

# ETHYLBENZENE

---

Dernière mise à jour : 30/03/2006

## RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : [jean-marc.brignon@ineris.fr](mailto:jean-marc.brignon@ineris.fr)

## EXPERTS AYANT PARTICIPE A LA REDACTION

S.SUREAU

# ETHYLBENZENE

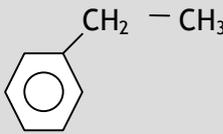
## SOMMAIRE

1	Généralités .....	3
1.1	Définition et caractéristiques principales .....	3
1.2	Réglementations .....	3
2	Production et utilisations.....	4
2.1	Production et vente .....	4
2.2	Utilisations.....	5
2.3	Production et émissions non intentionnelles.....	6
3	Rejets et présence dans l'environnement .....	6
3.1	Comportement dans l'environnement .....	6
3.2	Présence dans l'environnement .....	6
3.3	Principales sources de rejet.....	6
3.4	Rejets industriels .....	7
3.5	Rejets liés à l'utilisation de la substance .....	7
3.6	Pollutions historiques .....	9
4	Possibilités de réduction des rejets.....	9
4.1	Produits de substitution.....	9
4.2	Recyclage : .....	12
4.3	Réduction des émissions .....	12
5	Aspects économiques .....	17
5.1	Place de la substance dans l'économie française.....	17
5.2	Impact économique des mesures de réduction.....	18
6	Conclusions .....	20
7	Références.....	21
7.1	Entreprises, organismes et experts interrogés .....	21
7.2	Bibliographie .....	22

# ETHYLBENZENE

## 1 GENERALITES

### 1.1 Définition et caractéristiques principales

Substance chimique	N° CAS	N° EINECS	Synonymes	Forme physique (*)
<p>Ethylbenzène</p> <p><math>C_8H_{10}</math></p>  <p>CH<sub>2</sub> — CH<sub>3</sub></p>	100-41-4	202-849-4	<p>Alpha-methyltoluène</p> <p>Phenylethane</p>	Liquide incolore

(\*) dans les conditions ambiantes habituelles

L'éthylbenzène est un hydrocarbure aromatique qui se présente sous la forme d'un liquide incolore. Il est un composant naturel du pétrole dont il peut être extrait en mélange avec les xylènes. Cette substance est composée d'un noyau benzénique auquel est ramifié un groupement éthyle. Comme la plupart des composés issus du pétrole, l'éthylbenzène est un constituant de base des produits chimiques et pétrochimiques. Il sert en particulier à la synthèse du styrène. L'éthylbenzène fait partie de la famille des composés organiques volatils (COV). Sa solubilité dans l'eau est de 152 mg.L<sup>-1</sup>.

### 1.2 Réglementations

Selon l'arrêté du 20 avril 1994<sup>1</sup>, l'éthylbenzène est considéré comme un produit nocif (Xn ; R20<sup>2</sup>), et facilement inflammable (F, R11<sup>3</sup>). En revanche, selon ce même arrêté, il n'est pas classé comme dangereux pour l'environnement.

<sup>1</sup> Arrêté relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substance chimiques complété jusqu'à la directive 2004/73/CE de la commission du 29 avril 2004 portant la 29<sup>ème</sup> adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE.

<sup>2</sup> Nocif par inhalation

# ETHYLBENZENE

Sa fabrication, son utilisation, son transport et son stockage sont réglementés, en partie par les législations relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Les rejets d'éthylbenzène sont réglementés par l'arrêté du 2 février 1998. L'éthylbenzène est considéré comme une substance toxique, bioaccumulable ou nocive pour l'environnement. La valeur limite mensuelle de concentration dans ces rejets ne doit donc pas dépasser  $4 \text{ mg.L}^{-1}$  si le flux du rejet dépasse  $10 \text{ g.j}^{-1}$ . Selon l'arrêté du 20 avril 2005, relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses, la norme de qualité des eaux a été définie pour l'éthylbenzène à  $20 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ .

En ce qui concerne les réglementations relatives à la qualité des eaux de consommation, l'éthylbenzène n'est ni concerné par le décret n°2001-1220<sup>4</sup>, ni par la directive 98/83/CE<sup>5</sup>. En revanche pour l'OMS<sup>6</sup> la teneur limite en éthylbenzène pour des eaux de consommation est de  $300 \text{ } \mu\text{g.L}^{-1}$ .

Enfin, l'éthylbenzène étant un COV, son utilisation est soumise à la directive 1999/13/CE qui vise à réduire les émissions de COV en Europe (objectif de réduction globale de 40% en 2010 pour la France (MEDD, 2003)). Cette directive est complétée par la Directive 94/63/CEE du 20 décembre 1994 relative à la lutte contre les émissions de composés organiques volatils (COV) résultant du stockage de l'essence et de sa distribution des terminaux aux stations-service.

## 2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

### 2.1 Production et vente

L'éthylbenzène est présent dans les essences de reformage<sup>7</sup> aux cotés des xylènes dont c'est un isomère. Il est d'ailleurs un constituant (20 %) du xylène commercial qui sert comme solvant dans de nombreuses applications. Toutefois l'extraction de l'éthylbenzène n'est pas toujours rentable et on préfère, en général, le synthétiser à partir du benzène et de

---

<sup>3</sup> Facilement inflammable

<sup>4</sup> Décret du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

<sup>5</sup> Directive du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

<sup>6</sup> Directive de la qualité pour l'eau de boisson (2004).

<sup>7</sup> Les essences de reformage, sont les essences obtenues à la suite du reformage catalytique de la fraction d'essence lourde issue de la distillation du pétrole brut.

# ETHYLBENZENE

l'éthylène (Vignes, J.L. et al. 1998). Il existe trois procédés principaux d'alkylation du benzène avec l'éthylène qui diffèrent par le catalyseur employé (Sengel, J.L., 2005):

- Le procédé au chlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) est le plus ancien et le plus utilisé. Il a lieu en phase gazeuse et a un rendement de 40 à 45%.
- Le procédé au trifluorure de bore n'est aujourd'hui plus utilisé.
- Les procédés utilisant des Zéolithes sont les plus récents. Ils se déroulent généralement en phase gazeuse, mais pour améliorer la durée de vie des zéolithes on développe actuellement des procédés en phase liquide.

En France, le groupe Total est le seul producteur d'éthylbenzène qu'il produit au sein de ses deux sites de Gonfreville l'Orcher et Carling. La production européenne d'éthylbenzène s'élève à 5 700 kt/an (OECD SIDS, 2002), alors qu'elle était de 3 000 kt en 1983 (INERIS, 2005).

## 2.2 Utilisations

L'éthylbenzène est utilisé dans sa très grande majorité pour **fabriquer du styrène**. Plus de 99% de l'éthylbenzène produit, dans le monde, en 1984 servait à cette utilisation (ATSDR, 1999). Cette production est réalisée en France par Total sur ses deux sites de Gonfreville l'Orcher et Carling. La capacité de production française de styrène s'élevait en 1993 à 680 000 tonnes par an (Vignes, J.L., 1998). Le styrène est ensuite transformé en différents polymères : Polystyrène (65%) ; latex styrène-butadiène (6%) ; Copolymères styréniques (13%) ; Caoutchouc styrène butadiène (6%) ; Polyesters insaturés (4%).

En 1996, la production de Polystyrène a été, en France, de 527 kt, dont 186 kt de Polystyrène expansé. Et sa consommation a été pour la même année de 365 kt dont 95 kt de PSE (Vignes, J.L., 2005). Parmi ce PSE, une grande partie sert dans les emballages. En France, en 2003, cette consommation a été de 33 000 t, en baisse depuis 1999 (37 000 t).

L'éthylbenzène est également utilisé comme **solvant aromatique** pour les peintures, vernis, dégraissants. On en a utilisé, en France, en 2004, 3 160 t. Il sert également d'**intermédiaire réactionnel** pour la fabrication du diéthylbenzène, de l'acétophénone et de diverses autres substances.

Enfin, en tant que dérivé pétrolier, on peut retrouver de l'éthylbenzène dans l'asphalte et le naphta utilisés pour les routes. L'éthylbenzène rentre également dans la composition des essences où il est employé pour son pouvoir antidétonant. Diverses sources (INERIS, 2005 ; ATSDR, 1999) indiquent qu'il représente 2% du poids des essences, toutefois, selon l'UFIP, il représente moins de 0,1% de la composition des carburants.

# ETHYLBENZENE

## 2.3 Production et émissions non intentionnelles

L'éthylbenzène se forme naturellement lorsque des matières organiques sont exposées à des phénomènes de combustion ou de pyrolyse. C'est par exemple le cas lors de feux de forêts d'éruptions volcaniques ou dans la fumée de cigarettes. C'est également le cas lors de la combustion de biomasse pour le chauffage. Cette dernière source d'émission semble représenter une source importante de rejet de COV dans l'air, mais à ce jour nous n'avons trouvé aucune étude quantifiant les retombées indirectes de ces substances dans les milieux aquatiques.

## 3 REJETS ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

### 3.1 Comportement dans l'environnement

L'éthylbenzène présent dans l'atmosphère l'est uniquement sous forme de vapeur. Il est dégradé par réactions photochimiques avec les radicaux hydroxyles et on considère que sa durée de vie dans l'air est inférieure à 3 jours (INERIS, 2005).

Dans l'eau, l'éthylbenzène se volatilise à partir des eaux de surface. Il est biodégradable et on considère que sa demi-vie par biodégradation dans les eaux de surface est proche de 40 jours. L'éthylbenzène est également biodégradable en milieu anaérobie (INERIS, 2005).

### 3.2 Présence dans l'environnement

Les concentrations ubiquitaires mesurées pour l'éthylbenzène sont (INERIS, 2005) :

Air :	< 2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
Eau :	Rivières, mers, eaux souterraines : < 0,1 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .
	Eau de pluie <0,01 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

### 3.3 Principales sources de rejet

Bien que l'éthylbenzène soit présent de façon naturelle dans l'environnement (feux de forêt, pétrole brut...), les rejets sont essentiellement d'origine humaine. L'éthylbenzène étant un composé organique volatil, la plus grande partie de ses molécules rejetées dans l'environnement se retrouve donc dans l'air (INERIS, 2005). D'ailleurs, selon l'OECD SIDS (2002), plus de 99% des émissions d'éthylbenzène se font vers l'atmosphère.

# ETHYLBENZENE

Sa principale source de rejet est liée au trafic routier (INERIS, 2005). La production et les utilisations industrielles d'éthylbenzène constituent également des sources de rejet importantes.

## 3.4 Rejets industriels

A la différence du toluène et du xylène, l'éthylbenzène est avant tout utilisé comme intermédiaire réactionnel. Les rejets d'origine industrielle représentent donc une proportion importante des rejets d'éthylbenzène. Ils sont d'ailleurs la principale source d'émissions directes d'éthylbenzène dans les milieux aquatiques.

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 d'éthylbenzène issu de ces installations est de près de  $586 \text{ g.j}^{-1}$ . Or d'après la base EPER, il y aurait environ 25 t/an de BTEX (soit près de  $70 \text{ kg/j}$ ) rejetés directement dans l'eau en France par l'industrie en 2001. La comparaison montre que, même si il y a une forte incertitude sur le chiffre de  $0.5 \text{ kg/j}$ , l'éthylbenzène constitue sûrement une faible fraction des rejets de BTEX. Enfin, en région Rhône-Alpes, où deux inventaires des rejets de micropolluants, par des établissements industriels, ont été réalisés en 1993 et 1998, on constate une baisse des émissions d'éthylbenzène. Ainsi, le flux total qui représentait  $12 \text{ kg.j}^{-1}$  en 1993 a baissé à  $500 \text{ g.j}^{-1}$  en 1998. Ces résultats, semblent donc montrer que les émissions d'éthylbenzène dans les milieux aquatiques ont sensiblement diminué. Les rejets directs dans l'eau d'éthylbenzène en Rhône-Alpes sont dus pour l'essentiel au secteur de la chimie et de la parachimie, et en particulier les industries de la chimie, du chlore, et des polymères (peintures...).

## 3.5 Rejets liés à l'utilisation de la substance

Le rejet principal d'éthylbenzène, dans l'environnement, est du à sa présence dans les essences. Les émissions d'éthylbenzène sont liées d'une part aux pertes par évaporation de carburant, d'autre part aux émissions à l'échappement. D'après le tableau 3.5 (Guibet, J. C., 2005) on constate que l'éthylbenzène représente 10% des émissions d'hydrocarbures imbrûlés dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence. Ces rejets constituent d'ailleurs la principale source de rejets indirects d'éthylbenzène dans l'eau.

# ETHYLBENZENE

Tableau 3.5 - Exemple de composition des « hydrocarbures imbrûlés » dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence<sup>8</sup>

Constituant	Concentration relative <sup>9</sup>
Méthane	9,6
Éthane	5,2
Éthylène	31,7
Propylène	24,8
Acétylène	15,6
Isobutane	3,5
Butane(E)	3,9
But-2-ène	2,3
But-1-ène	3,5
Isobutène	14,8
(Z) But-2-ène	1,7
Isopentane	13,5
Propyne	3,4
n -Pentane	4,8
Buta-1,3-diène	7,0
Hexanes	1,7
Benzène	24,3
Isooctane	19,1
Toluène	100
Éthylbenzène	52,2
Xylènes	23,9
Isopropylbenzène	6,1

<sup>8</sup> Prélèvement en amont du catalyseur de post-traitement.

<sup>9</sup> La teneur totale en HC, dans les gaz d'échappement secs, est de l'ordre de 500 ppm.

# ETHYLBENZENE

L'utilisation d'éthylbenzène comme solvant peut également constituer une source de rejet indirect. Mais cette consommation est assez limitée, et ce flux d'émissions doit être beaucoup moins important que les autres.

## 3.6 Pollutions historiques

Aucune source de pollution historique n'a été trouvée. Dans les bases de données, l'éthylbenzène est souvent confondu avec le xylène, le toluène et le benzène, qui forment la famille des BTEX.

## 4 POSSIBILITES DE REDUCTION DES REJETS

### 4.1 Produits de substitution

#### 4.1.1 Intermédiaire réactionnel :

L'éthylbenzène sert en quasi totalité à la synthèse du styrène. Il existe pour cela deux procédés (Vignes, J.L., 1998):

Le styrène peut être produit par déshydrogénation de l'éthylbenzène. Dans ce procédé, l'éthylbenzène est mis en contact direct avec de l'eau, ce qui peut engendrer par la suite des rejets d'éthylbenzène dans les effluents industriels.

Le second procédé est le procédé « Arco », dans lequel on n'a pas recours directement à l'éthylbenzène. Dans ce procédé, la synthèse d'oxyde de propylène à partir du propylène et de l'hydroperoxyde de 1-phényléthyle amène à la formation d'alcool  $\alpha$ -méthylbenzylique qui, par déshydratation, donne du styrène. Toutefois il est à noter que l'hydroperoxyde de 1-phényléthyle est lui même formé à partir de l'éthylbenzène, qu'on utilise donc quand même indirectement dans ce procédé.

Pour les autres utilisations d'éthylbenzène comme intermédiaire réactionnel, nous n'avons identifié à ce jour aucun autre produit de substitution.

En utilisant des substituants aux différents polymères fabriqués à partir du styrène, on diminuerait d'autant la synthèse de l'éthylbenzène.

# ETHYLBENZENE

## 4.1.2 Utilisation de l'éthylbenzene comme solvant :

De façon générale, le meilleur moyen pour réduire les rejets de COV et d'éthylbenzène est de limiter avant tout leur utilisation et d'agir à la source de la pollution. Pour cela plusieurs solutions sont envisageables lorsque l'éthylbenzène est en particulier employé comme solvant (ADEME, 2004) .

Il est tout d'abord important de développer de bonnes pratiques au sein des unités utilisant des solvants :

- Sensibilisation et formation du personnel vis à vis de la pollution des COV ;
- Bon entretien des équipements ;
- Confinement des machines pour organiser des circuits fermés ;
- Optimisation des rendements des procédés de nettoyage (rinçage à contre courant) utilisant les solvants ;
- Récupération et recyclage des solvants dans les procédés chimiques.

On peut également substituer les solvants par d'autres produits :

Tableau 4.1.1.a : substitution des solvants organiques en peinture (toluène, xylène, éthylbenzène...)

Activités	Produits de substitutions	Avantage	Inconvénients
Revêtement	Peinture à haut extrait sec (peinture nécessitant moins de solvant)	Pas ou peu de modification de procédé.	Nettoyage à bas de solvants. Séchage plus long Coulures plus importantes
	Peinture en phase aqueuse (le solvant majoritaire est l'eau)	Nettoyage à l'eau	Préparation des surface Modification de procédés important Coût des produits plus élevé (20 à 30%)
	Peinture liquide sans solvants (peinture UV)	Séchage rapide Sans solvant	Surtout pour vernis transparent car sinon les UV ne passent pas à travers la peinture
	Peinture en poudre (peinture solide donc sans solvant)	Rendement de près de 85% si recyclage. Diminution des déchets	Température de cuisson élevée Préparation des surfaces

# ETHYLBENZENE

Activités	Produits de substitutions	Avantage	Inconvénients
Encre	Encres à l'eau (Les liants sont mélangés à l'eau sous forme de solution ou d'émulsion)	Peu ou pas de solvants Energie nécessaire au séchage moins importante Nombreuses possibilités techniques	
Encre	Encres offset à base d'huile végétale (les solvants minéraux sont remplacé par des dérivés d'huiles végétales)	Pas de changement de procédé	Propriétés de pénétration différentes Coût des produits plus élevé
	Les encres UV (ni solvant, ni eau, l'encre sèche sous l'action des UV)	Pas de COV Pas de séchage	Matériel spécialisé

En 2003, en France, sur les 840 000 t de peintures et vernis produits, 375 000 t étaient à base de solvant aqueux, 36 000 t à base de poudre thermodurcissable et 5 000 t à séchage UV. Ainsi près de la moitié des peintures et vernis produits en France ne contiennent plus de solvant d'origine organique (FIPEC, 2004). En dix ans, dans certain secteurs (peintures décoratives), le taux des peintures en phase aqueuse est passé de 40 à 60%. Selon la FIPEC, à cause des réglementations<sup>10</sup>, les COV sont amenés à disparaître progressivement du secteur des peintures et encres sauf pour de rares applications pour lesquelles il n'existe pas encore de solutions de remplacement (marine, aérospatiale). Néanmoins, certaines nouvelles solutions comme les peintures à l'eau posent encore quelques problèmes de pollution. Souvent les utilisateurs nettoient leurs matériels directement à l'eau alors qu'il est préférable de récupérer les eaux de nettoyage ainsi que les restes de produits pour les faire ensuite traiter. Une solution pourrait être des peintures aqueuses composées de plastifiants d'origine végétale.

De nombreuses entreprises proposent aujourd'hui des produits sans solvants dangereux servant à divers usages (décapage, peinture, nettoyage des surfaces, dégraissage). On peut citer, l'exemple de la société SID<sup>11</sup> qui propose un fluide multi-usages à base de solvant oxygéné, en substitution de diluants comme l'éthylbenzène, le xylène ou le toluène. Des entreprises développent des agro-solvants (Alcimed, 2002).

On peut également utiliser des procédés moins coûteux en matières premières.

<sup>10</sup> En particulier la directive 1999/13/CE.

<sup>11</sup> SID : société industrielle de diffusion : [www.sid.tm.fr](http://www.sid.tm.fr)

# ETHYLBENZENE

Il existe donc de nombreuses solutions de substitution de l'éthylbenzène lorsqu'il est employé comme solvant. Toutefois, avant de faire de telles substitutions, il est important de savoir si le nouveau procédé ou le nouveau produit utilisé aura moins d'impact sur l'environnement que l'éthylbenzène. On peut faire appel, pour cela, à des études d'éco-conception ou d'analyse du cycle de vie. Il existe certains guides ou bases de données qui proposent des solvants de substitution<sup>12</sup>.

## 4.2 Recyclage :

Un autre moyen pour réduire l'utilisation d'éthylbenzène et de réduire la production de PSE. Pour cela, il est aujourd'hui possible de recycler les emballages en PSE en fin de vie afin de faire de la valorisation matière. Les industriels du secteur ont créé l'association Eco-PSE qui vise à promouvoir et organiser le recyclage des emballages en PSE des professionnels. L'objectif est de recycler 22,5% des emballages en PSE produits en France. Ainsi en 2003, alors que la France produisait 33 000 t d'emballage en PSE, le taux de recyclage était de 21%, ce qui représentait 7 000 t de PSE.

## 4.3 Réduction des émissions

Sous l'influence des DRIRE et des différentes législations, des actions de réduction des émissions de COV ont été menées par les industriels depuis plusieurs années. Elles auraient permis de réduire de 20% les émissions industrielles de COV entre 2000 et 2003 (MEDD, 2003).

### 4.3.1 Rejets industriels gazeux

Comme pour tous les autres COV, les rejets gazeux représentent la très grande majorité des rejets d'éthylbenzène. Il existe pour traiter ces rejets différents procédés, le plus souvent généralisables à l'ensemble des COV (Techniques de l'ingénieur, 2005 ; IPPC, 2001). On distingue les procédés de récupération et les procédés de destruction.

---

<sup>12</sup> citons : l'Integrated solvent substitution data système (<http://es.epa.gov/issds/>)  
Le solvent alternative guide (<http://clean.rti.org/>)  
Le groupe européen de l'industrie des solvants (<http://esig.org>)

# ETHYLBENZENE

Le tableau ci dessous présente les différents procédés applicable aux traitements des COV (IPPC, 2001)

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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /h avec régénération des charbons	1000€ par tonne de charbon
Lavage des gaz	Pour solvants solubles (ammonium, SO <sub>2</sub> ) 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 <sup>3</sup> 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€	

# ETHYLBENZENE

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 <sub>2</sub> . 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
Torchage	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€

# ETHYLBENZENE

## 4.3.2 Traitement des effluents industriels aqueux

Dans le cas de l'éthylbenzène, le traitement des effluents industriels est important car ce produit est peu présent dans les préparations chimiques et il sert quasi-exclusivement d'intermédiaire réactionnel.

Il n'existe pas de traitement spécifique, mais les traitements classiques des stations d'épuration des sites pétrochimiques permettent d'atteindre des rendements épuratoires de plus de 99%. Ces procédés de traitement correspondent de façon générale aux procédés de traitement des hydrocarbures ou des polluants volatils. Citons quelques exemples :

Dans les raffineries de pétrole, on fait appel à des procédés de déshuilage et dégraissage associés généralement à des procédés de flottation et de coagulation. Ils permettent d'extraire des matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau comme c'est le cas pour les hydrocarbures (Boeglin J.L., 1998). Dans le cas d'un système API (américain petroleum institute separator) on peut atteindre des performances entre 90 et 95%. Le coût d'un tel procédé est de 2 millions d'€ pour une capacité de traitement de 1200 m<sup>3</sup>/h. (IPPC, 2001).

On peut également citer les procédés d'oxydation par voie humide, ou le procédé de stripping adapté aux polluants volatils (Boeglin, J.L., 1998). Ce dernier 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. Ce procédé est particulièrement efficace pour les hydrocarbures aromatiques (BTX) pour lesquels on peut atteindre 99% de rendement. Le coût d'une telle installation est de 4 à 5 millions d'€ (exemple d'une raffinerie avec un traitement par stripping d'eau de 30 m<sup>3</sup>/h).

## 4.3.3 Ethylbenzène dans les carburants

Les émissions d'éthylbenzène sont liées d'une part aux pertes par évaporation de carburant, d'autre part aux émissions à l'échappement :

- En Europe, les émissions par évaporation tendent à se réduire, en raison de la généralisation de systèmes de récupération des vapeurs d'essence (sur les modèles récents de véhicules et sur les postes de chargement des dépôts et raffineries, les cuves de stations services et les camions de ravitaillement) Grâce à l'emploi de ces techniques, les émissions de COVNM, dues à la chaîne pétrolière hors terminaux pétroliers et gaz d'échappement, ont été réduites de 98 000 t, passant de 153 000 t en 1990 à 55 000 t en 2003 (UFIP, 2005).

# ETHYLBENZENE

- Depuis 1993, les constructeurs ont équipé les voitures nouvellement fabriquées, de filtres et de pots catalytiques. Ces pots permettent en théorie de détruire 99% des émissions toxiques. Toutefois, les réactions catalytiques se font entre 300°C et 1000°C, elles n'ont donc pas lieu tant que le pot catalytique n'a pas atteint sa température de fonctionnement, (correspondance IFP, 2005). en particulier sur des petits parcours. De plus, les pots perdent de leur efficacité avec le temps et l'usure du moteur. Ils doivent donc être changés régulièrement (2 ans en moyenne). Même si elle ne les supprime pas, l'utilisation des pots catalytiques permet de diminuer sensiblement les rejets de COV.

Grâce à ces procédés, les émissions de COV par le transport routier auraient diminué de 59% entre 1990 et 2002, (Lepeltier S., 2002), ce que tendent à confirmer les chiffres du CITEPA (2005). On peut alors constater que les rejets dans l'air de COVNM provoqués par le transport routier, on été divisés par 2,4 entre 1995 et 2003. Et la généralisation de ces dispositifs aurait permis de diviser par 5 les rejets de COV dus au transport routier en Europe, entre 1995 et 2000 (MEDD, 2003). On peut supposer que les émissions d'éthylbenzène on baissé dans les mêmes proportions.

En outre, pour réduire les émissions d'éthylbenzène à l'échappement on peut modifier la composition des essences, et en particulier réduire les teneurs en aromatiques. La teneur maximale des essences en aromatiques était jusqu'en 2005 de 42 %, mais cette valeur limite est passée à 35 % en Janvier 2005. La Commission pourrait proposer avant 2006 de nouvelles normes sur le benzène et les aromatiques à respecter à compter de Janvier 2009 (IFP, 2003).

De plus, les émissions de COV dépendent de la tension de vapeur saturante des essences. Plus cette tension est faible, plus les émissions diminuent. Les fabricants d'essences, ont donc réduit la tension de vapeur de 80 à 60 kPa.

Pour modifier la composition des carburants on peut également avoir recours aux biocarburants. En effet, l'éthanol, l'ETBE et les huiles végétales pures (EMHV) améliorent la combustion des moteurs à essence, ce qui a pour conséquence de diminuer les émissions d'hydrocarbures imbrûlés. Une introduction de ces biocarburants dans des proportions admissibles par les moteurs actuels (20% au maximum) pourrait donc entraîner une diminution des rejets d'étylbenzène. Toutefois, cette introduction doit tenir compte des normes de qualité des essences. Il ne faut pas en particulier que l'introduction d'éthanol entraîne une augmentation de la pression de vapeur saturante, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter les émissions de COV. Pour cela, les producteurs d'essences doivent proposer de nouvelles compositions de leurs produits, ce qui pourrait entraîner des modifications importantes de leurs installations de production. Dans un contexte français de surproduction d'essences ces modifications pourraient ne pas représenter un intérêt économique pour les producteurs.

# ETHYLBENZENE

Actuellement, les objectifs d'utilisation de biocarburants assignés aux États membres par la Commission européenne sont de 5,75 % de la consommation d'essence et de gazole en 2010, avec un objectif de 8 % en 2020. La France qui, actuellement, n'introduit en moyenne qu'1% de biocarburants dans les essences, a lancé un programme de développement de ces énergies, dont l'objectif est d'atteindre 10% de biocarburants inclus dans les carburants classiques en 2015.

L'amélioration du rendement des moteurs à essence, le recours à des voitures hybrides moins consommatrices, et l'augmentation du parc de véhicules diesel qui ne contient pas d'éthylbenzène pourraient également entraîner une diminution des rejets. Toutefois, les réductions d'émission d'éthylbenzène amenées par ces évolutions technologiques risquent d'être partiellement voire totalement compensées par l'augmentation des volumes de trafic prévue d'ici 2015.

Pour diminuer plus durablement les émissions d'éthylbenzène dues au trafic routier, il faudrait développer de nouvelles sources d'énergie pour les transports (électricité et piles à combustible...). Toutefois, de tels développements technologiques à grande échelle semblent peu probables d'ici à 2015. De même, une diminution du trafic routier entraînerait automatiquement une diminution des rejets d'éthylbenzène, mais là encore les perspectives ne sont pas favorables.

## 5 ASPECTS ECONOMIQUES

### 5.1 Place de la substance dans l'économie française

La production d'éthylbenzène est réalisée, en France, uniquement par le groupe Total dans ses deux raffineries de Gonfreville l'Orcher et Carling. Il semble en outre que la demande de cette substance ait été en augmentation depuis 2003. En effet alors qu'en 2003, la France avait une balance commerciale excédentaire de 17 656 t pour l'éthylbenzène, elle a aujourd'hui une balance déficitaire de 16 492 t, en raison notamment des exportations vers l'Allemagne. Entre ces deux périodes, il semble donc que les besoins français en éthylbenzène aient augmenté de 38 000 t, sauf si la capacité de production française a changé entre temps. Le prix de cette substance s'établit aujourd'hui autour de 1100 €.t<sup>-1</sup> (Direction générale des Douanes, 2005).

# ETHYLBENZENE

Une très grande majorité d'éthylbenzène est transformée directement en styrène, dans les deux raffineries citées du Groupe Total. Les capacités de production de styrène sont respectivement de 390 000 t/an à Gonfreville l'Orcher et 330 000 t/an à Carling. En outre, là aussi la balance commerciale française relative au styrène s'est inversée entre 2003 et 2005. En effet, les exportations de styrène ont diminué de 43% durant cette période, passant de 224 856 t à 127 862 t. Dans le même temps, les importations sont elles passées de 352 460 t à 377 691 t, essentiellement en provenance des Pays-bas. Les besoins en styrène ont donc augmenté de 122 225 t. Le prix du styrène a également augmenté, passant de 800 €.t<sup>-1</sup> à 1100€.t<sup>-1</sup> (chimie pharma hebdo, 2003-2005).

Le styrène est ensuite transformé en différents polymères dont le principal est le polystyrène. En France, on comptabilise 3 producteurs de polystyrène (J.L. Vignes, 1998):

- Arkema (groupe Total) avec deux sites de production à Gonfreville l'Orcher (160 000t/an de Polystyrène) et Carling (150 000 t/an de Polystyrène) ;
- BP avec un site à Wingles (120 000 t/an de polystyrène et 60 000 t/an de Polystyrène expansés) ;
- Shell avec un site à Berre (55 000 t/an de polystyrène expansés).

En 1996, la production de Polystyrène a été, en France, de 527 kt, dont 186 kt de Polystyrène expansé. Et sa consommation a été pour la même année de 365 kt dont 95 kt de PSE (Vignes, J.L., 2005). Parmi ce PSE, une grande partie sert dans les emballages. En France, en 2003, cette consommation a été de 33 000 t, en baisse depuis 1999, où elle était de 37 000 t. En revanche, la production française de Polystyrène (PE et PSE) a augmenté de 10,9% en 2003 (SPMP, 2003), ce qui correspond bien à un marché des matières plastiques en pleine expansion.

On mesure donc à travers ces quelques éléments l'importance économique de l'éthylbenzène.

## 5.2 Impact économique des mesures de réduction

La réduction des émissions d'éthylbenzène est fortement liée à la réduction de son utilisation en tant qu'hydrocarbure. Or l'envolée des prix du baril de pétrole au delà des 60\$, amène les industriels et les pouvoirs publics à développer des solutions susceptibles de diminuer la consommation d'essence (moteur hybride, biocarburants...). Ces mesures représentent un coût très important qu'il serait naïf de vouloir calculer ici. De plus, même si elles peuvent y contribuer, elles ne sont pas directement liées aux mesures de réduction des émissions d'éthylbenzène, mais s'inscrivent dans une démarche plus globale de réduction des consommations de pétrole.

# ETHYLBENZENE

En revanche, on dispose d'estimations des coûts de certains procédés de récupération et de traitement des COV. Il est cependant impossible de savoir quelle fraction de ces coûts, probablement marginale, doit être attribuée à la réduction de l'éthylbenzène.

Les pots catalytiques étant installés de série sur toutes les voitures neuves, le coût de ces derniers est donc intégré au prix général d'un véhicule. Pour les autres véhicules un pot catalytique coûte entre 200 et 500 € (UNECE, 2005). On estime qu'en 2005, la moitié des véhicules sont équipés d'un tel système (MEDD, 2003), et en considérant que le parc automobile de voitures se renouvelle tous les 15 ans, on peut espérer qu'à partir de 2010, toutes les voitures françaises seront équipées d'un pot catalytique.

Les coûts de traitements des COV est très variable en fonction des techniques. Le tableau ci-dessous indique quelques coûts<sup>13</sup> :

Procédé	installation	exploitation
Séparation membranaire	300000€ (200 Nm <sup>3</sup> /h)	60000€/an
Condensation	500000€ (1000 Nm <sup>3</sup> /h) pour une installation de cryogénéisation	
Adsorption	240 m€ pour 1000 Nm <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> 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€

<sup>13</sup> Voir également le paragraphe sur le traitements des effluents gazeux.

# ETHYLBENZENE

En outre, 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 Millions € en 2004, en augmentation de 20% par rapport à 2003. Il devrait encore continuer à augmenter de 20% en 2005, pour atteindre 38,8 Millions € (Actu® environnement, 2005). Selon l'UFIP, la réduction des émissions de COV, de 91 000t, tout au long de la chaîne pétrolière, a coûté, au total, aux industriels du secteur, 630 M€.

Il est également difficile d'établir le coût de traitement des rejets aqueux d'hydrocarbures car ils vont dépendre de la nature des effluents et du milieu de rejet. Selon un industriel interrogé, spécialisé dans le traitement des hydrocarbures, le coût moyen de traitement d'une unité de déshuilage serait de 60€ par tonne d'effluents à traiter. Le BREF sur le traitement des effluents dans la chimie donne également quelques exemples de coûts. Ainsi, une unité de déshuilage coûte 2 M€, une unité de stripping traitant un flux de 30 m<sup>3</sup> par heure est de 4 à 5M€, et une unité d'adsorption sur charbon actif de 75 000€, soit environ 100 000 € (IPPC, 2002).

Pour ce qui concerne les prix des produits de substitution, ils sont en général plus cher que l'éthylbenzène, mais ont une plus faible fluctuation car ils dépendent moins du pétrole.

- le produit proposé par une entreprise pour de nettoyage des encres et des peintures et pour le dégraissage des surfaces est vendu en moyenne deux fois plus cher que le produit équivalent à base d'hydrocarbures uniquement.
- Une entreprise propose une gamme de produits dérivés d'ester de colza pour le nettoyage et le dégraissage, ou pouvant servir d'additif dans les peintures. Ces produits vendus à partir de 1€.kg<sup>-1</sup> sont en moyenne deux fois plus chers que les équivalents pétroliers (white spirit), mais une augmentation de la demande et surtout une augmentation des capacités de production pourraient avoir un effet bénéfique sur le coût de ces produits.

En revanche, le marché des peintures sans solvants est beaucoup plus ancien (début des années 50) et beaucoup plus développé. Le prix de ces peintures est donc le même que le prix des peintures contenant des COV.

## 6 CONCLUSIONS

L'éthylbenzène est un hydrocarbure aromatique volatil. Bien que présent dans les essences de réformage avec les xylènes, il est produit par alkylation du benzène avec de l'éthylène au sein de raffineries. Il existe deux sites de production en France à Gonfreville l'Orcher et Carling. Sur ces deux sites, l'éthylbenzène est ensuite quasi exclusivement transformé en styrène qui va entrer à son tour dans la composition de nombreux polymères (PS, PSE...).

# ETHYLBENZENE

L'éthylbenzène peut également être utilisé comme solvant, mais cette utilisation reste minime.

Les rejets principaux d'éthylbenzène dans l'environnement se font vers l'atmosphère, ils peuvent ensuite être introduits indirectement dans les milieux aquatiques. Ces rejets ont majoritairement pour origine les gaz d'échappements des voitures à essences. Les rejets directs d'éthylbenzène ont pour origine les industries qui fabriquent ou transforment ce produit. Toutefois certaines utilisations mineures d'éthylbenzène, comme solvant par exemple, peuvent induire également des rejets directs.

Dans ces conditions, une réduction des émissions d'éthylbenzène dans les milieux aquatiques passerait tout d'abord par une diminution des rejets indirects due aux gaz d'échappements. De nombreuses améliorations ont d'ailleurs été apportées depuis plusieurs années, en particulier grâce à l'utilisation des pots catalytiques. On peut donc espérer qu'à l'horizon 2015, les émissions indirectes d'éthylbenzène auront fortement diminué.

En revanche, la réduction des rejets directs d'éthylbenzène ne pourra se faire que par une meilleure prise en compte, par les industriels, des rejets des unités de fabrication de styrène.

Les procédés de traitement de rejets liquides permettent aujourd'hui d'atteindre des taux d'épuration de l'ordre de 99%, mais ils ne sont pas forcément adaptés à de faibles pollutions comme c'est le cas pour les micro-polluants. Il est préférable d'agir sur la réduction des pollutions à la source, en substituant par exemple l'éthylbenzène lorsqu'il est utilisé comme solvant, en recyclant les polymères issus du styrène ou en optimisant davantage les chaînes de production.

## 7 REFERENCES

### 7.1 Entreprises, organismes et experts interrogés

IFP, institut français du pétrole

Entreprise SID

Entreprise Novance

UFIP (union française des industries pétrolières)

# ETHYLBENZENE

## 7.2 Bibliographie

- ALCIMED (2002), Analyse des marchés potentiels des agro-solvants et recommandations pour la conduite du programme AGRICE, ALCIMED Chemtechnologies, ([http://www.ademe.fr/partenaires/agrice/publications/documents\\_francais/CP1.pdf](http://www.ademe.fr/partenaires/agrice/publications/documents_francais/CP1.pdf))
- ATSDR, 1999. Toxicological profile for ethylbenzene.
- Boeglin J.L., 1998. Lutte contre la pollution de l'eau, Inventaire des traitements. Techniques de l'ingénieur. G 1 250.
- Boeglin J.L., 1998. Lutte contre la pollution de l'eau, traitement physico-chimique de la pollution soluble. Techniques de l'ingénieur. G 1271
- Boeglin J.L., 1998. Lutte contre la pollution de l'eau, traitement physico-chimique de la pollution insoluble. Techniques de l'ingénieur. G 1270.
- CCFA, (Comité des constructeurs français d'automobile), 2005. La circulation routière.
- CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution Atmosphérique), 2005. Emissions dans l'air en France métropolitaine- substances impliquées dans les phénomènes d'acidification, d'eutrophisation et de pollution photochimique.
- Chimie pharma hebdo, 2003-2005
- Direction générale des douanes, 2005. Le chiffre du commerce extérieur, Xylène. ([http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/Portail\\_default.asp](http://lekiosque.finances.gouv.fr/Appchiffre/Portail_default.asp)).
- Guibet, J.C., 2005. Les carburants et la combustion. technique de l'ingénieur, Doc. BM 2 520
- INERIS, 2005. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Ethylbenzène.
- INRS, 2005. valeurs limite d'exposition professionnelle au agent chimique en France, note documentaire 2098, 23p.
- IPPC, 2001. Best available techniques in common wste water and waste gas treatment / management systems in the chemical sector.
- IPPC (Integrated pollution prevention and control), 2002. Reference document on best available techniques in the large volume organic chemical industry.
- MEDD (Ministère de l'environnement et du développement durable), 2003. La réduction des émissions des précurseurs de l'ozone.
- OECD SIDS, 2002. Ethylbenzène. UNIEP Publication
- Sengel, J.L., 2005. Ethylbenzène. Styrene. Techniques de l'ingénieur, 2005.
- SPMP (Syndicat des producteurs de matières plastiques), 2003. Matières plastiques, chiffres 2003. (<http://www.spmp.org/>).

# ETHYLBENZENE

VIGNES J.L, André, G., Kapala, F. et al, 1998. Données industrielles, économiques, géographiques sur les principaux produits chimiques, métaux et matériaux, éthylbenzène et styrène, Société française de chimie, 7<sup>ème</sup> édition, 1996-2005.

VIGNES J.L, André, G., Kapala, F. et al, 1998. Données industrielles, économiques, géographiques sur les principaux produits chimiques, métaux et matériaux, polystyrène, Société française de chimie, 7<sup>ème</sup> édition, 1996-2005.