à sec des vêtements ;
- Dégraissage et nettoyage de pièces métalliques ;
- Finissage des textiles ;
- Extraction des huiles et graisses ;

- Intermédiaire de synthèse.

Propriétés physiques

[1 à 5]

Le tétrachloroéthylène est un liquide incolore, volatil, d'odeur caractéristique rappelant celle du trichlorométhane. Il est pratiquement insoluble dans l'eau (0,015 g dans 100 g d'eau à 25 °C), mais miscible dans la plupart des solvants organiques. En outre, le tétrachloroéthylène dissout un grand nombre de substances telles que graisses, huiles, résines...

Nom Substance	Détails	
Tétrachloroéthylène	Formule	C₂Cl₄
	N° CAS	127-18-4
	Etat Physique	Liquide
	Masse molaire	165,85
	Point de fusion	-22,7 °C à -22 °C
	Point d'ébullition	121,2 °C
	Densité	1,623
	Densité gaz / vapeur	5,8
	Pression de vapeur	1,9 kPa à 20 °C ; 5,46 kPa à 40 °C ; 30,13 kPa à 80 °C ; 58,46 kPa à 100 °C
	Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	2,53

À 25 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 6,78 mg/m³.

Propriétés chimiques

[2, 4, 6 à 10]

Le tétrachloroéthylène commercial est stabilisé par addition d'antioxydants qui préviennent sa dégradation en présence d'air, d'humidité et de lumière jusqu'à environ 140 °C.

Toutefois, non stabilisé et en présence d'humidité, il s'hydrolyse lentement pour former de l'acide trichloroacétique et de l'acide chlorhydrique pouvant entraîner une corrosion des surfaces métalliques.

La décomposition thermique du solvant en présence d'oxygène peut donner naissance à du chlore, du monoxyde et du dioxyde de carbone, du dichlorure de carbone, du tétrachlorométhane, de l'hexachloroéthane et de l'hexachlorobutadiène ; elle est presque totale vers 850 °C.

Sous l'action de radiations ultraviolettes intenses, l'oxydation de vapeurs de tétrachloroéthylène produit également du chlorure de trichloroacétyle.

Le tétrachloroéthylène peut réagir violemment avec les métaux alcalins ou alcalino-terreux et avec les produits fortement alcalins comme la soude et la potasse. Il peut également réagir violemment avec l'aluminium.

Réipients de stockage

[2, 4, 6]

Le tétrachloroéthylène peut être stocké dans des récipients en acier galvanisé ou en acier doux équipés de dessécheur d'air. L'utilisation de l'aluminium est déconseillée.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaires **contraignantes** dans l'air des lieux de travail ont été établies en France pour le tétrachloroéthylène (article R. 4412-149 du Code du travail).

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m ³)
Tétrachloroéthylène	France (VLEP réglementaires contraignantes - 2012)	20	138	40	275
Tétrachloroéthylène	États-Unis (ACGIH)	25	170	100	685

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

Prélèvement par pompage de l'atmosphère au travers d'un tube rempli de charbon actif ou prélèvement passif par diffusion sur un badge rempli de charbon actif. Désorption au sulfure de carbone. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [32 à 35].

L'utilisation d'un appareil à réponse instantanée équipé d'un tube réactif colorimétrique, par exemple DRAEGER (Perchloroéthylène 0.1/a, 2/a, 10/b), GASTEC (n° 133HA, 133M, 133L, 133LL) ou MSA (PER-10), est possible en première approche, mais n'assure toutefois ni la sélectivité ni la précision nécessaire à une comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

Incendie - Explosion

[4, 7]

Dans les conditions normales d'utilisation, le tétrachloroéthylène peut être considéré comme ininflammable et inexplosible.

En cas d'incendie, les agents d'extinction préconisés sont les suivants : poudre chimique, neige carbonique, mousse, brouillard d'eau.

En raison de la toxicité des produits émis lors de la combustion du tétrachloroéthylène, les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire isolants autonomes.

Refroidir par un brouillard d'eau les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[12]

Le tétrachloroéthylène pénètre préférentiellement par les voies respiratoires où l'absorption est rapide ; il est également bien absorbé, sous forme liquide, par le tractus gastro-intestinal et plus faiblement par la peau. Il s'accumule dans les tissus riches en lipides, est très peu métabolisé, puis excrété essentiellement sous forme inchangée, par les poumons ; une faible excrétion urinaire et fécale de divers métabolites a été montrée chez l'homme comme chez l'animal.

Chez l'animal

Absorption

Le tétrachloroéthylène est un composé volatil et lipophile. Chez l'animal, il est rapidement et abondamment absorbé par inhalation (fortes concentrations sanguines dès les 2 premières minutes d'exposition, 40 - 50 % de la dose dans les 20 premières minutes chez le rat) et par voie digestive (82 - 95 % chez le rat, pic sanguin après 20 - 40 minutes et 100 % chez le chien, pic sanguin après 15 - 30 minutes). La quantité absorbée n'est pas proportionnelle à la dose ; après 2 heures d'exposition, la charge corporelle, chez le rat, est de 80 mg/kg à 500 ppm et 11 mg/kg à 50 ppm [14].

L'absorption cutanée du tétrachloroéthylène liquide a été montrée *in vitro* et chez l'animal ; le taux de pénétration, plus faible que celui des autres solvants, est de 0,24mg/cm²/h *in vivo* chez la souris, et, *in vitro*, de 0,05 mg/cm²/h à travers la peau de rat et 0,018 mg/cm²/h à travers la peau humaine [13].

Le taux d'absorption de tétrachloroéthylène sous forme vapeur augmente de façon linéaire avec la durée d'exposition, et la quantité absorbée, à l'équilibre, est proportionnelle à la concentration [1], mais reste inférieure à 10 % de l'absorption pulmonaire.

Distribution

Le tétrachloroéthylène se distribue largement dans tout l'organisme (cerveau > foie > reins, cœur > poumons, muscles > sang) et se dépose préférentiellement dans le tissu adipeux péri-rénal (env. 10 fois la concentration du cerveau et 35 fois la concentration sanguine). Il passe dans le lait maternel, traverse les barrières méningée et placentaire et pénètre dans le fœtus où il se distribue dans le sang et le foie ; une localisation spécifique dans le liquide cébrospinal a été montrée chez le fœtus de souris dès 1 heure après l'exposition.

Les demi-vies d'élimination chez le rat vont de 322 minutes dans le sang à 578 minutes dans le tissu adipeux. Le pic de concentration dans les tissus est atteint en 1 - 1,5 heures (pour une exposition de 2 heures), sauf dans le tissu adipeux où il est atteint à la fin de l'exposition.

La distribution est identique chez le rat et le chien exposés par voie orale ; les demi-vies d'élimination sanguine du rat sont de 8 heures pour 3 mg/kg et 15,5 heures pour 10 mg/kg ; chez le chien, l'élimination est plus lente [15].

Métabolisme

Une quantité relativement faible du tétrachloroéthylène absorbé est métabolisée ; cette fraction diminue quand la dose augmente suite à un métabolisme saturable. Les taux maximaux mesurés chez la souris sont de 25 % à faible dose (20 mg/kg) et 5 % à forte dose (2 000 mg/kg).

La figure 1 montre le schéma métabolique du tétrachloroéthylène.

La voie oxydative (enzymes à cytochrome P450) est une voie prépondérante mais saturable : l'excrétion d'acide trichloracétique (TCA) atteint un plateau à forte dose, alors que les excrétions de *N*-acétyl-*S*-trichlorovinyl cystéine (TCVC) dans l'urine et de tétrachloroéthylène dans l'air expiré augmentent à forte dose.

Chez l'animal, d'autres métabolites que le TCA ont été identifiés, parmi lesquels l'acide oxalique (18,7 et 6 % pour une exposition à 10 et 600 ppm chez le rat) et un conjugué *N*-acétylcystéine (plus important chez le rat que chez la souris et plus élevé après exposition par gavage que par inhalation) qui est mineur aux faibles doses et apparaît après saturation de la voie du cytochrome P 450.

Élimination

La voie primaire d'élimination du tétrachloroéthylène est l'air expiré quelle que soit la voie d'exposition.

Chez l'animal, la voie d'excrétion et les métabolites sont fonction de l'espèce et de la concentration d'exposition. Le rat, selon la concentration d'exposition (10 ou 600 ppm, 6 heures), exhale respectivement 68 ou 88 % de tétrachloroéthylène inchangé et 4 ou 1 % de CO₂ ; 19 ou 6 % de la dose absorbée sont excrétés sous forme de métabolites dans l'urine, 5 ou 3 % dans les fèces et 4 ou 2 % sont retrouvés dans la carcasse après 72 heures. La souris excrète plus de métabolites urinaires que le rat (85 % contre 33 % pour une même exposition à faible concentration) dont 52 % d'acide trichloracétique ; des traces d'acide dichloroacétique sont également émises. L'excrétion pulmonaire de tétrachloroéthylène est monophasique avec une demi-vie de 7 heures. Le tétrachloroéthylène est également excrété dans le lait maternel ; 24 heures après exposition des rates à 600 ppm pendant 2 heures, environ 5 % de la concentration inhalée est transférée aux petits [16].

Chez l'homme

Comme chez l'animal, le tétrachloroéthylène est bien et rapidement absorbé par les poumons ; la quantité absorbée est en relation directe avec le volume respiratoire, d'où une absorption plus importante en cas d'exercice qu'au repos. À faible concentration (0,8 - 35ppm), le taux de tétrachloroéthylène dans l'air alvéolaire, le sang et l'urine est en corrélation avec la concentration dans l'air [17]. Le tétrachloroéthylène est également absorbé par la peau : un pic de concentration dans l'air expiré est atteint immédiatement après avoir trempé le pouce dans du tétrachloroéthylène pendant 40 minutes. L'absorption cutanée de vapeurs ne dépasse pas 1 % de la quantité absorbée par inhalation. Le coefficient de perméabilité a été calculé à 0,054 cm/h, avec une absorption représentant 0,3 % de l'absorption par voie inhalatoire [18]. L'absorption orale n'a pas été quantifiée, mais une concentration de 21,5 pg/mL de tétrachloroéthylène a été mesurée dans le sang d'un enfant 1 heure après ingestion d'environ 12 à 16 grammes.

Le tétrachloroéthylène se distribue largement et passe dans le lait maternel. Seul un faible pourcentage de la substance absorbée est métabolisé (< 2 %) et excrété dans l'urine 67 heures après une exposition de 3 heures à 87 ppm. Le tétrachloroéthylène non métabolisé est éliminé dans l'air expiré (80 % de la concentration absorbée). La demi-vie d'élimination totale a été estimée à 6 - 10 jours après une exposition. Après plusieurs expositions, une accumulation est possible dans les tissus adipeux ; le rapport de concentration tissu adipeux/sang a été estimé à 90/1.

Surveillance biologique de l'exposition

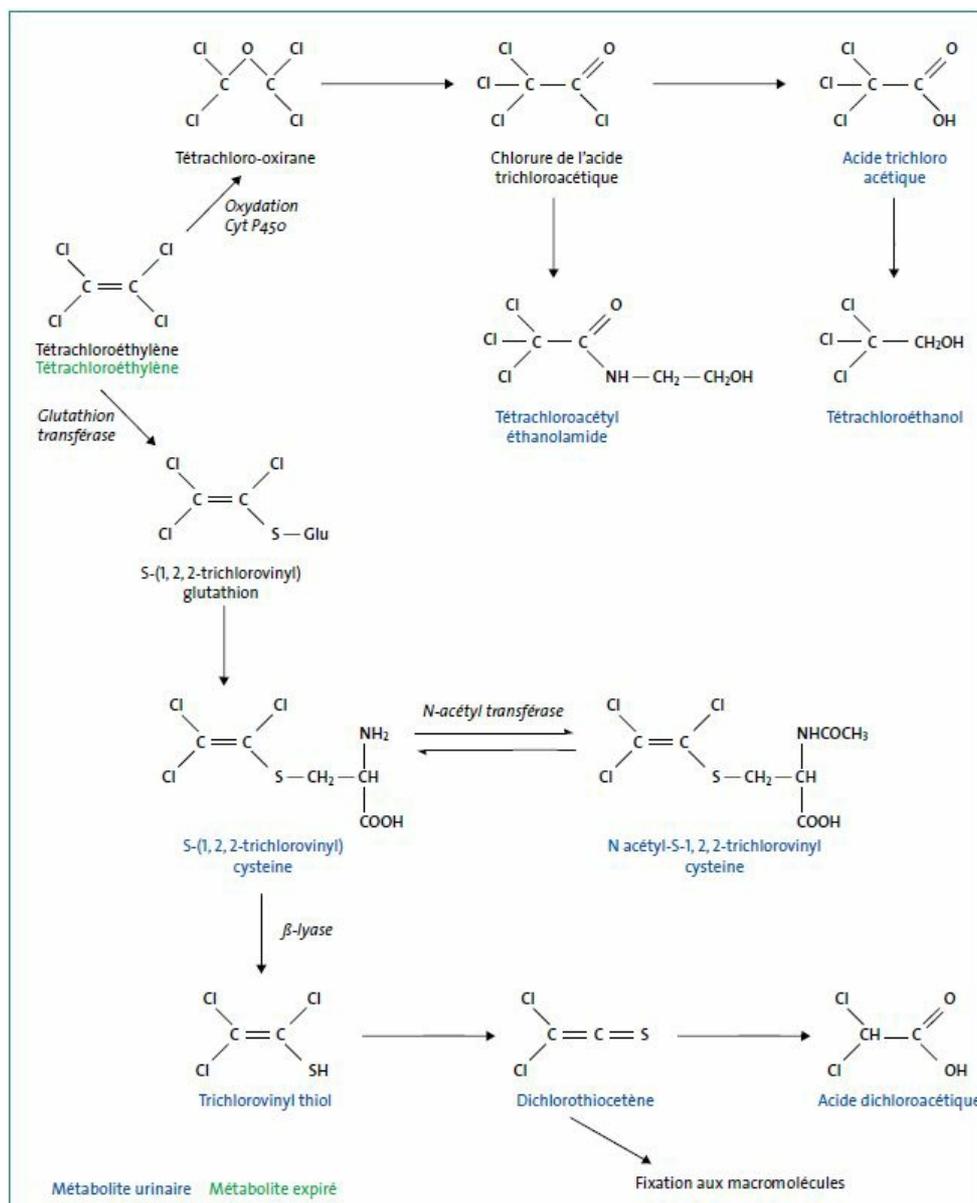
Différents paramètres sont proposés pour évaluer l'exposition au tétrachloroéthylène : dosage dans le sang du tétrachloroéthylène, de l'acide trichloroacétique (TCA) ; dosage dans les urines du tétrachloroéthylène et de l'acide trichloroacétique (TCA) et dosage dans l'air expiré du tétrachloroéthylène.

Pour confirmer une exposition de la semaine précédente, on peut utiliser :

- le dosage du tétrachloroéthylène sanguin, prélèvement réalisé environ 16 heures après l'arrêt de l'exposition, est le paramètre à privilégier.
- le dosage de l'acide trichloroacétique urinaire (modérément sensible et non spécifique) ou celui du tétrachloroéthylène urinaire en fin de poste et fin de semaine de travail

Sont retenus comme BEI (Biological Exposure Index) de l'ACGIH : le tétrachloroéthylène sanguin et comme valeurs guides françaises : le tétrachloroéthylène sanguin ainsi que le TCA urinaire, (voir Recommandations § Au point de vue médical) [24].

Schéma métabolique



Mode d'action

Les effets toxiques du tétrachloroéthylène sont liés à sa nature lipophile, en particulier, l'altération des taux de phospholipides et d'acides aminés cérébraux pourrait être responsable des effets neurotoxiques.

Contrairement aux effets neurotoxiques dus au tétrachloroéthylène lui-même, les effets hépatiques, chez les rongeurs, seraient imputables à l'acide trichloroacétique (TCA) qui induit la prolifération des peroxysomes menant à l'apparition de cancers. La voie métabolique menant au TCA est saturable et seule la souris a la capacité d'en produire suffisamment pour induire des tumeurs.

Les effets rénaux, observés chez le rat mâle uniquement, seraient imputables au conjugué trichlorovinylcystéine activé par une β-lyase rénale et à la formation d'α2u-globuline spécifique.

Toxicité expérimentale

[1, 11]

Toxicité aiguë

Le tétrachloroéthylène est faiblement toxique quelle que soit la voie d'exposition. La cible principale est le système nerveux central ; cet effet est accompagné d'une hépatotoxicité et/ou néphrotoxicité selon l'espèce.

Dans toutes les espèces étudiées (rat, souris, lapin, chien), on observe principalement des signes traduisant une dépression du système nerveux central (hypotonie, somnolence, ataxie, tremblements, mort par perte de conscience et arrêt respiratoire).

Des effets sur le foie (augmentation des triglycérides et des lipides totaux, dégénérescence graisseuse centrolobulaire, vacuolisation hépatocellulaire à partir de 200 ppm/4 h et induction de la prolifération des peroxyosomes à 1 000 mg/kg par gavage pendant 10 jours) ont été observés essentiellement chez la souris. Le rat, exposé à des doses semblables, ne présente que des modifications hépatiques mineures (augmentation de poids du foie et induction des enzymes du métabolisme des xénobiotiques à 1 000 mg/kg par gavage pendant 5 jours).

Une néphrotoxicité est observée chez le rat mâle (gouttelettes hyalines dans le tube proximal et induction de l' α_2 -globuline à 1 000 mg/kg pendant 10 jours) et le cobaye (augmentation de poids des reins et gonflement de l'épithélium tubulaire, 2 500 ppm pendant 7 heures, 18 expositions).

Une sensibilisation cardiaque à l'effet arythmique de la noradrénaline est obtenue chez le lapin (5 200 ppm, 1 heure) mais pas chez le chien (5 000 - 10 000 ppm, 10 minutes).

Le tétrachloroéthylène est un irritant du système respiratoire chez le chien (10 000 ppm, 10 minutes) et chez la souris (300 ppm, 6 h/j pendant 5 jours) avec dégénérescence de l'épithélium olfactif, mais pas chez le rat (10 000 ppm, 25 minutes) où il provoque une augmentation de la fréquence respiratoire attribuée à un effet systémique sur le système nerveux central.

C'est un irritant sévère de la peau (érythème sévère, non réversible en 16 jours, à 0,5 mL de substance pure pendant 4 heures sous occlusion ; nécrose à 1 300 mg/kg pendant 24 heures) et un faible irritant oculaire pour le lapin. Il ne serait pas sensibilisant pour le cobaye (test non conclusif).

Voie	Espèce	CL50/DL50
Inhalatoire	Rat	4 100 - 5 000 ppm (6 h)
	Souris	3 000 ppm (6 h)
		5 200 ppm (4 h)
Orale	Rat	2 600 - 4 500 mg/kg
	Souris	7 800 mg/kg
Cutanée	Rat	10 000 mg/kg
	Souris	5 000 mg/kg
	Lapin	> 10 000 mg/kg

Tableau I. CL50/DL50 du tétrachloroéthylène

Toxicité subchronique, chronique

Les organes cibles, après exposition prolongée au tétrachloroéthylène, sont le foie et les reins.

Chez le rat et la souris, des expositions par inhalation à forte concentration ($\geq 1 600$ ppm, 6 h/j, 5 j/semaine pendant 13 semaines) provoquent létalité, dépression du système nerveux central, perte de poids et congestion pulmonaire.

À des concentrations inférieures, on observe des effets sur :

- les reins : augmentation de l'incidence des caryomégalies et cytomégalies des cellules tubulaires (≥ 200 ppm, 13 semaines) plus importantes chez le mâle que chez la femelle, formation de gouttelettes hyalines chez le rat mâle (1 000 ppm, 10 jours) associées à une glomérulonéphrite chronique progressive. Cet effet est spécifique du rat mâle et non transposable à l'homme. Une LOAEC est établie pour les effets rénaux à 200 ppm chez le rat et 100 ppm chez la souris.
- le foie (chez la souris uniquement) : vacuolisation graisseuse (≥ 875 ppm, 2 semaines), infiltration leucocytaire, nécrose centrolobulaire et stase biliaire (≥ 400 ppm, 13 semaines), dégénérescence graisseuse (200 ppm, 1 à 8 semaines). Tous ces effets apparaissent lors d'une exposition prolongée à 100 ppm pendant 2 ans. La toxicité hépatique serait liée à la prolifération des peroxyosomes, mise en évidence lors d'expositions à des concentrations ≥ 200 ppm pendant 2 ans, et à la formation d'aduits protéiniques trichloroacétyles (120 ppm, 6 semaines).

Les effets d'une exposition par voie orale sont identiques :

- létalité ($\geq 1 780$ mg/kg/j, 6 semaines) ;
- perte de poids ($\geq 1 000$ mg/kg/j, 11 jours) ;
- modifications rénales : dégénérescence du tube contourné proximal avec hypertrophie cellulaire, dégénérescence graisseuse et nécrose ; la LOAEL pour la néphrotoxicité est 470 mg/kg/j, chez le rat et 390 mg/kg/j chez la souris pendant 78 semaines ;
- modifications hépatiques chez la souris uniquement : augmentation de poids, hypertrophie cellulaire, dégénérescence et nécrose (≥ 100 mg/kg/j pendant 6 semaines) en liaison avec une prolifération des peroxyosomes. Une NOAEL de 20 mg/kg/j a été établie pour cet effet.

Le tétrachloroéthylène a un effet déprimeur sur le système nerveux central du rat, du lapin et du cobaye après exposition à de fortes concentrations atmosphériques ; une NOAEL de 400 ppm pendant 6 mois a été retenue pour ces espèces, ainsi que pour le singe rhésus. Les effets sur le système nerveux central sont rapidement réversibles et une tolérance se développe lors d'expositions répétées.

Effets génotoxiques

Le tétrachloroéthylène n'est pas génotoxique dans les tests pratiqués in vitro ou in vivo ; les quelques résultats douteux ont été obtenus avec une substance impure.

In vitro, le tétrachloroéthylène, liquide ou vapeur, n'est pas mutagène dans les tests pratiqués sur bactéries (*Salmonella typhimurium* et *Escherichia coli*), levures ou cellules de lymphome de souris, avec ou sans activation métabolique. Il n'induit pas d'aberration chromosomique ni d'échange entre chromatides sœurs dans les cellules ovariennes de hamster chinois et ne provoque pas la synthèse non programmée de l'ADN dans les lymphocytes humains, les cellules humaines WI-38 en culture ou les hépatocytes de souris ou de rat ; il ne déclenche pas la transformation cellulaire des cellules BALB/c 3T3 ou BHK21/C13.

Des résultats faiblement positifs ou équivoques ont été obtenus dans quelques tests avec du tétrachloroéthylène technique et commercial ; la présence de stabilisants mutagènes dans les échantillons testés peut en être la cause. Quelques résultats positifs ont été obtenus avec des concentrations toxiques pour l'organisme ou la cellule et aucun effet dose n'a été établi.

In vivo, la majorité des tests sont négatifs (mutation génique et lésion chromosomique chez la drosophile, et aberration chromosomique chez le rat et la souris, létalité dominante chez le rat, lésions non programmées de l'ADN dans les cellules rénales du rat et modification de la morphologie spermatique chez le rat, le hamster chinois et la souris) ; quelques résultats douteux sont obtenus avec des substances non pures.

Effets cancérogènes

Le tétrachloroéthylène est essentiellement un cancérogène hépatique pour la souris, après exposition par voie orale ou inhalatoire ; il est faiblement tumorigène rénal pour le rat mâle et sanguin (leucémies) pour le rat des deux sexes.

Par voie orale, le tétrachloroéthylène induit des carcinomes hépatocellulaires chez 40 à 65 % des souris exposées (386 - 1 072 mg/kg/j, 5 j/sem., 78 semaines) et une néphropathie toxique chez 50 à 85 % des rats (475 et 950 mg/kg/j, 5 j/sem., 78 semaines) sans augmentation du taux de tumeurs.

Par inhalation chez la souris (0 - 100 - 200 ppm, 6 h/j, 5 j/sem., 103 semaines), il provoque l'apparition d'adénomes (mâles) et de carcinomes hépatocellulaires (deux sexes). Chez le rat mâle (0 - 200 - 400 ppm, 6 h/j, 5 j/sem., 103 semaines), il induit, à la forte concentration, une augmentation, statistiquement non significative mais supérieure aux témoins historiques, des adénomes et adénocarcinomes des cellules du tube rénal.

Par voie cutanée, chez la souris (18 ou 54 mg sur la peau du dos, 3 fois/sem., au moins 440 jours), il n'est ni inducteur ni initiateur (promotion par l'acétate de tétradécanyolphorbol) de tumeur cutanée ou d'un autre site.

Mécanisme d'action des effets cancérogènes

Chez la souris, l'induction de tumeurs hépatiques serait imputable au métabolite du tétrachloroéthylène, l'acide trichloracétique (TCA) qui, lui-même, est un cancérogène hépatique chez les rongeurs. Le TCA est un inducteur de la prolifération des peroxyosomes, mécanisme non génotoxique, commun à de nombreux cancérogènes hépatiques du rongeur et non transposable à l'homme. Les différences, entre les espèces, de métabolisme et de taux de formation du TCA, expliquerait le manque de tumorigénicité hépatique dans d'autres espèces que la souris.

Les tumeurs rénales chez le rat pourraient être dues à une néphropathie chronique induite par l' $\alpha_2\mu$ -microglobuline. Ce mécanisme, spécifique du rat mâle, induit à forte concentration et non transposable à l'homme, ne serait pas seul en cause. Un métabolite réactif (dichlorothiocétène), formé dans le rein par conjugaison avec le glutathion, se fixerait aux macromolécules cellulaires et induirait génotoxicité et cytotoxicité. Bien que la voie métabolique qui mène à ce métabolite réactif soit 40 fois moins active chez l'homme que chez le rat, on ne peut écarter cette possibilité.

Effets sur la reproduction

Le tétrachloroéthylène n'a pas d'effet sur la fertilité du rat ou de la souris ; il induit des retards de développement même en l'absence de toxicité maternelle.

Il n'est pas observé d'effet sur la fertilité ou les performances reproductrices du rat mâle ou femelle dans une expérience sur 2 générations (100 - 300 - 1 000 ppm). À la plus forte concentration, le tétrachloroéthylène induit une baisse de la prise de poids des parents, des modifications histologiques rénales et une diminution de poids des testicules uniquement chez les parents de la première génération. Les effets observés à 1 000 ppm (baisse de la taille des portées, de la survie et du poids des petits) sont considérés comme une conséquence de la toxicité maternelle. La NOAEL est de 1 000 ppm pour la fertilité et 100 ppm pour la toxicité parentale.

De nombreuses études d'effet sur le développement ont été menées sur le rat, la souris, le lapin et le poulet à des concentrations de 65 à 1 000 ppm. Des effets variables sont observés sur les mères et les fœtus :

- à 250 ppm, un léger retard de développement sans toxicité maternelle chez le rat ;
- à 300 ppm, une augmentation des résorptions associée à une légère toxicité maternelle chez le rat et un retard de développement sans toxicité maternelle chez la souris ;
- à 500 ppm, en revanche, toxicité maternelle mais pas de toxicité du développement chez le rat et le lapin ;
- à 1 000 ppm, diminution de taille de la portée, du poids des petits et de leur survie associée à une toxicité maternelle significative.

La NOAEC pour la toxicité du développement est de 100 ppm.

Toxicité sur l'Homme

Le tétrachloroéthylène induit des effets neurologiques lors d'expositions aiguës ou chroniques. Il est irritant pour la peau et les muqueuses en cas d'exposition chronique. Il est peu hépatotoxique. Plusieurs études ont montré ses effets cancérogènes sur divers organes chez l'homme. Sa toxicité pour la reproduction fait encore l'objet de discussion.

Toxicité aiguë

[1, 7, 20]

Par inhalation, les intoxications aiguës se manifestent essentiellement par une dépression du système nerveux central de type anesthésique. L'effet narcotique est net après plusieurs minutes d'exposition à des concentrations de plus de 1 000 ppm ; il se traduit par une ébriété et une somnolence. À très forte concentration, peut survenir un coma parfois accompagné de troubles respiratoires et d'arythmie cardiaque. Quelques cas d'hépatite (cytolytique infraclinique) et d'atteinte rénale ont été décrits. Des cas mortels ont été attribués à une dépression du système nerveux central.

L'inhalation de concentrations atmosphériques moins élevées (100 à 1 000 ppm) est à l'origine de céphalées, de sensations vertigineuses, de troubles de la coordination motrice, d'irritation oculaire et des voies aériennes supérieures (rhinite, irritation laryngo-pharyngée) et de nausées.

L'ingestion est marquée par l'apparition de troubles digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales et diarrhées) et peut provoquer, outre une dépression du système nerveux central, une pneumopathie de déglutition avec toux et surinfections broncho-pulmonaires parfois gravissimes ; on peut observer des séquelles pulmonaires. Elle serait également responsable d'effets sur le foie (cytolyse) et les reins (protéinurie, hématurie). La réversibilité de ces troubles est le plus souvent obtenue, parfois après plusieurs mois, mais quelques cas mortels sont rapportés.

Des brûlures cutanées avec phlyctènes peuvent apparaître après un contact massif et prolongé avec ce solvant. Dans les mêmes circonstances, des lésions oculaires graves peuvent être observées.

Toxicité chronique

[7, 21, 22]

En cas d'exposition chronique, le tétrachloroéthylène partage avec les autres solvants chlorés les risques de dermatose orthoergique et d'irritation oculaire. Bien que peu hépatotoxique en cas d'exposition prolongée (plus de 10 ans) et répétée à faibles concentrations atmosphériques, il peut être responsable d'induction enzymatique, se traduisant notamment par une élévation modérée des γ -GT ou des anomalies de structure à l'échographie par ultrasons. Certaines études ont également pu mettre en évidence des affections respiratoires, de l'estomac et du duodénum chez des sujets exposés au tétrachloroéthylène. Sur le plan neurologique, l'exposition à 100 ppm pendant 7 heures entraîne des troubles de l'équilibre, avec céphalées, discrète somnolence et difficultés d'élocution. Des phénomènes d'accoutumance peuvent s'observer. Enfin le tétrachloroéthylène ainsi que de multiples solvants organiques peuvent entraîner à long terme des troubles psychiques se traduisant par un défaut de concentration, des troubles de mémoire, des altérations de l'humeur. Ce syndrome psycho-organique, qui peut évoluer vers un état démentiel, doit faire l'objet d'un diagnostic étiologique différentiel. Quelques études ont évalué de façon spécifique la vision des couleurs, notamment au moyen d'un test de Lanthony. Certaines ont mis en évidence une augmentation significative de l'indice de confusion des couleurs chez les sujets exposés au tétrachloroéthylène dans des pressings. Ces résultats obtenus sur un faible nombre de salariés, avec un test très sensible pour lequel de nombreux facteurs de confusion existent, n'ont pas été confirmés par d'autres études [27, 28].

Effets génotoxiques

[26]

La fréquence des échanges de chromatides sœurs n'est pas augmentée dans les lymphocytes d'un nombre restreint de travailleurs (fumeurs ou non fumeurs) exposés à des concentrations de tétrachloroéthylène en moyenne de 10 ppm [23].

Effets cancérogènes

[26, 31]

En 1995, le CIRC a classé le tétrachloroéthylène comme cancérogène probable chez l'homme (Groupe 2A) en se basant sur les résultats de cinq études de cohorte, dont deux concernaient des sujets exposés uniquement au tétrachloroéthylène, dans une troisième l'exposition était prépondérante et dans les deux dernières, l'exposition aux produits chimiques était plus variée. Une augmentation significative de cancers de l'œsophage ainsi que des tumeurs du col utérin et des lymphomes non-hodgkiniens est notée selon les études.

L'une des études publiées aux USA et impliquant du personnel de nettoyage à sec a été actualisée en 2001. Avec les nouveaux cas, plusieurs sites de cancers apparaissent significativement augmentés : langue, œsophage, intestin (sauf rectum), vessie, poumons et col utérin [19].

Enfin une étude publiée en 2006 sur des salariés du nettoyage à sec exposés au tétrachloroéthylène entre 1960 et 1990 dans les pays nordiques n'a montré qu'une augmentation significative des cancers de la vessie [30].

Actuellement, une augmentation du risque de cancers de l'œsophage et du col utérin est notée dans les études concernant les salariés du nettoyage à sec, une augmentation des tumeurs rénales ne peut être éliminée, les lymphomes non-hodgkiniens ne sont, quant à eux, pas augmentés de façon significative. Toutefois, les facteurs de confusion (tabac, alcool, facteurs psychosociaux) n'ont pas été pris en compte de façon systématique dans ces études, de même, le plus souvent l'intensité de l'exposition et des co-expositions, ce qui limite la signification de ces résultats.

Effets sur la reproduction

[25, 29]

Cinq études ont été consacrées au risque d'avortement chez les salariées de blanchisseries et d'entreprises de nettoyage à sec où le tétrachloroéthylène est le principal polluant chimique mais où d'autres nuisances sont également retrouvées (port de charges, chaleur, postures...). Deux de ces études sont négatives, alors que les trois autres réalisées dans les pays nordiques et en Angleterre montrent un risque faible mais significatif de fausses couches dans ces professions. Le rôle spécifique du tétrachloroéthylène dans ces pathologies ne peut être évalué.

Il n'y a pas d'excès de malformations décrit chez des femmes ayant été exposées au tétrachloroéthylène durant leur grossesse.

Une observation indique que le tétrachloroéthylène passe dans le lait maternel et peut intoxiquer un nourrisson allaité.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 1^{er} trimestre 2012

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012.

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableaux n° 12 et 84.

Surveillance médicale renforcée

- Article R. 4624-18 du Code du travail (modifié par les décrets n° 2012-135 du 30 janvier 2012 et n° 2014-798 du 11 juillet 2014).

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) **substance** tétrachloroéthylène :

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage du tétrachloroéthylène harmonisés selon les deux systèmes (directive 67/548/CEE et règlement) figurent dans l'annexe VI du règlement. La classification est :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié
 - Cancérogénicité, catégorie 2 ; H 351
 - Danger pour le milieu aquatique - Danger chronique, catégorie 2 ; H 411
- selon la directive 67/548/CEE
 - Cancérogène, catégorie 3 ; R 40
 - Dangereux pour l'environnement ; R 51-53

b) **mélanges** (préparations) contenant du tétrachloroéthylène :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Protection de la population

Article L. 1342-2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R. 1342-1 à 1342-12 du Code de la santé publique :

- étiquetage (cf. Classification et étiquetage).

Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement : les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.

Pour consulter des informations thématiques sur les installations classées, veuillez consulter le site (<https://aida.ineris.fr>) ou le ministère chargé de l'environnement et ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur (www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr_f.html). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker le tétrachloroéthylène dans des locaux frais et bien ventilés, à l'abri des rayons du soleil et de toute source de chaleur ou d'ignition (flammes, étincelles...), à l'abri de l'humidité et à l'écart des produits incompatibles (bases fortes, agents oxydants...).

- Le sol de ces locaux sera imperméable et formera cuvette de rétention, afin qu'en cas de déversement accidentel le liquide ne puisse se répandre au-dehors.
- Fermer soigneusement les récipients et les étiqueter correctement. Reproduire l'étiquette en cas de fractionnement des emballages.
- Mettre le matériel électrique, éclairage compris, en conformité avec la réglementation en vigueur.
- Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.
- Prévoir, à proximité immédiate des locaux, des équipements de protection individuelle et des appareils de protection respiratoire isolants autonomes pour intervention d'urgence.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux locaux de stockage sont applicables aux ateliers où est manipulé le tétrachloroéthylène. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- Réduire l'utilisation du tétrachloroéthylène (lorsqu'elle est susceptible de conduire à une exposition) en le remplaçant, quand cela est techniquement possible, par une substance, une préparation ou un procédé non ou moins dangereux pour la santé des travailleurs (dans ses conditions d'emploi).
- Éviter l'inhalation de vapeurs ou de brouillards. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certaines opérations exceptionnelles de courte durée ; leur choix dépend des conditions de travail ; si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil respiratoire autonome isolant est nécessaire.
- Dans les entreprises de nettoyage à sec, autrement appelées « pressing » ou « teinturerie », où le tétrachloroéthylène est majoritairement employé, il conviendra de mettre en place une ventilation garantissant l'assainissement de l'air dans tout le local ; il conviendra également d'utiliser des machines en bon état de marche et correctement entretenues [37].
- Ne pas utiliser le tétrachloroéthylène à proximité d'un poste de soudage ou en présence de flammes.
- Contrôler fréquemment et régulièrement la teneur de l'atmosphère en tétrachloroéthylène.
- Éviter le contact du tétrachloroéthylène avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants résistants au produit (alcool polyvinylique (PVA), Viton[®], Téflon[®] ; proscrire les gants en latex, caoutchouc butyle ou néoprène, polyéthylène [36]) et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après chaque usage.
- Prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.
- Ne pas fumer, boire ou manger dans les ateliers. Observer une hygiène corporelle et vestimentaire très stricte : passage à la douche, lavage soigneux des mains après manipulation et changement de vêtements après le travail, rangement séparé des vêtements de ville et des vêtements de travail. L'employeur assurera l'entretien et le lavage fréquent des vêtements de travail qui devront rester dans l'entreprise.
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du tétrachloroéthylène sans prendre les précautions d'usage [38].
- Ne pas rejeter les résidus à l'égout ou dans le milieu naturel.
- En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer le produit à l'aide d'un matériau inerte absorbant les liquides, puis laver à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, supprimer toute source potentielle d'ignition, aérer la zone, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié.
- Conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet et convenablement étiquetés. Les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation.

Au point de vue médical

- À l'embauchage et au cours des visites périodiques, on évitera d'exposer les sujets présentant une dermatose chronique et ceux atteints de lésions hépatiques chroniques. Une évaluation de la fonction hépatique (γ-GT et aminotransférases) peut être envisagée si le médecin le juge utile.
- Certaines prises médicamenteuses (certains anxiolytiques, en particulier) potentialisant les effets neurologiques d'une part, et l'exposition répétée à de nombreux solvants organiques pouvant être à l'origine de troubles neuropsychiques (irritabilité, mémoire...) d'autre part, il en sera tenu compte au cours des visites médicales.
- Le médecin du travail avertira les femmes en âge de procréer du danger de fausses couches en cas d'exposition élevée au tétrachloroéthylène. Il leur rappellera l'importance du respect des mesures de prévention et les informera de la nécessité de l'avertir dès le début de la grossesse.
- Surveillance biologique [24] : Le dosage du tétrachloroéthylène sanguin prélevement réalisé environ 16 heures après l'arrêt de l'exposition reflète l'exposition de la semaine précédente. Ce paramètre est à privilégier car il est spécifique, sensible et bien corrélé aux concentrations atmosphériques. L'ACGIH a établi une valeur de référence population professionnellement exposée (BEI) à 0,5 mg/L pour le tétrachloroéthylène sanguin avant le poste de travail. Il existe des valeurs guides françaises pour le tétrachloroéthylène sanguin avant le poste de travail et pour l'acide trichloroacétique urinaire en fin de semaine de travail, mais ces valeurs n'ont pas été revues depuis 1997.
- En cas de contact cutané, laver la peau à grande eau, immédiatement et pendant 15 minutes ; retirer en même temps les vêtements souillés ou suspectés de l'être. Ils ne seront réutilisés qu'après avoir été décontaminés. Consulter un médecin s'il apparaît des lésions cutanées ou si la contamination est étendue ou prolongée.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à grande eau pendant 15 minutes au moins, paupières bien écartées. S'il apparaît une douleur, une rougeur et un œdème locaux ou une gêne visuelle, consulter un ophtalmologiste.
- En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements et faire absorber du charbon médical activé.
- En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires pour les intervenants.
- Dans ces deux derniers cas, si elle est inconsciente, maintenir la victime au repos et en position latérale de sécurité. Mettre en œuvre, s'il y a lieu, une assistance respiratoire et transférer dès que possible en milieu hospitalier à l'aide des organismes de secours d'urgence.

Bibliographie

- 1 | Tetrachloroethylene. European Union Risk Assessment Report, draft December 2007 (<https://echa.europa.eu/fr/home>).
- 2 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of Chemical Technology, 5th ed. Vol. 6. New York : John Wiley and Sons. 2004 : 267-278.
- 3 | Lewis RJ - Hawley's Condensed Chemical Dictionary, 14th ed. New York : John Wiley and Sons. 2001 : 847.
- 4 | Tétrachloroéthylène. In : base de données STN Easy, 2004 (<https://stneasy.fiz-karlsruhe.de/html/english/login1.html>).
- 5 | Bus JS - Unsaturated Halogenated Hydrocarbons. In : Patty's Toxicology. 5th ed, vol 5. Bingham E Corhssen B, Powell CH (ed). New York : John Wiley and Sons. 2001 : 273-297.

- 6 | Tétrachloroéthylène - Fiche IPCS. ISCS 0076, 1999 (https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=fr).
- 7 | Tétrachloroéthylène. In : Base de données HSDB. NLM, 2010 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 8 | Martel B - Guide d'analyse du risque chimique. Paris : Dunod. 1997 : 493 p.
- 9 | Margossian N, Limasset JC - Contribution à l'étude de dégradation thermique de quelques solvants chlorés industriels. *Cahiers de notes documentaires*, 1972, 67, ND 787 : 165-175 ; 1973, 70, ND 825 : 11-22.
- 10 | Margossian N, Limasset JC - Substances toxiques formées par décomposition photochimique de solvants chlorés lors du soudage à l'arc. *Cahiers de notes documentaires*, 1974, 75, ND 897 : 219-228.
- 11 | Review of the Environmental Protection Agency's, Draft IRIS Assessment of Tetrachloroethylene - Committee to Review EPA's Toxicological Assessment of Tetrachloroethylene ; National Research Council (www.nap.edu/catalog/12863.html).
- 12 | Toxicological profile for tetrachloroethylene (PERC). Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 1997 (www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/).
- 13 | Nakai JS et al. - Penetration of chloroform, trichloroethylene, and tetrachloroethylene through human skin. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. A. 1999 ; 15 ; 58(3) : 157-170.
- 14 | Dallas CE et al. - Use of a physiologically based model to predict systemic uptake and respiratory elimination of perchloroethylene, *Toxicol Appl Pharmacol*. 1994 ; 128 : 60-68.
- 15 | Dallas CE et al. - Pharmacologically based pharmacokinetic model useful in prediction of the influence of species, dose and exposure route on perchloroethylene pharmacokinetics, *J. Toxicol Environ Health*. 1995 ; 44 : 301-317.
- 16 | Byczkowski JZ et al. - Computer simulation of the lactational transfer of tetrachloroethylene in rats using a physiologically based model ; *Toxicol Appl Pharmacol*. 1994 ; 125 : 228-236.
- 17 | Gobba F et al. - Perchloroethylene in alveolar air, blood and urine as biological indices of low-level exposure. *JOEM*, 2003 ; 45(11) : 1152-1157.
- 18 | Kezic S, Monster AC, Kruse J, Verbek MM - Skin absorption of some vaporous solvents in volunteers, *Int Arch Occup Environ Health*. 2000 ; 73 : 415-422.
- 19 | Ruder AM, Ward EM, Brown DP - Mortality in dry-cleaning workers : An update. *HJIM*. 2001 ; 39 : 121-132.
- 20 | Garnier R, Bedouin J, Pepin G et Gaillard Y - Coin-operated dry cleaning machines may be responsible for acute tetrachloroethylene poisoning : report of 26 cases including one death. *J. Toxicol Clin Toxicol*. 1996 ; 34(2) : 191-197.
- 21 | Gennari P, Naldi M, Motta R, Nucci MC, Giacomini C, Violante FS et Raffi GB - Gamma-glutamyltransferase isoenzyme pattern in workers exposed to tetrachloroethylene. *HJIM*. 1992 ; 21(5) : 661-671.
- 22 | Bodkin CA, Daniell W, Checkoway H et al. - Hepatic ultrasonic changes in workers exposed to perchloroethylene. *Occupational and Environmental Medicine*. 1995 ; 52 (10) : 679-685.
- 23 | Seiji K, JIN C, Watanabe T et al. - Sister chromatid exchanges in peripheral lymphocytes of workers exposed to benzene, trichloroethylene, or tetrachloroethylene, with reference to smoking habits. *Int Arch Occup Environ Health*. 1990 ; 62 : 171-176.
- 24 | Tétrachloroéthylène. In : BIOTOX. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2010 (www.inrs.fr/biotox).
- 25 | Pagès M, Falcly M - Évaluation du risque solvants pour la grossesse. *Document pour le médecin du travail*. 1999 ; 80, TC 75.
- 26 | Tetrachloroethylene - IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 63. IARC, 1995 (www.iarc.fr).
- 27 | Nakatsuka H, Watanabe T, Takeuchi Y, Hisanaga N, Shiihata E, Suzuki H, Huang MY, Chen Z, QU QS, Ikeda M - Absence of blue-yellow color vision loss among workers exposed to toluene or tetrachloroethylene, mostly at levels below occupational exposure limits. *Int Arch Occup Environ Health*. 1992 ; 64 : 113-117.
- 28 | Cavalleri A, Gobba F, Paltrinieri M, Fantuzzi G, Righi E, Aggazzotti G - Perchloroethylene exposure can induce colour vision loss. *Neurosci Lett*. 1994 ; 179 : 162-166.
- 29 | Tétrachloroéthylène. Fiche DEMETER, DEM 094, juillet 2010 (<http://www.inrs.fr/>).
- 30 | Lyng E, Andersen A, Rylander L, Tinnerberg H et al. - Cancer in Persons Working in Dry Cleaning in the Nordic Countries. *Environmental Health Perspectives*. 2006 ; 114 : 213-21.
- 31 | Tetrachloroethene. Concise International Chemical Assessment Document. CICAD 68. WHO, 2006 (<https://www.who.int/ipcs/publications/cicad/cicad68.pdf?ua=1>).
- 32 | Dérivés halogénés des hydrocarbures aliphatiques. Fiche 029. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 (www.inrs.fr/metropol/).
- 33 | Prélèvement passif Badge Gabie. Fiche C. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2007 (www.inrs.fr/metropol/).
- 34 | Hydrocarbons, halogenated. Method 1003. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th ed. NIOSH, 2003 (www.cdc.gov/niosh/).
- 35 | Tetrachloroethylene. Method 1001. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1999 (www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html).
- 36 | Forsberg K, Mansdorf SZ - Quick selection guide to chemical protective clothing. 5th ed. Hoboken : John Wiley and Sons ; 2007 : 203 p.
- 37 | Boust C, Breton C, Poirot P, Lefevre J, Pagerey F - L'activité de nettoyage à sec. Paris : INRS, ED 6025, février 2008.
- 38 | Cuves et réservoirs. Recommandation CNAMTS R 435. Paris : INRS ; 2008.

Auteurs

N. Bonnard, M.-T. Brondeau, M. Falcly, D. Jargot, O. Schneider, P Serre