

TRICHLOROETHYLENE

Dernière mise à jour : 30/08/2007

RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : jean-marc.brignon@ineris.fr

EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

A. Gouzy : aurelien.gouzy@ineris.fr

Veillez citer ce document de la manière suivante :

INERIS, 2007. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : TRICHLOROETHYLENE, 33p. (<http://rsde.ineris.fr/>)

TRICHLOROETHYLENE

SOMMAIRE

1	Généralités	3
1.1	Définition et caractéristiques principales	3
1.2	Réglementations	3
2	Production et utilisations.....	7
2.1	Production et vente	8
2.2	Utilisations.....	9
2.3	Production accidentelle	12
2.4	Production naturelle	12
3	Rejets et présence dans l'environnement	12
3.1	Comportement dans l'environnement	12
3.2	Présence dans l'environnement	14
3.3	Principales sources de rejet.....	15
3.4	Rejets liés à la production de la substance	15
3.5	Rejets liés à l'utilisation de la substance	15
3.6	Pollutions historiques	18
4	Possibilités de réduction des rejets.....	18
4.1	Techniques alternatives pour le nettoyage	18
4.2	Produits de substitution.....	23
4.3	Réduction des émissions industrielles	24
5	Aspects économiques	27
5.1	Place de la substance dans l'économie française.....	27
5.2	Impact économique des mesures de réduction.....	28
6	Conclusions.....	28
7	Références.....	29
7.1	Entreprises, organismes et experts interrogés	29
7.2	Sites Internet consultés	30
7.3	Bibliographie	31

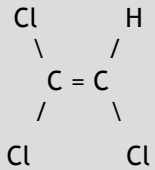
TRICHLOROETHYLENE

1 GENERALITES

1.1 Définition et caractéristiques principales

Le trichloroéthylène est principalement employé comme solvant et comme intermédiaire réactionnel. Les principales caractéristiques de cette substance sont reprises dans le tableau 1.1 ci-après.

Tableau 1.1 : Caractéristiques du Trichloroéthylène.

Substance chimique	N° CAS	N° EINECS	Code SANDRE	Synonymes	Forme physique (*)
Trichloroéthylène C_2HCl_3 	79-01-6	201-167-4	1286	Trichloréthylène Trichloroéthène Trichlorure d'éthylène Trichlorure d'acétylène	Liquide

(*) dans les conditions ambiantes habituelles

Le trichloroéthylène est un liquide incolore, d'odeur douce rappelant celle du chloroforme. Il est pratiquement insoluble dans l'eau (1 g.L⁻¹ d'eau à 20°C) mais miscible dans la plupart des solvants organiques. Sa pureté peut être supérieure à 99,9 % (ECB, 2004).

De plus, c'est un excellent solvant pour un grand nombre de substances synthétiques ou naturelles (INRS, 2002).

1.2 Réglementations

1.2.1 Classification

Sauf mention contraire, les données présentées ci dessous sont issues de la fiche de données toxicologiques et environnementales de l'INERIS (2005a).

TRICHLOROETHYLENE

- **Classification de la substance par l'union Européenne :**
 - Catégorie 2 = Substance cancérogène pour l'homme (JOCE, 2001).
- **Qualité des eaux de consommation (valeurs limites) :**
 - En France, selon le Décret n° 2001-1220¹ et pour l'Union Européenne, selon la Directive 98/83/CE² la somme de la concentration en trichloroéthylène et en tétrachloroéthylène ne doit pas dépasser 10 µg.L⁻¹ ;
 - Selon l'OMS (2004) , la teneur en trichloroéthylène ne doit pas dépasser 70 µg.L⁻¹ (valeur guide provisoire)³
- **Qualité de l'air :**
 - Selon l'OMS (2000), l'excès de risque unitaire⁴ par exposition aérienne est égal à $4,3 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$
 - L'effet critique retenu est génotoxique et cancérogène.
- **Phrases de risques et conseils de prudence**

La substance est soumise aux phrases de risque et sécurité suivantes (INRS, 2002 ; ECB, 2004) :

Classification toxicologique, Symboles : T

T : Toxique (substances qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner des risques graves, aigus ou chroniques et même la mort).

¹ Décret n° 2001-1220 du 20 Décembre 2001 relatif aux eaux de consommation humaine.

² Directive 98/83/CE du conseil du 3 Novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

³ Recommandation non contraignante.

⁴ Probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose de toxique.

TRICHLOROETHYLENE

Phrases de risque : T - R45 - R67 - R36/38 - R52/53

- R 45 : Peut causer le cancer.
- R 67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolences et vertiges.
- R 36/38 : Irritant pour les yeux et la peau.
- R 52/53 : Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Conseils de prudence : S45 - S53 - S61

- S 45 : En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin.
- S 53 : Eviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant utilisation.
- S 61 : Eviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales / la fiche de données de sécurité.

La production, l'utilisation, les rejets de trichloroéthylène sont réglementés par différents textes. Parmi ceux-ci, les suivants nous sont apparus comme les plus significatifs.

1.2.2 Réglementation nationale visant à quantifier les rejets de la substance

Les exploitants d'installations classées soumises à autorisation ayant des installations produisant ou utilisant du trichloroéthylène en quantité supérieure à 10 tonnes par an doivent déclarer les émissions dans l'air, l'eau, les sols ou les déchets (Arrêté du 24 Décembre 2002 relatif à la déclaration annuelle des émissions polluantes des installations classées soumises à autorisation).

1.2.3 Réglementation nationale visant à limiter les rejets de la substance

D'après la circulaire n°90-55 du 18 Mai 1990 relative aux rejets toxiques dans les eaux, la France s'est engagée à réduire la pollution par le trichloroéthylène : cette substance est listée comme toxique dont les rejets devaient être réduits entre 1985 et 1995 d'au moins 50 %.

Le trichloroéthylène est considérée comme un composé organique volatil (COV). Au sein des installations classées pour la protection de l'environnement où le flux horaire total de cette molécule dépasse $0,1 \text{ kg.h}^{-1}$, la valeur limite d'émission atmosphérique de la concentration globale est fixée à 20 mg.m^{-3} (Arrêté du 2 Février 1998 relatif aux prélèvements et à la

TRICHLOROETHYLENE

consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation).

Ce même arrêté indique des valeurs limites de rejets liquides en concentration et en flux spécifique pour les installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation appartenant à certains secteurs d'activité (tableau 1.2).

Tableau 1.2 : Valeurs limites de rejets de trichloroéthylène en concentration et en flux spécifique (selon l'arrêté du 2 Février 1998).

Secteur d'activité	Valeurs limites ⁽⁵⁾	
	Concentration	Flux spécifique ⁽⁶⁾
Production de trichloroéthylène et de tétrachloroéthylène (procédés TRI-PER)	0,5 mg.L ⁻¹	2,5 g.t ⁻¹ de capacité de production de TRI+PER
Utilisation de trichloroéthylène pour le dégraissage des métaux si le rejet dépasse 30 kg.an ⁻¹	0,1 mg.L ⁻¹	
Autres secteurs	(7)	

1.2.4 Texte réglementaire national visant à protéger l'environnement

Le tableau 1.3 ci-après précise les normes de qualité⁸ des eaux vis à vis du trichloroéthylène (Arrêté du 20 Avril 2005 pris en application du décret du 20 avril 2005 relatif au programme

⁵ Les valeurs limites indiquées sont des moyennes mensuelles pondérées selon le débit de l'effluent; les valeurs limites des moyennes journalières sont égales aux valeurs limites des moyennes mensuelles multipliées par deux. Les valeurs limites en concentration s'appliquent soit en sortie d'atelier, soit au rejet final. Les valeurs limites en flux spécifique s'appliquent au rejet final.

⁶ La capacité de production ou de transformation de référence correspond ici à la capacité autorisée par l'arrêté préfectoral.

⁷ Il convient que l'arrêté préfectoral autorisant une installation non visée (rubriques "autres secteurs") soumette les rejets de la substance visée à des valeurs limites en concentration et en flux. Les valeurs limites du tableau ci-dessus servent de référence.

⁸ Un arrêté fixe des normes de qualité dont le respect doit permettre que les milieux aquatiques ne soient pas affectés de façon perceptible. Ces normes sont fixées en tenant compte des connaissances disponibles relatives à la toxicité tant aiguë que chronique de la substance pour les algues ou les macrophytes, les invertébrés et les poissons. Elles peuvent être différentes selon qu'elles s'appliquent aux eaux de surface, aux eaux de transition ou aux eaux marines intérieures et territoriales.

TRICHLOROETHYLENE

national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses).

Tableau 1.3 : Normes de qualité (concentration totale maximale en trichloroéthylène dans les eaux en $\mu\text{g.L}^{-1}$), d'après l'Arrêté du 20 Avril 2005.

Eaux de surface	Eaux de transition	Eaux marines intérieures et territoriales
10	10	10

1.2.5 Texte européen

La Directive 76/464/CEE du 4 mai 1976 relative à la pollution causée par certaines substances dangereuses rejetées dans l'environnement aquatique concerne le trichloroéthylène (substance listée en liste I de cette directive). A travers différentes actions réglementaires, ce texte incite les Etats membres à prendre les mesures appropriées pour éliminer la pollution des eaux (eaux intérieures de surface, eaux de mer territoriales, eaux intérieures du littoral et eaux souterraines) par certaines substances dangereuses.

1.2.6 Autres textes

Le trichloroéthylène figure dans la liste de 1998 des substances candidates, dans le cadre de la stratégie de l'OSPAR visant les substances dangereuses (OSPAR, 1998 ; site internet OSPAR). Cette convention a pour but d'orienter la coopération internationale sur la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est.

2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

Ce paragraphe fait le point sur la production ainsi que sur les utilisations au niveau français du trichloroéthylène. Des synthèses des informations disponibles sur la production de cette substance au niveau européen ont été éditées par :

- le Defra « UK Department for Environment, Food and Rural Affairs » (2005) ;
- l'ECB « European Chemicals Bureau » (2004).

TRICHLOROETHYLENE

2.1 Production et vente

2.1.1 Principes de production

Plusieurs procédés sont utilisés pour la production du trichloroéthylène. Tous mettent en jeu l'action du chlore sur diverses molécules.

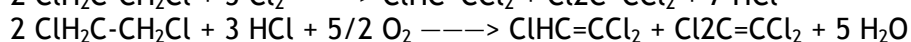
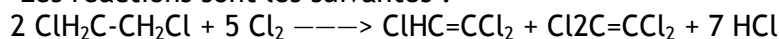
- Une réaction de chloration de l'acétylène C_2H_2 aboutit à une formation de tétrachloroéthane symétrique $CHCl_2-CHCl_2$. Un craquage catalytique sur charbon actif produit ensuite du trichloroéthylène selon la réaction suivante :

$$CHCl_2-CHCl_2 \rightarrow C_2HCl_3 + HCl$$
- D'après le site Internet de la SFC (Société Française de Chimie), l'éthylène C_2H_4 peut également être utilisé comme réactif dans la production de trichloroéthylène⁹.
- L'action du chlore sur l'éthylène en absence d'oxygène donne du tétrachloroéthane et du pentachloroéthane. Le traitement thermique de ce mélange produit du trichloroéthylène, du tétrachloroéthylène et de l'acide chlorhydrique (INERIS, 2005a).
- On peut également obtenir du trichloroéthylène en faisant réagir du dichlorure d'éthylène (ou un autre hydrocarbure chloré en « C_2 ») avec un mélange d'oxygène et de chlore ou d'oxygène et d'acide chlorhydrique. Cette réaction produit également du tétrachloroéthylène (INERIS, 2005a).
- D'après le site Internet de la Société Française de Chimie, un autre réactif utilisé est le 1,2-dichloroéthane. On peut obtenir directement du trichloroéthylène par chloration ou oxychloration de 1,2-dichloroéthane. Cette réaction, comme les précédentes, produit conjointement du trichloroéthylène et du tétrachloroéthylène, suivant les conditions opératoires¹⁰.

Lorsque le trichloroéthylène est produit en même temps que le tétrachloroéthylène il s'agit d'un procédé appelé « procédés TRI-PER ». Il commence par une chloration ou oxychloration de divers matériaux (Eurochlor, 1997).

⁹ Des chloration successives d'éthylène forment du 1,2-dichloroéthane CH_2Cl-CH_2Cl puis du 1,1,2-trichloroéthane $CH_2Cl-CHCl_2$ et des tétrachloroéthanes symétriques et asymétriques $CH_2Cl-CCl_3$, comme avec l'acétylène. Ces tétrachloroéthanes sont craqués vers $500^\circ C$ sous environ 0,6 bar pour donner le trichloroéthylène. D'autres procédés craquent un mélange de tétrachloroéthanes $CH_2Cl-CCl_3$ et de pentachloroéthane $CHCl_2-CCl_3$.

¹⁰ Les réactions sont les suivantes :



TRICHLOROETHYLENE

2.1.2 Quantités produites

D'après le site Internet de la Société Française de Chimie, la capacité de production de trichloroéthylène à partir du 1,2-dichloroéthane était estimée en France à 35 000 tonnes.an⁻¹ en 2004.

En France, Arkema produisait cette substance à hauteur de 6 638 tonnes par an (Arkema, communication personnelle ; Defra, 2005). Cette production a cessé en mars 2006 (Arkema, communication personnelle). Selon le site Internet de cette société, la production française de trichloroéthylène était localisé sur le site de Tavaux ; cette substance était vendue sous le nom commercial de Tavoxène®.

Afin de donner un point de comparaison, on peut citer qu'en 1998, la production de trichloroéthylène des Etats-Unis correspondait à près de 110 000 tonnes (site Internet de la Société Française de Chimie).

D'après le site Internet du Ministère de l'économie des finances et de l'industrie, de 2004 à 2006, au niveau mondial, les exportations françaises de trichloroéthylène sont passées de 10 724 tonnes à 2 512 tonnes alors que les importations se sont stabilisées autour de 7 000 tonnes.

2.2 Utilisations

Le trichloroéthylène est principalement utilisé comme solvant pour le dégrai¹¹ssage et nettoyage à la vapeur des pièces métalliques dans l'industrie de l'automobile et des métaux (INERIS, 2005a ; CETIM *et al.*, non daté).

Au Canada, ce secteur est le principal secteur en importance qui a permis de limiter l'utilisation du trichloroéthylène durant la période de 2004 à 2006 et qui prévoit une diminution de 65 % en volume à partir de 2007 (site internet du CSST, données de 2004).

Le tableau 2.1 ci-après rassemble les chiffres de la consommation annuelle de trichloroéthylène en Europe occidentale et en France.

¹¹ Selon le CETIM et al. (non daté) ce produit à été le plus utilisé jusqu'à aujourd'hui pour le dégraissage des métaux.

TRICHLOROETHYLENE

Tableau 2.1 : Consommation annuelle de trichloroéthylène en Europe occidentale et en France, d'après le site internet de la Société Française de Chimie.

Consommation annuelle en Europe occidentale (en tonnes)	consommation annuelle en France (en tonnes)	
en 2004	en 1980	en 2004
33 000	49 000	7 300

Ces chiffres sont cohérents avec l'estimation de l'ADEME qui indique qu'en 2003, la mise sur le marché français du trichloroéthylène était de 10 000 tonnes (ADEME, 2003).

Le tableau 2.2 ci-dessous regroupe les différentes utilisations rapportées au niveau mondial du trichloroéthylène (d'après INERIS, 2005a ; le site Internet de CSST ; le site Internet de BelgoChlor ; le site internet CCHST).

TRICHLOROETHYLENE

Tableau 2.2 : Utilisations du trichloroéthylène.

Utilisations	Références
Dégraissage et nettoyage à la vapeur des pièces métalliques.	INERIS, 2005a ; d'après les sites Internet CSST ; CCHST et BelgoChlor
Nettoyage des matières textiles : détachant pour l'industrie du textile et du vêtement.	INERIS, 2005a ; d'après les sites Internet de CSST et CCHST
Préparation d'autres composés chimiques : synthèse d'hydrocarbures réfrigérant substitués des CFC (HCFC et HFC) ¹² , fabrication de produits pharmaceutiques, retardateurs chimiques d'inflammation, insecticides, chlorure de vinyle ¹³ .	Defra, 2005 ; INERIS, 2005a ; d'après les sites Internet CSST, CCHST et BelgoChlor
Nettoyage de pièces électroniques.	d'après les site Internet CSST et CCHST ;
Solvant dans diverses applications : remplacement du 1,1,1-trichloroéthane ¹³ , formulation d'adhésifs, lubrifiants, peintures, décapants, vernis, colles, pesticides et teintures de tissus.	Defra, 2005 ; INERIS, 2005a ; d'après les sites Internet de CSST, CCHST et BelgoChlor

Le tableau 2.3 ci-dessous quantifie les principales utilisations rapportées au niveau européen du trichloroéthylène en 2003 (d'après Defra, 2005). Les données sont exprimées en pourcents de quantité vendue pour un total d'environ 96 kt (ECB, 2004).

¹² Cette utilisation a connue une forte augmentation après le bannissement de CFC par le Protocole de Montréal.

¹³ Autre substance chimique faisant l'objet d'une fiche de données technico-économiques sur les substances chimiques en France.

TRICHLOROETHYLENE

Tableau 2.3 : Quantification (en % des quantités vendues) des utilisations du trichloroéthylène en Europe en 2003 (données d'après Defra, 2005).

Utilisations	Quantification (%)
Produit intermédiaire.	67
Dégraissage et nettoyage à la vapeur des pièces métalliques.	28
Adhésifs.	3
Autres usages (tanneries, industries pharmaceutiques,).	2

D'après Defra (2005) l'ensemble des usages en tant que solvant de cette substance peuvent entraîner la régénération de ce produit. Cette activité, bien que non considérée comme « utilisatrice » de trichloroéthylène doit donc également être considérée.

2.3 Production accidentelle

Le trichloroéthylène peut être produit conjointement lors de la fabrication du tétrachloroéthylène¹¹ (INERIS, 2005a).

2.4 Production naturelle

Selon une synthèse bibliographique réalisée par l'ECB (2004), la production naturelle de trichloroéthylène pourrait se produire en environnement marin (production réalisée par des algues). Néanmoins, la localisation de cette production naturelle semble exclure une influence sensible de cette source aux concentrations observées en milieu continental.

3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

3.1 Comportement dans l'environnement

3.1.1 Dans l'eau

D'après l'INERIS (2005a), le trichloroéthylène possède une faible solubilité dans l'eau.

TRICHLOROETHYLENE

D'après le Defra (2005), environ 10 % des rejets de cette substance sont dirigés vers le compartiment aquatique.

Selon l'AFSSA (2006), le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène peuvent se trouver simultanément dans l'eau de boisson de France bien qu'en proportions inégales. Le trichloroéthylène peut ainsi avoir un effet sur la toxicité du tétrachloroéthylène et inversement. En supposant que le mode d'action de ces deux substances soit identique, leurs quotients de danger sont alors ajoutés.

3.1.2 Dans les sols

D'après le Defra (2005), des rejets quasi-nuls de cette substance sont dirigés vers le compartiment sol.

D'après Santé Canada (1993) et le site internet Santé Canada, le trichloroéthylène est très mobile dans les sols.

Jellali *et al.* (1998) ont ainsi montré qu'expérimentalement les fuites des vapeurs de trichloroéthylène depuis la surface d'un sol contaminé vers l'atmosphère, représentent 70 % de la quantité déversée.

3.1.3 Dans l'air

D'après l'INERIS (2005a) et Jellali *et al.* (1998), le trichloroéthylène s'évapore assez facilement depuis l'eau ou le sol.

D'après le Defra (2005), environ 90 % des rejets de cette substance sont dirigés vers le compartiment atmosphérique.

Le rapport de l'ECB (2004) propose des estimations quant aux émissions vers le compartiment atmosphérique liées à différents usages ou mises en œuvre de cette substance :

Produit intermédiaire	0,10 %
Production	0.21 %
Dégraissage	70 %
Adhésifs (formulation)	2,5 %
Adhésifs (utilisation)	100 %
Autres	90 %
Manipulation	0,4 %

TRICHLOROETHYLENE

3.2 Présence dans l'environnement

D'après l'INERIS (2005a), le trichloroéthylène ne se présente pas sous forme naturelle dans l'environnement, les concentrations relevées sont anthropiques. Environ 60 à 90 % de la production mondiale est émis dans l'atmosphère par évaporation. Cette vaporisation provient essentiellement des usines de dégraissage ou des dégazages de décharges.

Le tableau 3.1 ci-après présente les taux de concentrations ubiquitaires de trichloroéthylène présent dans l'environnement.

Tableau 3.1 : Concentrations ubiquitaires, données ATSDR 1997 citées par l'INERIS (2005a).

Milieu	Concentration
Air	<0,16 µg.m ⁻³
Eau	-
eau de mer	<1,5 ng.L ⁻¹

3.2.1 Présence dans les eaux de surface et souterraines

Le trichloroéthylène est peu soluble dans l'eau. Néanmoins, d'après le site Internet de Santé Canada, le trichloroéthylène peut être transporté dans le sous-sol par diffusion, advection ou dispersion du liquide pur ou par diffusion gazeuse à travers les porosités du sol. Aussi, le trichloroéthylène présent dans les sols peut gagner les eaux souterraines.

Cependant, on peut également noter la présence du trichloroéthylène dans les eaux à la suite de la biodégradation du tétrachloroéthylène.

Selon l'ECB (2004), il n'y a pas de dégradation de cette substance dans les eaux par hydrolyse à pH 7.

3.2.2 Présence dans les sols

D'après le site Internet de Santé Canada, le trichloroéthylène est assez mobile dans les sols.

Il s'évapore en majorité vers le compartiment atmosphérique ou s'accumule dans la partie souterraine du sol et peut ainsi rejoindre les eaux souterraines.

TRICHLOROETHYLENE

3.2.3 Présence dans l'air

D'après l'INERIS (2005a), les rejets du trichloroéthylène sur les sols ou surfaces aquatiques se volatilisent majoritairement dans l'air.

Une synthèse bibliographique réalisée par l'ECB (2004) indique des temps de demi-vie de la substance dans l'air par photodégradation de 5 à 8 jours. D'après cette même source, cette réaction entraînerait la formation d'acide dichloroacétique.

3.3 Principales sources de rejet

Les données de l'IREP (registre français des émissions polluantes) pour l'année 2004 indiquent que les rejets se font majoritairement dans l'air par les industries de mécanique ou de traitements de surface ou encore les usines de chimie et parachimie. Les rejets dans l'eau restent moins importants, ceux dans le sol paraissent négligeables.

3.4 Rejets liés à la production de la substance

L'US EPA (1988) cité par ECB (2004) indique un facteur d'émission atmosphérique lié à la production de cette substance à 2,07 kg par tonne produite.

L'ECB (2004) indique un facteur d'émission vers le compartiment aquatique inférieur à 0,05 kg par tonne produite pour les sites industriels ayant une capacité de production supérieure à 10 000 tonnes par an.

3.5 Rejets liés à l'utilisation de la substance

La figure 3.1 ci-après, présente les émissions atmosphériques de trichloroéthylène par activité industrielle.

TRICHLOROETHYLENE

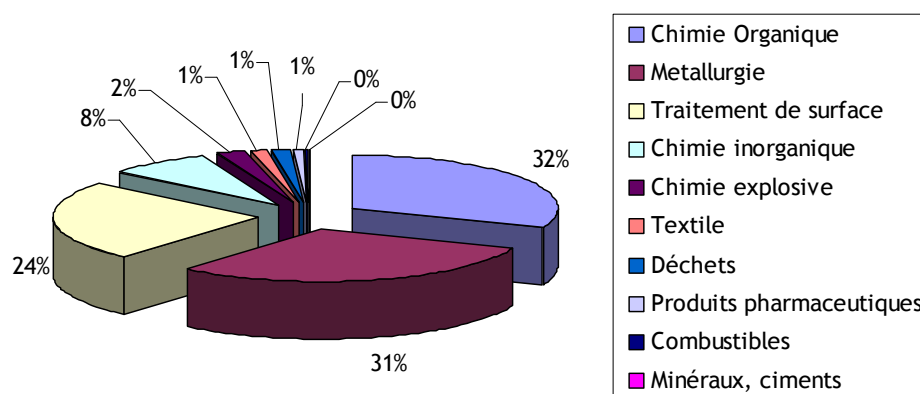


Figure 3.1 : Émissions atmosphériques de la trichloroéthylène par activité industrielle, d'après l'EPER (2004) ; données de 2004.

D'après le site Internet de l'IREP, en France, pour l'année 2004, une centaine d'établissements industriels étaient répertoriés en tant qu'émetteurs de trichloroéthylène dans l'environnement. Les rejets industriels de trichloroéthylène sont donc disséminés à l'échelle du territoire national. Ces données ont été rassemblées dans le tableau 3.2 ci-dessous.

TRICHLOROETHYLENE

Tableau 3.2 : Estimations des émissions globales de trichloroéthylène dans l'environnement, d'après le site Internet de l'IREP, données de 2004.

Activité principale	Année 2004	
	Emission (kg.an ⁻¹)	Pourcentage d'émission selon le milieu considéré
Emissions dans l'air		
Mécanique, traitement de surface	785 270	56,5
Chimie et parachimie	394 380	28,3
Sidérurgie, métallurgie, coke	190 860	13,7
Pétrole et gaz	3 030	0,2
Bois, papier et carton	17 700	1,3
Divers et services	n.d.	n.d.
TOTAL	1 391 240	100
Emissions en eau		
Mécanique, traitement de surface	n.d.	n.d.
Chimie et parachimie	956	71,1
Sidérurgie, métallurgie, coke	88	6,6
Pétrole et gaz	100	7,4
Textile et habillement, teinture, impression, laveries	n.d.	n.d.
Entreposage, transport, commerce	200	14,9
Divers et services	n.d.	n.d.
TOTAL	1 344	100
Emissions dans le sol		
Mécanique, traitement de surface	0,05	100
TOTAL	0,05	100

(n.d. : donnée non disponible)

TRICHLOROETHYLENE

L'analyse des données de l'IREP pour l'année 2004 montre que les rejets du trichloroéthylène se font majoritairement dans l'air par les industriels ayant pour activité la mécanique et le traitement des surfaces. Il vient ensuite les industries de la chimie et de la parachimie ainsi que les industries du textile.

Selon ces données, de l'IREP, pour l'année 2004, les rejets du trichloroéthylène, quels qu'ils soient, se font essentiellement par les industries de mécanique et de traitement de surface. Les rejets en trichloroéthylène des industries de chimie et de parachimie sont non négligeables.

Plus en détails, selon le site internet de l'IREP, les rejets dans l'eau de manière directe se font principalement par les industries de chimie et parachimie. Quant à eux, les rejets dans l'eau de manière indirecte se font par les industries du textile.

3.6 Pollutions historiques

D'après l'IFEN (2004), l'altération des eaux souterraines par le trichloroéthylène se limitent essentiellement à la région parisienne, les régions où passe le Rhône et celle du système hydrologique Rhin-Meuse.

D'après le site Internet d'Anpertos, on note une contamination de l'eau potable des communes de Maintenon et Pierres, situées dans l'Eure et Loir, par le trichloroéthylène. Ces faits ont été observés au début de l'année 1993 et sont d'origine industrielle.

4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

Ce paragraphe fait le point sur les possibilités techniques de réduction des rejets de trichloroéthylène. Une synthèse des informations disponibles sur les options réglementaires de réduction des rejets au niveau européen a été éditée par le Defra « UK Department for Environment, Food and Rural Affairs » (2005).

4.1 Techniques alternatives pour le nettoyage

Du fait du caractère cancérigène de cette substance, la substitution du trichloroéthylène semble indispensable. Pour les activités liées au dégraissage, on peut substituer cette substance par :

- des produits de dégraissage biologique ;
- des solvants de type A3 (produits pétroliers non chlorés) ;

TRICHLOROETHYLENE

- le dégraissage en phase vapeur ;

4.1.1 Produits de dégraissage biologique

D'après la CRAM Rhône Alpes (2005), les produits de dégraissage biologique sont recommandés pour le dégraissage des pièces métalliques et détachage des tissus à froid.

D'après le site Internet de TerraChoice¹⁴, les produits de dégraissage biologique contiennent des enzymes et/ou des cultures microbiennes qui vont aider à la digestion microbienne des hydrocarbures, des constituants organiques et d'autres substances indésirables. Néanmoins, l'activité bactériologique nécessite des températures de travail entre 35 et 40°C (CRAM Rhône Alpes, 2005).

D'après le site Internet de Cleantool, de nombreuses bactéries lipophiles sont capables d'éliminer les graisses et huiles (par exemple : Pseudomonas, Entérobactéries ou Micrococcus). Elles transforment les molécules complexes en substances moins dangereuses telles le dioxyde de carbone ou l'eau. Ces bactéries sont cultivées et utilisées pour un nettoyage biologique en continu. Comme dans le nettoyage aqueux traditionnel, les huiles et les graisses sont détachées de la surface de la pièce à l'aide de tensioactifs et d'émulsifiants et se répartissent dans le bain de dégraissage. L'émulsion (lipides) parvient dans un bioréacteur séparé du bain et est traité par les bactéries. Une membrane semi-perméable posée dans le tuyau de retour conduisant du bioréacteur au bain empêche que des microorganismes ne parviennent dans ce dernier. Le nettoyage biologique peut être utilisé partout où un nettoyage aqueux traditionnel peut l'être également. À long terme, l'importance relativement grande de l'installation requise dans le nettoyage biologique peut être compensée par les coûts inférieurs d'élimination des déchets et de traitement du nettoyant.

4.1.2 Dégraissage en phase vapeur

Le dégraissage à la vapeur permet d'optimiser le nettoyage et le rendement économique. Il existe plusieurs produits utilisés pour le dégraissage en phase vapeur comme le « perklone » et le « vertrel ».

- Le perklone MD

D'après le site Internet de MC2 CHIMIE, cette substance est un solvant, dérivé du tétrachloroéthylène, utilisé pour le dégraissage dans l'industrie mécanique. Selon cette

¹⁴ Site internet vitrine d'un programme d'éco-étiquetage d'Environnement Canada qui offre un incitatif commercial aux fabricants et fournisseurs de produits et services écologiquement préférables tout en aidant le consommateur à identifier les produits et services qui sont moins nocifs pour l'environnement.

TRICHLOROETHYLENE

même source, c'est le premier solvant de substitution du trichloroéthylène dans le procédé de dégraissage à la vapeur. Il est utilisé pour une très large gamme d'huiles et de graisses. En effet, le point d'ébullition relativement haut (87°C) permet de solubiliser facilement les graisses et les huiles. De plus ce liquide est ininflammable et présente donc un avantage en terme de sécurité.

- Le vertrel MCA

D'après le site Internet de Service Chimie, ce liquide est un solvant halogéné. Il permet de dégraisser les pièces mécaniques et est aussi compatible avec les plastiques et les élastomères. Il élimine les huiles minérales, l'huile « de vide », les cires, les graisses lourdes, les huiles de coupe, les huiles d'estampage et d'engrenages.

4.1.3 Le nettoyage au laser

D'après une entreprise spécialisée dans le nettoyage technique, la désoxydation et le décapage au laser sont utilisés pour enlever les polluants comme la graisse ou l'huile. Il est basé sur l'interaction entre un laser de forte puissance instantanée et le polluant.

Les avantages sont variés (ARIST, 1995) :

- facile d'utilisation ;
- peu d'effluents à traiter, seule une poudre est récupérée puis traitée par des filtres ;
- sans altération du métal de base, aucune action abrasive ;
- ne fait intervenir aucun produit chimique ;
- opérations économiques ;
- le laser atteint toute la surface du substrat : les géométries les plus compliquées peuvent être traitées ;
- permet d'éliminer une épaisseur de couches précise ;
- minimise l'impact sur l'environnement.

4.1.4 Traitement au plasma

D'après le site internet de l'IFAM (Institut Fertigungstechnik Materialforschung), cité par le site Internet Eurobonding, dans ce procédé, la pièce à traiter est exposée à un plasma froid à l'oxygène. Cette exposition s'effectue à des pressions basses sur une petite durée. Un plasma est un gaz chargé électriquement, composé d'atomes ionisés, d'électrons, de radicaux libres et d'espèces neutres. Par suite d'une réaction chimique avec les radicaux libres, les salissures organiques des pièces sont transformées en vapeur et en gaz carbonique. Ainsi, d'après le site Internet de Cleantool, le plasma exerce un nettoyage en volatilisant des polluants organiques

TRICHLOROETHYLENE

de surface par une "combustion froide" contrôlée. À condition, cependant, que les couches de salissures soient très minces.

Ce procédé est utilisé dans le cycle final d'épuration fine ou très fine dans des nettoyages comprenant plusieurs étapes. On peut ainsi substituer le nettoyage à la base d'un solvant par le nettoyage à la base d'eau en faisant suivre celui-ci par un traitement au plasma afin de réaliser l'épuration fine et l'activation de la surface.

D'après le site Internet de Cleantool, le nettoyage au plasma a de nombreux avantages :

- nettoyage très efficace ;
- il réduit la consommation de matières ;
- il permet un ménagement délicat de la pièce à traiter ;
- il est capable d'enlever même des substances chimiquement stables ;
- le plasma atteint toute la surface du substrat : les géométries les plus compliquées peuvent être traitées. Il est même possible d'infiltrer des substrats poreux ;
- aucune sollicitation thermique ou mécanique n'est exercée sur le substrat ;
- les impacts sur l'utilisateur et l'environnement sont minimisés.

4.1.5 Nettoyage par ultrasons

D'après le site Internet de Cleantool, cette technique s'utilise pour dégraisser les métaux. Elle est utilisée par les entreprises spécialisées dans le traitement de surface. Ce nettoyage vise à utiliser des ondes ultrasonores à très haute fréquence et les faire traverser des solvants aqueux alcalins, acides ou même organiques. Le passage de ces ondes ultrasonores à travers le milieu liquide crée des bulles de cavitation microscopiques.

Le tableau 4.1 ci-après décrit les avantages et inconvénients du nettoyage par ultrasons.

TRICHLOROETHYLENE

Tableau 4.1 : Avantages et inconvénients du nettoyage par ultrasons ; d'après le site Internet de Cleantool.

Avantages	Inconvénients
Nettoyage des pièces sans brossage	Investissement lourd
Efficace pour des pièces à formes compliquées	
La formation de bulles de cavitation rend le lavage efficace	

4.1.6 Nettoyage par pulvérisation

D'après le site Internet Cleantool, ce nettoyage permet d'enlever des salissures tenaces. Il consiste à projeter la solution nettoyante à l'aide de buses sur la surface des pièces à nettoyer. Ce procédé utilise en majorité des solutions aqueuses, et plus rarement des solvants organiques. La pression à laquelle la solution est appliquée sur la pièce peut varier de 14 kPa à 13 800 kPa. En général, plus la pression de pulvérisation est élevée, plus elle produit des forces mécaniques importantes, qui éliminent les salissures d'une surface métallique. La pression d'injection, la forme des buses et leur disposition joue un rôle principal dans la qualité du nettoyage. Pour améliorer le nettoyage, un mouvement supplémentaire des pièces et des buses (par exemple une rotation verticale et horizontale) peut éventuellement être prévu.

Une technique précise et efficace d'usage courant « le nettoyage en tambour » permet d'ôter des salissures tenaces. Les pièces à nettoyer se trouvent dans un tambour cribleur pivotant dans une cuve de pulvérisation. Les mouvements du tambour permettent ainsi à la solution aqueuse d'atteindre toutes les surfaces des pièces à nettoyer. Les produits utilisés sont des nettoyeurs neutres ou alcalins et les hydrocarbures¹⁵.

4.1.7 Le sablage à l'air comprimé

D'après le site Internet de Cleantool, le sablage à l'air comprimé est un procédé qui consiste à nettoyer des surfaces au moyen de projectiles les plus divers propulsés à grande vitesse sur

¹⁵ En raison de la formation d'une atmosphère explosive, ces solvants hydrocarbures sont très peu utilisés

TRICHLOROETHYLENE

la pièce à nettoyer. L'énergie cinétique élimine les dépôts de graisse. Le débit d'air comprimé se situe entre 200 et 300 kPa et est fonction du procédé de nettoyage, c'est-à-dire du matériau de la surface à traiter ou du degré de propreté. Par ailleurs, le projectile, l'angle de projection ainsi que le choix de la buse appropriée jouent un rôle décisif sur l'efficacité du nettoyage. Les poussières provenant du nettoyage, doivent être filtrées car elles peuvent contenir des composants nuisibles à la santé. Ensuite, la poussière et les salissures meubles ainsi que le projectile, peu adhérent, peuvent être enlevés de la surface en les nettoyant à la brosse et/ou en les aspirant.

4.1.8 Le décapage à la glace carbonique

D'après le site Internet de Cleantool, ce nettoyage permet d'éliminer les graisses et les huiles. Ce procédé consiste à projeter de la glace sèche par air comprimé ou d'autres gaz sur la surface à nettoyer. Les pellets de glace peuvent être produits dans diverses grandeurs et formes et projetés à des vitesses différentes. Recommandation pour l'utilisation de ce procédé :

- un essai au préalable est recommandé afin de ne pas abîmer la surface à nettoyer ;
- les travailleurs exposés doivent porter impérativement une protection individuelle adaptée.

4.1.9 Nettoyage en bain de sel

D'après le site Internet de Cleantool, l'élimination des graisses et huiles peut être effectuée dans un bain de sel, monté de 200°C à 650°C par une réaction thermochimique entre le sel liquide et les salissures. Divers procédés sont mis en oeuvre pour les différentes applications. Le décapage est rapide et méticuleux. La durée des cycles de lavage peut varier entre quelques secondes et quelques minutes. Ce type de dégraissage est toujours suivi d'un cycle de rinçage afin de refroidir les pièces et d'éliminer les résidus de sels.

4.2 Produits de substitution

4.2.1 Les produits lessiviels aqueux

Il s'agit d'un mélange complexe contenant des phosphates, des silicates, des agents tensioactifs, des hydroxydes en solution dans l'eau. Les deux principaux procédés sont l'immersion ou le « traitement au trempé » et l'aspersion. Cette technique implique un grand volume d'eau à traiter par la suite (INRS, 2001).

D'après le site Internet de Cleantool, le nettoyage peut se faire par immersion des pièces à nettoyer dans un bain de dégraissage chauffé entre 50°C et l'ébullition et à éliminer les salissures adhérentes par une réaction chimique. Certains bains travaillent à basse

TRICHLOROETHYLENE

température. Cette technique permet de très bien nettoyer des pièces de forme parfaite. Le traitement au « trempé » est une variante où les pièces sont déposées dans un tambour rotatif, ceci permet à la solution aqueuse d'atteindre toutes les surfaces à nettoyer.

4.2.2 Solvants de type A3

Les solvants A3 sont des produits pétroliers non chlorés dont le point d'éclair¹⁶ est supérieur à 55°C. Ils dissolvent bien les huiles et les graisses et notamment les huiles minérales et végétales, émulsions, résidus de rodage. Ils sont utilisables pour le dégraissage des pièces métalliques et détachage des tissus à froid ou pour le dégraissage des pièces métalliques à chaud exclusivement en machine étanche. D'après le site Internet Thésame et l'INRS (2004) ces solvants présentent des avantages techniques, économiques et écologiques : leur composition permet un recyclage infini.

4.2.3 Solvant halogéné chloré

Selon le CETIM *et al.* (non daté) le tétrachloréthylène est le produit de substitution immédiat du trichloréthylène pour les usages de dégraissage des métaux. Néanmoins, cette substance est également identifiée comme dangereuse pour l'eau (et fait l'objet d'une fiche technico-économique). Cette substitution, bien que déjà employée n'est pas à encourager.

4.3 Réduction des émissions industrielles

4.3.1 Traitement des déchets solides-pâteux

- L'incinération

D'après le site internet « le guide des déchets dangereux 1 », l'incinération permet d'éliminer le trichloroéthylène des déchets solides et il constitue le mode de traitement le plus utilisé. La température de fonctionnement des centres d'incinération est de 1 200°C. Les fumées doivent subir, conformément à la réglementation, un lavage et un dépoussiérage. L'admission des déchets dans les centres d'incinération est fonction de leur teneur en éléments chlorés qui déterminent la température d'incinération et les équipements de traitement des gaz d'incinération nécessaires.

D'après le site internet « le guide des déchets dangereux 2 », ce mode de traitement pose quelques problèmes notamment lorsque la teneur en chlore dépasse 2 %. Dans ce cas, le

¹⁶ Le point d'éclair d'un liquide est la température minimale à laquelle il émet suffisamment de vapeur pour former, avec l'air ambiant, un mélange gazeux inflammable sous l'effet d'une source calorifique, d'après le site Internet de Astre.

TRICHLOROETHYLENE

traitement doit avoir lieu dans des installations équipées de dispositifs de neutralisation des gaz acides.

4.3.2 Traitement du trichloroéthylène en milieu aqueux

- **L'incinération**

D'après le site internet « le guide des déchets dangereux 1 », l'incinération, évoquée ci-dessus, s'applique également aux déchets liquides.

- **Le stripage à l'air**

On peut éliminer le trichloroéthylène des approvisionnements d'eau par stripage à l'air. Le stripage d'air ou stripping consiste à provoquer l'entraînement de gaz ou de matières volatiles dissoutes dans l'eau, au moyen d'un courant de vapeur, de gaz ou d'air traversant le liquide à contre-courant d'après la définition donnée par le Mémento technique de l'eau de Degrémont.

Le principe consiste à injecter de la vapeur sous pression afin de mettre en vapeur des composés volatils. Les vapeurs toxiques récupérées sont traitées par un filtre à air au charbon actif ou par un autre procédé. D'après la société Solvay, producteur de trichloroéthylène, cette dernière méthode est jugée la plus rentable, elle est facile à mettre en œuvre et s'avère très efficace.

- **Le charbon actif**

D'après un spécialiste du traitement de l'eau et de l'air, le traitement avec du charbon actif en grains constitue également un moyen efficace d'éliminer le trichloroéthylène des approvisionnements d'eau potable. Le trichloroéthylène a une grande probabilité d'être absorbé par le charbon actif. L'adsorption est un processus où un solide est employé pour enlever le trichloroéthylène soluble de l'eau. Dans ce processus, le charbon actif est le solide. Le charbon actif est produit spécifiquement pour couvrir une surface interne très grande (entre 500 et 1500 m²/g). Il existe deux formes de charbons actifs : le charbon actif en poudre (PAC) et le charbon actif granulaire (GAC). Suite à son utilisation, le charbon actif est régénéré et réutilisé ; il n'engendre pas de sous produits.

TRICHLOROETHYLENE

4.3.3 Traitement du trichloroéthylène dans l'air

- **L'oxydation thermique**

D'après un fabricant de trichloroéthylène, l'oxydation thermique est un traitement efficace mais qui nécessite des installations coûteuses. Les installations sont des incinérateurs qui fonctionnent à très haute température 1200°C durant 2 secondes. Ces installations sont utilisables pour traiter tous les organochlorés gazeux produits en parallèle, comme le trichloroéthylène.

Pour cette technique, le defra (2005) indique un coût initial de 1 800 à 3 800 £ pour 1 000 Nm³.h⁻¹ et un coût opérationnel de 15 400 à 28 900 £ pour 1 000 Nm³.h⁻¹. Cette même source indique une efficacité de 98 à 99,9 % pour cette technique.

- **L'oxydation catalytique**

Cette technique semble très peu utilisée en France pour les COV (site internet energie-plus) du fait de la faible durée de vie des catalyseurs.

Pour cette technique, le defra (2005) indique un coût initial de 6 400 à 57 000 £ pour 1 000 Nm³.h⁻¹ et un coût opérationnel de 1 800 à 13 500 £ pour 1 000 Nm³.h⁻¹. Cette même source indique une efficacité de 90 à 99 % pour cette technique.

- **Le charbon actif**

D'après un fabricant de trichloroéthylène, le traitement au charbon actif est également une solution pour éliminer le trichloroéthylène des rejets atmosphériques, il est efficace mais coûteux.

Pour cette technique, le defra (2005) indique un coût initial de 3 200 à 6 400 £ pour 1 000 Nm³.h⁻¹ et un coût opérationnel de 380 à 830 £ pour 1 000 Nm³.h⁻¹ (somme ne prenant pas en compte le retraitement des consommables). Cette même source indique une efficacité de 80 à 95 % pour cette technique.

TRICHLOROETHYLENE

5 ASPECTS ECONOMIQUES

5.1 Place de la substance dans l'économie française

D'après le site Internet de la Société Française de Chimie, en France la consommation de solvants chlorés est de 42 000t en 2004. La consommation de trichloroéthylène a fortement diminué en 24 ans : elle est passée de 49 000t en 1980 à 7 300t en 2004.

Le tableau 5.1 ci-après présente les données de collecte brutes (importations et exportations mondiales) du trichloroéthylène pour la France.

Tableau 5.1 : Données de collecte brutes concernant le trichloroéthylène ; d'après le site Internet du Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie.

	2004		2005		2006	
	Valeur (K€)	Masse (t)	Valeur (K€)	Masse (t)	Valeur (K€)	Masse (t)
Exportations (total)	6 280	10 724	3 429	4 675	1 847	2 512
Importations (total)	4 576	7 476	4 167	6 454	4 858	6 851

Le prix à la tonne du trichloroéthylène a donc augmenté de 2004 à 2005 en ce qui concerne les exportations mais aussi les importations.

Le tableau 5.2 ci-après présente le pourcentage des exportations et des importations françaises de trichloroéthylène parmi les dérivés halogénés des au cours des 12 derniers mois cumulés (février 2006 - janvier 2007).

Tableau 5.2 : Pourcentage des exportations et des importations de trichloroéthylène parmi les dérivés halogénés des hydrocarbures à l'échelle mondiale au cours des 12 derniers mois cumulés (février 2006-janvier 2007) d'après le site Internet du Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie.

	Exportations		Importations	
	Valeur (K€)	%	Valeur (K€)	%
Dérivés halogénés des hydrocarbures	180 576		362 115	
Trichloroéthylène	1 469	0,8	5 206	1,4

TRICHLOROETHYLENE

Nous pouvons constater que le trichloroéthylène représente une très faible proportion dans les échanges internationaux.

5.2 Impact économique des mesures de réduction

Les coûts des techniques alternatives sont variés : le nettoyage au mouillé a un coût comparable au nettoyage à sec traditionnel et le nettoyage à base d'hydrocarbure est plutôt moins onéreux. En revanche, le dioxyde de carbone liquide revient beaucoup plus cher (INERIS, 2005b).

D'après l'INERIS (2005b), le nettoyage au laser est une opération plutôt économique par rapport à d'autres, mais elle reste quand même coûteuse.

Les coûts de traitements des Composés Organiques Volatiles sont très variables en fonction des techniques.

D'après le site Internet « le guide des déchets dangereux 1 », en ce qui concerne l'incinération, les prix prennent en compte la teneur en éléments indésirables des déchets et leur pouvoir calorifique.

Selon un centre d'incinération spécifique aux déchets dangereux, l'incinération de la substance peut coûter de 380 à 950 € la tonne, suivant la concentration en chlore.

D'après l'INERIS (2006), pour l'absorption sur charbon actif le coût d'installation s'élève environ à 240 € pour 1000 Nm³.h⁻¹ avec régénération des charbons. Il faut compter 1000 € par tonne de charbon. Le prix de l'installation d'un traitement par oxydation thermique varie entre 10 000 et 50 000 € selon les technologies. Au niveau de l'exploitation, le coût est de 25 000 € pour les combustions simples sans récupération de chaleur.

Une unité de stripping traitant un flux de 30 m³.h⁻¹ coûte de 4 à 5 M€.

De plus, on peut estimer le coût de la réduction des émissions de Composés Organiques Volatils par les industriels en étudiant le marché de la lutte contre les COV. Celui-ci a été estimé à 32,4 M€ en 2004, en augmentation de 20 % par rapport à 2003. Il devrait atteindre 38,8 M€ en 2005 avec encore une augmentation de 20 % (Actu environnement, 2005).

6 CONCLUSIONS

Le trichloroéthylène est un composé organique volatil. Plusieurs procédés sont utilisés pour sa production : tous mettent en jeu l'action du chlore sur diverses molécules. La capacité de production en France est estimée à 35 000 tonnes par an. Le trichloroéthylène est principalement utilisé comme solvant pour le dégraissage et nettoyage à la vapeur des

TRICHLOROETHYLENE

pièces métalliques. La mise sur le marché français du trichloroéthylène était de 10 000 tonnes en 2003.

Le trichloroéthylène ne se présente pas sous forme naturelle dans l'environnement, les concentrations relevées sont anthropiques. Le trichloroéthylène est très peu soluble dans l'eau et s'évapore facilement. Il se retrouve donc en quantité négligeable dans les eaux de surface ainsi qu'en quantité négligeable dans les sols car il rejoint les eaux souterraines. Les rejets se font principalement dans l'air, par les industries de mécanique ou de traitements de surface. Les rejets dans l'eau se font principalement par les industries chimiques, parachimiques et du textile.

Actuellement, un important effort de recherche et de développement concernant la réduction des rejets conduit à mettre au point des alternatives à l'utilisation du trichloroéthylène en matière de nettoyage. Parmi ces techniques alternatives on trouve : le nettoyage au laser (facile d'utilisation économique et écologique), le traitement au plasma, les produits lessiviels aqueux, le nettoyage par ultrasons (coûteux), le nettoyage par pulvérisation (peu utilisé), le sablage à l'air comprimé, le décapage à la glace carbonique, le nettoyage au sel, et enfin, le nettoyage biologique. Des produits de substitution sont utilisés : des produits de dégraissage biologique, des solvants de type A3 et le dégraissage en phase vapeur. Ce dernier permet d'optimiser le nettoyage et le rendement économique. Ces derniers respectent plus l'environnement et les populations riveraines en cas de rejets accidentels. Le traitement des rejets dans l'eau se fait par stripage à l'air, charbon actif et incinération. Ceux dans l'air se font par oxydation thermique et par charbon actif mais sont coûteux.

La consommation de trichloroéthylène a fortement diminué en 20 ans : elle est passée de 49 000 tonnes en 1980 à 7 300 tonnes en 2004. Le trichloroéthylène est exporté d'Union Européenne à hauteur d'environ 20 000 tonnes par an.

7 REFERENCES

7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés

ARKEMA, groupe de chimie : sites de production à Saint-Auban (04), Lavéra (13) et Jarrie (38).

Solamat-Merex, Rognac, France, société spécialisée dans l'incinération de déchets dangereux.

SOLVAY Electrolyse France, société de chimie spécialisée dans la fabrication de produits issus de l'électrolyse du sel, producteur de trichloroéthylène.

TRICHLOROETHYLENE

7.2 Sites Internet consultés

ADEME : Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie

<http://www2.ademe.fr/jsp/theses/these.jsp?num=628&catid=13843> ;

Aida : Textes de loi

<http://aida.ineris.fr>

ANPERTOS : Association Nationale pour la Protection des Eaux et des Rivières. Contamination de l'eau potable par des composés organochlorés ; Communes de Maintenon et Pierres

http://www.anpertos.org/pollution/maintenon/dossier_aep_maintenon.html

BegoChlor : Fédération des Industries Chimiques de Belgique

<http://www.begochlor.be/fr/H309.htm>

CCHST : Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail

http://www.cchst.ca/reponsesst/chemicals/chem_profiles/trichloroethylene/basic_trichlor.html

Cleantool, page sur les procédés de nettoyage

http://www.cleantool.org/lang/fr/mat_cleaning/rein_rp_main.htm

CSST : Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail - Service du répertoire toxicologique

http://www.reptox.csst.qc.ca/Produit.asp?no_produit=1065

Energie plus

<http://www.energie-plus.com/news/fullstory.php/aid/303>

EUROBONDING, Technologie du collage en tant que méthode d'assemblage

<http://www.eurobonding.org/Franz/Oberflaechen/nettoyage.htm>

EuroChlor : Chlorine Online Information Resource

<http://www.eurochlor.org/upload/documents/document75.pdf>

Guide des déchets dangereux 1

http://www.apcede.com/guide/dangereux/trait_coll.html#physico

Guide des déchets dangereux 2

<http://www.apcede.com/guide/dangereux/organo.html>

IFAM : Institut Fertigungstechnik Materialforschung

<http://www.ifam.fraunhofer.de/>

IREP, données de 2004 ; Registre français des émissions polluantes ; Trichloroéthylène

<http://www.pollutionsindustrielles.ecologie.gouv.fr/IREP/index.php>

MC2 CHIMIE - DERCAM. Produits de dégraissage, décapage et passivation des métaux

<http://www.mc2chimie-dercam.fr/fiches-technique/perklone.htm>

Ministère de l'économie des finances et de l'industrie - Données de référence du commerce extérieur de la France, élaborées et publiées par la direction générale des douanes et droits

TRICHLOROETHYLENE

indirects

http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/Portail_default.asp

OSPAR - Stratégies 2003 de la Commission OSPAR pour la protection du Milieu Marin de l'Atlantique du Nord-est

http://www.ospar.org/fr/html/sap/hazsub_strat.htm

SANTE CANADA ; Trichloroéthylène ; LSIP1

http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/trichloroethylene/trichloroethylene_2_f.html

Service chimie - Fabrication, formulation et commercialisation de substance chimiques

<http://www.pros.orange.fr/service.chimie/F-Produits/vertrel%20MCA.htm>

SFC : Société Française de Chimie - Page concernant les Solvants Chlorés

www.sfc.fr/Données/mine/soch/texsoch.htm

TerraChoice. Programme choix environnemental : composés de nettoyage et de dégraissage biologique

<http://www.environmentalchoice.com/French/ECP%20Footer/Au%20sujet%20du%2...>

Thésame. Article du JITEC (Journal d'Information Technologique) : le dégraissage aux solvants non chlorés A3

<http://www.thesame-innovation.com/Jitec/Jitec.php?Id=255>

7.3 Bibliographie

Actu Environnement, 2005. News de l'environnement du 08/11/05.

ADEME, 2003. Etat des lieux et perspectives des entreprises de régénération des solvants en France.

(<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=058F7F57D4452809D59B14E297CDCDE71131547865113.pdf>).

AFSSA (2006) ; Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments ; Tri- et tétrachloroéthylène - décembre 2006 ; Saisine n°2004 - SA - 0071 ; Fiche 16 : Evaluation des risques sanitaires liés au déplacement de la limite de qualité du trichloroéthylène et du tétrachloroéthylène dans les eaux destinées à la consommation humaine ; 5p.

(<http://www.afssa.fr/ftp/afssa/39378-39379.pdf>)

ARIST, 1995. Rapport Traitement de surfaces.

(<http://www.technologies-propres.com/pdf/traitementdesurface.pdf>)

CETIM, ADEME, DRIRE, Conseil Régional (non daté). Réduction des émissions de COV en Bourgogne... des solutions techniques, des retours d'expérience,

(http://www.cetim.fr/ressources/simples/607CD_Rom_Fiches_COV_Bourgogne.pdf).

TRICHLOROETHYLENE

CRAM Rhône Alpes, 2005. Caisse régionale d'assurance maladie Rhône-Alpes ; Direction des risques professionnels et de la santé du travail, démarche de substitution de trichloroéthylène.

Defra, 2005. Risk Reduction Strategy and Analysis of Advantages and Drawbacks for Trichloroethylene, Final Report - Stage 4, 16 March 2005, Entec UK Limited, 98 p.

DEGREMONT. Mémento technique de l'eau.

ECB, 2004. European Union Risk Assessment Report - Trichloroethylene, Volume 31, European Chemicals Bureau, risk assessment prepared by the United Kingdom.

EPER, 2004. European Pollutant Emission Register ; Final Report.

(<http://www.eper.cec.eu.int/eper/documents/EPER%20Review%20report,%20final.pdf>)

EUROCHLOR, 1997. Risk Assessment for the Marine Environment; OSPARCOM Region.; North Sea. Trichloroéthylène.

(<http://www.eurochlor.org/upload/documents/document75.pdf>)

IFEN, 2004 ; Institut français de l'environnement ; L'état des eaux souterraines en France ; Aspects quantitatifs et qualitatifs ; 38p.

(<http://www.ifen.fr/publications/ET/pdf/et43.pdf>)

INERIS, 2005a. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Trichloroéthylène.

(www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=175)

INERIS, 2005b. Note d'étude sur les produits de substitution au percholoroéthylène dans les installations de nettoyage à sec. Rapport d'étude N° ERSA -05 n°9, p 6-11.

(www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=getFile&id=2211)

INERIS, 2006. Fiche de données technico-économiques des substances chimiques, Xylène.

INRS, 2001. Fiche pratique de sécurité ED48, Dégraissage des métaux ; J.-C. MAHIEU ET C. BOUST.

([http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_ts_fps_view/F24FCE26D38E2A20C1256CD900508F84/\\$File/ed48.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/inrs01_ts_fps_view/F24FCE26D38E2A20C1256CD900508F84/$File/ed48.pdf))

INRS, 2002. Institut National de Recherche et de Sécurité ; Fiche toxicologique n° 22 - trichloroéthylène.

([http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/FT%2022/\\$File/ft22.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/FT%2022/$File/ft22.pdf))

INRS, 2004. Prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles : les solvants pétroliers ED4224 ; 1ere édition.

Jellali, S., Le Thiez, P., Merheb, F., Pottecher, G., Razakarisoa, O., Ricour, P., 1998. Aquifères alluviaux et solvants chlorés : Expérimentation grandeur nature pour une meilleure connaissance des mécanismes de transfert en vue d'une protection adaptée de la ressource

TRICHLOROETHYLENE

eau, Congrès EAU 50 : des ressources primaires à la réutilisation (Nancy, 5-7 octobre 1998)
(abstract : <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=1823063>)

JOCE, 2001. Commission Directive 2001/59 /EC, 2/28th time Council directive 67/548EEC. Official Journal of the European Communities.

OMS, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. World Health Organization. Copenhagen, p449, 2nd Ed.

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

OSPAR, 1998. Compte rendu réunion ministérielle de la commission OSPAR sur la convention OSPAR pour la protection du milieu marin de l'atlantique du Nord-Est (Annexe 34).

SANTE CANADA, 1993 ; Loi canadienne sur la protection de l'environnement ; Liste des substances d'intérêt prioritaire ; Rapport dévaluation ; Trichloroéthylène ;
(http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl1-lsp1/trichloroethylene/trichloroethylene_f.pdf).

US EPA, 1988. Toxic air pollutant emission factors - a compilation for selected air toxic compounds and sources. AA Pope, PA Cruse, CC Most, US EPA Report No. EPA-450/2-88-006a.