

3-CHLOROPROPENE

Dernière mise à jour : 23/03/2006

RESPONSABLE DU PROGRAMME

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

EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

S. SUREAU

3-CHLOROPROPENE

SOMMAIRE

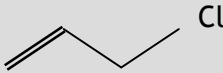
1.1	Définition et caractéristiques principales.....	3
1.2	Réglementations.....	3
2	Production et utilisation.....	4
2.1	Production et ventes.....	4
2.2	Utilisations.....	4
3	Rejets et présence dans l'environnement.....	5
3.1	Comportement dans l'environnement.....	5
3.2	Présence dans l'environnement.....	6
3.3	Principales sources de rejets.....	6
3.4	Rejets industriels.....	6
3.5	Rejets liés à l'utilisation de la substance.....	7
3.6	Pollutions historiques.....	7
4	Possibilités de réduction des rejets.....	8
4.1	Produits de substitution.....	8
4.2	Réduction des émissions industrielles.....	8
5	Aspects économiques.....	12
5.1	Place de la substance dans l'économie française.....	12
5.2	Impact économique des mesures de réduction.....	12
6	Conclusion.....	13
7	Références.....	14
7.1	Entreprises, organismes et experts interrogés.....	14
7.2	Bibliographie.....	14

3-CHLOROPROPENE

1 GENERALITES

1.1 Définition et caractéristiques principales

Tableau 1.1. Présentation du 3-chloropropène.

Substance chimique	N° CAS	N° EINECS	Synonymes	Forme physique (*)
<p>3-chloropropène C₃H₅Cl</p> 	107-05-1	203-457-6	<p>3-chloro-1-propène Chlorure d'allyle Chloropropylène Allyl chloride</p>	Liquide incolore

(*) dans les conditions ambiantes habituelles

Le 3-chloropropène est un composé organique halogéné possédant deux sites actifs : un atome de chlore facilement substituable et une double liaison qui peut réagir lors des réactions d'addition. Ces deux fonctionnalités en font un intermédiaire réactionnel très intéressant en synthèse chimique. Ce composé est également très volatil et présente une solubilité dans l'eau de 3 600 mg.L⁻¹.

1.2 Réglementations

Selon l'OECD SIDS (2003), le 3-chloropropène est classé comme hautement inflammable (F, R11), très toxique pour l'homme (T+, R26) et dangereux pour l'environnement (N ; R50)¹.

¹ La classification du 3-chloropropène est réglementée par la directive 67/548/EEC transposée en droit français par l'arrêté du 20 avril 1994 et ses modifications, relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances chimiques.

3-CHLOROPROPENE

Des limites de rejets sont établies par l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux émissions de toutes natures des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Le 3-chloropropène est ainsi considéré comme une substance toxique, bioaccumulable ou nocive pour l'environnement. La valeur limite mensuelle de ses rejets ne doit pas dépasser 4 mg.L^{-1} si le rejet dépasse 10 g.j^{-1} . En outre, dans le cadre du programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques, l'objectif de qualité concernant le 3-chloropropène est de $0,34 \text{ }\mu\text{g.l}^{-1}$ (République française, 2005).

2 PRODUCTION ET UTILISATION

2.1 Production et ventes

Le 3-chloropropène est synthétisé lors d'une réaction de chloration à chaud ($400\text{-}600^\circ\text{C}$) sur du propène. On effectue ensuite une distillation fractionnée afin de purifier le produit à 98,5 %. Les impuretés les plus fréquentes proviennent des réactions secondaires de la chloration et sont le 1-chloropropène, le 1-chloropropane et le hexa-1,5-diène.

En 1985, selon l'OECD SIDS (2003), la production européenne de 3-chloropropène était de 280 000 t, répartie sur 5 sites de production en Allemagne, Belgique et Pays-bas. Au début des années 90, la production mondiale de cette substance variait entre 500 000 t et 600 000 t (German Chemical Society, 1995).

En outre, selon la DRIRE de Franche-Comté (2004), l'usine Solvay de Tavaux a une capacité de production de 3-chloropropène de 33 000 t par an et peut en stocker jusqu'à 10 t. Elle transforme la totalité de sa production en épichlorhydrine.

Ces informations sont confirmées par le syndicat des halogènes et dérivés qui nous indique que la production française de 3-chloropropène est de 30 000 t/an, et donc très probablement constituée par la seule usine de Tavaux. Cette production est stable. Le 3-chloropropène est ensuite utilisé comme intermédiaire réactionnel directement au sein même de l'usine de production.

2.2 Utilisations

Selon l'OECD SIDS (2003), le 3-chloropropène est en très grande majorité (90 %) utilisé comme réactif dans la synthèse de 1-chloro-2,3-époxypropane (épichlorhydrine). Selon diverses sources (INRS, 2000 ; NSC, 2005), cette molécule sert ensuite à la fabrication de résines époxyde (68% des quantités produites), à la synthèse de la glycérine, intermédiaire du glycérol, (19% des quantités produites) et à diverses autres synthèses, de polymères en

3-CHLOROPROPENE

particulier. Le marché mondial d'épichlorhydrine est d'environ 1 million de tonne par an, en augmentation annuelle de 4% en moyenne.

L'épichlorhydrine est souvent synthétisée sur le site même de production de 3-chloropropène, comme c'est le cas à Tavaux. Cette usine produit en moyenne près de 30 000 t d'épichlorhydrine par an. Il est ensuite vendu ou transformé. De plus, selon la direction générale des douanes, (2005) près de 7 400 tonnes d'épichlorhydrine ont été importées en France en 2004, principalement en provenance d'Allemagne. Cette importation est d'ailleurs en augmentation de 30% depuis 2003. La plupart des industriels interrogés utilisant de l'épichlorhydrine, ne le synthétisent pas. Ils n'utilisent donc pas de 3-chloropropène.

De même la DRIRE d'Alsace (2001) signale l'utilisation de 3-chloropropène à l'usine Albemarle de Thann. Cette information est confirmée par le SHD. Le 3-chloropropène ainsi utilisé semble servir à la production d'épichlorhydrine.

Le 3-chloropropène est également utilisé pour la synthèse de divers dérivés allylés comme des alcools allyliques, en synthèse pharmaceutique ou pour la fabrication de produits phytosanitaires.

Dans son « rapport développement durable », le groupe Solvay signale également qu'il utilise le 3-chloropropène dans la synthèse de chlorosilane. Ces composés modifient l'élasticité dynamique du caoutchouc utilisé ensuite dans la fabrication de pneus « verts ». Grâce à cette propriété ces pneus ont une performance énergétique plus importante (Solvay, 2003). Cette application ne fait pas intervenir l'épichlorhydrine, mais ce marché est également en augmentation.

Ainsi, la demande en 3-chloropropène est encore aujourd'hui en constante progression.

3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

3.1 Comportement dans l'environnement

Le 3-chloropropène présent dans l'environnement est uniquement d'origine anthropique. En outre, il peut être considéré comme un composé volatil (OECD SIDS, 2003) : la plupart de ses rejets sont donc atmosphériques. D'ailleurs, selon les calculs de Mackay (cité dans OECD SIDS, 2003), la partition du 3-chloropropène entre l'air et l'eau est respectivement de 99,35 % et 0,59 %.

3-CHLOROPROPENE

Le 3-chloropropène rejeté dans l'air est ensuite rapidement dégradé par photolyse en présence de radicaux comme OH[.] Une période de demi-vie de 11 heures dans une atmosphère de concentration en OH de 10⁶ molécules.cm⁻³ (concentration moyenne de l'atmosphère dans l'hémisphère nord) est admise (Leeuw, 1993). De plus, si le 3-chloropropène est émis dans l'eau, il se volatilise rapidement. Des modèles mathématiques donnent d'ailleurs une demi-vie de trois heures en rivière (OECD SIDS, 2003).

3.2 Présence dans l'environnement

Les mesures faites dans des eaux de surfaces en Europe (Rhin) n'ont pas permis de détecter de traces de 3-chloropropène, pour des seuils de détection inférieurs à 0,1 g.L⁻¹ (OECD SIDS, 2003). Lors d'une campagne de surveillance sur des cours d'eau français réalisée en 2002 (république française, 2005), le 3-chloropropène n'a pas été recherché. Il est donc difficile de donner une estimation de sa présence dans l'environnement.

3.3 Principales sources de rejets

Les rejets de 3-chloropropène proviennent exclusivement des rejets industriels des installations produisant ou utilisant ce produit. Toutefois, ces rejets sont très rares. De plus, ce composé étant volatil, les émissions ont lieu principalement vers l'atmosphère.

3.4 Rejets industriels

La réaction de chloration à chaud nécessaire à la synthèse du 3-chloropropène étant une réaction assez dangereuse, elle s'effectue en milieu fermé, ce qui évite des rejets gazeux importants de 3-chloropropène lors de sa production (OECD SIDS, 2003). Toutefois ces rejets sont toujours possibles lors de cette phase de production ou lors des phases de transformation ou de transport. Il faut néanmoins signaler que généralement le 3-chloropropène est transformé sur son lieu de production, ce qui limite son transport.

3-CHLOROPROPENE

Lors des inventaires régionaux des émissions menés entre 1991 et 2000, le 3-chloropropène n'a été décelé que dans les rejets d'un seul établissement de Rhône-Alpes, sur les 815 établissements visés en France. Le flux de 3-chloropropène était alors, en 1998, de près de 15 kg.j^{-1} . De même, dans le cadre de l'action nationale de recherche et de réduction des substances dangereuses dans l'eau, des mesures ponctuelles ont été réalisées à la sortie de près d'un millier d'ICPE. Il apparaît que le flux total de 3-chloropropène issu de ces installations est de 30 g.j^{-1} , provenant uniquement d'un seul site².

Ces résultats montrent avant tout que les rejets industriels de 3-chloropropène sont rares, et qu'ils représentent de très faibles quantités.

3.5 Rejets liés à l'utilisation de la substance

3.5.1 Autres utilisations

Le 3-chloropropène étant uniquement un intermédiaire réactionnel, il ne peut pas être émis lors de l'utilisation de produits finis.

3.5.2 Incinération de déchets

Toutefois, comme la plupart des COV il peut être potentiellement émis lors de l'incinération de déchets contenant des dérivés halogénés, mais à ce jour, nous n'avons trouvé aucune étude démontrant un tel phénomène.

3.6 Pollutions historiques

Nous n'avons pas trouvé de référence de pollution historique due au 3-chloropropène.

² Ce site n'est pas le même que celui situé en Rhône-Alpes. Il ne correspond pas non plus à l'usine de Tavaux qui n'a pas été pour le moment intégrée à la base de données

3-CHLOROPROPENE

4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

4.1 Produits de substitution

Comme indiqué précédemment, le 3-chloropropène sert en grande majorité à la fabrication d'épichlorhydrine. Cette synthèse est une réaction d'époxydation qui peut se dérouler selon deux mécanismes :

- Soit une réaction en deux étapes avec tout d'abord formation du 2,3-chloropropanol par action du chlore sur le 3-chloropropène, puis le 2,3-chloropropanol est époxydé par l'action d'une base (Blachownia, 2002). Cette réaction se fait en milieu aqueux ;
- Soit une réaction directe : le 3-chloropropène réagit avec un peroxyacide pour former directement l'épichlorhydrine. Cette réaction en une étape est plus intéressante industriellement et semble être utilisée par l'entreprise Solvay (Strebelle M, et al., 1999).

Un nouveau procédé est en cours d'industrialisation par Solvay, et une nouvelle unité de production d'épichlorhydrine d'une capacité initiale de 10 000 t/an sur le site de Tavaux, basée sur la transformation de la glycérine par l'acide chlorhydrique, et qui ne fait donc plus intervenir le 3-chloropropène, va être construite. Cette installation devrait être fonctionnelle en 2007, et elle doit servir à répondre à l'augmentation de la demande en épichlorhydrine. En revanche, les unités de production de 3-chloropropène restent en place pour répondre à la fois à l'augmentation croissante des besoins en 3-chloropropène non transformé et poursuivre la production d'épichlorhydrine avec les installations déjà existantes. (Chimie Pharma Hebdo, 2006)

4.2 Réduction des émissions industrielles

4.2.1 Traitement des effluents gazeux.

Les procédés de traitement des effluents gazeux sont le plus souvent des procédés qui concernent tous les COV. On en distingue deux familles, les procédés de récupération et les procédés de destruction (Techniques de l'ingénieur, 2005). Le tableau suivant résume ces différentes techniques de traitement des COV (EC, 2001) :

3-CHLOROPROPENE

Tableau 4.3.1 : procédés de traitement des COV

Procédé	Application	Description	Performance du traitement	Coût	
				installation	exploitation
Séparation membranaire	Solvants et vapeurs d'hydrocarbures	Séparation des gaz en fonction de la perméabilité avec possibilité de recyclage	> 99,9 % pour COV 90-99 % pour hydrocarbure	300000€ (200 Nm ³ /h)	60000€/an
Condensation	Recondensation des COV concentrés pour la réutilisation	Condensation et récupération des vapeurs par réduction de la température	Division des concentrations de 500 à 1000	500000€ (1000 Nm ³ /h) pour une installation de cryogénéisation	
Adsorption	Récupération des COV pour réutilisation ou abattement de la pollution	Adsorption de surface des gaz sur des solides (charbon actif, zéolites)	COV : 80-95% Toluène : 90%	240 m€ pour 1000 Nm ³ /h avec régénération des charbons	1000€ par tonne de charbon
Lavage des gaz	Pour solvants solubles (ammonium, SO ₂) en vue d'une réutilisation	Les gaz solubles sont transférés dans la phase aqueuse	COV : 50-95%	Très variable en fonction du traitement : de 600 à 33500\$	
Biofiltration	Pour polluant facilement biodégradable (hydrocarbures...)	Les effluents gazeux passe à travers un lit biologique où les polluants sont détruits	Toluène : 80-95% Hydrocarbures : 75-95%	5000-20000€	200€ par m ³ de produits filtrant
Lavage des gaz avec action biologiques	Pour des mélanges de produits facilement biodégradables et solubles (peu efficace sur les hydrocarbures aromatiques)	Les gaz solubles sont transférés dans une phase aqueuse contenant des micro-organismes capables de traiter les polluants	COV : 80-90%	5000-15000€	

3-CHLOROPROPENE

Procédé	Application	Description	Performance du traitement	Coût	
				installation	exploitation
Lavage des gaz avec lit bactérien	Surtout des produits solubles (acides et alcool)	Comme précédemment à la différence que les micro-organismes sont fixés sur un support	CVM : 99% COV : 80-95%	5000-20000€	
Oxydation thermique	Tout gaz combustibles	Les effluents gazeux sont brûlés en présence d'air ou d'oxygène et transformés en eau et CO ₂ . Pour les composés halogénés des conditions d'utilisations particulières sont nécessaires	COV : > 95%	Entre 10000 et 50000€ selon les technologies	>25000€ pour les combustion simple sans récupération de chaleur
Oxydation catalytique	Tout type de gaz, même moins combustibles que dans la technique d'oxydation thermique simple	Les effluents gazeux une fois chauffés passe à travers un catalyseur afin d'accélérer la réaction d'oxydation ou de détruire des composés plus faiblement combustibles	COV : > 95%	10000-80000€	3000-21000€ pour la technique non régénératrice
Torchère	Essentiellement dans le secteur pétrolier et pétrochimique	Consiste à brûler à haute température des gaz combustibles	COV : >98%	8300-560000€ en fonction des dimension de la torchère	Jusqu'à 36000€

3-CHLOROPROPENE

4.2.2 Traitement des effluents aqueux

Le 3-chloropropène est un composé organique volatil dont la solubilité est de 3,6 g.L⁻¹. Comme nous l'avons vu, il est difficile de trouver un procédé de traitement spécifique adapté à ce composé. De plus, la décomposition de composés organiques halogénés par des traitements biochimiques peut poser quelques problèmes. Leur décomposition est parfois difficile ou impossible pour les micro-organismes et la concentration des effluents en composés organiques halogénés doit rester la plus stable et la plus basse possible. Pour résoudre ces problèmes on peut effectuer des traitements primaires, soit avec du charbon actif, soit par un procédé thermochimique (oxydation à haute température et basse pression) (Dilla, W., *et al.*, 1995). Dans ce dernier cas, on peut également utiliser des catalyseurs qui vont aider à la réaction d'oxydation. Face à ces problèmes, l'entreprise Solvay a développé un procédé de traitement spécifique des eaux contenant des composés organiques chlorés issus de la production d'épichlorhydrine (Dilla, W., *et al.*, 1995). Ce procédé permet de réduire de plus de 80% la concentration en composés organiques halogénés d'effluents chargés à 10 mg.L⁻¹. Le traitement se déroule en deux étapes. Une première étape d'adsorption à 75° et 1 bar permet une première déchloration des effluents, puis le liquide est ensuite mis en contact avec de l'hydrogène pour achever le processus de déchloration.

On peut également citer le procédé de stripping adapté aux polluants volatils (Boeglin, J.L., 1998). Ce procédé correspond à l'entraînement de produits volatils dissous dans l'eau par l'action d'un autre gaz. Les produits ainsi récupérés peuvent être soit réutilisés dans les processus de fabrication, soit détruits par combustion dans un four ou récupérés dans des solutions où ils sont fixés et/ou oxydés (Cf. paragraphe traitement des effluents gazeux). Le coûts d'une telle installation est de 4 à 5 M€ (exemple d'une raffinerie avec un traitement par stripping d'eau de 30 m³/h).

3-CHLOROPROPENE

5 ASPECTS ECONOMIQUES

5.1 Place de la substance dans l'économie française

La DRIRE d'Alsace (2001) signale l'utilisation de 3-chloropropene à l'usine Albemarle de Thann.

Selon la DRIRE de Franche-Comté (2004), l'usine Solvay de Tavaux a une capacité de production de 3-chloropropene de 33 000 t par an et peut en stocker jusqu'à 10 t. Elle transforme la totalité de sa production en épichlorhydrine.

La principale utilisation de l'épichlorhydrine est la production de résines époxy, qui connaissent de nombreuses applications dans les secteurs de la construction automobile, nautique, immobilière ainsi que des équipements de loisir. Parmi les autres utilisations figurent le renforcement du papier (par exemple pour la fabrication de sachets de thé) et la purification de l'eau. La demande pour ces résines soutient la production d'épichlorhydrine en Europe (Solvay envisage la construction de nouvelles unités en Europe les prochaines années)

En 2001, le 3-chloropropène coûtait 1,80 \$.kg⁻¹ (Turton et Al., 2003). L'épichlorhydrine était vendue autour de 1100€.t⁻¹.

5.2 Impact économique des mesures de réduction

Les mesures de réduction des émissions peuvent passer par la réduction des concentrations en 3-chloropropène dans les rejets avals des usines. On peut estimer le coût de la réduction des émissions de COV par les industriels en étudiant le marché de la lutte contre les Composés Organiques Volatils. Celui-ci a été estimé à 32,4 M€ en 2004, en augmentation de 20% par rapport à 2003. Il devrait encore continuer à augmenter de 20% en 2005, pour atteindre 38,8 M€ (Actu@ environnement, 2005).

Les coûts de traitements des COV est très variable en fonction des techniques. Le tableau ci-après indique quelques coûts³ (Source : EC, 2001):

³ Voir également le paragraphe sur le traitements des effluents gazeux.

3-CHLOROPROPENE

Procédé	installation	exploitation
Séparation membranaire	300000€ (200 Nm ³ /h)	60000€/an
Condensation	500000€ (1000 Nm ³ /h) pour une installation de cryogénéisation	
Adsorption	240 m€ pour 1000 Nm ³ /h avec régénération des charbons	1000€ par tonne de charbon
Lavage des gaz	Très variable en fonction du traitement : de 600 à 33500\$	
Biofiltration	5000-20000€	200€ par m ³ de produits filtrant
Lavage des gaz avec action biologiques	5000-15000€	
Lavage des gaz avec lit bactérien	5000-20000€	
Oxydation thermique	Entre 10000 et 50000€ selon les technologies	>25000€ pour les combustion simple sans récupération de chaleur
Oxydation catalytique	10000-80000€	3000-21000€ pour la technique non régénératrice
Torchage	8300-560000€ en fonction des dimension de la torchère	Jusqu'à 36000€

Il est également difficile d'établir le coût de traitement des rejets aqueux car ils vont dépendre de la nature des effluents et du milieu de rejet. Le coût d'une unité de stripping traitant un flux de 40 m³ par heure serait de 3M€ (EC, 2002).

Nous n'avons pas pu obtenir de chiffres concernant le nouveau procédé Solvay de fabrication d'épichlorhydrine sans 3-chloropropene, mais ce procédé pourrait diminuer les coûts de production en raison des prix élevés du polypropylène (à la base du 3-chloropropène).

6 CONCLUSION

Le 3-chloropropène est un composé organique halogéné volatil. Il est produit en France à l'usine de Tavaux. Il est ensuite utilisé comme intermédiaire réactionnel dans la synthèse d'épichlorhydrine, mais également dans la production de chlorosilane servant à la fabrication de « pneus vert ». Ainsi, la demande en 3-chloropropene est en augmentation en Europe. Il semble que seulement un ou deux sites en France réalisent cette production, ou produisent d'autres molécules à partir de 3-chloropropene. Les rejets de 3-chloropropène, qui proviennent uniquement d'installations industrielles, sont, dans ces conditions, très peu nombreux.

3-CHLOROPROPENE

Un nouveau procédé a été industrialisé par Solvay, et une nouvelle unité de production d'épichlorhydrine d'une capacité initiale de 10 000 t/an sur le site de Tavaux, basée sur la transformation de la glycérine par l'acide chlorhydrique, et qui ne fait donc plus intervenir le 3-chloropropène, va être construite.

Afin que les rejets de 3-chloropropène n'augmentent pas dans le futur,

- Soit les capacités additionnelles d'épichlorhydrine qui seraient construites en France doivent utiliser un procédé sans 3-chloropropène,
- Soit les rejets des nouvelles installations doivent faire l'objet de traitements très performants. Or les procédés de traitements aqueux permettent aujourd'hui d'atteindre des taux d'épuration de l'ordre de 99% (pour l'ensemble des COV), mais ils ne sont pas forcément adaptés à de faibles pollutions comme c'est le cas pour le 3-chloropropène.

La réduction des émissions de 3-chloropropène ne dépend que des efforts consentis par les industriels sur les installations existantes (soit traitement plus poussé des rejets, soit changement de procédé).

7 REFERENCES

7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés

SHD, Syndicat des halogènes et dérivés

Usine Solvay de Tavaux

Usine Albemarle de Thann

7.2 Bibliographie

Actu® environnement, 2005. Après 8,5% de croissance en 2004, les éco-entreprises françaises devraient progresser de 3% en 2005. News de l'environnement du 08/11/05.

"Blachownia" (Institute of Heavy Organic Synthesis) (2002), processes, epichlorohydrine, (<http://www.icso.com.pl/en/Processes/epi.htm>).

Boeglin J.L., 1998. Lutte contre la pollution de l'eau, Inventaire des traitements. Techniques de l'ingénieur.

Boeglin J.L., 1998. Lutte contre la pollution de l'eau, traitement physico-chimique de la pollution soluble. Techniques de l'ingénieur.

3-CHLOROPROPENE

Chimie Pharma Hebdo, n° 328, 6 Février 2006, p 11.

DERLETH, H., Bretz, K.H., Neuenfeldt, G., Schindler, H., Ottman, A., *et al.* (1995), Process for catalytic treatment of effluents containing organic and inorganic compounds, preferably from epichlorohydrin production, Patent N° US : 5122496, United States.

DILLA, W., Dillenburg, H., Ploenissen, E., Sell, M., *et al.*, (1995), Process for treating waste water containing chlorinated organic compounds from production of epichlorohydrin, 9p, Patent N° US : 5 393 428, United States.

Direction générale des douanes, 2005. Le chiffre du commerce extérieur, 1-chloro-2,3-époxypropane. (http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/Portail_default.asp).

DRIRE Alsace (2001). L'industrie et l'environnement en Alsace, bilan 2001, (<http://www.alsace.drire.gouv.fr/environnement/bilan01/>).

DRIRE Franche-Comté (2004), L'environnement industriel en Franche-Comté, édition 2004, (http://www.franche-comte.drire.gouv.fr/publications/environnement_industriel/plaquette_2004/).

EC, (Integrated Pollution Prevention and Control IPPC). Best available techniques in common waste water and waste gas treatment / management systems in the chemical sector, 2001.

EC (Integrated Pollution Prevention and Control), 2003. Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemical Industry. 432p.

ESIS (European chemical substance information system) (2005). 3-chloropropène, (<http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>).

German Chemical Society, 1995. GDCh (Gesellschaft Deutscher Chemiker) - Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance ; Allyl chloride. BUA Report 186. (http://www.hirzel.de/bua-report/PDF/Summary_Report186.pdf)

INRS (2000). Fiche toxicologique n° 187, 1-chloro-2,3-époxypropane, Edition 2000, 4p.

INRS (2005). Valeurs limite d'exposition professionnelle au agent chimique en France, note documentaire 2098, 23p.

Leeuw, F.A.A.M. (1993) Assessment of the atmospheric hazards and risk of new chemicals : procedures to estimate « hazard potentials ». Chemosphere, 27, (8), pp113-128.

NCS (National Safety Council) (2005), chemical backgrounders, Epichlorohydrin, (<http://www.nsc.org/library/chemical/Epichlor.htm>).

OECD SIDS (2003), initial assessment report for the 4th SIAM, 3-chloropropène, UNEP publications, 122p.

République française, 2005. Programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses. 61p.

Solvay (2003), rapport développement durable 2001-2003, 43p.

3-CHLOROPROPENE

Strebelle, M., Gilbeau, P., Catinat, J.P., *et al.* (1999), produit à base d'épichlorohydrine et procédé de fabrication de ce produit, Solvay, Brevet C07D 303/08 C07D 301/32.

Techniques de l'ingénieur (2005), Procédés de traitement des COV ou composés organiques volatils.

Turton, Richard, Richard C. Bailie, Wallace B. Whiting, and Joseph A. Shaeiwitz. Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. New Jersey: Prentice Hall, 2003.