

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Dernière mise à jour : 01/02/05

RESPONSABLE DU PROGRAMME

A. PICHARD : annick.pichard@ineris.fr

EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

M. BISSON - R. DIDERICH - C. HULOT - G. LACROIX - J.P. LEFEVRE - S. LEVEQUE - H. MAGAUD - A. PICHARD - R. DUJARDIN - G. PEPIN

DOCUMENTATION

L. CORNU - C. GILLET

Afin d'avoir une meilleure compréhension de cette fiche, les lecteurs sont invités à se référer à la méthodologie de renseignements.

Cette fiche a été examinée et discutée avec le Docteur Alain Baert, Benoît Hervé Bazin et le Professeur Jean-Marie Haguenoer.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

SOMMAIRE

1. GÉNÉRALITÉS	5
1.1 Identification/caractérisation	5
1.2 Principes de production	6
1.3 Utilisations	6
1.4 Principales sources d'exposition	6
2. PARAMÈTRES D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION	7
2.1 Paramètres physico-chimiques	7
2.2 Comportement	9
2.3 Persistance	10
2.3.1 Dégradation abiotique	10
2.3.2 Biodégradation	10
2.4 Bio-accumulation et métabolisme	10
2.4.1 Organismes aquatiques	10
2.4.2 Organismes terrestres y compris les végétaux	10
3. DONNÉES TOXICOLOGIQUES	10
3.1 Devenir dans l'organisme	11
3.2 Toxicologie aiguë	11
3.3 Toxicologie chronique	13

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

3.3.1 Effets systémiques	13
3.3.2 Effets cancérigènes	14
3.3.3 Effets sur la reproduction et le développement	15
3.4 Valeurs toxicologiques de référence	16
3.4.1 Valeurs toxicologiques de référence de l'ATSDR, l'US EPA et l'OMS	16
3.4.2 Valeurs toxicologiques de référence de Santé Canada, du RIVM et de l'OEHHA	19
4. DONNÉES ÉCOTOXICOLOGIQUES	21
4.1 Paramètres d'écotoxicité aiguë	21
4.1.1 Organismes aquatiques	21
4.1.2 Organismes terrestres	22
4.2 Paramètres d'écotoxicité chronique	22
4.2.1 Organismes aquatiques	22
4.2.2 Organismes terrestres	22
5. VALEURS SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTALES	23
5.1 Étiquetage - Milieu de travail	23
5.2 Nomenclature Installations Classées (IC)	23
5.3 Valeurs utilisées en milieu de travail - France	23
5.4 Valeurs utilisées pour la population générale	23
5.4.1 Qualité des eaux de consommation	24
5.4.2 Qualité de l'air	24
5.4.3 Valeurs moyennes dans les milieux biologiques	24
5.5 Concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC).	24

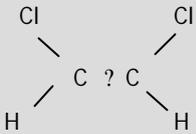
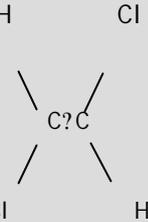
1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Propositions de l'INERIS	24
6. MÉTHODES DE DÉTECTION ET DE QUANTIFICATION DANS L'ENVIRONNEMENT	25
6.1 Familles de substances	25
6.2 Principes généraux	26
6.2.1 Eau	26
6.2.2 Air	27
6.2.3 Sols	28
6.3 Principales méthodes	29
6.3.1 Présentation des méthodes	29
6.3.2 Tableau de synthèse	37
7. BIBLIOGRAPHIE	37

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

1. GENERALITES

1.1 Identification/caractérisation

Substance chimique	N° CAS	N° EINECS	Synonymes	Forme physique (*)
1,2-dichloroéthylène (mélange des isomères <i>cis</i> et <i>trans</i>) C ₂ H ₂ Cl ₂	540-59-0		dichlorure d'acétylène acetylene dichloride 1,2-dichloroethene 1,2-DCE 1,2-DCE	liquide
1,2- <i>cis</i> -dichloroéthène C ₂ H ₂ Cl ₂ 	156-59-2		<i>cis</i> -acetylene dichloride <i>cis</i> -1,2-dichloroetene <i>cis</i> -1,2-dichloroethylene (Z)-1,2-dichloroethene (Z)-1,2-dichloroethylene	liquide
1,2- <i>trans</i> -dichloroéthylène C ₂ H ₂ Cl ₂ 	156-60-5		<i>trans</i> -acetylene dichloride <i>trans</i> -1,2-dichloroetene <i>trans</i> -1,2-dichloroethylene (E)-1,2-dichloroethene (E)-1,2-dichloroethylene	liquide

(*) dans les conditions ambiantes habituelles

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

1.2 Principes de production

Le 1,2-dichloroéthylène commercial est un mélange des deux isomères *cis* et *trans*, avec prédominance de l'isomère *cis*.

Il peut être obtenu par chloration directe de l'acétylène à 40 °C en présence d'un catalyseur. Il est souvent recueilli comme sous-produit lors de la chloration de composés chlorés, notamment dans la fabrication du chlorure de vinyle ou du 1,1,2-trichloroéthylène.

Il peut également être produit par craquage thermique du 1,1,2-trichloroéthane donnant naissance à du 1,1 et du 1,2-dichloroéthylène. L'augmentation de la température favorise la formation des isomères 1,2. L'isomère *trans* apparaît majoritairement. Sous l'effet de catalyseurs, les rapports 1,2/1,1 et *trans/cis* peuvent être modifiés.

1.3 Utilisations

Le 1,2-dichloroéthylène est utilisé principalement comme intermédiaire chimique dans la synthèse de solvants (trichloroéthylène, tétrachloroéthylène) et de composés chlorés.

Il est également utilisé :

- ✗ comme solvant pour les graisses, les phénols, le camphre, le caoutchouc naturel, les teintures, les laques, les thermoplastiques et pour l'extraction à froid de substances sensibles à la température (parfums, caféine) ;
- ✗ comme réfrigérant ;
- ✗ comme agent de retardement de la fermentation.

L'isomère *trans* est plus largement utilisé dans l'industrie que le *cis* et que le mélange des deux.

1.4 Principales sources d'exposition

Suivant le "Toxics Release Inventory (TRI)", aux USA, plus de 99,9 % des rejets industriels de 1,2-dichloroéthylène seraient atmosphériques.

Dans l'eau, le 1,2-dichloroéthylène peut être présent dans les effluents provenant de ses sites de production et de ses diverses utilisations. Les teneurs observées dans les eaux souterraines résultent du lessivage de sols contaminés et de la dégradation anaérobie d'éthylènes et d'éthanes plus hautement chlorés, présents dans ces eaux. Les fuites des collecteurs ou des conduites véhiculant les rejets industriels peuvent aussi être à l'origine de la contamination.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Les 1,2-dichloroéthylène *cis* et *trans* présents dans les sols proviennent de décharges renfermant ces produits ou résultent de la biodégradation anaérobie du tétrachloroéthylène ou du trichloroéthylène souvent présents dans les remblais.

Concentrations ubiquitaires

Milieu	Concentration
Air	Non disponible ⁽¹⁾
Eau	Non disponible ⁽¹⁾
Sols	Non disponible ⁽¹⁾
Sédiments	Non disponible ⁽¹⁾

(1) Les données disponibles concernant uniquement des sites pollués et des zones urbaines ou industrielles ne permettent pas d'évaluer des concentrations ubiquitaires.

2. PARAMETRES D'EVALUATION DE L'EXPOSITION

2.1 Paramètres physico-chimiques

Paramètre	Valeur	Étendue	Référence
Facteur de conversion (dans l'air à 20 °C)	1 ppm = 4,04 mg/m ³ 1mg/m ³ = 0,248 ppm		
Seuil olfactif (ppm)	Non disponible		
Masse molaire (g/mol)	96,94	96,94	Hempfling <i>et al.</i> , (1997), HSDB (2000), Lide (1998), Prager (1995)
Point d'ébullition (°C) (à pression normale)	<i>cis</i> : 60,2	60 - 60,3	Guide de la chimie (2002), HSDB (2000), Lide (1998), Prager (1995)
	<i>trans</i> : 48,2	47,7 - 48,7	Guide de la chimie (2002), Lide (1998), Verschueren (1996), Hempfling <i>et al.</i> , (1997)
Pression de vapeur (Pa)	<i>cis</i> : 24 000 à 20 °C	22 000 - 24 000	Hempfling <i>et al.</i> , (1997), HSDB (2000), INRS (1998), Kirk-Othmer (1979)
	27 332 à 25 °C	26 664 - 28 000	Hempfling <i>et al.</i> , (1997), Verschueren (1996)
	<i>trans</i> : 35 300 à 20 °C	34 000 - 35 300	Guide de la chimie (2002), Hempfling <i>et al.</i> , (1997), HSDB (2000), INRS (1988), Kirk-Othmer (1979), Ullmann (1986)
	41 000 à 25 °C		Hempfling <i>et al.</i> , (1997)

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Densité -vapeur (par rapport à l'air)	3,34 par rapport à l'air (cis et trans)		INRS (1988), Verschueren (1996)
-liquide	<p>cis : $d_{4}^{20}=1,2837$</p> <p>$d_{4}^{25}= 1,27$</p> <p>trans : $d_{4}^{20}=1,2565$</p> <p>$d_{4}^{25}=1,2489$</p>		<p>Guide de la chimie (2002), Hempfling <i>et al.</i>, (1997), HSDB (1999), Lide (1998), Prager (1995)</p> <p>Hempfling <i>et al.</i>, (1997), INRS (1988)</p> <p>Guide de la chimie (2002), Hempfling <i>et al.</i>, (1997), HSDB (2000), Lide (1998), Prager (1995)</p> <p>INRS (1988)</p>
Tension superficielle (N/m)	<p>cis : 28.10^{-3} à 20 °C</p> <p>trans : 25.10^{-3} à 20 °C</p>		<p>Guide de la chimie (2002), HSDB (2000), Kirk-Othmer (1979)</p> <p>HSDB (2000), Kirk-Othmer (1979), Ullmann (1986)</p>
Viscosité dynamique (Pa.s)	<p>cis : $0,466.10^{-3}$ à 20 °C</p> <p>$0,445.10^{-3}$ à 25 °C</p> <p>trans : $0,41.10^{-3}$ à 20 °C</p> <p>$0,317.10^{-3}$ à 25 °C</p>	0,423 - 0,480	<p>Guide de la chimie (2002), Hempfling <i>et al.</i>, (1997), HSDB(2000), Kirk-Othmer (1979), Prager (1995)</p> <p>Lide (1998)</p> <p>HSDB (2000), Kirk-Othmer (1979), Prager (1995), Ullmann (1986)</p> <p>Lide (1998)</p>
Solubilité (mg/L) dans l'eau	<p>cis : 800 à 20 °C</p> <p>3 500 à 25 °C</p> <p>trans : 600 à 20 °C</p> <p>6 300 à 25 °C</p>		<p>Verschueren (1996)</p> <p>HSDB (2000), INRS (1988), Kirk-Othmer (1979), Prager (1995), Verschueren (1996)</p> <p>Verschueren (1996)</p> <p>HSDB (2000), INRS (1988), Kirk-Othmer (1979), Prager (1995), Ullmann (1986)</p>
Log Kow	<p>cis : 1,86</p> <p>trans : 2,06</p>		HSDB (2000), Prager (1995), US EPA (1996)
Koc (L/kg)	<p>cis : 35,5 (calculé)</p> <p>trans : 38</p>		US EPA (1996)
Coefficient de partage sol-eau : Kd (L/kg)			

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Coefficient de partage sédiments-eau : Kd (L/kg)			
Coefficient de partage Matière en Suspension-eau : Kd (L/kg)			
Constante de Henry (Pa.m ³ /mol)	<i>cis</i> : 327 à 20 °C	324 - 331	Hempfling <i>et al.</i> , (1997)
	407 à 25 °C	396 - 413	Hempfling <i>et al.</i> , (1997), HSDB (2000), Verschueren (1996)
	<i>trans</i> : 801 à 20 °C	798 - 804	Hempfling <i>et al.</i> , (1997)
	952 à 25 °C	933 - 974	Hempfling <i>et al.</i> , (1997), HSDB (2000), Verschueren (1996)
Coefficient de diffusion dans l'air (cm ² /s)	<i>cis</i> : 7,36.10 ⁻² <i>trans</i> : 7,07.10 ⁻²		US EPA (1996)
Coefficient de diffusion dans l'eau (cm ² /s)	<i>cis</i> : 1,13.10 ⁻⁹ <i>trans</i> : 1,19.10 ⁻⁵		US EPA (1996)
Coefficient de diffusion à travers le PEHD (m ² /j)	Non disponible		
Perméabilité cutanée à une solution aqueuse (cm/h)	<i>cis</i> : 1,4.10 ⁻² <i>trans</i> : 1,0.10 ⁻²		US EPA (1992)

Choix des valeurs :

Pression de vapeur: pour le *cis* et le *trans* à 20 °C, la valeur indiquée correspond à la valeur la plus fréquemment citée dans les ouvrages de référence; pour le *cis* à 25 °C, il s'agit d'une valeur moyenne.

Viscosité dynamique: pour le *cis* il s'agit d'une valeur moyenne.

Constante de Henry: toutes les valeurs indiquées sont des valeurs moyennes.

Perméabilité cutanée depuis l'eau : il s'agit de valeurs calculées en fonction de log Kow et de la masse molaire Mw ($\log Kp = -2,72 + 0,71 \log Kow - 0,061 Mw$).

Coefficient de partage : La valeur pourra être calculée à partir de l'expression suivante : $K_d = foc \times K_{oc}$ (suivant l'hypothèse d'une adsorption sur la seule fraction organique du sol, du sédiment ou des matières en suspension, ce qui revient à négliger l'adsorption sur la fraction minérale et qui conduit à majorer le transfert du sol vers l'eau ou l'air). La valeur de foc est issue de mesure de terrain ou par défaut une valeur issue de la littérature, par exemple celle du TGD (CE, 1996), de 0,02 pour foc_sol, de 0,05 pour foc_sed, de 0,1 pour foc_mes.

2.2 Comportement

Le 1,2-dichloroéthylène est très volatil. Dans une rivière, un temps de demi-vie de trois heures a été observé (Lyman *et al.*, 1981).

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

2.3 Persistance

2.3.1 Dégradation abiotique

Dans l'atmosphère, le 1,2-dichloroéthylène se décompose rapidement par photodégradation : demi - vies de 8 et 3,6 jours pour le *cis* et le *trans* respectivement (Goodman *et al.*, 1986).

2.3.2 Biodégradation

Les essais normalisés de biodégradabilité en aérobie ont donné des résultats négatifs :

- ✗ 0 % de dégradation pour le *trans* 1,2-dichloroéthylène dans un essai par flacon agité modifié afin de tenir compte de la volatilité de la substance (Mudder et Musterman, 1982).
- ✗ 0 % de dégradation après 28 jours pour le *cis* et le *trans* 1,2-dichloroéthylène (méthode du flacon fermé) (CITI, 1992).

Un essai de simulation de rivière confirme la non biodégradation du 1,2-dichloroéthylène (Mudder, 1981).

2.4 Bio-accumulation et métabolisme

2.4.1 Organismes aquatiques

Il n'existe pas de donnée de bioaccumulation valide.

2.4.2 Organismes terrestres y compris les végétaux

Aucun résultat d'essai valide n'a pu être trouvé dans la littérature.

3. DONNEES TOXICOLOGIQUES

L'ensemble des informations et des données toxicologiques provient pour l'essentiel d'une monographie de l'ATSDR, qui est un des organismes reconnus pour la qualité scientifique de ses documents (ATSDR, 1996). Les références bibliographiques aux auteurs sont citées pour permettre un accès direct à l'information scientifique mais n'ont pas fait l'objet d'un nouvel examen critique par les rédacteurs de la fiche.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

3.1 Devenir dans l'organisme

La pénétration du 1,2-dichloroéthylène dans l'organisme se fait principalement par voie pulmonaire et, dans une moindre mesure, par voie orale.

Études chez l'homme

Il a été montré qu'environ 75 % de la quantité inhalée étaient absorbés par les poumons chez l'homme (ATSDR, 1996). Le 1,2-dichloroéthylène subit dans le foie des réactions de type I, catalysées par les monooxygénases du type cytochrome P450. Il se forme un époxyde chloré, qui, sous l'action d'une époxyde hydrolase, conduit à la formation de dichloroacétaldéhyde. Le composé *cis* pourra conduire à du trichloroéthanol ou du dichloroacétate, le composé *trans* à du dichloroacétate. La distribution du composé dans l'organisme n'est pas connue mais la constatation de lésions hépatiques et cardiaques laisse penser à une diffusion au niveau de ces tissus.

Études chez l'animal

Des études chez l'animal ont montré que le métabolisme de la forme *cis* était plus rapide que celui de la forme *trans*, et que la forme *cis* inhibait ou détruisait fréquemment les cytochromes P450 alors que la forme *trans* induisait souvent ces enzymes (ATSDR, 1996). Aucune information n'est disponible concernant l'élimination du 1,2-dichloroéthylène chez l'homme ou l'animal.

3.2 Toxicologie aiguë

Études chez l'homme

L'inhalation de fortes concentrations en *trans*-1,2-dichloroéthylène induit une dépression du système nerveux central. L'exposition à 1 700-2 200 ppm durant 5 minutes ou à 1 200 ppm durant 10 minutes a entraîné, chez deux sujets, des nausées, une somnolence, une asthénie, des vertiges et des céphalées. Ces symptômes ont rapidement disparu après la fin de l'exposition. Une légère sensation de brûlure oculaire, également réversible, a été notée pour une exposition de 30 minutes à des concentrations comprises entre 830 et 2 200 ppm. Pour cet effet, un NOAEL de 280 ppm a été établi (Lehmann et Schmidt-Kehl, 1936).

Un cas de décès a été décrit après inhalation de vapeurs de 1,2-dichloroéthylène (Hamilton, 1934). La concentration, la durée d'exposition et la cause du décès n'ont pas été rapportées.

Aucune donnée n'est disponible concernant la toxicité aiguë par voie orale ou cutanée chez l'homme.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Études chez l'animal

Le 1,2-dichloroéthylène a une toxicité aiguë faible par inhalation et modérée par ingestion.

Concernant le *trans*-1,2-dichloroéthylène, une CL₅₀ de 21 723 ppm sur 6 h a été calculée pour des souris femelles de souche OF₁. La cause du décès n'a pas été indiquée (Gradiski *et al.*, 1978).

Les symptômes suivants ont été notés chez des rats exposés jusqu'à 3 000 ppm de *trans*-1,2-dichloroéthylène durant 8 heures : congestion pulmonaire (LOAEL : 200 ppm) et cardiaque (NOAEL : 1 000 ppm), anémie (NOAEL : 1 000 ppm). De plus, une accumulation de graisse a été observée dans les lobules hépatiques (LOAEL : 200 ppm). Aucun effet n'a été noté au niveau rénal, musculaire et squelettique (Freundt *et al.*, 1977).

Un larmolement oculaire important a été observé chez des rats exposés à 2 000 ppm de *trans*-1,2-dichloroéthylène. A 12 000 ppm, une léthargie et une salivation élevée ont été notées (Hurtt *et al.*, 1993).

Par voie orale, des doses supérieures à 1 000 mg/kg sont létales chez le rat et la souris. Sept rats sur 10 sont morts après ingestion de 1 130 mg/kg de *trans*-1,2-dichloroéthylène (Freundt *et al.*, 1977) et 2 rats sur 6 après ingestion de 4 900 mg/kg de *cis*-1,2-dichloroéthylène (McMillan, 1986). Chez la souris, des DL₅₀ de 2 200 et 2 400 mg/kg ont été rapportées respectivement chez les mâles et les femelles pour l'isomère *trans* (Munson *et al.*, 1982 ; Barnes *et al.*, 1985). A ces doses, les animaux présentaient une baisse d'activité, une ataxie, une perte de réflexes et une dépression respiratoire (Barnes *et al.*, 1985 ; Hayes *et al.*, 1987). L'autopsie a révélé des lésions pulmonaires, cardiaques (Hayes *et al.*, 1987), hépatiques (Freundt *et al.*, 1977) et gastro-intestinales (Barnes *et al.*, 1985).

Une augmentation de la mortalité (2 décès /10) a été également observée chez des rats exposés par gavage à 970 mg/kg/j durant 14 jours. Les animaux présentaient une dépression du système nerveux central, un écoulement nasal et une salivation importante (McCauley *et al.*, 1990).

Par voie cutanée, aucune mortalité n'a été observée chez des lapins exposés à 5 000 mg/kg de *trans*-1,2-dichloroéthylène (Brock, 1990). A cette dose, les animaux présentaient une irritation cutanée sévère. L'application de 170 mg/kg (0,5 mL) de *trans*-1,2-dichloroéthylène sur la peau de lapins durant 24 heures a induit un érythème léger à modéré, persistant au moins 48 heures (Brock, 1990).

Le contact direct du produit avec les yeux a induit une opacité cornéenne sévère et une conjonctivite chez des lapins (Brock, 1990).

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

3.3 Toxicologie chronique

3.3.1 Effets systémiques

Études chez l'homme

Aucune donnée de toxicologie subchronique ou chronique concernant le 1,2-dichloroéthylène n'est disponible chez l'homme.

Études chez l'animal

Chez l'animal, seules des études de toxicologie subchronique (exposition de moins d'un an), sont disponibles.

L'étude de Freundt et co-auteurs réalisée en 1977, fournit l'essentiel des données concernant la toxicologie par inhalation du 1,2-dichloroéthylène (sous sa forme *trans*) chez le rat. Les animaux ont été exposés jusqu'à 16 semaines (5 j/sem, 8 h/j) à 200 ppm de *trans*-1,2-dichloroéthylène. A ces concentrations, aucun effet cardiaque, musculaire, sanguin et rénal n'a été observé. De façon similaire à l'exposition aiguë, une congestion pulmonaire a été notée, ainsi que des effets sur le foie se traduisant par une accumulation de graisse dans les hépatocytes. Une dégénérescence des cellules de Kupffer a été également observée à ces concentrations (Freundt *et al.*, 1977).

Par voie orale, des rats ayant ingéré du *trans*-1,2-dichloroéthylène *via* l'eau de boisson durant 90 jours n'ont pas présenté de symptômes respiratoires, sanguins et hépatiques. Le NOAEL pour ces effets est de 3 114 mg/kg/j chez les mâles et de 2 809 mg/kg/j chez les femelles. Une légère augmentation du poids des reins a été notée chez les femelles exposées à 1 257 mg/kg/j (Hayes *et al.*, 1987).

Des effets plus importants ont été notés chez des souris CD-1 pour une dose moindre : diminution du poids des poumons chez les femelles à la concentration de 452 mg/kg/j (NOAEL : 224 mg/kg/j), diminution du poids du thymus et augmentation du nombre de globules blancs chez les femelles exposées à 224 mg/kg/j (NOAEL : 23 mg/kg/j) et augmentation du poids du foie et des teneurs en phosphatase alcaline chez les mâles exposés à 175 mg/kg/j (NOAEL : 17 mg/kg/j) (Barnes *et al.*, 1985). Pour cette étude, le NOAEL général est donc de 32 mg/kg/j chez les femelles et 17 mg/kg/j chez les mâles.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Par gavage dans l'huile de maïs, à raison d'une fois par jour durant 90 jours à des doses comprises entre 32 et 870 mg/kg/j, l'isomère *cis* a induit chez le rat des effets sanguins (diminution de l'hématocrite, NOAEL : 32 mg/kg/j chez les mâles et 97 mg/kg/j chez les femelles), hépatiques (augmentation du poids relatif du foie, NOAEL : 32 mg/kg/j) et rénaux (augmentation du poids relatif des reins, diminution de la créatinine sanguine, NOAEL : 290 mg/kg/j chez les mâles et 870 mg/kg/j chez les femelles) (McCauley *et al.*, 1990). Pour tous les paramètres étudiés, chez les mâles comme chez les femelles, on peut donc considérer que la dose sans effet observé est de 32 mg/kg/j pour cette étude.

Des effets similaires au niveau sanguin et hépatique avaient été notés chez des rats exposés par gavage à un mélange en proportions égales de *cis* et *trans*-1,2-dichloroéthylène dans l'huile de maïs durant 30 jours à la dose de 480 mg/kg/j (McMillan, 1986).

Le véhicule utilisé (eau, huile) peut influencer, de façon parfois importante, la toxicité par voie orale. Dans le cas du 1,2 dichloroéthylène, les effets les plus importants sont observés lorsque le produit est mélangé à l'huile. Cette dernière peut avoir augmentée fortement l'absorption du toxique au niveau intestinal.

Effets systémiques

Substance Chimique	Voies d'exposition	Taux d'absorption		Organe cible	
		Homme	Animal	Principal	Secondaire
1,2-dichloroéthylène	Inhalation	75%		SNC**, Foie	Poumons
	Ingestion	nd*	nd*	SNC**, Foie	Sang
	Cutanée	nd*	nd*		

*nd : non déterminé

**SNC : système nerveux central

3.3.2 Effets cancérigènes

Classification

L'Union Européenne

Le 1,2-dichloroéthylène n'est pas classé par l'Union européenne (JOCE, 2004).

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

CIRC - IARC

Le 1,2-dichloroéthylène n'a pas fait l'objet d'une classification.

US EPA (IRIS)

Classe D : substance ne pouvant être classée pour son pouvoir cancérogène, (1995).

Études principales

Quelle que soit la voie d'exposition, il n'existe pas d'études concernant les effets cancérogènes du 1,2-dichloroéthylène chez l'homme et l'animal (ATSDR, 1996).

Caractère génotoxique : Le 1,2-dichloroéthylène a été examiné par l'Union Européenne mais n'a pas été classé (JOCE, 2004).

3.3.3 Effets sur la reproduction et le développement

Études chez l'homme

Aucune information n'est disponible concernant la toxicité du 1,2-dichloroéthylène sur les fonctions de reproduction et le développement foetal chez l'homme (ATSDR, 1996).

Études chez l'animal

Les rares études disponibles n'ont pas, à l'heure actuelle, permis d'établir avec certitude un effet du 1,2-dichloroéthylène sur les fonctions de reproduction et le développement.

Une augmentation significative du nombre moyen de résorptions a été observée chez des rats exposés à 6 000 et 12 000 ppm de *trans*-1,2-dichloroéthylène entre le 7^{ème} et le 16^{ème} jour de gestation. Toutefois, ces valeurs ne différaient pas statistiquement de celles obtenues au niveau des témoins historiques. Les poids des foetus ont été significativement diminués chez les femelles exposées à 12 000 ppm mais cela est probablement lié au fait que ces dernières avaient consommé également moins de nourriture (Hurtt *et al.*, 1993).

Plusieurs études ont montré que l'exposition au 1,2-dichloroéthylène par voie orale n'induisait pas de lésions au niveau des organes reproducteurs mâles et femelles (Barnes *et al.*, 1985 ; Hayes *et al.*, 1987 ; McCauley *et al.*, 1990). Aucune donnée n'est disponible concernant d'éventuels effets tératogènes du 1,2-dichloroéthylène par voie orale.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

3.4 Valeurs toxicologiques de référence

Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est un indice qui établit la relation entre une dose externe d'exposition à une substance dangereuse et la survenue d'un effet néfaste. Les valeurs toxicologiques de référence proviennent de différents organismes dont la notoriété internationale est variable.

L'INERIS présente en première approche les VTR publiées par l'ATSDR, l'US EPA et l'OMS. En seconde approche, les VTR publiées par d'autres organismes, notamment Santé Canada, le RIVM et l'OEHHA, peuvent être retenues pour la discussion si des valeurs existent.

3.4.1 Valeurs toxicologiques de référence de l'ATSDR, l'US EPA et l'OMS

Valeurs toxicologiques de référence pour des effets avec seuil

Substances chimiques	Source	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	Valeur de référence	Année de révision
Isomère <i>trans</i>	ATSDR	Inhalation	1 000	MRL = 0,794 mg/m ³ (aiguë)	1996
		Inhalation	1 000	MRL = 0,794 mg/m ³ (subchronique)	1996
Isomère <i>cis</i>	ATSDR	Orale	100	MRL = 1 mg/kg/j (aiguë)	1996
Isomère <i>cis</i>		Orale	100	MRL = 0,3 mg/kg/j (subchronique)	1996
Isomère <i>trans</i>		Orale	100	MRL = 0,2 mg/kg/j (subchronique)	1996
Isomère <i>trans</i>	US EPA	Inhalation	1 000	Non disponible	1989
		Orale		RfD = 0,02 mg/kg/j (chronique)	
Isomères <i>cis</i> et <i>trans</i>	OMS	Orale	1 000	DJT = 0,017 mg/kg/j (chronique)	2004

Valeurs toxicologiques de référence pour des effets sans seuil

Non disponibles.

Justification scientifique des valeurs toxicologiques de référence

L'ATSDR propose, pour l'isomère *trans*, un MRL de 0,794 mg/m³ (0,2 ppm) pour une exposition aiguë par inhalation (1996).

Cette valeur a été établie à partir d'une étude expérimentale réalisée chez des rats, exposés par inhalation à 200, 1 000 ou 3 000 ppm de *trans*-1,2 dichloroéthylène durant 8 heures (Freundt *et al.*, 1977). A la dose la plus faible, des effets hépatiques ont été notés. Ce LOAEL a servi à calculer un MRL de 0,2 ppm pour les expositions aiguës par inhalation.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 a été appliqué car la valeur utilisée est un LOAEL, un facteur 10 pour l'extrapolation de données animales vers l'homme et un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Calcul : $200 \text{ ppm} \times 1/1\,000 = 0,2 \text{ ppm}$

L'ATSDR propose, pour l'isomère *trans*, un MRL de 0,794 mg/m³ (0,2 ppm) pour une exposition subchronique par inhalation (1996).

Cette valeur a été établie à partir d'une étude expérimentale réalisée chez des rats, exposés par inhalation à 200 ppm de *trans*-1,2 dichloroéthylène durant 8 ou 16 semaines (8 h/j, 5 j/sem) (Freundt *et al.*, 1977). A cette dose, des effets hépatiques ont été notés. Ce LOAEL a servi à calculer un MRL de 0,2 ppm pour les expositions intermédiaires par inhalation.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 a été appliqué car la valeur utilisée est un LOAEL, un facteur 10 pour l'extrapolation de données animales vers l'homme et un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population.

Calcul : $200 \text{ ppm} \times 1/1\,000 = 0,2 \text{ ppm}$

L'ATSDR propose, pour l'isomère *cis*, un MRL de 1 mg/kg/j pour une exposition aiguë par voie orale (1996).

Cette valeur a été établie à partir d'une étude expérimentale réalisée chez des rats exposés par gavage au *cis*-1,2 dichloroéthylène à des doses allant jusqu'à 1 900 mg/kg/j durant 14 jours (McCauley *et al.*, 1990). Un NOAEL de 97 mg/kg/j a été établi pour les effets sanguins et a servi à calculer un MRL de 1 mg/kg/j pour les durées aiguës par voie orale.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 est appliqué pour l'extrapolation de données animales vers l'homme et un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population.

Calcul : $97 \text{ mg/kg/j} \times 1/100 = 0,97 \text{ mg/kg/j}$ (arrondi à 1)

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

L'ATSDR propose, pour l'isomère *cis*, un MRL de 0,3 mg/kg/j pour une exposition subchronique par voie orale (1996).

Cette valeur a été établie à partir d'une étude expérimentale réalisée chez des rats exposés par gavage au *cis*-1,2 dichloroéthylène à des doses allant jusqu'à 870 mg/kg/j durant 90 jours (McCauley *et al.*, 1990). Un NOAEL de 32 mg/kg/j a été établi pour les effets sanguins et a servi à calculer un MRL de 0,3 mg/kg/j pour les durées intermédiaires.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 est appliqué pour l'extrapolation de données animales vers l'homme et un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population.

Calcul : $32 \text{ mg/kg/j} \times 1/100 = 0,32 \text{ mg/kg/j}$ (arrondi à 0,3).

L'ATSDR propose, pour l'isomère *trans*, un MRL de 0,2 mg/kg/j pour une exposition subchronique par voie orale (1996).

Cette valeur a été établie à partir d'une étude expérimentale réalisée chez des souris, exposées au *trans*-1,2 dichloroéthylène *via* l'eau de boisson à des doses allant jusqu'à 452 mg/kg/j durant 90 jours (Barnes *et al.*, 1985). Un NOAEL de 17 mg/kg/j a été établi pour les effets hépatiques et a servi à calculer un MRL de 0,2 mg/kg/j pour les durées intermédiaires.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 est appliqué pour l'extrapolation de données animales vers l'homme et un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population.

Calcul : $17 \text{ mg/kg/j} \times 1/100 = 0,17 \text{ mg/kg/j}$ (arrondi à 0,2).

L'US EPA (IRIS) propose, pour l'isomère *trans*, un RfD de 0,02 mg/kg/j pour une exposition chronique par voie orale (1989).

Cette valeur a été établie à partir d'une étude expérimentale réalisée chez des souris, exposées au *trans*-1,2 dichloroéthylène *via* l'eau de boisson à des doses allant jusqu'à 452 mg/kg/j durant 90 jours (Barnes *et al.*, 1985). Un NOAEL de 17 mg/kg/j a été établi pour les effets hépatiques et a servi à calculer un RfD de 0,02 mg/kg/j pour une durée d'exposition chronique.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 est appliqué pour l'extrapolation de données animales vers l'homme, un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population et un facteur 10 en raison de l'utilisation de données obtenues après une exposition intermédiaire et non pas chronique.

Calcul : $17 \text{ mg/kg/j} \times 1/1\,000 = 0,017 \text{ mg/kg/j}$ (arrondi à 0,02).

L'OMS propose une DJT de $17 \cdot 10^{-3} \text{ mg/kg}$ (2004).

Cette valeur a été calculée en appliquant un facteur d'incertitude de 1 000 au NOAEL de 17 mg/kg/j pour les effets sur le foie, établi lors d'une étude de toxicité par voie orale (via l'eau de boisson) de 90 jours chez la souris (Barnes *et al.*, 1985).

Remarque : cette étude a été réalisée sur l'isomère *trans* mais la valeur guide est commune aux deux isomères car la toxicité s'est manifestée, pour l'isomère *trans*, à des doses plus faibles que pour l'isomère *cis*. De plus, il semble que la souris soit plus sensible que le rat (OMS, 1996).

Facteurs d'incertitude : un facteur 100 est appliqué pour les variations inter et intraspécifiques et un facteur 10 pour tenir compte de la courte durée de l'étude.

Calcul : $17 \text{ mg/kg/j} \times 1/1\,000 = 0,017 \text{ mg/kg/j}$

3.4.2 Valeurs toxicologiques de référence de Santé Canada, du RIVM et de l'OEHHA

Valeurs toxicologiques de référence pour des effets avec seuil

Substances chimiques	Source	Voie d'exposition	Facteur d'incertitude	Valeur de référence	Année de révision
Isomère <i>cis</i> Isomère <i>trans</i>	RIVM	Inhalation	? 3 000	TCA = $3 \cdot 10^{-2} \text{ mg/m}^3$ (provisoire) TCA = $6 \cdot 10^{-2} \text{ mg/m}^3$ (provisoire)	2001 2001
Isomère <i>cis</i> Isomère <i>trans</i>	RIVM	Orale	5 000 1 000	TDI = $6 \cdot 10^{-3} \text{ mg/kg/j}$ TDI = $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ mg/kg/j}$	2001 2001

Valeurs toxicologiques de référence pour des effets sans seuil

Non disponibles.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Justification scientifique des valeurs toxicologiques de référence

Le RIVM propose, pour l'isomère *cis*, une pTCA (TCA provisoire) de $3 \cdot 10^{-2}$ mg/m³ pour une exposition chronique par inhalation (Baars *et al.*, 2001).

Pour le RIVM, il n'existe pas d'étude appropriée permettant de calculer une concentration tolérable dans l'air pour le *cis*-dichloroéthylène. La TCA a donc été calculée provisoirement à partir de la dose journalière admissible (TDI) pour l'isomère *cis* (extrapolation voie-à-voie). La méthode d'extrapolation utilisée n'est pas précisée. Pour le RIVM, la fiabilité de cette valeur est faible.

Le RIVM propose, pour l'isomère *trans*, une pTCA (TCA provisoire) de $6 \cdot 10^{-2}$ mg/m³ pour une exposition chronique par inhalation (Baars *et al.*, 2001).

Cette valeur a été établie à partir de l'étude expérimentale de Freundt (Freundt *et al.*, 1977) décrite plus haut. Des effets hépatiques et pulmonaires ont été notés chez le rat, exposé durant 8 heures à la dose la plus faible testée soit 780 mg/m³ (équivalent à 185 mg/m³ en exposition continue). La TCA est provisoire car elle est issue d'un LOAEL provenant d'une étude de toxicité aiguë. Pour le RIVM, la fiabilité de cette valeur est faible.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 a été appliqué car la valeur utilisée est un LOAEL, un facteur 10 pour l'extrapolation de données animales vers l'homme, un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population et un facteur 3 pour la durée limitée de l'étude.

Calcul : $185 \text{ mg/m}^3 \times 1/3\ 000 = 0,06 \text{ mg/m}^3$

Le RIVM propose, pour l'isomère *cis*, une TDI de $6 \cdot 10^{-3}$ mg/kg/j pour une exposition chronique par voie orale (Baars *et al.*, 2001).

Cette valeur a été établie à partir de l'étude expérimentale de McCauley (McCauley *et al.*, 1990) décrite plus haut. Un NOAEL de 32 mg/kg/j a été établi chez des rats exposés par gavage durant 90 jours au *cis*-1,2 dichloroéthylène. Pour le RIVM, la fiabilité de cette valeur est moyenne.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 a été appliqué pour l'extrapolation de données animales vers l'homme, un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population, un facteur 10 pour la durée limitée de l'étude et un facteur 5 pour le fait que l'isomère *cis* est génotoxique.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Calcul : $32 \text{ mg/kg/j} \times 1/5\,000 = 0,006 \text{ mg/kg/j}$.

Le RIVM propose, pour l'isomère *trans*, une TDI de $1,7 \cdot 10^{-2} \text{ mg/kg/j}$ pour une exposition chronique par voie orale (Baars *et al.*, 2001).

Cette valeur a été établie à partir de l'étude expérimentale de Barnes (Barnes *et al.*, 1985) décrite plus haut. Un NOAEL de 17 mg/kg/j a été établi chez des souris exposées par l'eau de boisson durant 90 jours au *trans*-1,2 dichloroéthylène. Pour le RIVM, la fiabilité de cette valeur est moyenne.

Facteurs d'incertitude : un facteur 10 a été appliqué pour l'extrapolation de données animales vers l'homme, un facteur 10 pour la variabilité au sein de la population, et un facteur 10 pour la durée limitée de l'étude.

Calcul : $17 \text{ mg/kg/j} \times 1/1\,000 = 0,017 \text{ mg/kg/j}$

4. DONNEES ECOTOXICOLOGIQUES

L'objectif de ce document est d'estimer les effets à long terme sur la faune et la flore, les résultats nécessaires à cette évaluation sont présentés. Lorsqu'un nombre suffisant de résultats

d'écotoxicité chronique est disponible, les résultats d'écotoxicité aiguë ne sont pas fournis. Lorsque l'écotoxicité chronique n'est pas suffisamment connue, les résultats d'écotoxicité aiguë sont présentés et peuvent servir de base pour l'extrapolation des effets à long terme.

4.1 Paramètres d'écotoxicité aiguë

4.1.1 Organismes aquatiques

Organisme	Espèce	Critère d'effet	Valeur (mg/L)	Référence
Poissons	<i>Lepomis macrochirus</i>	CL ₅₀ (96 h)	140	Buccafusco <i>et al.</i> , 1981
Micro-crustacés	<i>Daphnia magna</i>	CL ₅₀ (48 h)	220	LeBlanc, 1980
	<i>Artemia salina</i>	CL ₅₀ (24 h)	6,8	Sanchez-Fortun, 1997

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Micro-crustacés :

L'essai mené par LeBlanc (1980) sur *Daphnia magna* a été réalisé selon le protocole de l'US-EPA, 1975 (« Methods for acute toxicity tests with fish, macroinvertebrates, and amphibians »). L'isomère testé est l'isomère *trans*. L'oxygène dissous était supérieur à 6,5 mg/L, et le pH était compris entre 6,7 et 9,4. Les récipients d'essai étaient fermés pour limiter la volatilisation de la substance mais aucun dosage n'a été effectué.

Le protocole expérimental précise que bien qu'il n'y ait pas eu de suivi analytique, (LC50 établie à partir des concentrations nominales), le test a été réalisé en système clos : on peut considérer que les pertes par volatilisation sont limitées. L'essai est donc considéré valide avec restrictions.

Les essais réalisés par Sanchez-Fortun *et al.* (1997) se sont portés sur une espèce de micro-crustacé marin : *Artemia salina*. Les résultats sont exprimés en concentrations nominales et les systèmes d'essais n'étaient pas fermés.

Ce résultat ne sera pas retenu.

Poissons :

Dans les essais réalisés par Buccafusco *et al.* (1981) sur *Lepomis macrochirus* (Bluegill) les récipients d'essais étaient fermés. Cependant, les conditions de l'étude étaient statiques et il est mentionné que les valeurs en oxygène dissous sont passées de 9.7 mg/L à 0.3 mg/L après une exposition de 96 heures.

Une telle diminution de la teneur en oxygène dissous invalide cet essai.

4.1.2 Organismes terrestres

Il n'existe pas de donnée d'écotoxicité terrestre valide.

4.2 Paramètres d'écotoxicité chronique

4.2.1 Organismes aquatiques

Il n'existe pas de donnée d'écotoxicité à long terme aquatique valide.

4.2.2 Organismes terrestres

Il n'existe pas de donnée d'écotoxicité terrestre valide.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

5. VALEURS SANITAIRES ET ENVIRONNEMENTALES

5.1 Étiquetage - Milieu de travail

France : Arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances chimiques complété jusqu'à la directive 2004/73/CE de la commission du 29 avril 2004 portant la 29^e adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE.

Classification : F; R11, Xn; R20, R52-53

Phrases de risque : R 11 - 20 - 52/53

Conseil de prudence : S 2 - 7 - 16 - 29 - 61

Indication de danger : F, Xn

Concentration	Classification
C = 25 %	Xn; R20-52/53
12,5 % = C < 25 %	Xn; R20

5.2 Nomenclature Installations Classées (IC)

France : Décret n°53-578 du 20 mai 1953 modifié relatif à la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement mise à jour par le Ministère de l'écologie et du développement durable « Nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement » (2002).

La liste des rubriques mentionnées est indicative et ne se veut pas exhaustive.

Rubriques : : 1430 cat B - 1175 -2564

5.3 Valeurs utilisées en milieu de travail - France

Notes documentaires INRS ND 2098 (2004) "Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France" et ND 2190-191-03 "Indices biologiques d'exposition".

✍ **Air** : non concerné

✍ **Indices biologiques d'exposition** : non concerné

5.4 Valeurs utilisées pour la population générale

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

5.4.1 Qualité des eaux de consommation

France :

Décret n° 2001 - 1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

Non concerné

UE :

Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (CE, 1998).

Non concerné

OMS :

Directives de qualité pour l'eau de boisson (OMS, 2004).

Teneur : 50 µg/L

5.4.2 Qualité de l'air

OMS :

Directives de qualité pour l'air (2000).

Non concerné

5.4.3 Valeurs moyennes dans les milieux biologiques

Il n'existe pas d'information concernant les teneurs en 1,2-dichloroéthylène dans les milieux biologiques tels que sang, lait, urine, tissu graisseux. Ce composé n'est pas présent de façon naturelle dans l'environnement. Il n'a pas pu être détecté dans la nourriture et est rarement décelé au niveau de l'eau de boisson (ATSDR, 1996).

5.5 Concentrations sans effet prévisible pour l'environnement (PNEC). Propositions de l'INERIS

Il n'est pas possible de proposer une PNEC compte tenu du manque de données d'écotoxicité.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

6. METHODES DE DETECTION ET DE QUANTIFICATION DANS L'ENVIRONNEMENT

6.1 Familles de substances

Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV).

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

6.2 Principes généraux

6.2.1 Eau

Prélèvement :

Prélèvement en flacon scellé : au moment du prélèvement, bien rincer le flacon avec l'eau à analyser et prélever au moins deux échantillons. L'emploi de flacon scellé type pénicilline est fortement conseillé. Lors du transport, éviter les brusques variations de température. L'analyse doit être effectuée dans les meilleurs délais et les échantillons maintenus à l'obscurité, dans une enceinte froide (4 °C) jusqu'à l'analyse.

Extraction :

L'extraction courante des composés peut être réalisée par quatre méthodes :

- ✍ par « *headspace* » : l'échantillon est chauffé à une température constante pendant environ une heure. Il se crée un équilibre entre la phase aqueuse et la phase vapeur.
- ✍ par « *purge and trap* » : l'échantillon d'eau est chauffé et balayé par un flux connu de gaz inerte, puis les vapeurs sont entraînées à travers un piège adsorbant solide, servant à collecter les composés organiques. Le piège est ensuite chauffé sous balayage d'un flux connu de gaz inerte, pour entraîner une désorption des composés visés.
- ✍ ?par extraction liquide/liquide : l'échantillon d'eau est extrait par un solvant organique, en général le pentane.
- ✍ ?par SPME (Solid Phase Micro Extraction) : cette méthode offre une sensibilité intermédiaire entre la méthode *headspace* et la méthode *purge and trap*. Le principe consiste à introduire une fibre de silice (diamètre 0,5 mm) dans la phase gazeuse de l'échantillon mis à chauffer en flacon serti. La fibre va ainsi concentrer par un transfert de matière (dû à la polarité de la fibre) les polluants présents en phase gazeuse vers la phase solide de la fibre. Dans un deuxième temps, la fibre est désorbée thermiquement dans l'injecteur du chromatographe. Le processus analytique est ensuite identique à celui de la méthode *headspace* (CG/ECD, CG/MS). Les cinétiques d'absorption/désorption étant délicates à maîtriser, il y a lieu à chaque fois (changement de matrice de l'échantillon) de bien optimiser ces paramètres. C'est cependant une méthode qui commence à être couramment utilisée dans les laboratoires (méthode intéressante pour faire un balayage rapide des échantillons à analyser).

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Dosage :

Quel que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse et dans un deuxième temps détection et dosage par un détecteur FID ou spécifique (PID ou SM). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente.

6.2.2 Air

Prélèvement :

Prélèvement sur tube de charbon actif : étalonnage de chaque pompe de prélèvement avec un tube de charbon actif représentatif en ligne. Avant l'échantillonnage, enlever les extrémités du tube de charbon actif et fixer le tube de charbon actif à la pompe de prélèvement avec un flexible. Le tube de charbon actif est constitué de deux zones de charbon actif de 20/40 mesh (100 mg, 50 mg). Le débit est fixé entre 0,01 et 0,2 L/min pour l'obtention d'un volume d'échantillon de 1 à 30 litres.

Extraction :

Récupérer les deux zones du tube de charbon actif séparément.

Désorption du dichloroéthylène par voie chimique au moyen de disulfure de carbone, ce pour chaque zone et en utilisant si possible un étalon interne tel que l'éthylbenzène, l'octane etc. Mise sous agitation pendant environ 30 minutes.

Dosage

Quel que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse et dans un deuxième temps détection et dosage par un détecteur FID ou spécifique (PID ou SM). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

6.2.3 Sols

Prélèvement :

Prélèvement *in situ* des gaz : Les gaz du sol sont prélevés par aspiration à partir d'une canne enfoncée dans le sol pour être analysés sur le site ou au laboratoire. Le débit ne doit pas être trop élevé pour éviter l'aspiration de l'air atmosphérique. Il est généralement de l'ordre de 300 mL/min à 500 mL/min pour les mesures faites à l'aide d'analyseurs portables et ne devra pas dépasser 2 L/min pour les tubes d'adsorption.

Prélèvement d'un échantillon de sol : Il est conseillé d'éviter au maximum tout remaniement des échantillons. Il est impossible d'obtenir des échantillons composites sans pertes sévères en produits volatils. Les échantillons de sols doivent être transportés et conservés en bocaux hermétiques en verre, à l'obscurité et au froid à 4 ± 2 °C. L'analyse de l'échantillon doit se faire dans les plus brefs délais (48 h max.). La conservation maximale de l'échantillon est de 4 jours.

Extraction :

a) Concentrations inférieures à 1 mg/kg :

Un aliquote de l'échantillon de sol est mis en suspension dans de l'eau contenant des étalons. L'ensemble est chauffé. Un balayage de gaz inerte au sein de la suspension entraîne les composés volatils qui sont ensuite piégés sur un adsorbant solide (par exemple Tenax®, ou Carbotrap® à base de carbone graphitisé). Les COV (dont les dichloroéthylènes) sont ensuite désorbés thermiquement du tube et entraînés par un flux connu de gaz inerte vers la colonne chromatographique.

b) Concentrations supérieures à 1 mg/kg :

L'échantillon de sol est extrait par un solvant polaire (du méthanol par exemple). Une fraction de l'extrait est ajoutée à une solution aqueuse, cette fraction dépendant de la concentration de COV attendue. On considère ensuite cette solution aqueuse en headspace, en purge and trap ou en SPME.

Dosage

Quel que soit la matrice, le dosage se fait dans un premier temps par séparation des composés par un système de chromatographie en phase gazeuse et dans un deuxième temps détection et dosage par un détecteur FID ou spécifique (PID ou SM). Pour le système de chromatographie, différents types de colonnes peuvent être utilisés en fonction de la matrice présente.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

6.3 Principales méthodes

6.3.1 Présentation des méthodes

A. ISO/DIS 15009 (1999) : Qualité du sol - Détermination par chromatographie en phase gazeuse des teneurs en hydrocarbures aromatiques volatils, en naphthalène et en hydrocarbures halogénés volatils - Méthode de purge et de piégeage avec désorption thermique.

Domaine d'application

La présente norme internationale s'applique à tous les types de sols. La limite inférieure de détermination dépend du matériel utilisé et de la qualité du méthanol utilisé pour l'extraction de l'échantillon de sol. Dans les conditions spécifiées de la présente norme, la limite inférieure de détermination du dichloroéthylène est de 0,01 mg/kg.

Principe

Les échantillons pour essai sont prélevés sur un échantillon de sol brut provenant du terrain, sans traitement préalable.

L'échantillon pour essai est extrait par du méthanol, une partie de l'extrait méthanolique est placée dans un récipient de purge rempli d'eau. Les composés volatils dont les dichloroéthylènes sont entraînés avec de l'azote ou de l'hélium et adsorbés par un agent d'adsorption approprié (Tenax® par exemple). Les composés adsorbés sont désorbés thermiquement puis dirigés vers le CG par le gaz vecteur. Les différents composés sont ensuite séparés à l'aide d'une colonne capillaire de faible polarité. Les dichloroéthylènes seront dosés par un détecteur à ionisation de flamme (FID).

Interférences

Une contamination par l'atmosphère du laboratoire peut se produire, il est donc préférable d'effectuer la détermination dans un local en légère surpression et de ne pas utiliser de solutés contenant du dichloroéthylène dans ce local.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

B. XP X 31- 612 (1997) : Qualité du sol - Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions - Mesures in situ des COV dans les gaz du sol et du sous-sol d'un site.

Domaine d'application

Le document décrit deux méthodes de dosage des COV (dont le dichloroéthylène) prélevés en direct dans les gaz du sol et du sous-sol d'un site. La détermination d'un indice global COV peut être effectuée à l'aide de deux types de détecteurs : le détecteur à ionisation de flamme FID ou le détecteur à photo-ionisation PID. Ces méthodes semi-quantitatives ont pour but de fournir une évaluation de la répartition spatiale des COV dans la zone non saturée du sol et du sous-sol.

Principe

Détecteur FID : Les gaz prélevés *in situ* à l'aide d'une pompe sont acheminés vers une cellule où ils s'ionisent sous l'action d'un brûleur alimenté par de l'hydrogène ou un mélange H₂/He en présence d'O₂ ou d'air. Pour un échantillon donné, l'intensité du courant d'ionisation produit est proportionnelle à la quantité d'ions formés.

Détecteur PID : Les gaz prélevés *in situ* à l'aide d'une pompe sont acheminés vers une chambre de mesure où ils sont ionisés par le flux d'énergie d'une lampe (10 eV). Les ions produits génèrent un courant électrique mesurable.

Interférences

Un certain nombre de facteurs peuvent perturber les mesures effectuées avec l'un ou l'autre des détecteurs. Les principaux sont :

- ✍ Pour le PID : l'humidité du gaz qui entraîne une diminution du signal, et les poussières qui affectent la réponse en absorbant la lumière UV et en réduisant l'énergie émise.
- ✍ Pour le FID : le taux d'oxygène du gaz est important. Sa diminution entraîne une diminution du signal, voire une extinction de la flamme (O₂ < 15 %).

Pour les deux détecteurs : les ondes électromagnétiques, les fortes concentrations, les variations de débit du gaz prélevé entraînent une instabilité de la réponse ; le taux d'humidité du sol influence la teneur en phase gazeuse des COV.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

C. XP X 31- 613 (1997) : Qualité des sols - Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions - Prélèvement dynamique des gaz dans les sols en vue d'un criblage de terrain.

Domaine d'application

Cette norme présente les différentes méthodes de prélèvement de gaz qui peuvent être mises en œuvre lors d'un criblage de terrain. Les échantillons peuvent être traités sur place en ligne ou prélevés pour analyse en laboratoire. Les méthodes ne concernent que les mesures de gaz à faible profondeur (< 3 mètres), dans des sols à perméabilité moyenne (10^{-5} m/s) et en zone non saturée. Elles sont également limitées par la résistance du milieu à l'enfoncement de la canne de prélèvement et la perméabilité du sol. Les méthodes permettent de détecter et de délimiter une zone polluée par une analyse de la phase gazeuse interstitielle de la zone non saturée. Les mesures réalisées n'ont qu'un caractère semi-quantitatif.

Principe

Une fois la canne enfoncée à la profondeur désirée, elle est reliée à un système de pompage par l'intermédiaire d'un tube inerte.

L'opération comprendra les trois étapes suivantes :

- ✍ Purge du système pour éliminer l'air ambiant du système de prélèvement. Le pompage de cinq fois son volume est recommandé avant la mesure ou le prélèvement.
- ✍ Prélèvement des gaz :
 - par connexion à la canne d'un tube inerte (ce qui permet une mesure immédiate en continu) ;
 - par une seringue volumétrique étanche au gaz à travers un septum ou un tube inerte placé sur le circuit (ce qui permet une analyse sur site à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse) ;
 - par aspiration d'un volume connu de gaz à travers un tube d'adsorption (ce qui permet une analyse immédiate ou ultérieure) ;
 - par collecte des gaz du sol dans des conteneurs souples et rigides (ce qui permet une analyse ultérieure de contrôle) ;
- ✍ Nettoyage du système à chaque fois que la canne est retirée du sol.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Interférences

Les conditions climatiques et météorologiques ont une grande influence sur les gaz des sols. En effet, les mesures ne sont pas recommandées dans certaines conditions climatiques comme par exemple les périodes de gel ou de fortes pluies.

D. NF EN ISO 10301 (1997) - Qualité de l'eau - Dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils - Méthodes par chromatographie en phase gazeuse.

Domaine d'application

La norme prescrit deux méthodes pour le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils (dont le dichloroéthylène), par chromatographie en phase gazeuse.

La première méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils par extraction liquide/liquide dans les eaux potables, les eaux souterraines, les eaux de piscine, la plupart des eaux de rivières et de lac, de nombreuses eaux usées et de nombreux effluents industriels. La valeur limite de quantification pour le dichloroéthylène est de 5 à 50 µg/L pour le *cis* et de 1 à 10 µg/L pour le *trans*.

La deuxième méthode permet le dosage des hydrocarbures halogénés hautement volatils dans les eaux potables, les eaux de surface et les eaux souterraines, par une méthode d'espace de tête statique. La valeur limite de quantification pour le dichloroéthylène est de 50 µg/L pour le *cis* et de 25 µg/L pour le *trans*.

Principe

Méthode par extraction liquide/liquide

Les hydrocarbures halogénés très volatils sont extraits dans un solvant organique. L'extrait est ensuite analysé par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Méthode par espace de tête

Un volume fixe d'échantillon est prélevé dans des flacons hermétiquement fermés, sertis ou scellés, tous identiques. Les flacons sont maintenus à température constante dans un système à température régulée dans des conditions propres à obtenir l'équilibre thermodynamique entre la phase liquide et la phase gazeuse. La teneur de la phase gazeuse en dichloroéthylène, représentative de la teneur du prélèvement, est ensuite déterminée par chromatographie en phase gazeuse, avec détection ECD. Deux approches d'étalonnage sont détaillées, étalonnage interne ou étalonnage externe.

Interférences

Méthode par extraction liquide/liquide

Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage, aux flacons et aux bouchons, aux solvants, aux gaz, aux composés organiques présents dans l'atmosphère du laboratoire et à la contamination de l'appareil d'échantillonnage automatique.

Méthode par espace de tête

Les interférences peuvent être dues à la procédure d'échantillonnage et de l'analyse. Il est recommandé d'effectuer des essais à blanc.

Pour les échantillons dont la teneur totale en matières dissoutes est supérieure à 5 mg/L, les effets de matrice peuvent influencer les conditions d'équilibre. Dans ce cas, préparer des solutions étalons et de blanc dont la teneur totale en matières dissoutes est proche de celle des échantillons.

Éviter la contamination de l'échantillon par l'air du laboratoire.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

E. EPA 5030A (1992) : Purge and Trap.

Domaine d'application

La méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le dichloroéthylène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. La méthode EPA 5030A peut être utilisée pour la plupart des composés organo-volatils qui ont un point d'ébullition au dessous de 200 °C et sont insolubles ou légèrement solubles dans l'eau. Les composés volatils solubles dans l'eau peuvent être inclus dans cette technique analytique, toutefois, les limites de quantification (par GC ou GC/MS) sont approximativement 10 fois plus élevées.

La méthode décrit la préparation de l'échantillon (matrice liquide ou solide) et l'extraction pour l'analyse des organo-halogénés volatils (dont le dichloroéthylène) par purge and trap. La détection peut être effectuée selon les diverses méthodes EPA suivantes : **EPA 8021A (1994)** « *Dosage des composés volatils halogénés par chromatographie gaz avec colonne capillaire, utilisation des détecteurs PID et ECD en série* », **EPA 8260A (1994)** « *Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse avec colonne capillaire* ».

La méthode de dosage **EPA 8021A** permet de doser les composés volatils halogénés à des concentrations de l'ordre de 0,1 µg/L à 200 µg/L. La limite de quantification pour le dichloroéthylène est de 1 µg/L dans les échantillons d'eau de surface. La limite estimée de quantification par la méthode **EPA 8260A** pour le dichloroéthylène est de 5 µg/L dans les échantillons d'eau de surface.

La limite de quantification pour le dichloroéthylène dans les sols et sédiments humides est de 1 µg/kg par la méthode **EPA8021A**.

La limite estimée de quantification par la méthode **EPA 8260A** pour un composé individuel (par exemple le dichloroéthylène) est de 5 µg/kg pour les sols ou sédiments humides.

Dans les déchets humides, la limite de quantification du dichloroéthylène est de 0,1 mg/kg selon la méthode **EPA 8021A** et de 0,5 mg/kg selon la méthode **EPA 8060A**.

Principe

Échantillon d'eau : un gaz inerte barbotte dans le flacon contenant l'échantillon d'eau à température ambiante. Un équilibre s'établit entre la composition de la phase liquide et celle de la phase gazeuse. On piège ensuite la phase gazeuse sur colonne et on l'analyse après désorption thermique.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Échantillon de sol ou de sédiments :

1. Concentrations inférieures à 1 mg/kg : L'échantillon de sol est mis en solution dans de l'eau contenant des standards internes ; l'ensemble est chauffé à 40 °C. Un gaz inerte bulle dans la solution et entraîne les composés volatils qui sont ensuite piégés par un support adsorbant solide. Les COV (dont les dichloroéthylènes) sont ensuite désorbés thermiquement sous flux gazeux et entraînés vers le chromatographe.
2. Concentrations supérieures à 1 mg/kg : L'échantillon de sol est extrait par du méthanol. Une fraction de l'extrait est ajoutée à une solution aqueuse, cette fraction dépendant de la concentration de COV attendue. La suite du protocole est exactement la même que ci-dessus.

Interférences

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbones et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection. Les sources majeures de contaminations sont les matériaux volatils présents dans le laboratoire et les impuretés présentes dans le gaz inerte et dans la trappe d'ions. L'utilisation de tubes plastiques, ou le contrôle de débit avec des composés en caoutchouc doivent être évités. La prise d'essai de l'extrait méthanolique pour les concentrations supérieures à 1 mg/kg doit être minimale, ce pour éviter de saturer le support solide.

F. NF X 43-252 (1991). Qualité de l'air - Échantillonnage et analyse des polluants gazeux sur charbon actif - Prélèvement par pompage.

Domaine d'application

Cette méthode peut être utilisée pour la vérification du respect des VLE et VME recommandées par le ministère chargé du travail. Établie pour des substances de pureté analytique usuelle pour chromatographie, la méthode devra faire l'objet de vérifications et d'adaptation pour l'étude d'expositions réelles, en particulier dans les cas d'atmosphères complexes, de niveaux très faibles de concentration, de substances particulièrement gazeuses (par exemple gazeuses à la température ordinaire), d'hygrométrie élevée, ou de la mise en œuvre de quantité réduite de charbon.

La méthode ne convient pas au suivi en temps réel de l'évolution d'une pollution ; elle fournit, quand elle est applicable, une valeur moyenne de concentration sur le temps de prélèvement.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Le dichloroéthylène est ensuite désorbé du charbon par du disulfure de carbone et dosé en chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme, mais toute autre méthode de détection de performance au moins équivalente peut être employée.

Principe

Le charbon actif possède la propriété de fixer les vapeurs de nombreux produits organiques. Dans certaines conditions, la quantité fixée sur un tube correspondant à un volume d'air déterminé, aspiré à l'aide d'une pompe, permet de calculer la concentration moyenne des vapeurs de dichloroéthylènes dans l'air prélevé pendant la durée de pompage.

Les dichloroéthylènes sont ensuite désorbés du charbon par du disulfure de carbone et dosés en chromatographie gazeuse avec détection par ionisation de flamme, mais toute autre méthode de détection de performance au moins équivalente peut être employée.

Interférences

La capacité globale de fixation du charbon actif décroît avec la concentration du polluant et la présence d'autres composés.

G. EPA 3810 (1986) Espace de tête statique

Domaine d'application

Cette méthode permet de déterminer les composés organiques volatils (dont le dichloroéthylène) dans une variété de matrices. Elle est applicable aux échantillons d'eau, d'eau de surface, aux déchets, aux solvants usés, aux huiles usées, aux sols, aux sédiments. Cette technique est moins fiable que la technique purge and trap et ne doit être utilisée que pour avoir une première évaluation de la contamination de l'échantillon. D'autre part, la technique n'est efficace que pour les composés organo-halogénés volatils dont le point d'ébullition est inférieur à 125 °C.

La méthode dite « espace de tête statique » doit son nom à la technique mise en œuvre pour l'extraction des composés organo-volatils. C'est une méthode simple qui permet de faire un balayage rapide des échantillons à analyser. La détection des organo-halogénés volatils (dont le dichloroéthylène) peut être effectuée selon les diverses méthodes EPA suivantes **EPA 8010B (1994)** « *Dosage des composés organo-halogénés volatils* » et **EPA 8240B (1994)** « *Dosage des composés organiques volatils par chromatographie gaz couplée à la spectrométrie de masse* ». La sensibilité de la méthode dépend de l'équilibre des différents composés entre la phase gazeuse et la phase liquide.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Principe

L'échantillon est placé dans un flacon scellé jusqu'à l'obtention d'un équilibre thermodynamique à 90 °C. Une seringue prélève alors une fraction de la phase gazeuse et l'injecte directement dans le chromatographe.

Interférences

Les échantillons peuvent être contaminés par diffusion de composés organiques volatils (en particulier les chlorofluorocarbones et le chlorure de méthylène) au niveau du système d'injection.

L'étalonnage et les blancs de manipulation fournissent l'information sur la présence de contaminants.

Éviter de passer des échantillons peu pollués en composés après des échantillons fortement pollués car il y a risque d'effet mémoire. Pour pallier ce problème, laver la seringue avec un détergent, la rincer avec de l'eau distillée et la sécher au four à 105 °C.

6.3.2 Tableau de synthèse

	Air	Eaux	Sols
Échantillonnage et pré-traitement	F	D	C
Extraction	F	D, E, G	A, B, E, G
Dosage	F	D, E, G	A, B, E, G

7. BIBLIOGRAPHIE

ATSDR (1996) - Toxicological Profile for 1,2-dichloroethene. U.S. Department of Health and Human Services. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>.

Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M., Hesse J.M., van Apeldoorn M.E., Meijerink M.C.M., Verdam L. and Zeilmaker M.J. (2001) - Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels RIVM, Rijnsinstituut voor volksgezondheid en milieu. report 711 701 025.

Barnes D.W., Sanders V.M., White K.L., Jr., Shopp G.M., Jr. and Munson A.E. (1985) - Toxicology of *trans*-1,2-dichloroethylene in the mouse. *Drug Chem Toxicol*, **8**, 5, 373-392.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Brock W.J. (1990) - Acute toxicity studies with *trans*-1,2 dichloroethylene (DCE). *J Am Coll Toxicol*, **1**, 10-11.

Buccafusco R.J., Ells S.J. and LeBlanc G.A. (1981) - Acute Toxicity of Priority Pollutants to Bluegill (*Lepomis macrochirus*). *Bull Environ Contam Toxicol*, **26**, 4, 446-452.

CE (1998) - Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998. Communauté européenne. Bruxelles, Belgique.

CITI (1992) - Biodegradation and Bioaccumulation data of existing chemicals based on the CSDL Japan. Chemicals Inspection and Testing Institute. Japan.

Freundt K.J., Liebaldt G.P. and Lieberwirth E. (1977) - Toxicity studies on *trans*-1,2-dichloroethylene. *Toxicology*, **7**, 2, 141-153.

Goodman M.A., Tuazon E.C., Atkinson R. (1986) A study of the atmospheric reactions of chloroethanes with OH radicals. In: *192nd Natl Mtg*, ACS Div environ Chem 169 -171.

Gradiski D., Bonnet P. and Raoult G. (1978) - Comparative acute inhalation toxicity of the principal chlorinated aliphatic solvents. *Arch Mal Prof Med Trav Secur Soc*, **39**, 249-257.

Guide de la Chimie (2002) - 1,2-dichloroéthylène. Paris, CHIMEDIT, p 356

Hamilton A. (1934) - Industrial Toxicology. New York, Harper and Brothers, pp. 217-218.

Hayes J.R., Condie L.W. and Egle J.R. (1987) - The acute and subchronic toxicity in rats of *trans*-1,2-dichloroethylene in drinking water. *J Am Coll Toxicol*, **6**, 471-478.

Hempfling R., Doetsch P., Stubenrauch S., Mahr A., Bauer D., Koschmieder H.J. and Grünhoff D. (1997) - USM-System zur Atlantenbeurteilung - Instrumente für die pfadübergreifende Abschätzung und Beurteilung von atlasverdächtigen Flächen Institut Fresenius, Erlangen & Focon-Ingenieurgesellschaft, Aachen.

HSDB (2000) - 1,2-Dichloroethylene. Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine. <http://www.toxnet.nlm.nih.gov>.

Hurt M.E., Valentine R. and Alvarez L. (1993) - Developmental toxicity of inhaled *trans*-1,2-dichloroethylene in the rat. *Fundam Appl Toxicol*, **20**, 2, 225-230.

INRS (1988) - Fiche toxicologique 79 - 1,2 Dichloroéthylène. Institut National de Recherche et de Sécurité. http://www.inrs.fr/index_fla.html.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

JOCE (2004) - Commission Directive 2004/73/EC, 29th time Council directive 67/548EEC. *Official Journal of the European Communities*.

Kirk-Othmer (1979) - Encyclopedia of Chemical Technology. New York, John Wiley and Sons, vol 5, pp. 742-74, 3rd Ed.

Leblanc G.A. (1980) - Acute toxicity of priority pollutants to water flea (*Daphnia magna*). *Bull Environ Contam Toxicol*, **24**, 684-691.

Lehmann K.B. and Schmidt-Kehl L. (1936) - The thirteen most important chlorinated aliphatic hydrocarbons from the standpoint of industrial hygiene. *Arch für Hygiene*, **116**, 131.

Lide D.R. (1998) - Handbook of Chemistry and Physics. New-York, CRC Press. 78th Ed.

Lyman W.J., Reehl W.F. and Rosenblatt D.H. (1981) - Handbook of Chemical Property Estimation Methods : Environmental behavior of Organic Compounds. Washington, American Chemical Society.

McCauley P.T., Robinson M. and Condie L.W. (1990) - The effects of subacute and subchronic oral exposure to *cis*-1,2-dichloroethylene in rats. U.S. Environmental Protection Agency, Health Effects Research Laboratory and Air Force Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-Patterson AFB, OH. Cincinnati OH.

McCauley P.T., Robinson M., Daniel F.B. and Olson G.R. (1995) - The effects of subacute and subchronic oral exposure to *cis*-1,2-dichloroethylene in Sprague-Dawley rats. *Drug Chem Toxicol*, **18**, 2-3, 171-184.

McMillan D.A. (1986) - Toxicity of the *cis*- and *trans*- isomers of 1,2-dichloroethylene. *Diss Abstr Int B*, **47**, 111.

Mochida K., Gomyoda M. and Fujita T. (1995) - Toxicity of 1,1-dichloroethane and 1,2-dichloroethylene determined using cultured human KB cells. *Bull Environ Contam Toxicol*, **55**, 2, 316-319.

Mudder T.I. (1981) - Development of empirical structure biodegradability relationships and testing protocol for slightly soluble and volatile priority pollutants. *Diss Abstr Int B*, **42**, 1804.

Mudder T.I. and Musterman J.L. (1982) Development of empirical structure biodegradability relationships and biodegradability testing protocol for volatile and slightly soluble priority pollutants. In: *Presentation Amer Chem Soc Division Environmental Chemistry, Kansas City MO, September 1982*, 52-53.

1,2-DICHLOROÉTHYLÈNE

Munson A.E., Sanders V.M., Douglas K.A., Sain L.E., Kauffmann B.M. and White K.L., Jr. (1982) - *In vivo* assessment of immunotoxicity. *Environ Health Perspect*, **43**, 41-52.

OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe. World Health Organization. Copenhagen 2nd Ed.

OMS (2004) - Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization. Geneva. 3rd Ed.

Prager J.C. (1995) - Environmental contaminant Reference Databook, Van Nostrand Reinhold, vol 1.

Sanchez-Fortun S., Sanz F., Santa-Maria A., Ros J.M. and Barahona M.V. (1997) - Acute sensitivity of three age classes of *artemia salina* larvae to seven chlorinated solvents. *Bull Environ Contam Toxicol*, **59**, 3, 445-451.

STF (1991) - Database (Soil Transport and Fate Database and Model Management System), Environmental Systems and Technologies. CD.

Ullmann (1986) - 1,2-dichloroethylene. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim (Germany), VCH. W. Gerhartz, vol A6, pp. 294, 5th Ed.

US EPA (IRIS) (1989) - 1,2 dichloroethylènes (*cis* et *Trans*) - Reference dose for chronic oral exposure (RfD). <http://www.epa.gov/ngispgm3/iris/>.

US EPA (1992) - Dermal exposure assessment: principles and applications. EPA/600/8-91/011B. <http://www.epa.gov/epahome/search.html>.

US EPA (1996) - Soil Screening Guidance: Technical Background Document. Environmental Protection Agency. Washington. Publication 9355.4-17A -EPA/540/R-95/128-PB96-963502. <http://www.epa.gov/epahome/search.html>.

Verschueren K. (1996) - Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. New York, Van Nostrand Reinhold Co, pp. 755-756, 3rd Ed.