

# Répartition spatiale du Styène sur **Saint-Jean-de-Braye**

12 mars 2001 - 26 avril 2001

Etude/45/01/2002

**Lig'Air - Réseau de Surveillance de la qualité de l'air en région Centre**

135, rue du Faubourg Bannier - 45 000 ORLEANS

Tel : 02.38.78.09.49 - Fax : 02.38.78.09.45 - E-mail : [ligair@ligair.fr](mailto:ligair@ligair.fr) - Site internet : [www.ligair.fr](http://www.ligair.fr)

*Cette étude a été réalisée avec le concours de la Mairie de Saint-Jean-de-Braye.*

# Sommaire

<b>1- Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>2- Moyens utilisés</b> .....	<b>3</b>
<b>3- Sites d'échantillonnage</b> .....	<b>4</b>
<b>4- Durée d'échantillonnage et analyse des tubes</b> .....	<b>5</b>
<b>5- Situations météorologiques</b> .....	<b>5</b>
5.1- Première période .....	<b>5</b>
5.2- Deuxième période.....	<b>6</b>
<b>6- Résultats globaux</b> .....	<b>6</b>
6.1- Styrène .....	<b>7</b>
6.2- BTEX.....	<b>11</b>
<b>7- Conclusion</b> .....	<b>12</b>
<b><u>Annexe 1</u> : Mieux connaître Lig'Air</b> .....	<b>14</b>
<b><u>Annexe 2</u> : Fiches toxicologiques du styrène et des BTEX-Réglementation du Benzène</b>	<b>16</b>

## 1- Introduction

A la suite de plusieurs plaintes enregistrées par le service environnement de la mairie de Saint-Jean-de-Braye concernant des nuisances olfactives, Lig'Air (voir annexe 1 présentation de Lig'Air) a mené une étude analytique afin d'approcher les niveaux des composés responsables de ces nuisances. L'odeur en question a été définie par les plaignants comme étant celle du styrène (produit qui peut avoir une source d'émission dans la zone industrielle de Saint-Jean-de-Braye ou dans celle des Bas Avaux).

Le but de cette étude est de déterminer la répartition spatiale des concentrations de styrène sur la ville de Saint-Jean-de-Braye, afin de comprendre le comportement de ce polluant et d'approcher la localisation de sa source.

Le styrène est un composé non réglementé dans l'air ambiant. Les seules normes existantes sont celles liées au milieu professionnel (annexe 2). Ces dernières ne peuvent pas être transposées à l'air extérieur. Dans la famille chimique des hydrocarbures aromatiques monocycliques, famille à laquelle appartient le styrène, seul le Benzène est réglementé dans l'air ambiant. Cette étude nous a également permis d'approcher les niveaux de ce polluant ainsi que ceux de 4 autres polluants appartenant à cette même famille (Toluène, Ethylbenzène, o-Xylène et mp-Xylène). Le suivi de ces 5 derniers polluants (BTEX) dont le comportement est plus au moins connu, nous aidera à mieux approcher celui du styrène et de se rendre compte de la situation de la ville de Saint-Jean-de-Braye par rapport aux concentrations en Benzène.

## 2- Moyens utilisés

Pour cette étude, nous avons adopté la technique d'échantillonnage passif. Technique basée sur le transfert de matière par simple diffusion moléculaire de l'air ambiant vers un adsorbant spécifique aux polluants visés. Dans cette étude, l'adsorbant utilisé est le charbon actif.

L'utilisation des tubes passifs est un moyen simple à mettre en œuvre et elle permet la surveillance des polluants sur une zone bien étendue à moindre coût. Comme toute technique d'échantillonnage, le prélèvement passif présente lui aussi ses limites. En effet, cette méthode est sensible aux conditions météorologiques (vitesse du vent, température et humidité relative). L'influence de ces paramètres est diminuée, d'une part, par l'utilisation des abris (les échantillonneurs passifs sont installés dans des boîtes de protection semi-ouvertes, voir photo ci-contre) et, d'autre part, par l'utilisation de la température moyenne dans le calcul des concentrations des polluants.

Sur des zones peu étendues, comme la ville de Saint-Jean-de-Braye, les variations météorologiques d'un site à l'autre sont négligeables. On peut alors aisément considérer que l'ensemble des échantillonneurs passifs ont subi la même météorologie et donc la même influence. Par conséquent, la détermination de la répartition spatiale des concentrations

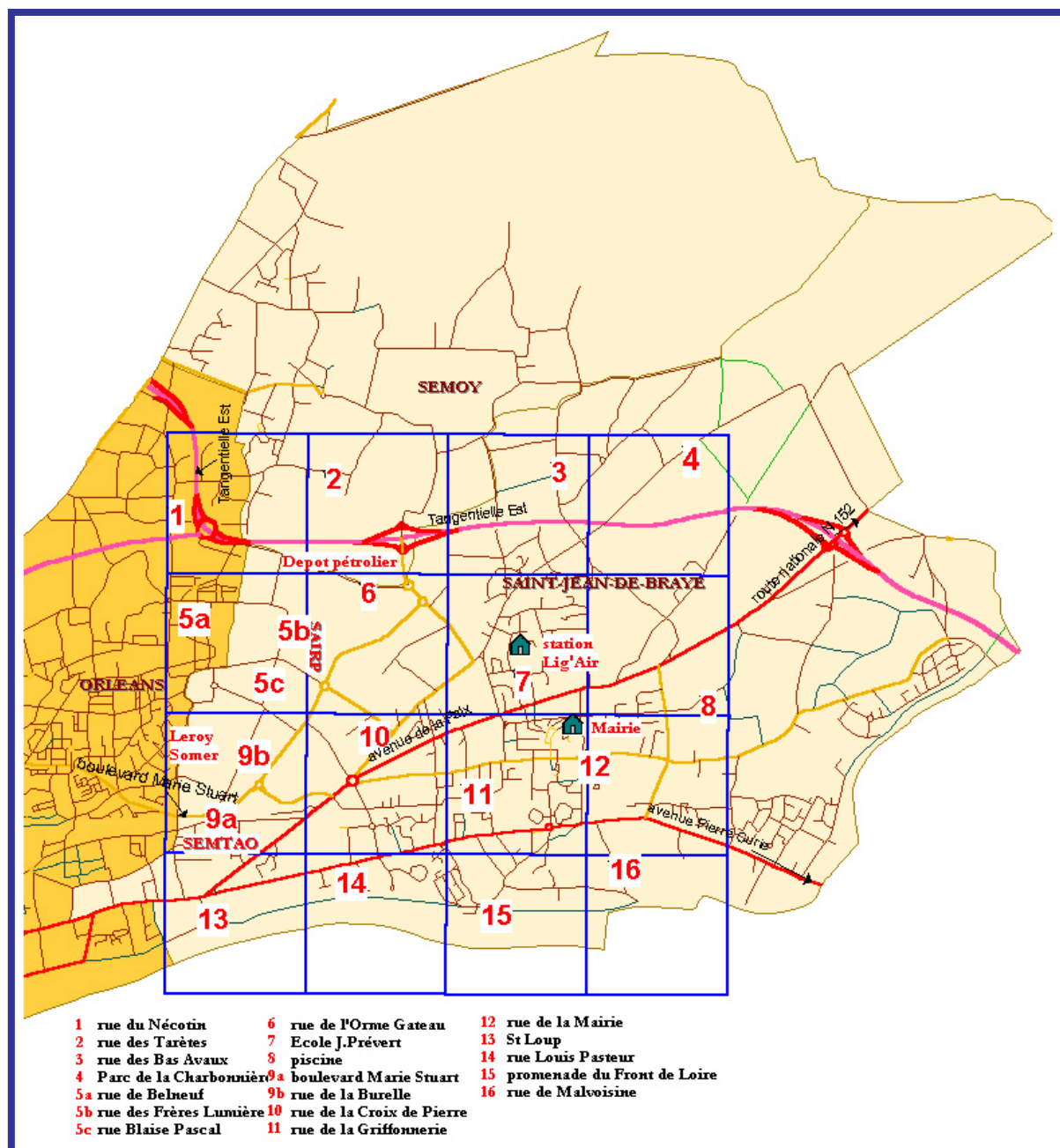


Tube à diffusion passive dans sa boîte de protection

enregistrées, permet de mettre en relief les zones à fortes concentrations par rapport aux autres et donc approcher les zones émettrices de ce polluant.

### 3- Sites d'échantillonnage

La zone d'étude s'étend sur environ 4 km<sup>2</sup> que nous avons partagée en 16 mailles ((environ 500 m x 500 m) x 16). Chaque maille contient au moins un site d'échantillonnage afin d'avoir une représentation homogène des mesures (voir carte ci-dessous).



Dans certaines mailles, 2 à 3 tubes ont été installés afin d'affiner les mesures. Les sites ont été choisis en tenant compte des fichiers des plaintes et de la représentativité de la pollution de fond en particulier pour les BTEX (loin des grands axes de circulation).

## 4- Durée d'échantillonnage et analyse des tubes

Les tubes ont été exposés pour une durée moyenne d'environ 2 semaines. Deux séries d'échantillonnages ont été réalisées.

	<i>Début d'échantillonnage</i>	<i>Fin d'échantillonnage</i>	<i>Durée d'exposition</i>
<i>Série 1</i>	12/03/01	26/03/01	14 jours
<i>Série 2</i>	9/04/01	26/04/01	17 jours

A la fin de chaque série, les tubes sont envoyés le plus rapidement possible au laboratoire d'analyses. Ce dernier a la charge de déterminer la masse "m" de chaque polluant piégé par chacun des tubes. Cette masse est directement liée à la concentration du polluant dans l'air ambiant suivant la loi de Fick (loi qui régit la diffusion moléculaire) dont la formule simplifiée après intégration est :

$$C = \frac{m}{Q \times t}$$

Avec :

**C** = Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (micro-gramme par mètre cube d'air)<sup>1</sup>. Elle représente la concentration moyenne enregistrée pendant la période d'exposition.

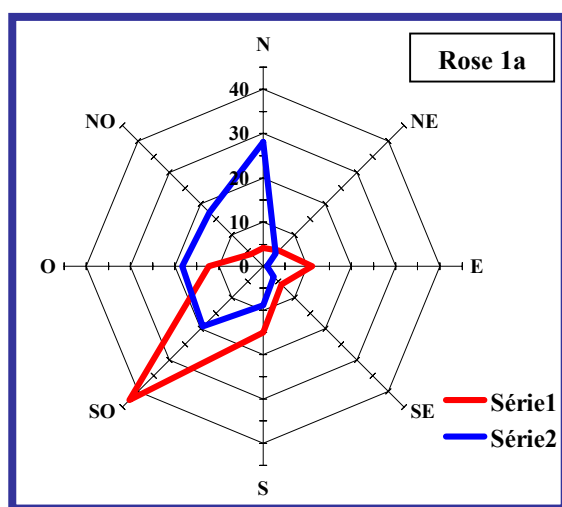
**m** = masse de polluant piégé par le tube en  $\mu\text{g}$

**Q** = débit de prélèvement en  $\text{m}^3/\text{minute}$  (il est spécifique à chaque polluant et il est fonction de la température ambiante)

**t** = temps d'exposition du tube en minute

La température utilisée pour l'expression des résultats est la température moyenne calculée sur la totalité de la période d'échantillonnage de chaque série (les données ont été fournies par Météo-France).

## 5- Situations météorologiques



Roses des vents à saint Jean de Braye

Au cours de cette étude, les situations météorologiques étaient très contrastées entre les deux périodes d'échantillonnage, en particulier en ce qui concerne la vitesse et la direction du vent.

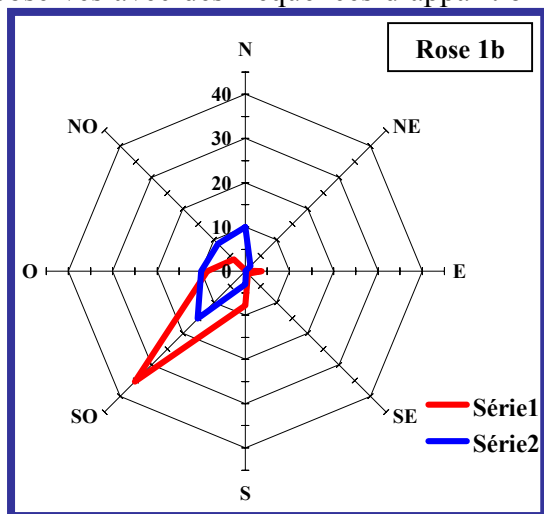
### 1) Première période (du 12 au 26 mars 2001)

Elle est caractérisée par des vents dominants venant du secteur sud-ouest (environ 6 jours et demi de vent de sud-ouest) (voir rose 1a). Ce secteur est généralement caractérisé par des vents relativement forts (60 % des vitesses du vent sont supérieures à 4 m/s, voir figure 1b), vents généralement favorables à la dispersion des polluants dans l'atmosphère.

<sup>1</sup> 1  $\mu\text{g}$  = 0,000001 gramme = 0,001 milligramme (mg)

## 2) Deuxième période (du 9 au 26 avril 2001)

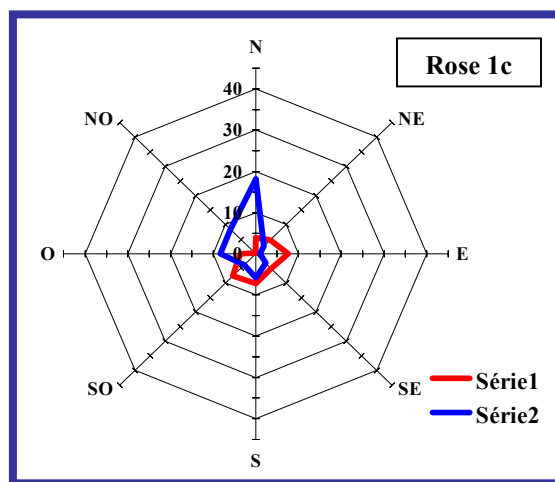
Les vents du secteur nord étaient largement prédominants durant la deuxième période avec environ 29% du temps (soit 5 jours). Les vents de secteur sud-ouest à nord-ouest ont été aussi observés avec des fréquences d'apparition entre 17 et 19% (voir rose 1a). Contrairement à la



Fréquences des vitesses des vents  
vitesse > 4m/s

Si on suppose l'existence d'une source de styrène dans la ville de Saint-Jean-de-Braye, les conséquences directes des situations météorologiques observées sur les résultats de cette étude sont :

Les tubes installés à l'ouest de la dite source, seront moins chargés en styrène compte tenu des faibles fréquences des vents d'est durant les deux séries d'échantillonnage.



Fréquences des vitesses des vents  
vitesse <= 4m/s

première période, ce sont les vents faibles qui ont dominé durant la seconde série (52% des vents avaient des vitesses inférieures ou égales à 4 m/s) (voir rose 1c), situation plutôt favorable à l'accumulation des polluants dans l'atmosphère.

Les secteurs nord-est à sud-est ne sont que faiblement représentés durant les deux séries (rose 1a).

La probabilité de rencontrer des sites influencés par les émissions de styrène, dans les secteurs est à sud de la source, est plus importante durant la seconde période, à cause d'une fréquence importante des vents de nord à ouest.

Les tubes installés dans les secteurs nord à nord-est de la source d'émission, seront peut-être moins chargés en styrène à cause des vents forts (vents favorables à la dispersion des polluants) largement observés suivant le secteur sud-ouest.

## 6- Résultats Globaux

Durant cette étude, seulement 4 tubes d'échantillonnage n'ont pu être exploités, deux tubes pour chaque série (tubes 13 et 14 pour la 1<sup>ère</sup> série et les tubes 9b et 13 pour la deuxième série). Les concentrations moyennes enregistrées sur chaque site pour ces deux périodes de prélèvements figurent dans le tableau ci-dessous.

Site de mesure	réf.tube	Styrène µg/m <sup>3</sup>		Benzène µg/m <sup>3</sup>			Toluène µg/m <sup>3</sup>		Ethylbenzène µg/m <sup>3</sup>		o-xylène µg/m <sup>3</sup>		M+p- xylène µg/m <sup>3</sup>	
		série 1	série 2	série 1	série 2	VL année	série 1	série 2	série 1	série 2	série 1	série 2	série 1	série 2
Rue du Nécotin	1	<1,5	<0,8	1,18	1,2	10	5,14	4,50	1,02	0,90	0,92	0,80	2,53	2,30
Rue des Tarètes	2	<1,5	<0,8	0,77	0,8	10	2,60	2,70	0,49	0,50	0,42	0,40	1,26	1,40
Rue des Bas Avaux	3	<1,5	0,90	0,69	0,7	10	2,10	2,10	0,38	0,40	0,37	0,30	0,99	1,00
parc de Charbonnière	4	<1,5	<0,8	0,55	0,6	10	1,34	1,40	0,21	0,30	0,23	0,20	0,56	0,60
Rue de Belneuf	5a	<1,5	<0,8	1,16	1,2	10	5,46	5,30	1,03	1,10	0,99	0,90	2,70	2,70
Rue des Frères Lumière	5b	25,83	25,70	0,96	1,0	10	4,98	4,40	1,08	0,80	1,09	0,70	3,17	2,10
Rue Blaise Pascal	5c	<1,5	3,20	0,77	0,8	10	3,80	3,10	0,71	0,70	0,69	0,70	1,98	1,90
Rue de l'Orme Gateau	6	3,98	3,20	1,35	1,1	10	5,82	4,50	1,56	1,10	1,57	1,10	3,99	2,80
école J.Prévert	7	<1,5	<0,8	0,77	0,9	10	2,46	2,90	0,46	0,60	0,43	0,50	1,11	1,40
Piscine	8	<1,5	<0,8	0,74	0,8	10	2,09	2,20	0,37	0,50	0,35	0,40	0,96	1,10
Bd Marie Stuart	9a	1,46	6,30	1,69	1,4	10	8,57	7,20	1,70	1,70	1,57	1,70	4,10	4,90
Rue de la Burelle	9b	<1,5	ND	1,05	ND	10	5,34	ND	1,15	ND	0,89	ND	2,55	ND
Rue de la Croix de Pierre	10	1,81	4,60	0,83	0,9	10	3,14	8,60	0,57	1,20	0,70	2,30	1,56	3,50
Rue de la Griffonnerie	11	<1,5	<0,8	0,90	1,0	10	3,61	4,00	0,64	0,80	0,59	0,70	1,60	1,90
Mairie	12	<1,5	<0,8	0,95	0,8	10	3,85	3,00	0,65	0,60	0,63	0,50	1,65	1,40
St Loup	13	ND	ND	ND	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
rue Louis Pasteur	14	ND	1,10	ND	0,9	10	ND	3,60	ND	0,70	ND	0,70	ND	1,90
Rue Promenade du Front de Loire	15	<1,5	<0,8	0,72	0,8	10	2,13	3,00	0,39	0,60	0,34	0,50	0,94	1,40
Rue Malvoisine	16	<1,5	<0,8	0,61	0,8	10	1,47	2,40	0,25	0,40	0,24	0,40	0,61	1,10

ND = non déterminé VL = Valeur Limite en 2001 (moyenne annuelle)

Le premier constat de ces résultats, est que la majorité des tubes ont donné des concentrations en styrène inférieures aux limites de détection qui sont de l'ordre de 1,5 µg/m<sup>3</sup> et de 0,8 µg/m<sup>3</sup> respectivement pour la première et la seconde période. Au total, 14 sites sur 17 ont des concentrations inférieures à la limite de détection durant la première période (soit 82% des sites étudiés) et seulement 10 sur 17 durant la seconde période (soit 59% des sites étudiés).

Une nette augmentation des niveaux du styrène durant la seconde période est observée sur les sites du boulevard Marie Stuart et sur celui de la rue de la Croix de Pierre. Sur ce dernier site, presque tous les polluants mesurés ont vu leur concentration doubler lors de la deuxième série (voir tableau ci-dessus).

Pour les autres sites, les concentrations de chaque polluant sont restées comparables d'une série à l'autre.

Les concentrations maximales en styrène, pour les deux séries, ont été enregistrées sur le site de la rue des Frères Lumière. Les concentrations maximales des BTEX, quant à elles, ont été enregistrées sur le site du boulevard Marie Stuart pour les deux périodes de prélèvement (voir tableau ci-dessus).

## 6.1- Styrène

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, les concentrations en styrène sont restées dans la majorité des cas inférieures aux limites de détection analytiques. Les sites qui ont donné des

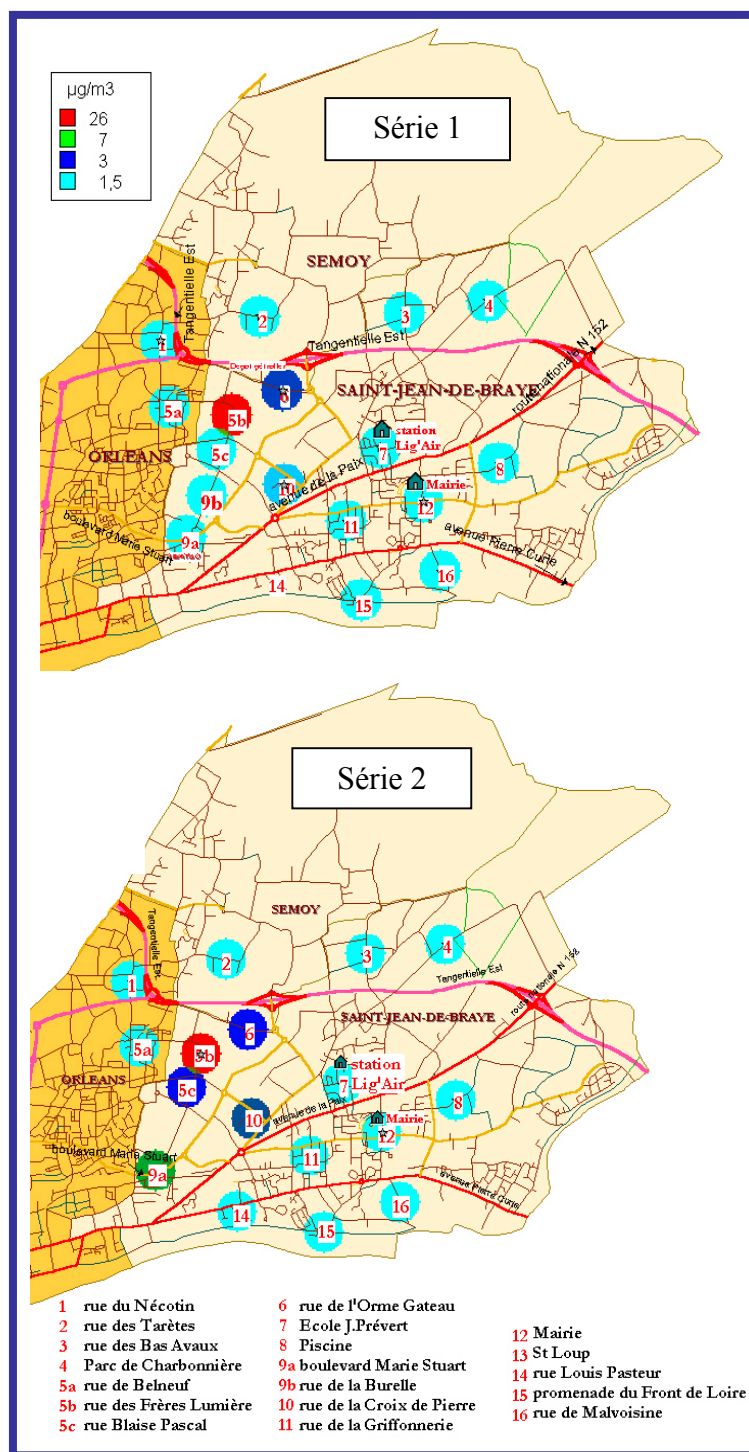


concentrations détectables sont situés à l'intérieur ou au voisinage de la zone industrielle (voir cartes ci-contre).

Le site 5b (rue des Frères Lumière) est de loin le site le plus influencé par le styrène avec une concentration d'environ  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $0,026 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) sur les deux périodes. La présence de niveaux élevés de styrène comparables d'une série à l'autre sur ce site, suggère la présence d'une source de styrène proche de la rue des Frères Lumière.

La deuxième série est marquée, comme nous l'avons déjà signalé, par un accroissement du nombre de sites influencés par le styrène par rapport à la première série (voir cartes ci-contre). L'apparition de ces nouveaux sites lors de la deuxième série, est accompagnée par un changement des vents dominants (cf. § 6-situations météorologiques). En effet, les situations météorologiques étaient très contrastées entre ces deux périodes d'échantillonnage. La première série est caractérisée par des vents dispersifs (vents forts) venant du sud-ouest alors que les vents faibles originaires du secteur nord étaient largement prédominants lors de la deuxième série.

Le comportement du styrène semble être corrélé avec la direction et l'intensité du vent observées sur chacune des deux séries. Les répartitions spatiales du styrène pendant ces deux séries (cartographies ci-après) illustrent bien l'influence des conditions météorologiques sur le comportement de ce polluant. En effet, la première série montre que les sites influencés par le styrène sont localisés dans un périmètre étroit autour du site 5b. En dehors de cette zone, les concentrations restent faibles et homogènes sur l'ensemble du domaine étudié, témoignant ainsi d'une bonne dispersion dès qu'on s'éloigne de l'environnement proche du site 5b. La

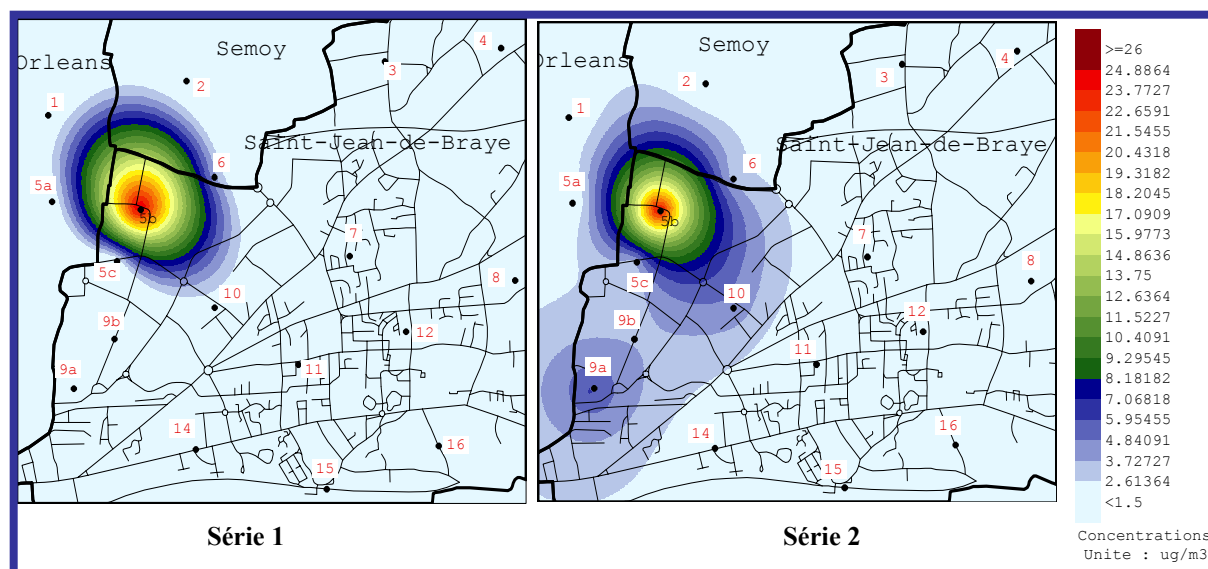


### Le Styrène sur Saint-Jean-de-Braye

Série 1: du 12 au 26 mars 2001

Série 2: du 09 au 26 avril 2001

deuxième série, quant à elle, montre que les sites influencés par le styrène, sont situés sous les vents dominants et en amont du site 5b (voir cartes ci-dessous). Le comportement du styrène durant cette période, montre clairement que l'apparition des nouveaux sites influencés, est largement due à la prédominance de conditions météorologiques non dispersives.



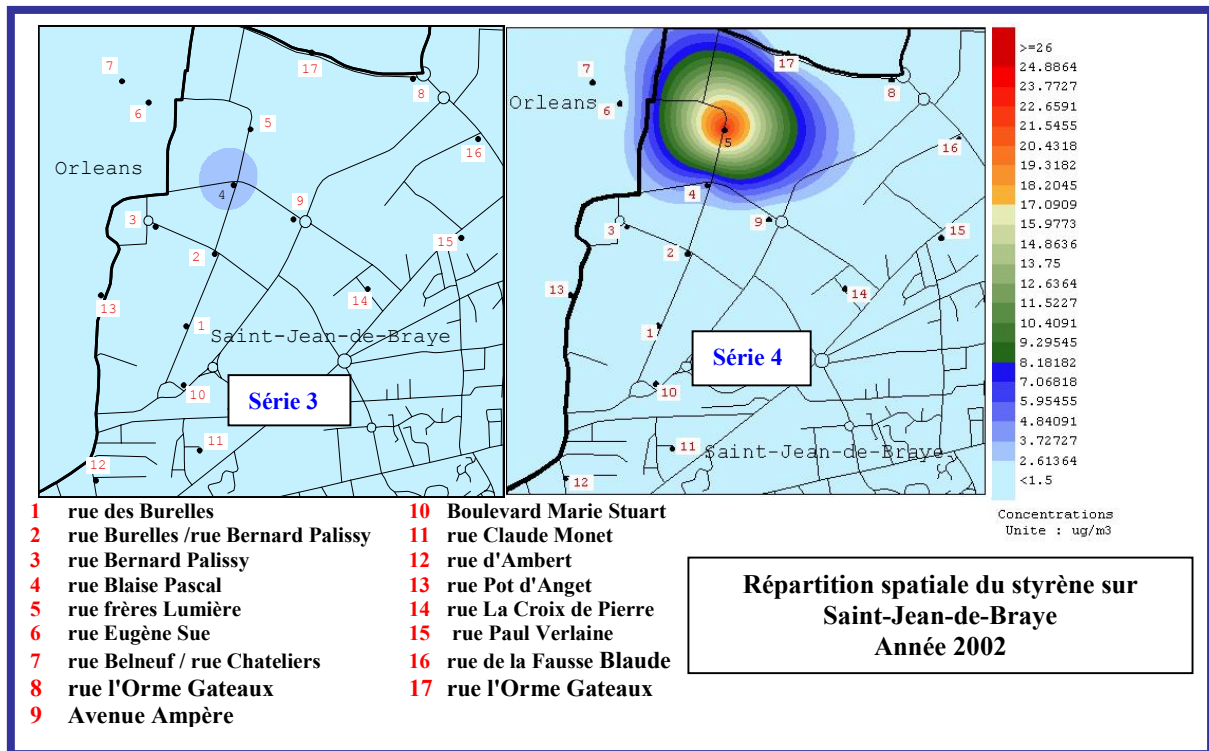
Répartition spatiale du styrène sur Saint-Jean-de-Braye  
Année 2001

En outre, ces deux cartographies indiquent clairement l'existence d'une source prédominante en styrène autour du site 5b (rue des Frères Lumière).

Au cours de l'année 2002, deux autres séries de mesures ont été menées en limitant le périmètre d'étude à la zone industrielle et aux quartiers proches afin d'affiner les résultats et d'approcher les fortes concentrations susceptibles d'être observées. Ces deux séries ont été réalisées entre le 15 février et le 20 mars 2002 (série 3 : du 15/02/02 au 05/03/02 et série 4 : du 05/03/02 au 20/03/02), voir tableau ci-dessous.

Site de mesure	N°site	Styrène $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Benzène $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Toluène $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Ethylbenzène $\mu\text{g}/\text{m}^3$		o-xylène $\mu\text{g}/\text{m}^3$		M+p-xylène $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		série 3	série 4	série 3	série 4	série 3	série 4	série 3	série 4	série 3	série 4	série 3	série 4
Rue des Burelles	1	0,9	0,7	1,4	1,5	5,1	7,1	0,9	1,4	0,9	1,6	2,5	4,2
Burelles/B. Palissy	2	1,1	1,2	1,2	1,4	5,3	6,9	1,4	1,4	1,7	1,5	4,7	4,2
Rue B. Palissy	3	0,4	1,2	1,2	1,2	3,1	5,3	0,5	1,0	0,5	1,1	1,3	2,9
Rue B. Pascal	4	3,2	4,1	1,5	1,6	5,3	9,1	0,9	1,3	0,9	1,4	2,4	3,8
Rue des Frères L.	5	1,9	22,9	1,5	1,7	4,3	7,0	0,7	1,2	0,7	1,3	1,9	3,4
Rue E. Sue	6	0,2	1,1	1,4	1,4	3,7	5,7	0,6	0,9	0,6	1,0	1,5	2,6
Belneuf/Chateliers	7	0,2	0,9	1,9	2,0	8,0	11,4	1,2	1,7	1,2	1,9	3,2	5,1
Rue l'Orme Gateaux	8	1,4	2,0	1,4	1,9	4,5	9,4	0,8	2,2	0,9	2,6	2,2	6,4
Avenue Ampère	9	0,4	0,7	1,9	1,9	6,8	10,1	1,2	1,7	1,3	1,8	3,3	4,9
Bd Marie Stuart	10	0,4	0,5	2,0	2,0	7,6	9,2	1,2	1,6	1,3	1,8	3,4	4,8
Rue C. Monet	11	0,3	0,5	1,3	1,2	3,7	4,9	0,6	0,8	0,6	0,9	1,6	2,3
Rue d'Ambert	12	0,2	0,4	1,6	1,7	5,6	8,8	0,8	1,3	0,8	1,4	2,2	3,8
Rue Pot d'Anget	13	0,3	0,6	1,7	1,9	6,7	10,0	1,0	1,6	1,0	1,7	2,7	4,8
Rue de la Croix Pierre	14	0,2	0,3	1,4	1,1	3,7	5,0	0,7	1,0	0,8	1,3	1,8	3,0
Rue Paul Verlaine	15	0,2	0,2	1,4	1,3	4,4	5,7	0,7	0,9	0,7	1,0	1,8	2,6
Rue La Fausse Blaude	16	0,4	0,3	1,4	1,6	4,4	6,4	0,7	1,1	0,7	1,1	1,9	3,0
Rue l'Orme Gateaux	17	1,6	1,0	1,3	1,2	3,3	5,0	0,6	0,9	0,6	1,0	1,5	2,6

Le comportement du styrène lors de la quatrième série est très similaire à celui observé au cours de la première période d'échantillonnage. Le site de la rue des Frères Lumière demeure le site le plus influencé avec une concentration d'environ  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les vents des secteurs sud à sud-ouest ont été aussi dominants durant cette période.



La troisième série se caractérise par de très faibles concentrations en styrène en comparaison avec celles observées durant les 3 autres périodes étudiées. La concentration maximale est d'environ  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elle a été enregistrée sur le site de la rue Blaise Pascal (précisément au croisement des rues Blaise Pascal et Frères Lumière). La concentration enregistrée sur le site de la rue des Frères Lumière ( $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est 12 fois inférieure à celles observées durant les 3 autres périodes sur ce même site. D'une façon générale, le comportement du styrène lors de cette période est tout à fait différent de ceux observés jusqu'à maintenant.

Les conditions météorologiques à elles seules ne peuvent pas expliquer les faibles valeurs enregistrées, en particulier sur le site des Frères Lumière pour la série 3. En effet, celles-ci étaient très proches de celles qui ont régné durant la première période d'échantillonnage avec une prédominance des vents soutenus de sud à sud-ouest. Une faible émission de styrène (baisse d'activité ou meilleure efficacité du système de limitation des rejets) couplée avec les conditions météorologiques dispersives durant cette période, peut expliquer les faibles concentrations constatées.

La troisième série montre que les émissions relativement intenses de styrène ne se font pas de façon continue mais épisodique dont la fréquence reste aléatoire (augmentation de l'intensité d'activité, présence de pannes techniques, ...).

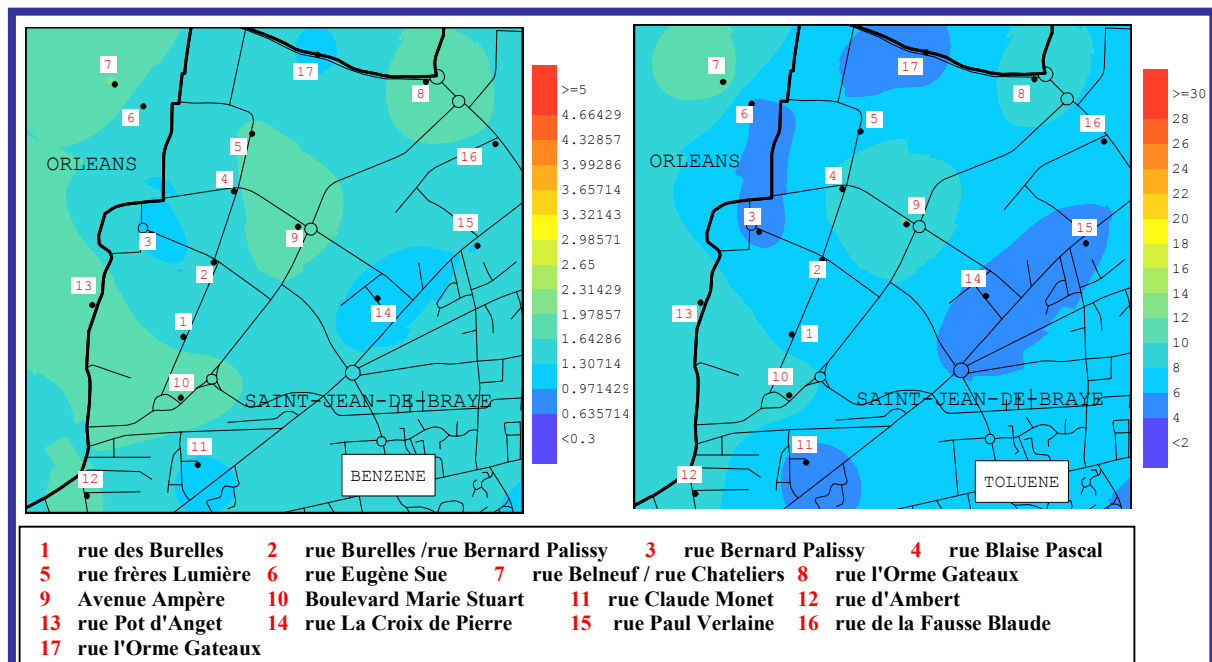
Rappelons ici que les niveaux enregistrés pendant cette étude, sont la résultante de toutes les émissions produites, qu'elles soient continues ou ponctuelles, durant chaque période d'échantillonnage. Dans le cas des émissions continues et homogènes en styrène, les concentrations enregistrées ne peuvent pas donner lieu à des nuisances olfactives dues à ce

composé puisque la concentration maximale ( $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) enregistrée est largement inférieure au seuil olfactif du styrène (environ  $1290 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Par contre dans le cas des émissions non uniformes qui peuvent se produire de façons intenses et ponctuelles, les nuisances olfactives dues au styrène peuvent effectivement être ressenties. En effet, si nous prenons la concentration maximale enregistrée sur le site des frères Lumière ( $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sur toute la période d'échantillonnage (408 heures), cette concentration est équivalente à un niveau horaire d'environ  $10\,608 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (soit 8 fois supérieure au seuil olfactif du styrène) ou à une concentration de  $1290 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pendant 8 heures (niveau égal au seuil olfactif du styrène). Les émissions peuvent aussi se produire dans un temps très court mais de façon plus intense. Dans tous les cas, la durée de la gêne ressentie dépendra de l'intensité de l'émission et de la capacité dispersive de l'atmosphère.

## 6.2- BTEX

Les concentrations en Benzène (seul composé dont les concentrations sont normées dans l'air ambiant) sont restées faibles devant les valeurs limite annuelle ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jusqu'en 2005). La concentration maximale en benzène durant cette étude est d'environ  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elle a été observée sur les sites 7, 8, 9, 10 et sur le site 13 respectivement rue Belneuf/rue des Chateliers, rue de l'Orme Gateaux, Avenue Ampère, boulevard Marie Stuart et la rue Pot d'Anget. Les fortes concentrations des autres polluants, en particulier celles en toluène, ont été aussi observées sur ces sites. Pour les autres sites, les niveaux enregistrés sont restés homogènes et de même ordre de grandeur d'un site à l'autre.

Contrairement au styrène, le comportement spatial des BTEX ne met pas en évidence la présence d'une source localisée sur un site donné, mais plutôt la présence de zones plus ou moins étendues dans lesquelles les concentrations en BTEX sont relativement élevées comme nous pouvons le constater sur les cartes ci-dessous. Ces cartes représentent les répartitions spatiales du benzène et du toluène lors de la série 4. Ces zones sont plutôt localisées autour ou à proximité des axes routiers.



Répartitions spatiales du Benzène et du Toluène sur la ville de Saint-Jean-de-Braye  
du 05/03/02 au 20/03/02

Le comportement de l'ensemble des polluants constituant la famille des BTEX est assez semblable d'un polluant à l'autre suivant la situation des sites et suggère ainsi la prédominance d'une même source d'émissions pour ces polluants : la circulation automobile.

## 7 - Conclusion

Cette étude est consacrée aux problèmes des nuisances olfactives ressenties sur la ville de Saint-Jean-de-Braye. L'odeur en question a été définie par les plaignants comme étant celle du styrène. Depuis 2001, Lig'Air a mené 4 campagnes de prélèvements et d'analyse, d'une moyenne de 15 jours chacune, dont l'objectif est d'évaluer les concentrations atmosphériques du styrène ainsi que celles des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) sous différentes conditions météorologiques.

La répartition spatiale du styrène sur la ville de Saint-Jean-de-Braye est largement différente de celles des BTEX. Le comportement de ces derniers indique la prédominance d'une source plutôt surfacique (circulation automobile) pour l'ensemble des polluants constituant cette famille. Par contre celui du styrène suggère la présence d'une source fixe de ce composé dans la zone industrielle de Saint-Jean-de-Braye (la zone industrielle des bas Aaux apparaît comme étant une zone réceptrice de ce polluant et non émettrice). Les sites influencés par le styrène, montrés dans cette étude, sont relatifs aux périodes de prélèvements et aux conditions météorologiques qui ont régné. D'autres études à d'autres périodes de l'année et/ou sous d'autres conditions météorologiques, sont susceptibles de faire apparaître d'autres sites influencés par ce polluant. Le site de la rue des Frères Lumière est de loin le site le plus influencé par le styrène, suggérant ainsi la localisation de la source émettrice dans un environnement proche de ce site.

Les concentrations moyennes en styrène sur chaque période de prélèvement sont largement inférieures au seuil olfactif de ce composé ( $1290 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) qui est 50 fois supérieur à la concentration maximale enregistrée. Ceci implique que la nuisance olfactive due à l'odeur de styrène ne peut pas être ressentie sur toute la durée de prélèvement, car si c'était le cas, la concentration moyenne serait alors au moins du même ordre de grandeur que le seuil olfactif. Cependant, il n'est pas exclu que de fortes émissions en styrène se soient produites en un temps court pouvant générer des odeurs de styrène sur les sites situés sous les vents dominants. En effet, malgré les faibles concentrations moyennes enregistrées, ces dernières ne sont pas incompatibles avec la perception d'odeur de styrène sur une courte durée. A titre d'exemple, une concentration moyenne de  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur une période de 15 jours, en supposant qu'elle ait été produite en une seule fois, donnerait lieu à une nuisance olfactive sur une durée d'environ 25 mn. La durée réelle de la nuisance dépend, bien sûr, de l'intensité d'émission mais aussi de la capacité dispersive de l'atmosphère au moment de l'émission. L'ensemble de ces informations suggère que les nuisances olfactives dues au styrène peuvent exister de façon occasionnelle.

En utilisant uniquement les méthodes analytiques telles que celles déployées lors de cette étude, il est pratiquement impossible d'approcher objectivement les épisodes odorants (durée de l'épisode, concentrations en styrène au moment de l'épisode, ...). Cette difficulté est encore accentuée par le caractère aléatoire de ces épisodes.

En complément de cette étude et si les odeurs persistent, il est souhaitable de mener une approche olfactométrique afin de mesurer l'intensité de l'odeur ainsi que celle de la gêne

ressentie par les plaignants. Ce genre d'étude peut être approché par la création d'un jury de nez bénévoles afin de caractériser les épisodes de nuisance olfactive et leur intensité. La création d'un tel jury fait partie des recommandations du Plan Régional pour la Qualité de l'Air en région Centre.

Concernant le benzène, aucun risque de dépassement de la valeur limite annuelle ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jusqu'en 2005) n'a été observé sur les sites étudiés. A l'heure actuelle, seules les concentrations en benzène sont normées dans l'air ambiant. Il n'existe aucune norme française ou européenne dans l'air ambiant pour les autres polluants visés dans cette étude. Les normes relatives aux milieux professionnels (annexe 2) ne sont pas applicables à l'air ambiant. Elles sont généralement plus élevées que celles de l'air ambiant.

## Annexe 1 : Mieux connaître Lig'Air

### *L'association*

Lig'Air est une association régionale régie par la loi de juillet 1901, créée fin novembre 1996 pour assurer la surveillance de la qualité de l'air en région Centre, dans le cadre de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE), adoptée le 30 décembre 1996.



Lig'Air est agréée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. A ce titre, elle est membre du réseau national "Atmo" constitué des 40 réseaux de surveillance de la qualité de l'air.

Le domaine d'intervention de Lig'Air, couvre les six départements de la région Centre (Cher, Eure-et-Loir, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loiret)[voir carte ci-après]. Elle a la charge de surveiller la qualité de l'air mais aussi la diffusion des résultats et l'information du grand public.

### *Les représentants de Lig'Air*

Lig'Air regroupe quatre collèges réunissant les différents organismes impliqués dans les problèmes de la pollution de l'air :

- ✓ Etat et établissements publics
- ✓ Collectivités territoriales ou leur groupement
- ✓ Industriels et organismes représentatifs des activités économiques
- ✓ Organismes qualifiés et associations

### *Le réseau de mesures*

**Au 30 septembre 2002, le réseau de surveillance de la qualité de l'air était constitué de 19 stations.**

**Les stations rurales de Chambord (41) et Oysonville (28) et 17 autres stations réparties sur 6 grandes agglomérations de la région Centre :**

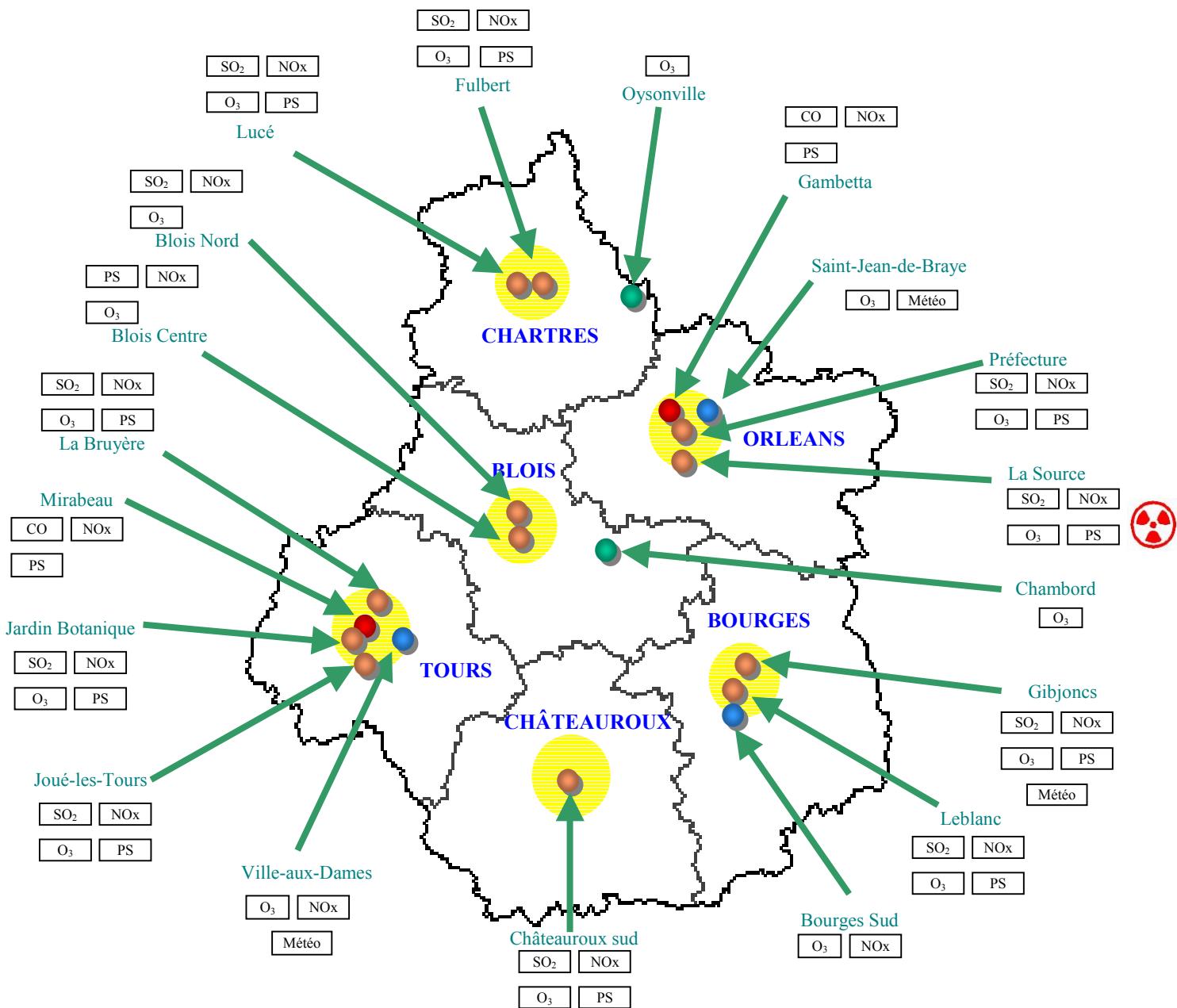
- ☞ 5 stations sur Tours,
- ☞ 4 stations sur Orléans,
- ☞ 3 stations sur Bourges,
- ☞ 2 stations sur Chartres,
- ☞ 1 station sur Châteauroux,
- ☞ 2 stations sur Blois.

**Il couvre ainsi environ 40 % de la population de la région Centre.**

### *Le personnel de Lig'air*

Au 30 septembre 2002, le personnel de Lig'Air se compose de 9 personnes : 1 directeur, 2 ingénieurs chargés d'études, 1 chargée de communication, 4 techniciens, 1 secrétaire-comptable.





*Localisation des stations de mesures sur la région Centre au 30 septembre 2002*



**Légende**

SO<sub>2</sub> : dioxyde de soufre  
 NO<sub>2</sub> : dioxyde d'azote  
 NO : monoxyde d'azote  
 CO : monoxyde de carbone  
 O<sub>3</sub> : ozone  
 Ps : particules en suspension  
 Météo : température, hygrométrie  
 : balise de mesure de la radioactivité

**Type de stations**

-  Station de proximité automobile
-  Station urbaine
-  Station périurbaine
-  Station rurale



**Annexe 2 a : Fiches toxicologiques du styrène et des BTEX -  
Réglementation en milieu professionnel**

**Annexe 2 b : Réglementation du Benzène en air ambiant**



FT 49

FICHE TOXICOLOGIQUE N° 49

Edition 1997\*

# Benzène

Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS



Numéro CAS  
N° 71-43-2

Numéros CE  
Index N° 601-020-00-8  
EINECS N° 200-753-7

## CARACTERISTIQUES

### Utilisation

La vente et l'emploi du benzène sont sévèrement réglementés.

Les substances et préparations contenant 0,1 % ou plus en masse de benzène ne sont pas admises sur le marché, à l'exception des carburants qui peuvent en contenir jusqu'à 5 % en volume et des produits industriels destinés à être mis en oeuvre dans des procédés limitant l'exposition au benzène.

Il est interdit d'employer des dissolvants ou diluants renfermant plus de 0,1 % en masse de benzène, sauf lorsqu'ils sont utilisés en vase clos.

Le benzène est principalement utilisé comme :

- intermédiaire de synthèse organique ;
- solvant d'extraction, en particulier dans l'industrie des parfums ;
- solvant dans les laboratoires de recherche et d'analyse.

### Propriétés physiques [1 à 7]

Le benzène est un liquide incolore, mobile, d'odeur aromatique agréable, perceptible à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 12 ppm. Il est peu soluble dans l'eau (1,8 g/l à 25 °C), mais il est miscible à la plupart des solvants organiques et aux huiles minérales, végétales ou animales. En outre, c'est un excellent solvant des graisses, cires, résines...

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

Masse molaire : 78,11

Point de fusion : 5,5 °C

Point d'ébullition : 80,1 °C sous pression atmosphérique

Densité (D<sub>20</sub><sup>20</sup>) : 0,8787

Densité de vapeur (air = 1) : 2,7

Indice d'évaporation (oxyde de diéthyle = 1) : 3

Tensions de vapeur :  
13,33 kPa à 26,1 °C  
26,66 kPa à 42,2 °C  
53,32 kPa à 60,6 °C

Point d'éclair : - 11,1 °C en coupelle fermée

Limites d'explosivité en volume % dans l'air :  
limite inférieure : 1,2  
limite supérieure : 8,0

Température d'auto-inflammation : 538 °C

### Propriétés chimiques [1 à 8]

A température ordinaire, le benzène est un produit stable.

Il réagit avec de nombreux composés et constitue d'ailleurs une matière première importante en synthèse organique.

L'acide nitrique concentré et les mélanges sulfonitriques conduisent à la formation de nitrobenzènes, produits explosifs. L'acide sulfurique concentré donne de l'acide benzènesulfonique. Toutes ces réactions sont très exothermiques.

Les produits oxydants réagissent assez facilement avec le benzène, les réactions qui en résultent peuvent être dangereuses.

Les métaux usuels sont insensibles à l'action du solvant. En revanche, de nombreux caoutchoucs ou matières plastiques ne sont pas appropriés au contact du benzène.

### Réipients de stockage

Le stockage du benzène peut s'effectuer dans des récipients en fer ou en acier.

Le verre est également utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les bonbonnes seront protégées par une enveloppe métallique plus résistante, convenablement ajustée.



T - Toxique



F - Facilement inflammable

## BENZENE

R 45 - Peut causer le cancer.  
R 11 - Facilement inflammable.  
R 48/23/24/25 - Également toxique : risques d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion.  
S 53 - Éviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.  
S 45 - En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).  
200-753-7 - Étiquetage CE.

\* Mise à jour de l'édition 1989 portant sur la réglementation seulement.

FT n° 49 - 1/6

**Méthodes de détection et de détermination dans l'air**

• Appareils à réponse instantanée : appareil Draeger équipé des tubes réactifs benzène 0,5/a ; 5/a ; 5/b ; 0,05 ; appareil colorimétrique, MSA équipé du tube PR 816 ; pompe Gastec équipée des tubes réactifs benzène 121, 121 L, 121 S.

• Chromatographie en phase gazeuse : prélèvement par pompage à travers un tube de charbon actif ; désorption au sulfure de carbone ; dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [9, 10].

**RISQUES****Risques d'incendie**

Le benzène est un liquide très inflammable (point d'éclair : - 11,1 °C en coupelle fermée) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

Les agents d'extinction préconisés sont les suivants : dioxyde de carbone, poudres chimiques, mousses, produits halogénés. En général, l'eau n'est pas recommandée car elle peut favoriser la propagation de l'incendie. On pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée pour éteindre un feu peu important ou pour refroidir les récipients exposés au feu et disperser les vapeurs.

**Pathologie - Toxicologie****Toxicité expérimentale****Aiguë [11, 12, 13]**

La DL50 par voie orale est de 3 800 mg/kg chez le rat et de 4 700 mg/kg chez la souris. Par voie sous-cutanée, elle est de 470 mg/kg chez la souris. La CL50 par inhalation est de 10 000 ppm pour une exposition de 7 heures chez le rat et de 9980 ppm (durée non précisée) chez la souris.

L'inhalation est responsable :

- d'effets neurologiques centraux : excitation, mouvements anormaux, tremblements, puis somnolence à partir de 2 000 ppm chez la souris (durée non précisée),
- d'effets hématologiques : diminution des cellules souches chez la souris exposée à 4 680 ppm pendant 8 heures,
- d'effets cardiaques : troubles de l'excitabilité chez le chat et le lapin quand l'air est saturé en benzène.

Localement, l'application de benzène sur la peau de cobaye entraîne une irritation cutanée. L'instillation oculaire de 0,10 ml de benzène induit une irritation cornéo-conjonctivale modérée (lésions épithéliales de grade 3 sur 10) chez la souris. Des cataractes ont été décrites chez le rat après exposition à 50 ppm pendant plus de 600 heures.

**Chronique [12, 14, 16]**

L'adjonction de benzène à la nourriture de rats, à raison de 1 mg/kg, n'entraîne aucun

effet hématologique ; une leucopénie dont l'importance est liée à la dose apparaît à partir de 10 mg/kg par jour pendant 187 jours et une leucopénie associée à une diminution de la concentration des globules rouges est observée à partir de 50 ppm pendant 187 jours. Sur le plan hépatique, le poids du foie s'élève et certaines activités enzymatiques varient lors de l'administration orale de 1,6 ml/kg pendant 3 jours.

Chez le lapin, l'administration orale de 1 mg/kg par jour entraîne une augmentation puis une diminution des polynucléaires neutrophiles, des polynucléaires éosinophiles et des lymphocytes.

Chez la souris, une leucopénie dont l'importance est liée à la dose apparaît après traitement oral par 25, 50, 100 mg/kg par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines.

L'exposition à des concentrations atmosphériques de 4,8 ppm en continu chez le rat entraîne, au niveau cellulaire, une hyperplasie et une vacuolisation du réticulum endoplasmique lisse. Une leucopénie apparaît à partir d'une exposition à 158 ppm, 4 heures par jour, de façon intermittente (durée totale non précisée). De façon générale, l'hématotoxicité est plus importante chez la femelle que chez le mâle, une exposition continue a des effets toxiques souvent plus prononcés qu'une exposition intermittente et l'activité métabolique des microsomes hépatiques et, par conséquent, le métabolisme du benzène augmentent chez les rats exposés pendant plusieurs semaines.

Chez le cochon d'Inde, l'inhalation de benzène 6 heures par jour pendant 5 semaines (concentration non précisée) induit une élévation sérique des transaminases hépatiques.

Chez la souris, des effets hématologiques sur les cellules rouges nucléées, sur les cellules de la lignée granulopoïétique et sur les lymphocytes sont observés à partir de 20 ppm, 8 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 2 semaines, alors que chez le rat une diminution des leucocytes et des lymphocytes et une augmentation des polynucléaires neutrophiles sont notées à 300 ppm, 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 90 jours, mais pas à 30 ppm.

Administré par voie cutanée, le benzène est absorbé en quantité modérée ; des effets systémiques hématologiques sont toutefois observés chez le rat (à 600 mg/kg, 4 heures par jour, pendant 4 mois) et neurologiques chez le lapin (après application 2 fois par semaine pendant une durée non précisée de benzène dilué à 25 % dans la vaseline). Des souris exposées pendant 2 ans ont développé localement des papillomes cutanés.

**Mutagenèse [14, 15]**

Le benzène n'exerce pas d'action mutagène directe sur les bactéries.

In vitro, des lésions chromosomiques apparaissent dans les cellules ovariennes (à 100 mg/l), pulmonaires (à 1 100 mg/l) et hépatiques de hamsters chinois.

In vivo, des lésions chromosomiques se manifestent par : un test du micronoyau

positif à partir de 21 ppm pendant 4 à 10 jours chez la souris mâle (plus sensible que la femelle), par des aberrations chromosomiques pour une exposition unique de 6 heures à partir de 100 ppm chez le rat et la souris et par des échanges de chromatides-sœurs chez la souris après une seule exposition à une concentration atmosphérique de 28 ppm pendant 4 heures.

**Cancérogénèse [3, 14]**

Les cancers de la glande de Zymbal sont les plus fréquemment retrouvés lors de l'administration orale chez le rat et la souris.

Des cancers de la cavité buccale sont également observés chez le rat recevant par voie orale 250 mg/kg ; ces lésions ne sont pas retrouvées à 50 mg/kg ou lors de l'exposition par inhalation. L'irritation locale pourrait être un facteur déclenchant.

Une étude rapporte des hyperplasies et dysplasies nodulaires hépatiques ainsi que des hépatomes, non corrélés avec la dose, chez des rats soumis à des expositions supérieures à 200 ppm, 4 à 7 heures par jour, 5 jours par semaine pendant plus de 14 semaines.

Sur le plan hématologique, le rôle du benzène dans la survenue de leucémies et de myélomes n'est pas prouvé chez l'animal. Par contre, l'apparition de lymphomes est observée chez des souris exposées au benzène par inhalation (à 300 ppm, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant toute la vie) et par voie orale (à partir de 25 mg/kg, 5 jours par semaine pendant 103 semaines) ; les animaux exposés à 100 ppm, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant toute leur vie, ne développent pas de telles tumeurs.

On n'a pas relevé de cancers cutanés lors de l'application sur la peau ou de l'injection sous-cutanée de benzène mais les conditions d'expérimentation des différentes études étaient généralement inadéquates.

Enfin, des cancers broncho-pulmonaires ont été observés chez les souris mâles après injection intrapétonéale de benzène.

**Effets sur la reproduction [14, 16]**

L'exposition de rats, cobayes et lapins mâles à une concentration atmosphérique de 80 ppm, 7 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 8 à 10 mois, provoque des lésions testiculaires. Chez la souris exposée à 300 ppm, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 90 jours, on constate une atrophie et une dégénérescence des testicules, une diminution du nombre des spermatozoïdes et une augmentation du pourcentage de formes anormales. Dans une expérience menée chez le rat femelle exposé à une concentration atmosphérique de 10 ppm pendant 4 mois (temps d'exposition quotidien non précisé), il a été noté une diminution de la durée du cycle menstruel et une augmentation de la durée de la menstruation.

On ne dispose que de peu d'informations en ce qui concerne l'action du benzène sur la fertilité : un test de dominance létale est négatif chez le rat mâle après une injection intrapétonéale de 0,5 ml/kg ; chez le rat

fémele, l'exposition à 10 ppm pendant 4 mois (durée d'exposition quotidienne non précisée) ne semble pas avoir d'effet sur la fertilité.

Les études concernant les effets du benzène sur la gestation sont plus nombreuses. Le transfert placentaire est probablement important en raison du petit poids moléculaire et de la grande liposolubilité de la molécule. Chez la souris, le rat et le lapin, aucun effet embryotétoxicité ni tératogène, quelle que soit la voie d'administration et même aux doses toxiques maternelles, n'a été relevé. Chez le rat, une fœtotoxicité s'exprime à de fortes doses par une diminution du poids de croissance, des anomalies squelettiques et un retard d'ossification.

#### Toxicocinétique - Métabolisme

En milieu professionnel, le benzène est absorbé essentiellement par voie pulmonaire et, à un moindre degré, par voie cutanée [18]. Il se distribue préférentiellement dans les tissus riches en lipides [12, 18, 20]. En cas d'intoxication aiguë, la distribution est prépondérante dans le système nerveux central, en cas d'intoxication chronique dans le foie.

Le benzène est métabolisé essentiellement dans le foie, mais aussi dans les autres tissus où il s'est fixé, notamment la moelle osseuse [12, 15, 16, 18].

La première réaction, catalysée par le système de la monooxygénase, conduit à la formation d'époxybenzène, intermédiaire très réactif soupçonné d'être un des agents responsables de la myélotoxicité.

L'époxybenzène peut se lier à des macromolécules (protéines, ADN...) ou être transformé en d'autres composés :

- soit par voie enzymatique : oxydation en phénol, principal métabolite excrété dans les urines sous forme libre ou après glucuro- ou sulfoconjugaison,

- soit par voie non enzymatique, par l'action d'une époxydase (essentiellement enpyrocatechol à l'origine de l'acide mucinique, en beaucoup plus faible quantité en hydroquinone et en 1,2,4-benzénetriol) ou par conjugaison au glutathion aboutissant à la formation d'acide phénylmercapturique, éliminé dans les urines.

Divers produits peuvent interférer avec le métabolisme du benzène et, selon leur point d'impact, augmenter ou diminuer les effets toxiques [12, 15, 16, 18].

Certaines substances stimulent le métabolisme du benzène : le phénobarbital, les phénothiazines, certains solvants (le trichloroéthylène notamment), les stéroïdes, probablement l'éthanol. L'administration répétée de benzène induit les monooxygénases à cytochrome P 450.

Chez l'animal, l'importance de certains effets toxiques varie selon les sexes, ce qui suggère l'existence d'une interférence entre les métabolismes du benzène et des hormones sexuelles. Chez l'homme, ces différences ne sont pas démontrées.

Lors d'une exposition chronique au benzène, l'élimination pulmonaire varie entre 10 et 50 % de la quantité absorbée (elle est fonction de la concentration sanguine

et de la rapidité d'absorption) ; elle se poursuit au moins 24 heures après l'arrêt de l'exposition [18]. Il semble exister une bonne corrélation entre les concentrations mesurées dans l'air alvéolaire, celles mesurées dans le sang veineux des sujets exposés et les concentrations atmosphériques dans l'air des locaux de travail [21, 22].

La quantité urinaire de benzène non métabolisé représente moins de 1 % du benzène absorbé. Par contre, les phénols urinaires correspondent au métabolisme de 30 à 40 % du benzène. 90 % des phénols urinaires se trouvent sous forme sulfoconjugée. Cette élimination se poursuit pendant 24 à 36 heures. Le dosage des phénols urinaires est d'ailleurs proposé par certains auteurs comme un moyen de contrôle de l'exposition professionnelle [15, 23 à 25]. Cependant, il présente certaines limites (variations interindividuelles parfois importantes, certains sujets ayant spontanément un taux d'élimination urinaire de phénols au-delà de 20 mg/l, surveillance de la phénurie aléatoire lorsque les concentrations moyennes en benzène dans l'atmosphère des locaux de travail sont inférieures à 10 ppm). En dehors de ces limites, il peut présenter un certain intérêt sur le plan collectif pour compléter les contrôles d'atmosphère et orienter la surveillance médicale des travailleurs. Des dosages plus spécifiques de pyrocatechol et d'hydroquinone dans les urines sont également proposés chez les sujets exposés au benzène ; cependant, les concentrations sont faibles, même pour des expositions importantes, et les taux retrouvés chez des sujets exposés à 10 ppm de benzène sont identiques à ceux observés dans une population non exposée [26].

Enfin, une petite quantité de benzène inhalé reste fixée dans les tissus et y subit une lente dégradation.

#### Toxicité sur l'homme

##### Aiguë [13, 17]

Le benzène partage la toxicité aiguë de tous les solvants hydrocarbonés. L'ingestion provoque : des troubles digestifs (douleurs abdominales, nausées, vomissements), des troubles neurologiques (troubles de conscience, ivresse puis somnolence pouvant aller jusqu'au coma, convulsions à très hautes doses) et une pneumopathie d'inhalation (due à l'inondation des voies respiratoires par le produit et aggravée par les vomissements éventuels).

Lors d'intoxications par inhalation, les mêmes symptômes neurologiques apparaissent pour des concentrations variables selon les individus ; les chiffres suivants sont donnés à titre indicatif : pas d'effet à 25 ppm, céphalées et asthénie de 50 à 100 ppm, symptômes plus accentués à 500 ppm, tolérance seulement pendant 30 à 60 minutes à 3 000 ppm, mort en 5 à 15 minutes à 20 000 ppm. Des convulsions sont observées aux plus hautes doses.

En application cutanée, le benzène est irritant. La projection oculaire de solutions de benzène entraîne une sensation modérée de brûlure mais seulement des lésions peu importantes et transitoires des cellules épithéliales.

#### Chronique

##### Toxicité non hématologique [12, 18]

L'inhalation de benzène provoque des troubles neuropsychiques communs à ceux observés avec les autres solvants et regroupés sous le terme « syndrome psycho-organique » : irritabilité, diminution des capacités d'attention et de mémorisation, syndrome dépressif, troubles du sommeil... Des troubles digestifs, tels que nausées, vomissements, épigastralgies peuvent être observés. Par contact cutané prolongé, le benzène entraîne des irritations locales.

Aucune étude n'a prouvé la responsabilité du benzène dans la genèse des cancers autres que ceux du système hématopoïétique et lymphopoiétique.

##### Troubles hématologiques non malins [14, 17, 18]

Le rôle du benzène dans la survenue d'hémopathies non malignes est prouvé par de nombreuses études individuelles et épidémiologiques ; le seuil de toxicité est apprécié différemment selon les auteurs : 10 ppm pour certains [17], 30 ppm pour d'autres [18].

Les premiers symptômes ne sont pas cliniques. La thrombopénie est le signe le plus précoce et le plus fréquent de l'intoxication. Une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose, une anémie ou, beaucoup plus rarement, une polyglobulie peuvent également être notées. La difficulté d'interprétation des anomalies modérées (liée à la variabilité intra-individuelle, interindividuelle et raciale des paramètres de la numération formule sanguine et à la difficulté d'en définir la normalité) justifie néanmoins une certaine prudence. Les anomalies évoluent dans la grande majorité des cas vers la régression à l'arrêt de l'exposition : elles ne seraient que très rarement le prélude à une hémopathie plus sévère.

L'aplasie médullaire benzénique est devenue exceptionnelle en France depuis l'application des mesures de prévention prévues par la réglementation. Le délai d'apparition de la maladie par rapport au début de l'exposition varie de quelques mois à plusieurs dizaines d'années. D'après certains, une première atteinte sanguine par le benzène favoriserait la survenue d'une aplasie médullaire après réexposition. Cette aplasie, précédée pendant plus ou moins longtemps d'une hypoplasie, peut débuter sur une seule lignée (plaquettaire ou blanche) avant de se généraliser. Le médullogramme est typiquement pauvre ; mais parfois il est initialement normal ou riche : hyperplasie granuleuse et mégacaryocytaire, augmentation des éléments jeunes et immatures. En cas de guérison, l'évolution peut se faire vers une leucémie dans un délai variable (de plusieurs années souvent).

##### Hémopathies malignes et lymphopathies [3, 14, 15, 19]

De très nombreux rapports de cas et plusieurs études épidémiologiques de cohortes attestent le pouvoir leucémogène du benzène pour des expositions supérieures à 100 ppm : le Centre international de

recherche sur le cancer (CIRC) considère qu'il existe des indices suffisants de cancérogénicité chez l'homme. D'après certains, une leucémie benzénique serait toujours précédée de troubles non malins ; plusieurs cas de leucémies après guérison d'épisodes antérieurs d'anomalies sanguines induites par le benzène ont été décrits. Le type myélocytique est le plus fréquent. On a mis en évidence une relation dose-effet entre l'importance de l'exposition en ppm/mois et l'incidence des leucémies ; par contre, aucun lien n'a été trouvé entre l'apparition de leucémies et l'importance des pics maximum d'exposition (envisagés indépendamment de l'exposition cumulée), l'âge à la première exposition au benzène, la durée d'exposition et le délai écoulé entre le début de l'exposition et la survenue de la maladie. Plusieurs problèmes demeurent cependant non résolus : en effet, différentes observations suggèrent la responsabilité du benzène dans d'autres types de leucémies : leucémies lymphoïdes chroniques, leucémies aiguës lymphoïdes, leucémies myéloïdes chroniques, leucémies aiguës myéloïdes non myélocytiques. Il persiste toutefois des incertitudes ; l'incidence des leucémies benzéniques diminue en raison de la baisse des concentrations atmosphériques en milieu professionnel et du nombre d'exposés et aucune étude épidémiologique ne pourra donc mettre en évidence avec une puissance suffisante ces effets potentiels. Par ailleurs, la forme de la relation dose-effet et une dose seuil éventuelle ne peuvent être définies, faute d'étude avec métrologie correcte.

D'autres maladies malignes du système hématopoïétique et lymphopoïétique (myélome multiple et lymphome) ont été imputées au benzène, mais il n'existe pas d'étude épidémiologique dans ce domaine.

#### Mutagenèse [14 à 16]

In vitro, il est difficile d'obtenir une réponse mutagène positive sur cellules exposées isolément au benzène. Par contre, des résultats positifs sont observés lorsque l'on utilise des systèmes auxiliaires d'activation métabolique, faisant intervenir dans ces expériences les métabolites du produit testé. Des aberrations chromosomiques structurales sont induites par une concentration sanguine de benzène de 9 mg/ml chez l'homme et 44 mg/ml chez la femme. La fréquence des échanges de chromatides-sœurs est augmentée par de faibles doses de benzène après optimisation des systèmes auxiliaires d'activation métabolique, et par les principaux métabolites du benzène (phénol, hydroquinone, pyrocatechol).

Les études conduites chez des sujets modérément exposés sont le plus souvent négatives (on n'a pas détecté d'augmentation des lésions chromosomiques pour des concentrations atmosphériques inférieures à 15 ppm). Cependant, les résultats de ces enquêtes sont souvent difficilement interprétables en raison de la fréquence des polyexpositions à des toxiques potentiellement mutagènes, de la faiblesse des effets et des insuffisances de la métrologie.

Lors d'expositions professionnelles plus importantes associées à des signes cliniques d'intoxication, les aberrations chromosomiques lymphocytaires sont presque constantes. En l'absence de signes clini-

ques de toxicité, ces anomalies n'apparaissent qu'après plusieurs années d'exposition ; aucune corrélation entre la durée et l'importance de l'exposition d'une part et la fréquence des lésions chromosomiques d'autre part n'a été relevée (cependant, les données métrologiques sont parfois incomplètes). Quelques observations d'altérations persistantes, plusieurs années après le diagnostic d'hémopathie benzénique et l'arrêt de l'exposition, ont été décrites.

En conclusion, aucune relation ne peut être actuellement établie entre les types de lésions chromosomiques observées in vitro et les effets sur la santé, ni même entre l'existence de lésions chromosomiques et la survenue ultérieure éventuelle d'un état pathologique.

#### Effets sur la reproduction [16]

Les effets endocriniens et gonadiques du benzène n'ont pas été étudiés chez l'homme.

Chez la femme, des troubles menstruels, surtout hémorragiques, sont rapportés par plusieurs publications mais on ne sait pas s'ils sont indépendants de la pathologie hématologique, et la méthodologie de ces études n'est pas toujours précisée.

D'après une enquête, la fertilité féminine n'est pas affectée par le benzène ; il n'existe pas d'étude de fertilité chez l'homme.

Lors de la grossesse, le transfert placentaire est prouvé : la concentration en benzène au sang du cordon chez le nouveau né est au moins égale à celle de la mère exposée au produit. Aucun élément ne permet de conclure à une tératogénicité ou à une fœtotoxicité. Quelques études suggèrent une fréquence accrue des avortements chez les femmes exposées au benzène, mais là encore l'exposition fréquente à d'autres risques professionnels et des problèmes méthodologiques rendent ces enquêtes souvent difficilement interprétables.

#### Valeurs limites d'exposition

Etant donné les risques d'inhalation du benzène, le décret du 13 février 1986 prescrit en France les mesures suivantes :

- pour les installations mises en service après le 1<sup>er</sup> septembre 1986, la concentration en vapeurs de benzène de l'air inhalé par un travailleur ne doit pas dépasser 5 ppm en volume (soit 16 mg/m<sup>3</sup>) en moyenne par journée de travail.

- pour les installations en service avant le 1<sup>er</sup> septembre 1986, la valeur précédente est fixée, pendant une durée maximale de 5 ans à compter de cette date, à 10 ppm en volume (soit 32 mg/m<sup>3</sup>).

Par ailleurs, la Convention internationale du travail n° 136, adoptée à Genève le 23 juin 1971 et ratifiée par la France par décret n° 73-1032 du 9 novembre 1973, indique que la concentration de benzène dans l'atmosphère des lieux de travail ne doit pas dépasser la valeur plafond de 25 ppm, soit 80 mg/m<sup>3</sup>.

## REGLEMENTATION

### Hygiène et sécurité du travail

#### 1<sup>o</sup> Règles générales de prévention des risques chimiques

- Articles R. 231-54 à R. 231-54-8 du Code du travail.

#### 2<sup>o</sup> Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.

- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au J.O.).

- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (J.O. du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (J.O. du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

#### 3<sup>o</sup> Prévention des incendies

- Articles R. 232-12 à R. 232-12-22 du Code du travail.

- Décret du 14 novembre 1988 (J.O. du 24 novembre 1988), section V, articles 43 et 44 (installations électriques) et arrêtés d'application.

- Décret du 17 juillet 1978 modifié et arrêtés d'application relatifs au matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives.

#### 4<sup>o</sup> Maladies de caractère professionnel

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

#### 5<sup>o</sup> Maladies professionnelles

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

#### 6<sup>o</sup> Mesures particulières de protection des travailleurs

**Interdiction d'emploi, valeurs limites, contrôle de l'exposition, prévention technique collective et individuelle, surveillance médicale...**

- Décret du 13 février 1986 (J.O. du 27 février 1986) modifié par le décret du 6 septembre 1991 (J.O. du 8 septembre 1991) relatif à la protection des travailleurs exposés au benzène.

- Arrêté du 1<sup>er</sup> mars 1986 (J.O. du 14 mars 1986) modifié fixant les modalités d'application du décret ci-dessus, notamment en ce qui concerne les conditions de dérogation à l'interdiction d'emploi de solvants ou diluants renfermant plus de 0,1 % de benzène, le contrôle de l'exposition des travailleurs, les organismes chargés du contrôle de l'exposition au benzène.

- Arrêté du 6 juin 1987 (J.O. du 19 juillet 1987) fixant les recommandations et instructions techniques que doivent respecter les médecins du travail assurant la surveillance médicale des salariés exposés au benzène.

– Articles R. 231-56 à R. 231-56-11 du Code du travail relatif à la prévention du risque cancérigène.

– Arrêtés portant agrément d'organismes habilités à procéder aux contrôles de la concentration en benzène de l'atmosphère des lieux de travail.

– Arrêté du 11 juillet 1977 (J.O. du 24 juillet 1977) fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale (travaux comportant l'emploi, la manipulation ou l'exposition au benzène) et circulaire du ministère du Travail du 29 avril 1980 (non parue au J.O.).

– Article D. 461-25 du Code de la Sécurité sociale et arrêté du 28 février 1995 (J.O. du 22 mars 1995) relatifs à la surveillance médicale post-professionnelle.

– Circulaire du ministère du Travail du 14 mai 1985 (J.O. du 6 juin 1985) sur la prévention des cancers d'origine professionnelle.

– Circulaire du ministère du Travail du 2 mai 1985 (non parue au J.O.) relative aux missions du médecin du travail à l'égard des salariées en état de grossesse.

– Décret du 9 novembre 1973 (J.O. du 16 novembre 1973) portant notamment publication de la Convention internationale du travail n° 136 concernant la protection contre les risques d'intoxication dus au benzène.

#### 7° Classification et étiquetage

a) du benzène pur :

• arrêté du 20 avril 1994 (J.O. du 8 mai 1994), qui prévoit la classification suivante :

Cancérogène cat. 1 R 45

Facilement inflammable R 11

Toxique R 48/23/24/25

b) des préparations contenant du benzène :

• arrêté du 21 février 1990 modifié (J.O. du 24 mars 1990).

#### 8° Entreprises extérieures

– Arrêté du 19 mars 1993 (J.O. du 27 mars 1993) fixant en application de l'article R. 237-8 du Code du travail la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

#### Protection de l'environnement

• Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochures n° 1001 :

– n° 1130, fabrication ;

– n° 1131, installations de mélange ou d'emploi ;

– arrêtés du 10 juillet 1990 et du 1<sup>er</sup> mars 1993 modifiés relatifs aux rejets ;

– arrêté du 31 mars 1980 portant réglementation des installations électriques des établissements susceptibles de présenter des risques d'explosion ;

– arrêté du 4 septembre 1986 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage et circulaire du 4 septembre 1986.

• Règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides. Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1469.

#### Protection de la population

• Décret du 29 décembre 1988 relatif aux substances et préparations vénéneuses (articles R. 5149 à R. 5170 du Code de la Santé publique), décret du 29 décembre 1988 relatif à certaines substances et préparations dangereuses (J.O. du 31 décembre 1988) et circulaire du 2 septembre 1990 (J.O. du 13 octobre 1990) :

– détention dans des conditions déterminées ;

– étiquetage (cf. 7°) ;

– cession réglementée.

• Arrêté du 1<sup>er</sup> février 1993 (J.O. du 26 février 1993) relatif à l'interdiction de la mise sur le marché de substances et préparations contenant 0,1 % ou plus de benzène.

• Article L. 143 du Code de la Santé publique et décret du 20 juillet 1981 (J.O. du 27 juillet 1981) interdisant la fabrication et la distribution de jouets ou amusettes contenant du benzène.

• Arrêtés des 28 décembre 1966 (J.O. du 13 janvier 1967), 21 janvier 1986 (J.O. du 11 février 1986) et 29 octobre 1987 (J.O. du 31 octobre 1987). Ces arrêtés spécifient qu'à compter du 1<sup>er</sup> octobre 1989, la teneur en benzène de l'essence et du supercarburant n'excèdera pas 5 % en volume.

#### Transport

Se reporter éventuellement aux règlements suivants :

#### 1° Transport par route et chemin de fer

– Transport national, ADR, RID : cette substance doit être déclarée :

1114-Benzène

• Classe : 3

• Code danger : 33

• Chiffre/lettre : 3<sup>b</sup>

• Code matière : 1114

• Étiquette : 3

#### 2° Transport par air

– IATA.

#### 3° Transport par mer

– IMDG.

#### RECOMMANDATIONS

Chaque fois que l'usage et le procédé le permettent, il faut remplacer le benzène par un produit moins dangereux. Lorsque son emploi s'avère techniquement indispensable, l'exposition des travailleurs doit être réduite au niveau le plus bas possible et des mesures très sévères de prévention et de protection s'imposent. Selon le décret du 13 février 1986, sont considérés comme exposés au benzène, les postes de travail situés dans des zones ou des locaux où la concentration moyenne dans l'air des vapeurs excède 1 ppm (3,2 mg/m<sup>3</sup>) par journée de travail.

#### I. Au point de vue technique

• Le personnel recevra une formation portant sur les risques auxquels il est exposé, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaîtra les procédures spéciales à suivre en cas d'urgence et fera des exercices d'entraînement.

• Le benzène, les dissolvants ou diluants en renfermant plus de 0,1 % en poids et toutes préparations obtenues au moyen de tels liquides ne doivent être utilisés qu'en appareils clos, conformément à l'article 2 du 13 février 1986 modifié. Des dérogations à cette limitation peuvent être accordées, à condition que l'utilisateur démontre qu'il est impossible, pour des raisons techniques, de s'y soumettre et que la valeur limite de moyenne d'exposition soit respectée par la mise en place d'autres mesures de prévention.

• Toutes dispositions seront prises pour éviter l'inhalation de vapeurs, en particulier lors des transvasements : installation de système d'aspiration aux sources possibles d'émission, travail dans une sorbonne efficacement ventilée et régulièrement contrôlée...

• Afin de respecter les valeurs limites d'exposition, des contrôles d'atmosphère seront programmés et réalisés, au moins une fois par an, par un organisme agréé, conformément au titre II du décret du 13 février 1986. Si le taux de benzène est compris entre 1 et 2,5 ppm, les mesures seront effectuées tous les 6 mois ; si le taux est supérieur à 2,5 ppm, les contrôles seront trimestriels.

• Les installations et les appareils de protection collective doivent être vérifiés au moins une fois par semaine et être constamment en parfait état de fonctionnement.

• Les locaux exposés au benzène seront balisés par des panneaux placés en évidence et leur accès limité aux personnes dont la fonction l'exige.

• Des équipements de protection individuelle adaptés aux risques seront mis à la disposition du personnel : appareils de protection respiratoire, gants (par exemple en polyalcool vinylique), lunettes de sécurité, combinaisons.... Les travailleurs seront familiarisés avec le port de ces équipements qui seront nettoyés après usage et convenablement entretenus par un personnel spécialisé.

• Le benzène sera stocké en récipients bien fermés, dans des locaux spéciaux, frais et munis d'un système de ventilation, à l'abri de toute source d'ignition ou de chaleur (rayons solaires, flammes, étincelles...) et à l'écart des produits oxydants.

• Le sol des locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention afin qu'en cas de déversement accidentel, le liquide ne puisse se répandre au dehors.

• Le matériel électrique, y compris l'éclairage, sera conforme à la réglementation en vigueur.

• Il sera interdit de fumer.

• Toutes dispositions seront prises pour éviter une accumulation d'électricité statique.

• Les récipients seront correctement étiquetés. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

• Interdire l'emploi d'air ou d'oxygène comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du produit.

• Prévoir l'installation de douches de sécurité et de fontaines oculaires dans les ateliers.

• Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du benzène sans prendre les précautions d'usage [27].

• Ne pas rejeter de benzène à l'égout.

• En cas de fuite ou de déversement accidentel, éloigner toute source d'ignition et évacuer le personnel non indispensable pour remédier à la contamination. Le personnel d'intervention sera équipé de moyens de protection individuelle et d'appareils de protection respiratoire isolants et autonomes. Récupérer le produit par pompage ou par absorption à l'aide d'un matériau non combustible.

• Conserver les déchets contenant du benzène dans des récipients clos, spécialement prévus à cet effet. Le benzène peut être régénéré ou détruit par incinération. Dans tous les cas, traiter les déchets dans les conditions autorisées par la réglementation (traitement dans l'entreprise ou dans un centre spécialisé).

## II. Au point de vue médical

### A l'embauchage et lors des examens périodiques

• Les recommandations et les instructions techniques, que doivent respecter les médecins du travail assurant la surveillance médicale des salariés exposés au benzène, sont prescrites par l'arrêté du 6 juin 1987 portant application de l'article 19 du décret du 13 février 1986.

• Ces textes précisent la nature et la fréquence des examens cliniques et biologiques à l'embauchage et lors des examens périodiques. En outre, ils donnent des valeurs de référence et l'interprétation des résultats pour les examens hématologiques ainsi que les contre-indications et les causes d'inaptitude aux postes de travail exposant au benzène.

### En cas d'accident

• En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver à grande eau pendant quinze minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation cutanée apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une surveillance médicale s'imposera.

• En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau ou au sérum physiologique pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.

• En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.

• En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements ; on pourra faire absorber du charbon médical activé si le sujet est parfaitement conscient.

• Dans les deux cas, placer la victime en position latérale de sécurité si elle est inconsciente ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer la respiration assistée ; même si l'état initial est satisfaisant, transférer en milieu hospitalier si nécessaire par ambulance médicalisée, où pourront être entrepris une aspiration gastrique éventuelle, une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardio-vasculaires, pulmonaires et hépato-rénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs si besoin est.

## Bibliographie

1. Benzène - Fiche de données de sécurité. Paris. ATOCHEM. 1987.
2. KIRK-OTHMER - Encyclopedia of chemical technology, vol. 3. New York, Londres, Wiley Interscience, 1978, pp. 744-771.
3. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man. Lyon, International agency for research on cancer, 1974, vol. 7, pp. 203-216 ; 1981, vol. 29, pp. 93-127 ; 1987, suppl. 7, pp. 120-122.
4. ROUSSELIN X., FALCY M. - Le nez, les produits chimiques et la sécurité. *Cahiers de notes documentaires*, 1986, 124, pp. 331-344, ND 1590.
5. Toxic and hazardous industrial chemicals safety manual for handling and disposal with toxicity and hazard data. Tokyo, International Technical Information Institute, 1985, pp. 62-64.
6. SNYDER C.A. - Benzene. In : SNYDER R. - Ethel Browning's toxicity and metabolism of industrial solvents, 2<sup>e</sup> éd. Amsterdam, Elsevier, 1987, pp. 3-37.
7. MARSDEN C. - Solvents guide. Londres, Cleaver-Hume Press Ltd, 1963, pp. 65-72.
8. Benzène. *Promosafe*, 1985, 12, 1, pp. 49-56.
9. Norme NF X 43-251 - Qualité de l'air. Atmosphères des lieux de travail. Détermination de la concentration des hydrocarbures aromatiques monocycliques en phase vapeur. Paris, AFNOR, 1986.
10. NIOSH manual of analytical methods, 3<sup>e</sup> éd., vol. 2. Cincinnati, National Institute for Occupational Safety and Health, 1984, méthode 1501.
11. SAX N.I., LEWIS R.J. - Dangerous properties of industrial materials, 6<sup>e</sup> éd. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1989, pp. 364-365.
12. SANDMEYER E.E. - Aromatic hydrocarbons. In : CLAYTON G.D., CLAYTON F.E. - *Patty's industrial hygiene and toxicology*, 3<sup>e</sup> éd., vol. IIB. New York, John Wiley & sons, 1981, pp. 3253-3431.
13. GRANT M. - *Toxicology of the eye*, 2<sup>e</sup> éd. Springfield, Charles C. Thomas, 1974, pp. 180-182.
14. WRIGHT A.P. et coll. - Une revue de littérature récente sur la toxicologie du benzène. Bruxelles, European Chemical Industry Ecology & Toxicology Centre, rapport technique n° 16, décembre 1984 (traduction française réalisée par Chimie et Ecologie, Paris, juin 1987).
15. TRUHAUT R. - Compte rendu et résolutions finales du - Workshop - international sur la toxicologie du benzène. *Archives des maladies professionnelles*, 1977, 38, 10-11, pp. 967-968.
16. BARLOW S.M., SULLIVAN F.M. - Reproductive hazards of industrial chemicals. Londres, Academic Press, 1982, pp. 83-103.
17. CONSO F., GARNIER R. - Hydrocarbures aromatiques. In : BISMUTH C. et coll. - *Toxicologie clinique*. Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1987, pp. 581-583.
18. BERERET A., TOLOT F. - Benzène et benzolisme. Paris, Encyclopédie médico-chirurgicale, Intoxications, 16046 B10, 5-1984, 10 p.
19. WONG O. - An industry wide mortality study of chemical workers occupationally exposed to benzene. I - General results. II - Dose response analyses. *British journal of industrial medicine*, 1987, 44, pp. 365-381 et pp. 382-395.
20. LAUWERYS R.R. - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 2<sup>e</sup> éd. Paris, Masson, 1982, pp. 183-192.
21. PERBELLINI L. et coll. - Environmental and occupational exposure to benzene by analysis of breath and blood. *British journal of industrial medicine*, 1988, 45, pp. 345-352.
22. Indices biologiques d'exposition. *Cahiers de notes documentaires*, 1989, 134, pp. 51-61, ND 1719.
23. TOLOT F. - Prévention médicale chez les sujets exposés au benzène. *Documents pour le médecin du travail*, 1986, 25, pp. 27-29, 25 TE 8.
24. LEROY et coll. - Une expérience de groupe en interentreprise : contribution à la relation exposition au benzol/phénolurie. *Cahiers de médecine interprofessionnelle*, 1983, 89, pp. 47-62.
25. BOTTA A. et coll. - Dosage automatisé des phénols urinaires : son intérêt dans le dépistage de routine des imprégnations par solvants benzéniques. *Revue de médecine du travail*, 1983, 11, pp. 279-287.
26. INOUE O. et coll. - Determination of catechol and quinol in the urine of workers exposed to benzene. *British journal of industrial medicine*, 1988, 45, pp. 487-492.
27. Cuves et réservoirs - Recommandation CNAM R 276. INRS. ■



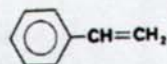
FT 2

FICHE TOXICOLOGIQUE N° 2

Edition 1997\*

## Styrène

Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS



Numéro CAS

N° 100-42-5

Numéros CE

Index N° 601-026-00-0

EINECS N° 202-851-5

Synonymes

Vinylbenzène

Ethénylbenzène

Phényléthylène

### CARACTERISTIQUES

#### Utilisation

- Fabrication de matières plastiques et résines : polystyrène, copolymères (ABS, SAN, MBS...), polyesters insaturés.

- Fabrication de caoutchoucs synthétiques (SBR).

- Synthèse organique...

#### Propriétés physiques [1 à 5]

Le styrène se présente sous la forme d'un liquide incolore visqueux. Son odeur, détectable à environ 0,3 ppm, douce et plaisante à très faible concentration, devient désagréable lorsque la concentration augmente.

Il est peu soluble dans l'eau (0,029 g dans 100 g d'eau à 20 °C) mais miscible avec de nombreux solvants organiques.

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

Masse molaire : 104,14

Point de fusion : - 30,6 °C

Point d'ébullition : 145,2 °C sous pression atmosphérique

Densité ( $D_4^{20}$ ) : 0,9060

Densité de vapeur (air = 1) : 3,6

Tensions de vapeur :

312 Pa à 10 °C

600 Pa à 20 °C

1 095 Pa à 30 °C

1 906 Pa à 40 °C

Indice d'évaporation (acétate de n-butyle = 1) : 0,49

Points d'éclair

31 °C en coupelle fermée

37 °C en coupelle ouverte

Limites d'explosivité en volume % dans l'air :

limite inférieure : 1,1

limite supérieure : 6,1

Température d'auto-inflammation : 490 °C

#### Propriétés chimiques [1 à 4]

Le styrène est un composé à pouvoir réactif élevé qui se polymérise et s'oxyde facilement.

La réaction de polymérisation, lente à température ambiante, est accélérée par action directe de la lumière, de la chaleur (en particulier au-dessus de 66 °C) ou d'agents chimiques divers comme les peroxydes, les sels métalliques, les acides forts. Elle est fortement exothermique et peut être la cause d'une élévation dangereuse de pression dans les récipients fermés.

Pour pallier cette tendance à la polymérisation, le styrène est stabilisé par addition d'un inhibiteur, le plus souvent 10 à 15 ppm de 4-ter-butylcatéchol. Toutefois, il faut savoir que l'inhibition n'est plus efficace en l'absence d'oxygène et qu'elle diminue rapidement si la température s'élève au-dessus de 25 °C.

L'oxydation du styrène conduit à la formation d'aldéhydes et de peroxydes qui peuvent alors agir comme catalyseur de polymérisation. Tous les produits à pouvoir oxydant réagissent de façon brutale, voire explosive, avec le styrène.

Le produit n'a pas d'action corrosive sur les métaux. Toutefois, il réagit et se colore au contact du cuivre et de ses alliages.

Le styrène dissout certains caoutchoucs ou matières plastiques.

#### Récipients de stockage

Le styrène peut être stocké dans des récipients en fer galvanisé, acier ou aluminium.

Le verre est également utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les réci-



Xn - Nocif

**STYRÈNE**

R 10 - Inflammable.  
 R 20 - Nocif par inhalation.  
 R 36/38 - Irritant pour les yeux et la peau.  
 S 23 - Ne pas respirer les vapeurs.  
 202-851-5 - Etiquetage CE.

\* Mise à jour de l'édition 1987 portant sur la réglementation seulement.

FT n° 2 - 1/4



pients seront protégés par une enveloppe plus résistante convenablement ajustée.

#### Méthodes de détection et de détermination dans l'air

– Appareil à réponse instantanée Draeger équipé des tubes réactifs monostyrène 10/a, 10/b, 50/a ou 50/b.

– Prélèvement par diffusion active sur support poreux ou par diffusion passive (badge) et dosage par chromatographie en phase gazeuse [6, 7]

### RISQUES

#### Risques d'incendie

Le styrène est un liquide inflammable (point d'éclair en coupelle fermée : 31 °C) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosibles avec l'air (limites : 1,1 et 6,1 % en volume).

Les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone, les mousses et les poudres chimiques. L'eau pulvérisée peut être utilisée en grande quantité.

Les récipients de stockage seront refroidis au moyen de jets d'eau, car l'exposition à la chaleur peut déclencher polymérisation et explosion.

#### Pathologie - Toxicologie

##### Toxicité expérimentale [8, 9]

##### Aiguë

La DL 50 par voie orale est d'environ 5 000 mg/kg chez le rat et de 300 mg/kg chez la souris. Par inhalation, la CL 50 est de 6 000 ppm pour 4 h d'exposition chez le rat.

La toxicité aiguë du styrène est modérée. Les signes sont essentiellement neurologiques : somnolence, incoordination motrice, puis convulsions ou tremblements et perte de connaissance.

En application locale unique, le liquide se révèle un irritant modéré pour la peau et l'œil du lapin. À la concentration de 1 000 ppm, les vapeurs provoquent une irritation des muqueuses nasales et respiratoires après une exposition continue de 8 h.

Le styrène est une substance peu sensibilisante chez le cobaye.

##### Chronique

Des rats, des cobayes, des lapins ont été exposés durant 6 mois à des concentrations de 650 à 2 000 ppm, 8 h/j, 5 j par semaine. La dose de 650 ppm peut être considérée comme sans effet pour ces trois espèces. Les concentrations supérieures ont entraîné à divers degrés une irritation des voies aériennes allant jusqu'à la congestion et l'œdème, une irritation oculaire et des signes neurologiques

(incoordination). Il n'y a, dans ces conditions, aucune anomalie hématologique, hépatique et rénale.

##### Mutagenèse

Le styrène s'est révélé mutagène dans divers essais visant à mettre en évidence des mutations génétiques ponctuelles ou des altérations chromosomiques.

##### Cancérogénèse

Chez la souris et le rat, une augmentation du nombre de tumeurs pulmonaires a pu être obtenue par ingestion de styrène ; cette augmentation n'est pas toujours significative.

##### Effets sur la reproduction

Les résultats varient selon l'expérimentation. Chez des rates ayant reçu par voie orale 0,9 et 150 mg/kg, deux fois par jour du 6<sup>e</sup> au 15<sup>e</sup> jour de gestation et chez des lapines exposées par inhalation à 300 et 600 ppm, 7 h/j durant la même période, aucun effet n'a été constaté. En revanche, un effet embryotoxique est obtenu chez la rate avec des doses de 350 à 1 100 ppm. Des malformations ont été mises en évidence chez le poulet et l'oursin.

Une foetotoxicité est démontrée pour la souris (250 ppm) et le hamster (1 000 ppm) après 6 h d'inhalation.

##### Métabolisme [9, 12]

Absorbé par voie orale, cutanée et respiratoire, le styrène est retenu à environ 85 % dans l'organisme. L'élimination par voie respiratoire sous forme inchangée représente 2 à 5 %. Le reste est transformé essentiellement au niveau hépatique et se retrouve dans les urines sous forme de métabolites : acide mandélique (85 %) et acide phénylglyoxylique (10 %). Une certaine quantité se fixant sur les tissus graisseux est susceptible d'être mobilisée à partir de ces zones de stockage.

##### Toxicité sur l'homme [9 à 12]

##### Aiguë

Après inhalation, il est constaté essentiellement :

– une atteinte du système nerveux central se traduisant par des céphalées, vertiges, troubles de coordination, asthénie lors d'expositions à 1 000 ppm environ (pour des concentrations plus fortes, un coma peut survenir) ;

– et surtout, une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires dès 500 ppm.

Les projections cutanées et oculaires entraînent des lésions superficielles et régressives. Les cas de sensibilisation cutanée réelle sont rares avec ce produit.

##### Chronique

Le styrène agit sur plusieurs organes. On constate :

– une action dépressive sur le système nerveux central et périphérique se traduisant par des troubles de l'équilibre et une symptomatologie subjective (céphalées, asthénie, somnolence, perte de mémoire), signalée à partir de 20 ppm, et par un

allongement du temps de réaction chez les individus exposés régulièrement à des concentrations en styrène de l'ordre de 50 ppm ;

– des désordres digestifs (nausées, perte d'appétit), surtout chez les sujets porteurs d'une atteinte organique préexistante (hernie hiatale, gastrite...);

– une action irritante sur les voies respiratoires, en rapport avec l'intensité de l'exposition, se traduisant par une augmentation de fréquence des bronchites chroniques et des atteintes obstructives ;

– une action irritante sur les muqueuses oculaires entraînant des conjonctivites (sans atteinte de la cornée) lors de la simple exposition à de faibles concentrations atmosphériques (comme lors des projections) ;

– des dermatoses dues à l'irritation primaire du styrène, apparaissant lorsque le contact est fréquent ou prolongé, pouvant évoluer vers un dessèchement chronique de la peau avec crevasses et gerçures.

Parmi les paramètres biologiques étudiés, on note surtout une augmentation des  $\gamma$ -glutamyltransférases qui traduit l'effet inducteur enzymatique du styrène. Il n'a pas été constaté à l'heure actuelle de véritable hépatotoxicité.

Les anomalies hématologiques (leucopénie, leucocytose) qui ont été notées dans certaines études sont contestées actuellement, notamment en raison de l'exposition concomitante à d'autres substances (benzène en particulier) des sujets atteints de ces affections.

#### Cancérogénèse, mutagenèse, tératogénèse

Malgré plusieurs cas de leucémies rapportés chez des ouvriers exposés au styrène, il n'est pas possible de conclure quant au rôle de ce solvant. La plupart des sujets atteints de ces affections étaient au contact de nombreux autres produits.

Des aberrations chromosomiques en nombre anormal sont retrouvées chez des personnes exposées au styrène.

Enfin, des anomalies du système nerveux central ont été signalées chez les enfants de mères exposées à ce produit.

#### Valeur limite d'exposition

En France, le ministère du Travail a fixé pour le styrène la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) indicative qui peut être admise dans l'air des locaux de travail. Cette valeur correspond à 50 ppm, soit 215 mg/m<sup>3</sup>.

### REGLEMENTATION

#### Hygiène et sécurité du travail

##### 1<sup>e</sup> Règles générales de prévention des risques chimiques

– Articles R. 231-54 à R. 231-54-8 du Code du travail.

**2° Aération et assainissement des locaux**

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.

- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au J.O.).

- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (J.O. du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (J.O. du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

**3° Prévention des incendies**

- Articles R. 232-12 à R. 232-12-22 du Code du Travail.

- Décret du 14 novembre 1988 (J.O. du 24 novembre 1988), section V, articles 43 et 44 (installations électriques) et arrêtés d'application.

- Décret du 17 juillet 1978 modifié et arrêtés d'application relatifs au matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives.

**4° Valeur limite d'exposition**

- Circulaire du ministère du Travail du 5 mars 1985 (non parue au J.O.).

**5° Maladies de caractère professionnel**

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

**6° Maladies professionnelles**

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

**7° Surveillance médicale spéciale**

- Circulaire du ministère du Travail du 2 mai 1985 (non parue au J.O.), relative aux missions du médecin du travail à l'égard des salariées en état de grossesse.

**8° Classification et étiquetage**

a) du styrène pur :

- arrêté du 20 avril 1994 (J.O. du 8 mai 1994) qui prévoit la classification suivante :

Inflammable R 10

Nocif R 20

Irritant R 36/38

b) des préparations contenant du styrène :

- arrêté du 21 février 1990 modifié (J.O. du 24 mars 1990) ; des limites de concentration sont fixées à l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994.

**9° Entreprises extérieures**

- Arrêté du 19 mars 1993 (J.O. du 27 mars 1993) fixant en application de l'article R. 237-8 du Code du travail la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

**Protection de l'environnement**

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochures n° 1001 :

- n° 1431, fabrication ;

- n° 1433, installations de mélange ou d'emploi ;

- arrêtés du 10 juillet 1990 et du 1<sup>er</sup> mars 1993 modifiés relatifs aux rejets ;

- arrêté du 31 mars 1980 portant réglementation des installations électriques des établissements susceptibles de présenter des risques d'explosion.

**Protection de la population**

Décret du 29 décembre 1988 relatif aux substances et préparations vénéneuses (articles R. 5149 à R. 5170 du Code de la santé publique), décret du 29 décembre 1988 relatif à certaines substances et préparations dangereuses (J.O. du 31 décembre 1988) et circulaire du 2 septembre 1990 (J.O. du 13 octobre 1990) :

- détention dans des conditions déterminées ;

- étiquetage (cf. 8°).

**Transport**

Se reporter éventuellement aux règlements suivants :

**1° Transport par route et chemin de fer**

- Transport national, ADR et RID ; cette substance doit être déclarée :

2055-Styrène monomère stabilisé

- Classe : 3
- Code danger : 39
- Chiffre/lettre : 31°C
- Code matière : 2055
- Etiquette : 3

**2° Transport par air**

- IATA.

**3° Transport par mer**

- IMDG.

**RECOMMANDATIONS****I. Au point de vue technique****Stockage**

• Il s'effectuera dans des locaux bien ventilés, à l'abri de toute source d'ignition ou de chaleur, des produits oxydants et des catalyseurs de polymérisation. Le sol de ces locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention afin qu'en cas d'écoulement accidentel le liquide ne puisse se répandre au dehors.

• Le matériel électrique, éclairage compris, sera conforme à la réglementation en vigueur. Il sera interdit de fumer.

• Toutes dispositions seront prises pour éviter l'accumulation d'électricité statique.

• Les récipients seront soigneusement fermés et étiquetés. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

• Afin d'éviter tout risque de polymérisation, le styrène doit être conservé à l'abri de la lumière et en présence d'une cer-

taine quantité d'oxygène dissous (indispensable à la réaction d'inhibition).

• La température sera conforme aux recommandations du fabricant. Elle ne doit généralement pas dépasser 25 °C. La concentration de l'inhibiteur sera contrôlée régulièrement.

**Manipulation**

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

• Instruire le personnel des risques présentés par le produit, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales en cas d'urgence feront l'objet d'exercices d'entraînement.

• Entreposer dans les locaux des quantités ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.

• Éviter l'inhalation de vapeurs. Dans ce but, prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission, ainsi que des appareils de protection respiratoire pour des travaux exceptionnels de courte durée ou les interventions d'urgence.

• Procéder à des contrôles réguliers de l'atmosphère.

• Éviter le contact du liquide avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants (en polychloroprène ou polyalcool vinylique par exemple), des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après usage.

• Dans les ateliers où le styrène est utilisé de façon constante, prévoir l'installation de douches et de fontaines oculaires.

• Interdire l'emploi d'air ou d'oxygène comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du produit.

• Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du styrène sans prendre les précautions d'usage [14].

• Ne pas rejeter à l'égout les eaux polluées par le styrène.

• En cas de souillure sur le sol, récupérer immédiatement le produit en l'épongeant avec un matériau inerte. Laver à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'appareils de protection respiratoire.

• Conserver les déchets dans des récipients spécialement prévus à cet effet. Le styrène peut être détruit dans un incinérateur. Lorsque les quantités sont importantes, éliminer les déchets dans les conditions autorisées par la réglementation (traitement dans l'entreprise ou dans un centre spécialisé).

**II. Au point de vue médical [9, 13]**

• A l'embauchage, rechercher des affections cutanées, respiratoires ou neurologiques chroniques ; vérifier la normalité des tests hépatiques.

• Même si le potentiel tératogène et mutagène du styrène chez l'homme n'est pas démontré, il est recommandé de limiter l'exposition de la femme enceinte.

## FT 2 Styrène Edition 1997\*

• Par la suite, les mêmes paramètres seront étudiés ; on contrôlera l'absence de signe clinique d'intolérance pouvant traduire des expositions trop importantes. Une radiographie pulmonaire et des explorations fonctionnelles respiratoires de base pourront s'avérer nécessaires en cas de trouble clinique évocateur d'une broncho-pneumopathie chronique.

• Afin d'évaluer l'importance de l'exposition, des dosages des métabolites urinaires pourront être entrepris. En moyenne, une exposition à 50 ppm conduit à l'élimination de 1 000 mg/l d'acide mandélique. Une concentration de 100 ppm donne des excréments de 2 300 mg/g de créatinine d'acide mandélique et 350 mg/g de créatinine d'acide phénylglyoxylique.

• En cas de contact cutané, laver à grande eau pendant 10 minutes après avoir retiré les vêtements souillés.

• En cas de projections oculaires, laver immédiatement à l'eau pendant au moins 15 minutes. Consulter un ophtalmologiste s'il apparaît une douleur, une rougeur ou un œdème local persistant.

• En cas d'inhalation, retirer la victime de la zone contaminée et la placer en position latérale de sécurité si elle est inconsciente. Un examen médical est nécessaire car des signes importants d'irritation respiratoire peuvent apparaître.

• En cas d'ingestion d'une faible quantité, ne pas tenter de provoquer des vomissements, faire absorber du charbon médical activé et consulter un médecin. Si la quan-

tité est importante, faire transférer immédiatement en milieu hospitalier, par ambulance médicalisée si nécessaire, pour effectuer une aspiration gastrique et un traitement symptomatique.

## Bibliographie

1. KIRK-OTHEMER - Encyclopedia of chemical technology, 3<sup>e</sup> éd., vol. 21. New York, John Wiley and sons, 1983, pp. 770-801.
2. Occupational health guideline for styrene. Cincinnati, NIOSH/OSHA, 1978.
3. Chemical safety data sheet SD 37. Styrene monomer. Washington, Manufacturing chemists' association, 1971.
4. Styrene monomer. Data sheet 627. Revision A. Chicago, National safety council, 1971.
5. CRANDALL M.S. - Extent of exposure to styrene in the reinforced plastic boat making industry. Cincinnati, NIOSH, 1982.
6. Norme française X 43-252. Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Échantillonnage et analyse des polluants gazeux sur charbon actif. Prélèvement par pompage. Paris, AFNOR, 1987.
7. NIOSH manual of analytical methods, 3<sup>e</sup> éd., vol. 2. Cincinnati, DHEW (NIOSH), 1984, méthode 1501.
8. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Lyon, Centre international de recherche sur le cancer, 1979, 19, pp. 231-274 et 1982, suppl. 4, pp. 229-232.
9. CLAYTON G.D., CLAYTON F.E. - Patty's industrial hygiene and toxicology, vol. 2B. New York, John Wiley, 1981, pp. 3312-3319.
10. NORPPA H., VAINO H., SORSA M. - Chromosome aberrations in lymphocytes of workers exposed to styrene. *Am. J. Ind. Med.*, 1981, 2, pp. 299-304.
11. Proceedings of the international symposium on styrene. Occupational and toxicologic aspects. Helsinki, 17-19 avril 1978. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1978, 4, suppl. 2, p. 264.
12. MEYER-BISCH C., PROTOIS J.C. - Risques toxicologiques liés à l'exposition industrielle au styrène. *Cahiers de notes documentaires*, 1986, 125, ND 1605, pp. 495-496.
13. BASELT R.C. - Biological monitoring methods for industrial chemicals. Davis, Biomedical publications, 1980, pp. 238-240.
14. Cuves et réservoirs. Recommandation CNAM R 276. INRS. ■



CDU Toluène

FICHE TOXICOLOGIQUE N° 74

Édition 1991

# Toluène

Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS

 $C_6H_5 - CH_3$ 

Numéro CAS  
N° 108-88-3

Numéro CEE  
N° 601-021-00-3

Synonyme  
Méthylbenzène

## CARACTERISTIQUES

### Utilisation [1 à 5]

- Solvant pour peintures, vernis, colles, encres d'imprimerie, etc.
- Matière première en synthèse organique, notamment pour la fabrication du benzène, de l'acide benzoïque, du chlorure de benzyle, du diisocyanate de toluylène, etc.
- Solvant dans l'industrie pharmaceutique.

Par ailleurs, le toluène est un constituant de certains carburants (qui peuvent en contenir jusqu'à 10 à 15 % en volume) et solvants pétroliers (notamment des white-spirits, des essences spéciales E et F...).

### Propriétés physiques [1 à 9]

Le toluène est un liquide incolore, mobile, d'odeur aromatique agréable perceptible à des concentrations de l'ordre de 2,9 ppm. Il est peu soluble dans l'eau (0,05 % en poids à 16 °C), mais il est miscible à la plupart des solvants organiques et aux huiles minérales, végétales ou animales. En outre, c'est un excellent solvant des graisses, cires, résines...

Le toluène technique contient des traces de benzène, la concentration de ce dernier étant cependant inférieure à 0,01 %.

Ses principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

Masse molaire : 92,14

Point de fusion : - 9,5 °C

Point d'ébullition : 110,6 °C à la pression atmosphérique

Densité ( $D_4^{20}$ ) : 0,867

Densité de vapeur (air = 1) : 3,14

Tensions de vapeur :

0,91 kPa à 0 °C  
74,19 kPa à 100 °C  
1053 kPa à 200 °C  
3273 kPa à 300 °C

Point d'éclair : 4,4 °C en coupelle fermée

Limites d'explosivité en volume % dans l'air :

limite inférieure : 1,2  
limite supérieure : 7,1

Température d'auto-inflammation : 552 °C

Indice d'évaporation (oxyde de diéthyle = 1) : 6,1

### Propriétés chimiques [1 à 10]

Dans les conditions normales d'emploi, le toluène est un produit stable.

Il réagit avec de nombreux composés et constitue d'ailleurs une matière première importante en synthèse organique.

La nitration du toluène en présence d'acide sulfurique, si les conditions de réactions ne sont pas contrôlées, peut être très violente. Ceci est dû en partie à la formation de nitrocrésols qui se décomposent violemment lorsque la nitration se poursuit.


Le toluène peut réagir vivement avec les agents fortement oxydants.

Les métaux usuels sont insensibles à l'action du solvant. En revanche, certains caoutchoucs et matières plastiques (caoutchoucs naturel, butyle, nitrile, polychloroprène, polyéthylène...) ne sont pas appropriés au contact du toluène.

### Récipients de stockage

Le stockage du toluène peut s'effectuer dans des récipients en acier ou en aluminium.

Le verre est également utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les bonbonnes seront protégées par une enveloppe métallique plus résistante, convenablement ajustée.

	
F - Facilement inflammable	Xn - Nocif
<b>TOLUÈNE</b>	
<p>R11 - Très inflammable R20 - Nocif par inhalation S16 - Conserver à l'écart de toute source d'ignition. Ne pas fumer. S26 - Éviter le contact avec les yeux. S29 - Ne pas verser les résidus à l'égout. S33 - Éviter l'accumulation de charges électrostatiques.</p>	

**Méthodes de détection et de détermination dans l'air**

– Appareils à réponse instantanée : appareil Draeger équipé des tubes réactifs toluène 5/a ou 25/a ; pompe Gastec équipée du tube réactif toluène 122.

– Prélèvement sur charbon actif ; désorption au sulfure de carbone ; dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [11, 12].

**RISQUES****Risques d'incendie**

Le toluène est un liquide très inflammable (point d'éclair = 4,4 °C en coupelle fermée) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

Les agents d'extinction préconisés sont les suivants : dioxyde de carbone, poudres chimiques, mousses. En général, l'eau n'est pas recommandée car elle peut favoriser la propagation de l'incendie. On pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée pour éteindre un feu peu important ou pour refroidir les récipients exposés au feu.

**Pathologie - Toxicologie**

Le toluène est l'homologue supérieur du benzène, dont les propriétés physico-chimiques sont les plus proches. Cependant, le métabolisme et la toxicité des deux substances ne sont pas comparables sur de nombreux points.

**Toxicité expérimentale****Aiguë** [5, 6, 14 à 18]

La DL 50 par voie orale chez le rat varie de 2 500 à 7 500 mg/kg.

La CL 50 par inhalation chez le rat est de 8 000 ppm pour une exposition de 4 heures, la concentration létale la plus basse étant de 4 000 ppm. Chez la souris, la CL 50 est de 5 000 à 8 000 ppm pour une exposition de 8 heures. Le système nerveux central est l'organe cible essentiel : une dépression fait suite à l'excitation initiale.

Par voie cutanée, le toluène n'exerce qu'une faible toxicité systémique ; la DL 50 par cette voie est de 12 000 mg/kg chez le lapin.

L'irritation cutanée est légère à modérée chez le lapin, l'irritation oculaire est d'importance variable (conjonctivite, troubles cornéens). Il n'existe pas d'élément permettant d'évoquer un pouvoir sensibilisant cutané du toluène.

**Subaiguë et chronique** [5, 6, 7, 15 à 21]

L'innocuité hématologique du toluène pur, dépourvu d'impuretés de benzène, est manifeste d'après les nombreuses études menées sur différentes espèces animales à des concentrations et pour des durées d'exposition variées. Seules quelques mo-

difications histochimiques et cytochimiques leucocytaires ont été observées.

La toxicité neurologique centrale se traduit notamment par une augmentation du temps d'apprentissage et des troubles du comportement, à des concentrations variables selon les espèces (plusieurs centaines de ppm), après une exposition de plusieurs semaines. Aucune neuropathie périphérique n'a été observée, mais des effets électrophysiologiques infracliniques et réversibles ont été notés.

Sur le plan hépatique, une élévation réversible des transaminases et des modifications histologiques mineures ont été observées dans une étude chez le rat exposé à 1 000 ppm, 8 heures par jour pendant 7 jours. D'autres travaux effectués également chez le rat à des doses élevées administrées par voie orale ou par inhalation ont montré la survenue de perturbations de l'activité enzymatique hépatique. Dans une de ces expérimentations, il est noté une augmentation des concentrations en cytochromes P450 et b5.

La toxicité rénale du toluène n'est pas démontrée ; seules quelques anomalies histologiques mineures ont été constatées dans une expérimentation chez le rat, ainsi qu'une glomérulopathie congestive avec albuminurie chez deux chiens exposés à des concentrations très élevées (7 500 mg/m<sup>3</sup> puis 10 000 mg/m<sup>3</sup>, 8 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 6 semaines) et présentant par ailleurs des atteintes multiples des différents organes.

Le toluène sensibilise le cœur à l'effet des catécholamines lors de l'anoxie ; chez le rat, l'injection sous-cutanée de 870 mg/kg, 2 fois par jour pendant 6 semaines, entraîne des troubles de repolarisation et des extrasystoles ventriculaires.

Au total, le toluène exerce généralement peu d'effets toxiques expérimentaux en dehors d'effets sur le système neurologique central chez les rats, les cochons d'Inde et les chiens. On peut signaler enfin une importante étude sur des lots de rats exposés à des concentrations variables, de 0 à 300 ppm, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 24 mois, où aucune anomalie clinique ou histologique n'a été constatée.

**Génotoxicité** [6, 17 à 20]

Chez les procaryotes, le toluène, testé avec ou sans activation métabolique, n'entraîne pas de mutation ponctuelle, d'aberrations chromosomiques, d'échanges chromatidiens ou d'altération de l'ADN.

Chez les eucaryotes, les résultats des tests effectués sur des cellules traitées in vitro ou sur des cellules prélevées après traitement in vivo sont discordants. Ils sont généralement négatifs. Quelques études ont révélé des résultats positifs (aberrations chromosomiques), mais la responsabilité du toluène ne peut pas être affirmée en raison de l'incertitude sur la pureté du produit testé.

**Cancérogénèse** [6, 17 à 20]

Une étude par voie orale chez le rat (500 mg/kg, 4 à 5 jours par semaine pendant 104 semaines) a montré une augmentation de fréquence des tumeurs malignes tous types confondus chez les

animaux traités par rapport aux témoins. Cependant, les résultats de cette étude sont difficiles à interpréter.

L'exposition de rats à des concentrations de 0, 30, 100 ou 300 ppm, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 24 mois n'a pas montré d'augmentation de l'incidence des cancers chez les animaux traités. Il en est de même pour deux autres études par inhalation menées chez le rat (exposition à 0, 600 ou 1 200 ppm, 6,5 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines) et chez la souris (exposition à 0, 120, 600 ou 1 200 ppm, 6,5 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines).

Des études par applications répétées sur la peau de souris n'ont pas révélé non plus d'augmentation de l'incidence des tumeurs cutanées. Le toluène n'est pas promoteur du développement des tumeurs initiées par des cancérogènes tels que le diméthylbenzanthracène.

**Effets sur la reproduction** [6, 17, 22]

Il n'existe apparemment pas de données disponibles sur les effets gonadiques et endocriniens de la reproduction, ni sur les effets sur la fertilité.

Le passage transplacentaire est vraisemblablement aisé en raison du faible poids moléculaire du toluène et de ses propriétés lipophiles.

Le toluène n'est pas tératogène chez le rat, la souris et le lapin (sauf pour une race de souris dans une étude), mais il est embryolétal et fœtotoxique ; on observe une diminution du poids de naissance, des retards d'ossification et des anomalies squelettiques mineures, même à des doses non toxiques pour les mères (par exemple pour une exposition à 133 ppm par 24 heures du 6<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> jour de la gestation chez la souris).

**Toxicocinétique - Métabolisme** [6, 7, 15 à 31]**Absorption**

L'absorption pulmonaire du toluène est de 75 à 80 % du produit inhalé pendant la première demi-heure d'exposition, puis, lorsque l'équilibre est atteint après 2 à 3 heures, elle est de 40 à 50 %. L'absorption gastro-intestinale est totale mais moins rapide que par voie pulmonaire. Le toluène liquide pur est absorbé à raison de 14 à 23 mg/cm<sup>2</sup>/h, le toluène dilué l'est en quantité proportionnelle à la concentration. L'absorption cutanée des vapeurs est négligeable.

**Distribution, rétention**

Le toluène se distribue préférentiellement dans les tissus riches en graisse (la concentration est 80 fois supérieure à celle dans le sang). Il s'accumule donc dans le tissu nerveux. Sa rétention est d'autant plus importante que la quantité de tissu adipeux est élevée ; les effets neurologiques centraux sont alors plus prolongés.

**Métabolisme**

Le toluène est oxydé dans le foie. La majeure partie est transformée, par oxyda-

tion du groupe méthyle, en acide benzoïque qui est conjugué soit à la glycine pour former l'acide hippurique, soit à l'acide glucuronique. A la différence du benzène, seule une faible quantité (inférieure à 1 %) est oxydée sur le cycle benzénique, donnant naissance à des phénols : *o*- et *p*-crésols.

#### Elimination, indicateurs biologiques

La voie d'élimination principale est rénale. 60 à 70 % du toluène absorbé sont éliminés sous forme d'acide hippurique ; ce composé apparaît dans les urines 30 minutes après le début de l'exposition, et l'équilibre de l'excrétion s'établit après 4 heures pour une concentration atmosphérique de 100 ppm ; l'acide hippurique est normalement entièrement éliminé 24 heures après la fin d'une exposition unique, mais les expositions quotidiennes de 8 heures peuvent aboutir à une accumulation et à une excrétion plus importante en fin de semaine. 15 % du toluène absorbé sont excrétés sous forme de benzoylglucuronide. Les dérivés phénolés sont éliminés après glucuro- ou sulfo-conjugaison. Quant au toluène libre urinaire, il représente 0,06 % du toluène absorbé.

Il existe une bonne corrélation entre l'exposition au toluène et la quantité d'acide hippurique excrétée dans les urines. Une exposition à 100 ppm pendant 8 heures correspond en moyenne à une concentration de 1,58 mmol/mmol de créatinine (ou 2,5 g/g de créatinine) ; cette valeur augmente en cas d'activité physique ; ainsi, elle s'élève de 50 % lors d'une charge de travail de 100 watts exercée pendant 2,5 heures durant une journée de travail de 7 heures. L'acide hippurique urinaire a une demi-vie plus courte chez la femme (75 minutes) que chez l'homme (110 minutes) mais l'excrétion totale sur 24 heures n'est pas différente.

La concentration urinaire en acide hippurique est également bien corrélée aux concentrations urinaires en *o*-crésol et veineuse en toluène. Cependant, cet indicateur présente plusieurs inconvénients : c'est un métabolite commun à d'autres produits industriels (styrène, éthylbenzène, acide benzoïque) et il est trouvé chez des sujets non exposés au toluène à des valeurs recouvrant celles observées chez les travailleurs exposés à de faibles concentrations en toluène. Il existe de plus des variations inter- et intra-individuelles.

La concentration urinaire en *o*-crésol est également corrélée à l'exposition au toluène. Cependant, comme l'acide hippurique, l'*o*-crésol ne permet pas de distinguer, sur le plan individuel, les sujets exposés de ceux non exposés : les variations interindividuelles de l'excrétion sont importantes.

La deuxième voie d'élimination est pulmonaire : 15 à 20 % du toluène absorbé sont exhalés. L'élimination par voie pulmonaire est plus faible chez la femme que chez l'homme. Une activité physique, même modérée (50 watts) double la concentration en toluène dans l'air alvéolaire et dans le sang par rapport au repos.

Le toluène sanguin est spécifique de l'exposition au toluène : il ne provient pas de l'alimentation et n'est pas un produit de métabolisme. La concentration en toluène

veineux prélevé en fin de poste est corrélée à l'exposition moyenne pendant la journée : 27 ppm correspondent à une moyenne de 10 à 30  $\mu\text{mol/l}$  selon les études, mais il existe des variations interindividuelles (8 à 55  $\mu\text{mol/l}$  pour 27 ppm). Le taux de toluène veineux prélevé en fin de semaine avant la prise de poste est corrélé à l'exposition moyenne de toute la semaine. En raison de la lenteur d'élimination, le toluène veineux est parfois détectable 2 semaines après l'arrêt de l'exposition.

La concentration alvéolaire en toluène présente l'avantage d'être directement en rapport avec la concentration artérielle et, donc, de refléter la quantité de toluène qui arrive aux organes cibles au premier rang desquels le cerveau. Cependant, son mesurage présente actuellement deux limites importantes : son coût et la difficulté de recueillir correctement l'air alvéolaire.

#### Interférences métaboliques

Certains médicaments ou autres produits industriels peuvent interférer avec le métabolisme du toluène :

- les inducteurs enzymatiques tels que le phénobarbital diminuent la concentration sanguine de toluène et augmentent la quantité d'acide hippurique urinaire ;
- il existe une inhibition compétitive des métabolismes du toluène et du styrène (qui est aussi éliminé sous forme d'acide hippurique urinaire) et du toluène et du benzène, le toluène inhibant plus le métabolisme du benzène que l'inverse (l'*o*-crésol est alors moins abaissé que l'acide hippurique urinaire) ;
- le trichloroéthylène et le toluène inhibent mutuellement leur métabolisme de façon non compétitive ;
- l'acétone diminue la biotransformation du toluène ;
- les autres solvants, notamment le *n*-hexane, les xylènes, l'acétate d'éthyle, ne sont pas métabolisés par le même système et n'affectent donc pas la biotransformation du toluène ; par contre, le toluène diminue le métabolisme du *n*-hexane et donc sa toxicité neurologique périphérique ;
- l'éthanol, qui entraîne une induction enzymatique, a un effet complexe : ingéré au cours de l'exposition au toluène (ou peu de temps avant), il en diminue le métabolisme, augmente la fraction dans l'air expiré ainsi que la durée de rétention du toluène dans l'organisme ; par contre, une imprégnation chronique sans absorption au cours de l'exposition semble stimuler la biotransformation.

#### Toxicité sur l'homme

##### Aiguë [5 à 7, 15 à 18, 20, 23, 24]

La toxicité aiguë du toluène est commune à celle des hydrocarbures pétroliers liquides distillant en dessous de 300 °C.

L'ingestion de toluène entraîne :

- des troubles digestifs : douleurs abdominales, nausées puis vomissements suivis de diarrhées,
- une dépression du système nerveux central : syndrome ébrieux puis troubles de conscience,

- une pneumopathie d'inhalation dont les premiers signes sont radiologiques : dans les 8 heures suivant l'ingestion, apparaissent des opacités floconneuses avec bronchogramme aérien, le plus souvent localisées aux lobes moyen et inférieur droits ; les signes cliniques sont plus tardifs : toux, dyspnée, fièvre régressant en 2 ou 3 jours en l'absence de surinfection.

Les connaissances relatives à l'intoxication par voie pulmonaire résultent des observations rapportées après des intoxications aiguës et des études menées chez des volontaires.

Les effets essentiels du toluène s'exercent sur le système neurologique central. En principe, ils sont réversibles. Une exposition accidentelle à plus de 10 000 ppm pendant quelques minutes est responsable initialement d'euphorie et d'hallucinations puis de troubles de conscience parfois suivis de convulsions et de coma.

Chez des sujets volontaires jeunes, l'inhalation pendant une période de 8 heures entraîne à 100 ppm, des troubles modérés à type de fatigue, parfois accompagnée de céphalées et de vertiges.

Il s'y ajoute : à 200 ppm, une faiblesse musculaire, des paresthésies et quelques altérations des fonctions cognitives ; à 300 ppm, une insomnie dans la nuit qui succède à l'exposition ; à 400 ppm, une confusion mentale et des troubles de coordination.

A 500 ppm, apparaissent des nausées ; à 600 ppm, on observe une sensation de vertiges, une démarche chancelante.

D'après certains auteurs, une exposition à 40 ppm pendant 5 à 6 heures n'entraînerait aucun signe d'intoxication.

L'altération des fonctions psychomotrices dépend de la concentration et de la durée d'exposition. Lors d'une exposition à 100 ppm pendant 20 minutes, le temps de réaction simple n'est pas modifié ; il est augmenté pour une exposition à 300 ppm pendant la même durée et s'élève davantage lors d'une exposition pendant 3 à 7 heures à des concentrations supérieures ou égales à 200 ppm. Ces chiffres résultent d'études sur des groupes d'individus jeunes et en bonne santé ; cependant, les premiers effets apparaissent parfois dès 50 ppm chez certains sujets. Les signes se majorent en cas d'exercice physique et les seuils habituels d'apparition des symptômes pourraient être abaissés chez les travailleurs habituellement exposés aux solvants organiques (la sensibilité à l'intoxication aiguë au toluène n'est pas moindre en cas d'exposition chronique). Les conséquences de ces expositions aiguës au toluène sur l'activité électroencéphalographique sont diversement appréciées selon les études ; quand des altérations existent, elles sont toujours mineures.

Une irritation oculaire et des voies aériennes supérieures apparaît pour des expositions à des concentrations de 100 à 400 ppm pendant 6 à 7 heures, accompagnée d'une hypersécrétion lacrymale.

Des modifications cardiovasculaires ont été rapportées après exposition à 200 ppm pendant 7 heures : diminution de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle diastolique.

La toxicité hépatorenale décrite chez les toxicomanes « sniffeurs » est probablement liée à la présence d'autres solvants.

Le toluène est un solvant des lipides cutanés et les projections peuvent entraîner des dermatoses d'irritation ; aucune manifestation d'origine immuno-allergique n'a été signalée.

La projection oculaire de toluène liquide est responsable d'irritation conjonctivale, voire d'atteinte cornéenne, réversibles en 48 heures.

**Chronique** [5 à 7, 15 à 21, 23, 24, 32 à 35]

La voie respiratoire est la voie usuelle d'intoxication professionnelle. De façon générale, la toxicité à terme est modérée. La morbidité chez les personnes exposées pendant 10 à 20 ans à des concentrations de l'ordre de 20 à 200 ppm n'est pas corrélée à l'exposition. Le toluène n'entraîne en général pas d'effet spécifique qui le distingue des autres solvants.

Le syndrome psycho-organique, à un stade réversible ou irréversible, est l'effet toxique chronique majeur du toluène. Il associe des troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles sans troubles objectifs ni altération de l'électroencéphalogramme [6, 35]. Il a été décrit lors de l'exposition au toluène associé à d'autres solvants ; il l'a été également chez des typographes et des imprimeurs essentiellement exposés au toluène (300 à 450 ppm) pendant de nombreuses années : la fréquence serait alors de 20 à 40 %. Cependant, ces troubles ont été aussi rapportés pour des expositions plus faibles (100 à 200 ppm). Leur incidence augmente avec le niveau d'exposition mais il n'existe pas d'évaluation statistique permettant d'établir une relation dose-réponse ; de même, la concentration sans effet n'a pas été déterminée.

Il n'existe pas d'étude épidémiologique établissant une neurotoxicité périphérique du toluène employé seul. Les polyneuropathies décrites semblent être en rapport avec l'utilisation concomitante de n-hexane.

Les dépressions médullaires et leucémies rapportées lors d'expositions au toluène avant 1970 étaient dues en réalité à la présence de benzène à titre d'impureté. Depuis, de nombreuses études ont démontré que le toluène n'était pas responsable de ces effets. Les seules anomalies hématologiques observées ont été des modifications morphologiques leucocytaires de signification inconnue et des variations des concentrations d'enzymes leucocytaires et lymphocytaires pour des expositions professionnelles supérieures à 50 ppm.

Des hépatites et des insuffisances rénales ont été imputées au toluène chez des toxicomanes « sniffeurs », mais il semblerait qu'elles soient dues à une intoxication concomitante par d'autres solvants.

La fréquence accrue d'hépatomégalies, constatée dans une étude chez des travailleurs exposés au toluène, n'a pas été confirmée par les travaux ultérieurs. Par ailleurs, certains auteurs rapportent une augmentation de fréquence des élévations des transaminases et des  $\gamma$ -GT parmi des

groupes de sujets travaillant dans l'industrie du caoutchouc et dans l'imprimerie ; cependant, la responsabilité unique du toluène est discutable en raison de l'exposition concomitante à divers produits chimiques. Par contre, d'autres études récentes portant sur la surveillance de groupes de salariés exposés au toluène seul (parfois comparés à des sujets non exposés) n'ont pas montré d'élévation anormale des transaminases et des  $\gamma$ -GT, même lorsqu'il existait des troubles cliniques attribuables à l'exposition au toluène. Une autre étude prenant en compte les autres facteurs de risque hépatique ne montre pas d'action hépatotoxique du toluène ni d'augmentation de l'hépatotoxicité de l'éthanol [17, 33].

Les glomérulopathies aux solvants n'ont pas été attribuées spécifiquement au toluène et des études effectuées chez des sujets exposés habituellement à des concentrations atmosphériques en toluène allant jusqu'à 200 ppm n'ont pas mis en évidence d'atteinte rénale clinique ou infraclinique imputable au solvant [6, 17, 34].

Le toluène est responsable de dermatoses d'irritation par action dégraissante et desséchante sur la peau en contact. Il n'entraîne pas de sensibilisation immuno-allergique.

**Génotoxicité** [6, 17]

Plusieurs études ne montrent pas de différence significative de la fréquence des échanges chromatidiens ou des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants entre les travailleurs exposés et des sujets non exposés. Seules, deux études révèlent une augmentation de la fréquence des échanges de chromatides sœurs et des cassures chromosomiques chez des sujets exposés au toluène depuis plusieurs années à des concentrations de l'ordre de 200 à 300 ppm, mais il semblerait que les effets synergiques du tabagisme soient à prendre en considération dans l'interprétation des résultats.

**Cancérogénèse** [6, 16, 17, 19 à 22]

Quatre études épidémiologiques de type cas-témoin, montrant une augmentation de fréquence de divers types de cancers de localisations variées, font mention d'une exposition régulière au toluène chez les sujets atteints de ces affections. Cependant, ces résultats sont difficiles à interpréter en raison de l'exposition concomitante à d'autres produits chimiques et de l'absence d'informations sur la qualité du toluène.

**Effets sur la reproduction** [6, 17, 18, 20, 22]

Plusieurs études mentionnent une fréquence accrue de troubles menstruels : polyhyperménorrhées, dysménorrhées chez des femmes exposées à une atmosphère contenant moins de 100 ppm ; mais le rôle du toluène est incertain en raison de problèmes méthodologiques et d'exposition simultanée à d'autres solvants. Il n'existe pas d'étude sur les effets endocriniens et gonadiques du toluène chez l'homme.

Des observations isolées de malformations du système nerveux central et de fentes palatines chez des nouveau-nés ont été imputées au toluène. Deux études épi-

démiologiques n'ont pas mis en évidence d'augmentation significative du risque pour la fertilité, le déroulement de la grossesse, la morbidité et la mortalité périnatale, ni d'effets sur le poids de naissance moyen des enfants nés de mères exposées au toluène. Dans une étude cas-témoin, le risque relatif d'avortement spontané chez des femmes exposées au toluène pendant le premier trimestre de la grossesse est augmenté, mais il faut souligner une exposition concomitante à de nombreux autres solvants et substances.

**Valeurs limites d'exposition**

En France, le ministère du Travail a fixé pour le toluène la valeur limite d'exposition (VLE) et la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) indicatives qui peuvent être admises dans l'air des locaux de travail. Ces valeurs correspondent à des concentrations respectives de 150 ppm, soit 550 mg/m<sup>3</sup> et de 100 ppm, soit 375 mg/m<sup>3</sup>.

## REGLEMENTATION

### Hygiène et sécurité du travail

#### 1° Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au J.O.).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (J.O. du 22 octobre 1987) relatifs aux contrôles des installations.

#### 2° Prévention des incendies

- Articles R. 233-14 à R. 233-41 du Code du travail.
- Décret du 14 novembre 1988 (J.O. du 24 novembre 1988), section V, articles 43 et 44 (installations électriques) et arrêtés d'application.
- Décret du 17 juillet 1978 modifié et arrêtés d'application relatifs au matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives.

#### 3° Valeurs limites d'exposition

- Circulaire du ministère du Travail du 21 mars 1983 (non parue au J.O.).

#### 4° Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la Sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableaux nos 4 bis et 84.
- Article 1170 du Code rural : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse de mutualité sociale agricole et à l'inspection du travail ; tableaux nos 19 bis et 48.

#### 5° Maladies de caractère professionnel

- Article L. 461-6 du Code de la Sécurité sociale et décret du 3 août 1963 (J.O. du 23 août 1963) : déclaration médicale de ces affections.

**6° Surveillance médicale spéciale**

– Arrêté du 11 juillet 1977 (J.O. du 24 juillet 1977) fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale (travaux comportant l'emploi, la manipulation ou l'exposition au toluène) et circulaire du ministère du Travail du 29 avril 1980 (non parue au J.O.).

– Circulaire du ministère du Travail du 2 mai 1985 (non parue au J.O.) relative aux missions du médecin du travail à l'égard des salariées en état de grossesse.

– Arrêté du 11 mai 1982 (J.O. du 13 mai 1982) fixant la liste des travaux, effectués dans les entreprises agricoles, nécessitant une surveillance médicale spéciale (travaux comportant l'emploi, la manipulation ou l'exposition au toluène).

**7° Etiquetage**

a) du toluène pur :

• arrêté du 10 octobre 1983 modifié (J.O. du 21 janvier 1984) et circulaire du 29 janvier 1986 (non parue au J.O.). Cet arrêté prévoit une étiquette comportant notamment :

– les symboles *Nocif* et *Facilement inflammable* ;

– l'énumération des risques particuliers et des conseils de prudence ;

b) des préparations contenant du toluène :

• arrêté du 21 février 1990 (J.O. du 24 mars 1990) ;

• arrêté du 11 octobre 1983 modifié (J.O. du 21 janvier 1984), applicable aux préparations à usage de solvants jusqu'au 7 juin 1992 ;

• arrêté du 12 octobre 1983 modifié (J.O. du 21 janvier 1984), applicable aux préparations destinées à être utilisées sous forme de peintures, vernis, encres d'imprimerie, colles et produits connexes jusqu'au 7 juin 1992 ;

• circulaire du ministère du Travail du 29 janvier 1986 (non parue au J.O.).

**Protection du voisinage**

• Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochures n° 1001 :

– n° 235, fabrication du toluène ;

– n° 253 B, dépôts de toluène ;

– n° 261, installations de mélange, de traitement ou d'emploi du toluène ;

– arrêté du 31 mars 1980 portant réglementation des installations électriques des établissements susceptibles de présenter des risques d'explosion ;

– arrêté du 4 septembre 1986 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage et circulaire du 4 septembre 1986.

• Règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides. Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1469.

**Protection de la population**

• Décret du 29 décembre 1988 relatif aux substances et préparations vénéneuses (articles R. 5149 à R. 5167 du Code de la Santé publique), décret du 29 décembre 1988 relatif à certaines substances et préparations dangereuses (J.O. du 31 décembre 1988) et circulaire du 2 septembre 1990 (J.O. du 13 octobre 1990) :

– détention dans des conditions déterminées ;

– étiquetage (cf. 7°).

• Décret du 28 août 1987 (J.O. du 6 septembre 1987) relatif aux dissolutions de caoutchouc et aux colles à boyaux.

**Transport**

Pour le transport de ce produit, se reporter éventuellement aux règlements suivants :

**1° Transport intérieur**

– Règlement pour le transport par *chemin de fer*, par *voies de terre* et par *voies de navigation intérieure* des matières dangereuses. Arrêté du 15 avril 1945 modifié.

• Classe : 3                      • Code danger : 33  
• Groupe : 30201              • Code matière : 1294  
• Etiquette : n° 3

– Règlement pour le transport et la manipulation dans les *ports maritimes* des matières dangereuses. Arrêté du 27 juin 1951 modifié.

– Transport par *air* des matières dangereuses. Arrêté du 14 janvier 1983.

– Règlement pour le transport par *mer* des marchandises dangereuses. Il s'inspire très largement du Code OMC.

**2° Transport international par voie ferrée**

– Prescription de la Convention de Berne (RID).

**3° Transport international par route**

– Prescriptions des annexes A et B de l'ADR (ONU).

**RECOMMANDATIONS**

En raison de la nocivité et de l'inflammabilité du toluène, des mesures de prévention et de protection sévères s'imposent lors du stockage et de la manipulation de cette substance.

**I. Au point de vue technique****Stockage**

• Stocker le toluène à l'air libre ou dans des locaux spéciaux, frais, munis d'une ventilation, à l'abri de toute source d'ignition ou de chaleur (rayons solaires, flammes, étincelles...) et à l'écart des produits oxydants. Le sol des locaux sera incombustible, imperméable et formera

cuvette de rétention afin qu'en cas de déversement accidentel, le liquide ne puisse se répandre au dehors.

• Le matériel électrique, y compris l'éclairage, sera conforme à la réglementation en vigueur [36].

• Il sera interdit de fumer.

• Toutes dispositions seront prises pour éviter une accumulation d'électricité statique.

• Les récipients seront soigneusement fermés et correctement étiquetés. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

**Manipulation**

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

• Instruire le personnel des risques présentés par le toluène, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident. Les procédures spéciales en cas d'urgence feront l'objet d'exercices d'entraînement.

• Entreposer dans les locaux de travail des quantités relativement faibles de produit et, de toute manière, ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.

• Eviter l'inhalation de vapeurs. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée à caractère exceptionnel ou pour des interventions d'urgence.

• Contrôler fréquemment et régulièrement la teneur de l'atmosphère en toluène.

• Eviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants (par exemple en polyalcool vinylique) [37], des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après usage.

• Interdire l'emploi d'air ou d'oxygène comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du liquide.

• Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du toluène sans prendre les précautions d'usage [38].

• Ne pas rejeter de toluène à l'égout.

• En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer le produit en l'épongeant avec un matériau absorbant non combustible, puis laver à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection.

• Conserver les déchets imprégnés de solvant dans des récipients clos, spécialement prévus à cet effet. Le toluène peut être régénéré ou détruit par incinération.



Dans tous les cas, traiter les déchets dans les conditions autorisées par la réglementation (traitement dans l'entreprise ou dans un centre spécialisé).

#### II. Au point de vue médical

• **A l'embauchage et aux examens périodiques**, l'examen clinique comportera, entre autres, un examen soigneux de la peau et une recherche de signes évoquant un syndrome psycho-organique débutant.

• Sauf si le médecin du travail l'estime nécessaire, il n'apparaît pas impératif, en cas d'exposition modérée et dans l'état actuel des connaissances, de pratiquer des examens complémentaires visant à explorer les fonctions hépatique et rénale. Il est inutile d'effectuer une surveillance de la numération-formule sanguine chez les sujets exposés au toluène.

• Le monitoring biologique, visant à évaluer l'importance de l'exposition, peut être utile dans certains cas. L'indicateur le plus usuel est le dosage de l'acide hippurique urinaire effectué sur des urines prélevées en fin de poste de travail ou collectées pendant les 4 dernières heures du poste [13, 39, 40]. L'intérêt de cet indice biologique d'exposition en tant que traceur individuel est cependant discuté (difficultés d'interprétation parfois rencontrées, relations mal déterminées entre les valeurs obtenues et les effets toxiques, notamment neurologiques centraux). Le dosage du toluène dans le sang veineux en fin de poste de travail est aussi proposé ; il serait actuellement l'examen le plus adapté mais sa réalisation pratique est plus difficile.

• On avertira les femmes enceintes ou désirant procréer du risque éventuel, bien que mal connu, pour la grossesse lors d'expositions importantes au solvant.

• Lors d'accidents aigus, **demandez dans tous les cas l'avis d'un médecin** ou du centre antipoison régional ou de services de secours médicalisés d'urgence.

• En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant quinze minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une consultation médicale s'imposera.

• En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau, les paupières bien écartées, pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.

• En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.

• En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements et ne pas faire ingérer de lait ou de matières grasses ; on pourra faire absorber du charbon médical activé si le sujet est parfaitement conscient.

• Dans les deux derniers cas, si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer les manœuvres de respiration assistée ; même si l'état initial est

satisfaisant, transférer, si nécessaire par ambulance médicalisée, en milieu hospitalier, où pourra être effectuée une radiographie du thorax. Une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardiovasculaires, pulmonaires et hépato-rénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs peuvent s'avérer nécessaires.

#### Bibliographie

1. Toluène - Fiche de données de sécurité. Paris, Atochem, 1987.
2. Toluène - Fiche de données de sécurité. Paris, Exxon Chemical, 1989.
3. KIRK-OTHMER - Encyclopedia of chemical technology, vol. 23. New York, John Wiley and sons, 1983, pp. 246-273.
4. Toxic and hazardous industrial chemicals safety manual for handling and disposal with toxicity and hazard data. Tokyo, ITII, 1985, pp. 525-526.
5. SANDMEYER E.E. - Aromatic hydrocarbons. In : CLAYTON G.D., CLAYTON F.E. - Patty's industrial hygiene and toxicology, 3<sup>e</sup> ed., vol. II B. New York, John Wiley and sons, 1981, pp. 3283-3291.
6. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Lyon, International agency for research on cancer, 1989, vol. 47, pp. 79-123.
7. SNYDER R. - Ethel Browning's toxicity and metabolism of industrial solvents, 2<sup>e</sup> ed. Amsterdam, Elsevier, 1987, pp. 38-63.
8. MARSDEN C. - Solvents guide. Londres, Cleaver-Hume Press Ltd, 1963, pp. 523-529.
9. ROUSSELIN X., FALCY M. - Le nez, les produits chimiques et la sécurité. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1986, 124, pp. 331-344, ND 1590.
10. LELEU J. - Réactions chimiques dangereuses. Paris, INRS, 1987, ED 687, p. 361.
11. Norme NF X 43-251 - Qualité de l'air - Atmosphères des lieux de travail. Détermination de la concentration des hydrocarbures aromatiques monocycliques en phase vapeur. Paris - La Défense, AFNOR, juil. 1986, 14 p.
12. NIOSH manual of analytical methods, 3<sup>e</sup> ed., vol. 2. Cincinnati, DHHS, 1984, méthode 1501.
13. NIOSH manual of analytical methods, 3<sup>e</sup> ed., vol. 1. Cincinnati, DHHS, 1984, méthodes 8300 et 8301.
14. SAX N.I., LEWIS R.J. - Dangerous properties of industrial materials, 7<sup>e</sup> ed., vol. III. New York, Van Nostrand Reinhold, 1989, p. 3287.
15. BERROD J., AUBRUN J.C. - Hydrocarbures aromatiques. Encyclopédie Médico-chirurgicale, Intoxications, maladies par agents physiques, 16046 A10, 9-1985, 12 p.
16. Exposition à certains solvants organiques limités recommandées d'exposition professionnelle à visée sanitaire. Genève, Organisation Mondiale de la Santé, 1981, Rapport technique 864.
17. BELL G.M., BATTERSHILL J.M., SHILLAKER R.O. - Toluene. Toxicity review 20. Londres, Health & Safety Executive, HMSO Books, 1989, 265 p.
18. Toluène - Environmental health criteria 52. Genève, Organisation Mondiale de la Santé, 1985.
19. HALEY T.J. - Toluene. *Dangerous Properties of Industrial Materials*, 1987, 7, 5, pp. 2-14.
20. COHR K.H., STOKHOLM J. - Toluene : A toxicologic review. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1979, 5, pp. 71-90.
21. WALLEN M. - Influence of xenobiotics on the toxicokinetics of toluene in man. Solna, Arbetsmiljöinstitutet, Arbete Och Hälsa, 1986 : 33, 55 p.
22. BARLOW S.M., SULLIVAN F.M. - Reproductive hazards of industrial chemicals. Londres, Academic Press, 1982, pp. 538-549.
23. LAUWERYS R.R. - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, 3<sup>e</sup> ed. Paris, Masson, 1990, pp. 266-275.
24. CONSO F., GARNIER R. - Homologues supérieurs du benzène. In : Toxicologie clinique, 4<sup>e</sup> ed. Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1987, pp. 584-585.
25. APOSTOLI P. et coll. - Biomonitoring of occupational toluene exposure. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1982, 50, pp. 153-168.
26. DE ROSA E. et coll. - Environmental and biological monitoring of workers exposed to low levels of toluene. *Applied Industrial Hygiene*, 1986, 3, pp. 132-137.
27. CAMPBELL L., MARSH D.M., WILSON H.K. - Towards a biological monitoring strategy for toluene. *The Annals of Occupational Hygiene*, 1967, 31, pp. 121-133.
28. DE ROSA E. et coll. - The validity of urinary metabolites as indicators of low exposures to toluene. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1985, 56, pp. 135-145.
29. BÆLUM J. et coll. - Toluene metabolism during exposure to varying concentrations combined with exercise. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1987, 59, pp. 281-294.
30. DE ROSA E. et coll. - Hippuric acid and ortho-cresol as biological indicators of occupational exposure to toluene. *American Journal of Industrial Medicine*, 1967, 11, pp. 529-537.
31. HASEGAWA K. et coll. - Hippuric acid and o-cresol in the urine of workers exposed to toluene. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1983, 52, pp. 197-208.
32. BÆLUM J. et coll. - Response of solvent-exposed printers and unexposed controls to six-hour exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1985, 11, pp. 271-280.
33. BOEWER C. et coll. - Epidemiological study on the hepatotoxicity of occupational toluene exposure. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1988, 60, pp. 181-186.
34. CONSO F. - Toxicité des solvants organiques en milieu industriel. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1986, 25, pp. 3-10.
35. DALLY S. - Solvants et troubles mentaux organiques. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1986, 25, pp. 11-16.
36. Matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives - Réglementation. Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1228.
37. BARAT F., MAHIEU J.C. - Résistance des gants de protection aux solvants industriels. Résultats obtenus avec le toluène. *Travail et Sécurité*, 1988, 10, pp. 500-507.
38. Cuves et réservoirs - Recommandations CNAM R 119 et R 276. INRS.
39. Indices biologiques d'exposition. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1989, 134, pp. 51-61, ND 1719.
40. BASELT R.C. - Biological monitoring methods for industrial chemicals, 2<sup>e</sup> ed. Littleton, PSG Publishing Company, 1988, pp. 147-148 et pp. 282-286. ■



## Xylènes

Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS



### Numéros CAS

N° 95-47-6 : o-Xylène (1)

N° 108-38-3 : m-Xylène (2)

N° 106-42-3 : p-Xylène (3)

N° 1330-20-7 : Xylène (mélange d'isomères)

### Numéros CEE

N° 601-022-00-9 : Xylène, mélange d'isomères

N° 601-038-00-6 : o-Xylène

N° 601-039-00-1 : m-Xylène

N° 601-040-00-7 : p-Xylène

### Synonymes

(1) 1,2-Diméthylbenzène

(2) 1,3-Diméthylbenzène

(3) 1,4-Diméthylbenzène



Xn - Nocif

### XYLENE mélange d'isomères

R 10 - Inflammable.  
R 20/21 - Nocif par inhalation et contact avec la peau.  
R 38 - Irritant pour la peau.  
S 25 - Éviter le contact avec les yeux.

### CARACTERISTIQUES

Le xylène technique contient des pourcentages variables d'isomères et d'éthylbenzène. Le m-xylène est toujours le constituant principal.

#### Utilisation [1 à 3]

Le xylène technique est un solvant très utilisé dans les industries suivantes :

- fabrication de peintures, vernis, colles et encres d'imprimerie ;
- préparation d'insecticides et de matières colorantes ;
- industrie du caoutchouc ;
- industrie des produits pharmaceutiques.

Les isomères interviennent en synthèse organique pour la fabrication de l'anhydride phtalique (o-xylène), de l'acide isophtalique (m-xylène), de l'acide téréphtalique (p-xylène).

Par ailleurs, les xylènes sont des constituants de certains carburants et solvants pétroliers.

#### Propriétés physiques [1 à 8]

Les xylènes sont des liquides incolores, mobiles, d'odeur caractéristique agréable, perceptible à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 1 ppm. Ils sont pratiquement insolubles dans l'eau (0,02 % en poids à 20 °C), mais miscibles à la plupart des solvants organiques. En outre, ce sont de très bons solvants des graisses, cires, résines...

Leurs principales caractéristiques physiques sont les suivantes :

##### 1) pour l'o-xylène

Masse molaire : 106,16

Point de fusion : - 25 °C

Point d'ébullition : 144,4 °C à la pression atmosphérique

Densité ( $D_4^{20}$ ) : 0,880

Densité de vapeur (air = 1) : 3,7

Tensions de vapeur :

0,133 kPa à - 3,8 °C

1,33 kPa à 32,1 °C

13,33 kPa à 81,3 °C

Point d'éclair : 27 °C

Limites d'explosivité en volume % dans l'air :

limite inférieure : 1

limite supérieure : 6

Température d'auto-inflammation : 460 °C

Indice d'évaporation (oxyde de diéthyle = 1) : 13,5

##### 2) pour le m-xylène

Masse molaire : 106,16

Point de fusion : - 47,4 °C

Point d'ébullition : 139,1 °C à la pression atmosphérique

Densité ( $D_4^{20}$ ) : 0,8642

Densité de vapeur (air = 1) : 3,7

Tensions de vapeur :

0,133 kPa à - 6,9 °C

1,33 kPa à 28,3 °C

13,33 kPa à 76,8 °C

Point d'éclair : 29 °C

Limites d'explosivité en volume % dans l'air :

limite inférieure : 1,1

limite supérieure : 7

Température d'auto-inflammation : 530 °C

Indice d'évaporation (oxyde de diéthyle = 1) : 13,5

##### 3) pour le p-xylène

Masse molaire : 106,16

Point de fusion : 13,4 °C

Point d'ébullition : 138,4 °C à la pression atmosphérique

Densité ( $D_4^{20}$ ) : 0,8611

Densité de vapeur (air = 1) : 3,7

**Tensions de vapeur :**

0,133 kPa à - 8,1 °C  
1,33 kPa à 27,3 °C  
13,33 kPa à 75,9 °C

**Point d'éclair :** 27 °C**Limites d'explosivité en volume % dans l'air :**

limite inférieure : 1,1  
limite supérieure : 7

**Température d'auto-inflammation :** 530 °C**Indice d'évaporation (oxyde de diéthyle = 1) :** 13,5**Propriétés chimiques [1, 4, 7, 9]**

Dans les conditions normales d'emploi, les xylènes sont des produits stables.

Ils réagissent avec de nombreux composés et constituent d'ailleurs des matières premières importantes en synthèse organique.

Les xylènes peuvent réagir vivement avec les agents fortement oxydants.

Les métaux usuels sont insensibles à l'action des xylènes. En revanche, certains caoutchoucs et matières plastiques (caoutchoucs naturel, butyle, nitrile, polychloroprène, polyéthylène...) ne sont pas appropriés au contact des xylènes.

**Réceptacles de stockage**

Le stockage des xylènes peut s'effectuer dans des récipients en acier ou en aluminium. Le verre est également utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les bonbonnes seront protégées par une enveloppe métallique plus résistante, convenablement ajustée.

**Méthodes de détection et de détermination dans l'air**

- Appareils à réponse instantanée : appareil Draeger équipé du tube réactif xylène 10/a (o-xylène) ; appareil colorimétrique MSA équipé du tube PR 828 ; pompe Gastec équipée du tube réactif xylène 123.

- Prélèvement sur charbon actif ; désorption au sulfure de carbone ; dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [10, 11].

**RISQUES****Risques d'incendie**

Les xylènes sont des liquides inflammables (points d'éclair = 27 à 29 °C) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

Les agents d'extinction préconisés sont les suivants : dioxyde de carbone, poudres chimiques, mousses. En général, l'eau n'est pas recommandée car elle peut

favoriser la propagation de l'incendie. On pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée pour éteindre un feu peu important ou pour refroidir les récipients exposés au feu.

**Pathologie - Toxicologie**

Les xylènes, comme le toluène, sont des homologues supérieurs du benzène, dont les propriétés physico-chimiques sont proches, mais qui présentent cependant des différences essentielles de métabolisme et de toxicité.

**Toxicité expérimentale****Aiguë [2, 3, 7, 12 à 15]**

La DL 50 du xylène technique par voie orale chez le rat est de 4 300 mg/kg.

La CL 50 du xylène technique et des mélanges d'isomères par inhalation chez le rat varie selon les auteurs de 5 000 à 8 500 ppm pour une exposition de 4 heures. Chez la souris, la CL 50 varie de 3 900 à 5 300 ppm pour une exposition de 4 heures selon les isomères.

La DL 50 du *m*-xylène par voie cutanée chez le lapin est de 14 100 mg/kg.

Les animaux présentent des signes d'hyperexcitabilité neurologique (ataxie, tremblements, spasmes) précédant une dépression du système nerveux central (prostration, coma).

Une cytolysé hépatique dose-dépendante a été rapportée dans une étude où les rats avaient été exposés à des concentrations de 1 000 à 2 000 ppm pendant 4 heures.

Chez la souris, on note des signes d'irritation respiratoire à partir de 1 300 ppm, avec une relation dose-réponse. Une diminution de 50 % de la fréquence respiratoire est observée lors de l'exposition de souris à 1 470 ppm. Aux concentrations létales, une atelectasie avec hémorragie et œdème interlobulaire est observée chez le rat.

L'application cutanée de xylènes chez le lapin entraîne une irritation modérée ou sévère (érythème et œdème, voire nécrose superficielle). En instillation oculaire chez le lapin et le chat, les xylènes sont responsables d'une irritation conjonctivale et de lésions de la cornée modérées à sévères.

**Subaiguë et chronique [2, 3, 13 à 16]**

Une étude fait état de diverses atteintes chez des rats exposés à des concentrations élevées (810 ppm, 8 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 110 à 130 jours) d'un mélange d'isomères ; une paralysie des pattes postérieures, une perte de poids, une discrète diminution du taux des leucocytes, une augmentation de l'urée sanguine, une hématurie avec albuminurie et une hyperplasie médullaire ont été observées ; à l'autopsie, il a été constaté une discrète congestion des reins, du foie, du cœur, des surrénales, des poumons et de la rate, avec, au niveau rénal, une desquamation cellulaire glomérulaire et une nécrose tubulaire. Ces atteintes n'ont pas été confirmées par la plupart des travaux ultérieurs conduits chez des rats,

des cochons d'Inde, des chiens et des singes ; ces travaux n'ont pas révélé de modifications du poids corporel, d'anomalies histologiques des principaux organes ni de perturbation de la numération formule sanguine lors d'expositions aux xylènes à des concentrations variables, de 80 à 800 ppm, 6 à 8 heures par jour, 5 à 7 jours par semaine pendant 3 mois.

Une toxicité neurologique centrale se manifeste par des troubles du comportement chez le rat exposé à 300 ppm, 6 heures par jour pendant 5 à 18 semaines.

Une discrète nécrose rénale, tubulaire proximale, a été observée chez des lapins exposés à 70 ppm, 8 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 5 mois.

Des anomalies histologiques hépatiques mal précisées ont été notées chez le rat exposé à 1 100 ppm, 8 heures par jour, 7 jours par semaine pendant 1 an et chez le cochon d'Inde exposé à 300 ppm, 4 heures par jour, 6 jours par semaine pendant 11 semaines. Une autre étude met en évidence une augmentation de l'activité enzymatique hépatique dans le sérum de rats exposés à 1 500 ppm de *p*-xylène, 4 heures par jour, ou 400 ppm de *m*-xylène, 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 2 semaines. Une induction enzymatique hépatique a été observée dans 2 autres études chez le rat.

Des fibrillations auriculaires et des troubles de la repolarisation électrocardiographiques ont été relevés chez des rats auxquels on injectait 0,5 ml/kg de xylènes, 2 fois par jour pendant 3 mois.

**Génotoxicité [3, 12, 15]**

Chez les procaryotes, les xylènes (qu'il s'agisse du xylène technique ou des isomères) testés avec ou sans activation métabolique n'entraînent ni mutation génique, ni aberrations chromosomiques.

Les tests effectués in vitro sur cultures de cellules animales ou in vivo sur la souris et le rat sont également négatifs.

**Cancérogénèse [3, 15, 17]**

Trois études de cancérogénèse ont été effectuées par gavage gastrique. Dans deux de ces études utilisant du xylène technique, l'une chez la souris (recevant 0, 500 ou 1 000 mg/kg par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines), l'autre chez le rat (recevant 0, 250 ou 500 mg/kg par jour, 5 jours par semaine pendant 103 semaines), il n'a pas été observé d'augmentation de l'incidence des cancers chez les animaux traités. Une étude chez le rat recevant 500 mg/kg par jour d'un mélange d'isomères, 4 à 5 jours par semaine pendant 104 semaines a montré une augmentation de fréquence des tumeurs malignes tous types confondus chez les animaux traités par rapport aux témoins. Cependant, les résultats de cette étude sont difficiles à interpréter en raison notamment de la méthodologie utilisée.

Dans une étude ancienne, l'application sur la peau de souris d'un mélange d'isomères n'a pas mis en évidence d'effet promoteur ou initiateur des cancers cutanés.

**Effets sur la reproduction** [2, 3, 12, 15, 17]

Il n'existe pas de données sur les effets gonadiques et endocriniens de la reproduction, ni sur les effets des xylènes sur la fertilité.

Le passage transplacentaire de l'o-xylène est prouvé chez l'animal : il est probable pour les autres isomères.

Plusieurs études effectuées chez le rat et la souris montrent que les xylènes exercent une action embryolétale et fœtotoxique, à des doses élevées mais pas obligatoirement toxiques pour la mère (par exemple pour une administration orale de 2 000 mg/kg par jour du 6<sup>e</sup> au 15<sup>e</sup> jour de gestation chez la souris ou lors d'une exposition à 230 ppm du 9<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> jour de gestation chez le rat). On observe en outre des retards de croissance fœtale et d'ossification et des malformations squelettiques (lentes palatines, côtes surnuméraires...). Ces effets ne sont pas retrouvés lors d'expositions à de plus faibles concentrations (par exemple à 35 ppm, 24 heures par jour, du 7<sup>e</sup> au 14<sup>e</sup> jour de gestation dans une étude chez le rat).

**Toxicocinétique - Métabolisme****Absorption** [2, 3, 12, 13, 16, 18 à 22]

Par voie pulmonaire, passées les 10 premières minutes d'exposition, la quantité de xylènes absorbée correspond à environ 65 % de la quantité inhalée, quel que soit l'isomère considéré. Elle est d'autant plus élevée que la ventilation est importante (elle augmente de 30 % en cas d'exercice physique intermittent).

Les xylènes liquides sont absorbés par la peau : pour le *m*-xylène liquide, l'absorption cutanée est de 2 µg/cm<sup>2</sup>/min (l'immersion des 2 mains pendant 15 minutes correspond à une inhalation de 100 ppm pendant la même durée).

L'absorption gastro-intestinale n'a pas été étudiée ; elle est probablement élevée.

**Distribution** [2, 3, 19, 20, 23]

L'équilibre de distribution entre le sang et les tissus est atteint en 6 heures, à l'exception du tissu adipeux pour lequel il est de quelques jours.

L'exercice physique modifie la distribution tissulaire. La concentration sanguine est multipliée par 2 à 5 en cas d'exercice physique intermittent.

Lors d'une exposition de plusieurs jours consécutifs, il existe une accumulation des xylènes dans l'organisme, comme en témoigne l'élévation de 20 % de la concentration sanguine matinale à la fin d'une semaine d'exposition chez des volontaires.

**Biotransformation** [2, 3, 15, 18, 21, 22, 24]

Chez l'homme, environ 95 % de la quantité de xylènes absorbée sont oxydés dans le foie. La majeure partie est transformée, par oxydation d'un groupe méthyle, en acides méthylbenzoïques qui sont conjugués à la glycine pour former les acides méthylhippuriques. A la différence du benzène, seule une faible quantité subit une oxydation

nucléaire : les xylénols représentent moins de 2 % des xylènes métabolisés.

Le facteur limitant du métabolisme est la capacité de conjugaison des acides méthylbenzoïques à la glycine, qui serait saturée pour une exposition de 780 ppm au repos ou de 270 ppm en cas d'exercice physique important.

**Élimination, indicateurs biologiques** [2, 3, 13 à 15, 17, 21, 22, 24 à 28]

La voie d'élimination principale est rénale. Environ 90 à 95 % des xylènes absorbés sont éliminés dans les urines sous forme d'acides méthylhippuriques.

Plusieurs études ont été réalisées sur des volontaires et sur des groupes de travailleurs exposés aux xylènes.

Lors d'une exposition unique de 8 heures, 71 % des xylènes absorbés sont excrétés pendant le temps d'exposition et 29 % les 16 heures suivantes. A l'arrêt de l'exposition, l'élimination urinaire d'acides méthylhippuriques s'effectue en deux phases, l'une rapide, l'autre lente ; cette dernière correspond au relargage des xylènes qui se sont distribués dans les tissus graisseux (dont la demi-vie d'élimination est d'environ 60 heures).

Il existe une bonne corrélation entre l'exposition aux xylènes (appréciée en multipliant la concentration atmosphérique moyenne par la durée d'exposition) et la quantité d'acides méthylhippuriques excrétée dans les 18 heures suivant le début de l'exposition. Par contre, comme pour tous les produits à métabolisme rapide et à courte demi-vie, la concentration urinaire à un moment donné reflète la concentration atmosphérique qui précède immédiatement le prélèvement urinaire et ne correspond pas à la concentration atmosphérique moyenne pondérée en fonction du temps. Ainsi, pour une exposition de 8 heures à 46 ppm, la concentration en acides méthylhippuriques dans les urines des 2 dernières heures est de 0,65 à 1,21 g/g de créatinine (0,38 à 0,71 mmol/mmol de créatinine), alors que le dosage effectué sur les urines de la totalité de l'exposition montre des valeurs de 0,5 à 1 g/g de créatinine (0,29 à 0,59 mmol/mmol de créatinine). Si on exprime le résultat en le rapportant au poids corporel, la corrélation à l'exposition est meilleure (100 ppm correspondent à 7 µmol/kg/h). Les travaux de plusieurs auteurs permettent de conclure, par ailleurs, que chez des sujets exposés en moyenne à 100 ppm de xylène, la concentration moyenne d'acides méthylhippuriques dans les urines recueillies en fin de période d'exposition s'élève à environ 1,5 à 2 g/g de créatinine (écart 1 à 3 g/g de créatinine).

Les acides méthylhippuriques sont donc des indicateurs d'exposition aux xylènes intéressants, d'autant qu'ils ne sont pas retrouvés chez les personnes non exposées.

Les xylènes libres urinaires représentent moins de 0,005 % des xylènes absorbés. Les xylènes urinaires sont des indicateurs d'exposition peu étudiés jusqu'à présent. Par rapport aux acides méthylhippuriques, leur dosage présente l'avantage de ne pas être influencé par l'exposition à d'autres toxiques, tels que l'éthanol. Une exposition

à 100 ppm pendant 4 heures entraîne l'émission urinaire de 170 µg/l de xylènes. Cette concentration augmente de 50 % dans le cas d'un exercice physique de 50 watts pendant la moitié du temps d'exposition.

Les xylènes éliminés par voie pulmonaire (avec également deux phases : l'une rapide, l'autre lente) ne représentent que 3 à 6 % des xylènes absorbés. Les concentrations en xylènes dans l'air exhalé et dans le sang subissent pendant le travail de grandes variations individuelles fonction, notamment, de la corpulence et de la ventilation. La concentration sanguine, 1 heure et demie à 3 heures après la fin de l'exposition, refléterait mieux l'exposition moyenne.

**Interférences métaboliques** [2, 3, 13, 15, 16, 29 à 32]

Le métabolisme des xylènes est augmenté par les inducteurs enzymatiques de type phénobarbital et 3-méthylcholantrene.

L'aspirine et les xylènes inhibent mutuellement leur conjugaison à la glycine, ce qui a pour conséquence de diminuer l'excrétion urinaire d'acides méthylhippuriques.

La consommation d'éthanol (0,8 g/kg) avant une exposition de 4 heures aux vapeurs de xylènes (145 et 280 ppm) entraîne une diminution de 50 % de l'excrétion d'acides méthylhippuriques tandis que la concentration sanguine de xylènes s'élève d'environ 1,5 à 2 fois. En même temps, les effets secondaires de l'éthanol sont augmentés.

D'autres produits industriels peuvent interagir avec le métabolisme des xylènes. L'éthylbenzène et les xylènes inhibent mutuellement leurs métabolismes : les métabolites sont excrétés plus lentement et en quantité moindre. En présence de xylènes, la nécrose hépatique liée au tétrachlorométhane est plus importante chez le rat. Enfin, les xylènes et le 1,1,1-trichloroéthane inhibent mutuellement leurs métabolismes.

**Toxicité sur l'homme****Aiguë et subaiguë** [2, 3, 12 à 15, 18, 19, 25, 32 à 35]

La toxicité aiguë des xylènes est commune à celle de la plupart des hydrocarbures liquides distillant en dessous de 300 °C.

L'ingestion entraîne :

- des troubles digestifs : douleurs abdominales, nausées puis vomissements suivis de diarrhées,
- une dépression du système nerveux central : syndrome ébrié puis troubles de la conscience (voire coma convulsif en cas de prise massive),
- une pneumopathie d'inhalation dont les premiers signes sont radiologiques : dans les 8 heures suivant l'ingestion, apparaissent des opacités floconneuses avec bronchogramme aérien (évoquant un œdème interstitiel et alvéolaire), le plus souvent localisées aux lobes moyen et inférieur droits mais parfois diffus dans les deux champs pulmonaires ; les signes cliniques sont plus tardifs : toux, dyspnée, fièvre régressant en 2 ou 3 jours en l'absence de surinfection.

Les connaissances relatives à l'intoxication par inhalation résultent d'observations rapportées après des intoxications aiguës accidentelles et d'études menées chez des volontaires.

Les effets essentiels des xylènes s'exercent sur le système neurologique central et sont, en règle générale, réversibles. Les symptômes les plus fréquents sont d'abord des céphalées et une asthénie apparaissant pour des concentrations de l'ordre de 200 ppm, puis une sensation de vertiges et une confusion accompagnées de nausées et, enfin, lors d'exposition à de très fortes concentrations, un coma.

Des études effectuées sur des volontaires montrent que l'inhalation de xylènes entraîne une altération des fonctions psychomotrices : le temps de réaction est augmenté dès l'exposition à 200 ppm pour des durées d'exposition variables (de 20 minutes à 8 heures) ; une exposition à 90 ppm, 6 heures par jour, 5 jours consécutifs, entraîne une diminution du temps de réaction qui s'améliore au fil des jours, faisant évoquer l'apparition d'une tolérance aux xylènes. Cependant, les fonctions psychomotrices ne sont pas altérées lors de l'exposition pendant 4 heures à 75 ppm de *p*-xylène seul ou à 50 ppm de *p*-xylène associé à 25 ppm de toluène ; le 1,1,1-trichloroéthane n'exerce pas d'action synergique ou antagoniste sur ces effets neurologiques centraux.

Une irritation des voies respiratoires peut apparaître lors de l'exposition pendant 15 minutes à 100 ppm d'après certaines études. Une irritation oculaire modérée est observée à 200 ppm.

Des cas d'intoxication mortelle ont été attribués à une sensibilisation myocardique aux catecholamines et à des phénomènes anoxiques associés.

La toxicité hépato-rénale imputée aux xylènes et rapportée lors d'intoxications aiguës sévères semble être liée à l'inhalation simultanée d'autres solvants.

Les xylènes sont des solvants des lipides cutanés et les projections peuvent entraîner des dermatoses d'irritation. L'immersion des mains pendant 20 minutes dans les xylènes liquides provoque une sensation de brûlure et un érythème.

Les projections oculaires sont responsables d'irritation cornéo-conjonctivale dont la gravité dépend de la quantité et du temps de contact.

#### Chronique [2, 3, 13, 15, 18, 33]

La voie respiratoire est la principale voie d'intoxication en milieu professionnel. De façon générale, la toxicité à terme est modérée. Les quelques manifestations décrites relèvent essentiellement d'observations isolées. Les xylènes n'entraînent en général pas d'effet spécifique les distinguant des autres solvants.

Le syndrome psycho-organique, à un stade réversible ou irréversible, est l'effet toxique chronique majeur des xylènes. Il associe des troubles de la mémoire et de la concentration, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles et des troubles de la personnalité sans signe objectif. Sa relation avec l'exposition aux

xylènes est cependant difficile à étudier en raison de l'utilisation concomitante d'autres solvants, de la mauvaise quantification de l'exposition et de divers problèmes méthodologiques.

Les xylènes ne sont pas hématotoxiques. Les observations anciennes rapportant des effets hématologiques et médullaires lors d'expositions au xylène étaient probablement dues à une contamination du produit technique par du benzène.

Il n'existe pas d'étude ou d'observation probante sur l'éventuelle toxicité des xylènes sur l'appareil respiratoire, le foie, les reins et le système nerveux périphérique.

Les xylènes ont une action desséchante et dégraissante sur la peau en contact et sont responsables de dermatoses d'irritation chroniques (peau sèche et squameuse) ; ils ne sont pas allergisants à l'état pur.

#### Génotoxicité [2, 3, 15, 17]

Le traitement in vitro de lymphocytes humains par 1 520 µg/ml de xylènes ne montre pas d'augmentation des échanges de chromatides sœurs ou des cassures chromosomiques. In vivo, lors d'une étude conduite chez des volontaires exposés expérimentalement et chez des personnes exposées professionnellement à des concentrations de 50 à 100 mg/m<sup>3</sup> ou plus, les xylènes étant les solvants majoritaires, il n'a pas été observé d'augmentation des échanges de chromatides sœurs ni des aberrations chromosomiques lymphocytaires.

#### Cancérogénèse [3]

Dans 2 études épidémiologiques de type cas-témoins, les auteurs ont associé une augmentation du risque de cancers hémato-poïétiques avec une exposition aux xylènes. Cependant, il apparaît impossible d'interpréter ces résultats en raison du nombre limité de cas étudiés et d'une polyexposition concomitante à des composés chimiques variés. Il n'existe pas d'autres études ou observations permettant d'apprécier un éventuel pouvoir cancérogène des xylènes chez l'homme.

#### Effets sur la reproduction [3, 17]

Une étude fait état de troubles menstruels chez des femmes exposées à moins de 100 ppm de xylènes associés à d'autres solvants.

Les xylènes traversent la barrière placentaire. Une augmentation du risque d'avortements spontanés et de malformations congénitales (notamment neurologiques), chez des enfants nés de mères exposées aux xylènes pendant le premier trimestre de leur grossesse, a été relevée dans 4 études cas-témoins, mais ne peut être imputée de façon certaine aux xylènes en raison de l'exposition concomitante à d'autres produits chimiques et du faible nombre de cas étudiés.

#### Valeurs limites d'exposition

En France, le ministère du Travail a fixé pour les xylènes la valeur limite d'exposition (VLE) et la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) indicatives qui peuvent

être admises dans l'air des locaux de travail. Ces valeurs correspondent respectivement à 150 ppm, soit 650 mg/m<sup>3</sup> et 100 ppm, soit 435 mg/m<sup>3</sup>.

## REGLEMENTATION

### Hygiène et sécurité du travail

#### 1° Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.

- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au *J.O.*).

- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1967 (*J.O.* du 22 octobre 1967) relatifs aux contrôles des installations.

#### 2° Prévention des incendies

- Articles R. 233-14 à R. 233-41 du Code du travail.

- Décret du 14 novembre 1988 (*J.O.* du 24 novembre 1988), section V, articles 43 et 44 (installations électriques) et arrêtés d'application.

- Décret du 17 juillet 1978 modifié et arrêtés d'application relatifs au matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives.

#### 3° Valeurs limites d'exposition

- Circulaire du ministère du Travail du 22 mars 1983 (non parue au *J.O.*).

#### 4° Maladies professionnelles

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

- Article 1170 du Code rural : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse de mutualité sociale agricole et à l'inspection du travail ; tableaux nos 19 bis et 48.

#### 5° Maladies de caractère professionnel

- Article L. 461-6 du Code de la Sécurité sociale et décret du 3 août 1963 (*J.O.* du 23 août 1963) : déclaration médicale de ces affections.

#### 6° Surveillance médicale spéciale

- Arrêté du 11 juillet 1977 (*J.O.* du 24 juillet 1977) fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale (préparation, emploi, manipulation ou exposition aux xylènes) et circulaire du ministère du Travail du 29 avril 1980 (non parue au *J.O.*).

- Circulaire du ministère du Travail du 2 mai 1985 (non parue au *J.O.*) relative aux missions du médecin du travail à l'égard des salariées en état de grossesse.

- Arrêté du 11 mai 1982 (*J.O.* du 13 mai 1982) fixant la liste des travaux effectués dans les entreprises agricoles, nécessitant

## FT 77 Xylènes Edition 1992

une surveillance médicale spéciale (travaux comportant l'emploi, la manipulation ou l'exposition aux xylènes).

**7° Etiquetage**

a) des xylènes purs ou en mélange d'isomères :

- arrêté du 10 octobre 1983 modifié (J.O. du 21 janvier 1984) et circulaire du 29 janvier 1986 (non parue au J.O.). Cet arrêté prévoit une étiquette comportant notamment :

- le symbole *Nocif*;

- l'énumération des risques particuliers et des conseils de prudence ;

b) des préparations contenant des xylènes :

- arrêté du 21 février 1990 (J.O. du 24 mars 1990) et circulaire du 29 janvier 1986 (non parue au J.O.). Des limites de concentration sont fixées à l'annexe I de l'arrêté du 10 octobre 1983 modifié

**Protection de l'environnement**

- Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochures n° 1001 :

- n° 235, fabrication des xylènes ;

- n° 253 B, dépôts de xylènes ;

- n° 261, installations de mélange, de traitement ou d'emploi des xylènes ;

- arrêté du 31 mars 1980 portant réglementation des installations électriques des établissements susceptibles de présenter des risques d'explosion ;

- arrêté du 4 septembre 1986 relatif à la réduction des émissions atmosphériques d'hydrocarbures provenant des activités de stockage et circulaire du 4 septembre 1986.

- arrêté du 10 juillet 1990 relatif aux rejets dans les eaux souterraines.

- Règles d'aménagement et d'exploitation des dépôts d'hydrocarbures liquides, Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1469.

**Protection de la population**

Décret du 29 décembre 1988 relatif aux substances et préparations vénéneuses (articles R. 5149 à R. 5167 du Code de la Santé publique), décret du 29 décembre 1988 relatif à certaines préparations dangereuses (J.O. du 31 décembre 1988) et circulaire du 2 septembre 1990 (J.O. du 13 octobre 1990) :

- détention dans des conditions déterminées ;

- étiquetage (cf. ci-dessus 7°).

**Transport**

Se reporter éventuellement aux règlements suivants :

**1° Transport national** (route, chemin de fer)

- RTMD (arrêté du 15 avril 1945 modifié).

- Classe : 3
- Groupe : 30 301
- Étiquette : n° 3
- Code danger : 30
- Code matière : 1307

**2° Transport international** (route, chemin de fer)

- ADR et RID.

**3° Transport par air**

- IATA.

**4° Transport dans les ports maritimes et par mer**

- RPM (arrêté du 27 juin 1951 modifié)

- IMDG (OMCI).

d'accident. Les procédures spéciales en cas d'urgence feront l'objet d'exercices d'entraînement.

- Entreposer dans les locaux de travail des quantités relativement faibles de produit et, de toute manière, ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.

- Eviter l'inhalation de vapeurs. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certains travaux de courte durée, à caractère exceptionnel, ou pour des interventions d'urgence.

- Contrôler fréquemment et régulièrement la teneur de l'atmosphère en xylènes.

- Eviter le contact du produit avec la peau et les yeux. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants (par exemple en polyalcool vinylique), des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après usage.

- Interdire l'emploi d'air ou d'oxygène comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du liquide.

- Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu des xylènes sans prendre les précautions d'usage [37].

- Ne pas rejeter de xylènes à l'égout.

- En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer le produit en l'épongeant avec un matériau absorbant non combustible, puis laver à grande eau la surface souillée. Si le déversement est important, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection.

- Conserver les déchets imprégnés de solvant dans des récipients clos, spécialement prévus à cet effet. Les xylènes peuvent être régénérés ou détruits par incinération. Dans tous les cas, traiter les déchets dans les conditions autorisées par la réglementation (traitement dans l'entreprise ou dans un centre spécialisé).

**II. Au point de vue médical**

- A l'embauchage et aux examens périodiques, l'examen clinique comportera, entre autres, un examen soigneux de la peau et la recherche de signes évoquant un syndrome psycho-organique débutant.

- Sauf si le médecin du travail l'estime nécessaire, il n'apparaît pas impératif, en cas d'exposition modérée et dans l'état actuel des connaissances, de pratiquer des examens complémentaires visant à explorer les fonctions hépatique et rénale. Il est inutile d'effectuer une surveillance de la numération formule sanguine chez les sujets exposés aux xylènes.

- Le monitoring biologique, visant à évaluer l'importance de l'exposition, peut être utile dans certains cas. L'indicateur le plus fiable actuellement est le dosage des

**RECOMMANDATIONS**

En raison de la nocivité et de l'inflammabilité des xylènes, des mesures de prévention et de protection sévères s'imposent lors du stockage et de la manipulation de ces substances.

**I. Au point de vue technique****Stockage**

- Stocker les xylènes à l'air libre ou dans des locaux spéciaux, frais, munis d'une ventilation, à l'abri de toute source d'ignition ou de chaleur (rayons solaires, flammes, étincelles...) et à l'écart des produits oxydants. Le sol de ces locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention afin qu'en cas d'écoulement accidentel le liquide ne puisse se répandre au dehors.

- Le matériel électrique, y compris l'éclairage, sera conforme à la réglementation en vigueur [36].

- Il sera interdit de fumer.

- Toutes dispositions seront prises pour éviter une accumulation d'électricité statique.

- Les récipients seront soigneusement fermés et correctement étiquetés. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

**Manipulation**

Les prescriptions relatives aux locaux de stockage sont applicables aux locaux où sont manipulés les xylènes. En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par les xylènes, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas

acides méthylhippuriques urinaires effectué sur des urines prélevées en fin de poste ou collectées pendant les 4 ou 8 dernières heures de travail [38, 39, 40].

- Avertir les femmes enceintes ou désirant procréer du risque éventuel, bien que mal connu, pour la grossesse lors d'expositions importantes au solvant.

- Lors d'accidents aigus, **demandez dans tous les cas l'avis d'un médecin** ou du centre antipoison régional ou de services d'urgence médicalisés.

- En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant quinze minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une consultation médicale s'impose.

- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau, les paupières bien écartées, pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.

- En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.

- En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements et ne pas faire ingérer de lait ou de matières grasses ; on pourra faire absorber du charbon médical activé si le sujet est parfaitement conscient.

- Dans les deux derniers cas, si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer les manœuvres de respiration assistée ; même si l'état initial est satisfaisant, transférer, si nécessaire par ambulance médicalisée, en milieu hospitalier, où pourra être pratiquée au minimum une radiographie du thorax ; une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardio-vasculaires, pulmonaires et hépato-rénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs peuvent s'avérer nécessaires.

#### Bibliographie

- KIRK OTHMER - Encyclopedia of chemical technology, vol. 24. New York, Londres, Wiley Interscience, 1984, pp. 709-744.
- SNYDER R. - Ethel Browning's toxicity and metabolism of industrial solvents, 2<sup>e</sup> ed. Amsterdam, Elsevier, 1987, pp. 64-79.
- IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Lyon, International agency for research on cancer, 1989, vol. 47, pp. 125-156.
- SOLVESCO® - Xylène. Fiche de données de sécurité. Paris, Exxon chemical, 1990.
- ROUSSELIN X., FALCY M. - Le nez, les produits chimiques et la sécurité. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1986, 124, pp. 331-344, ND 1590.
- MARSDEN C. - Solvents guide. Londres, Cleaver-Hume Press Ltd, 1963, pp. 555-561.
- SAX N.I., LEWIS R.J. - Dangerous properties of industrial materials, 6<sup>e</sup> ed. New York, Van Nostrand Reinhold Co., 1989, pp. 2739-2740.
- Solvants HOECHST - Manuel pour le laboratoire et l'usine, 5<sup>e</sup> ed. Francfort, Hoechst Ag, 1975.
- Occupational health guideline for xylene. Cincinnati, NIOSH/OSHA, 1978.
- Norme NF X 43-251 - Qualité de l'air. Atmosphères des lieux de travail. Détermination de la concentration des hydrocarbures aromatiques monocycliques en phase vapeur. Paris - La Défense, AFNOR, juil. 1986, 14 p.
- NIOSH manual of analytical methods, 3<sup>e</sup> ed., vol. 2. Cincinnati, DHHS, 1984, méthode 1501.
- BERROD J., AUBRUN J.C. - Hydrocarbures aromatiques. Paris, Encyclopédie médico-chirurgicale, Intoxications, Maladies par agents physiques, 16046 A10, 9-1985, 12 p.
- SANDMEYER E.E. - Xylenes. In : CLAYTON G.D., CLAYTON F.E. - Patty's industrial hygiene and toxicology, vol. II B. New York, John Wiley and sons, 1981, pp. 3291-3300.
- Exposition à certains solvants organiques : limites recommandées d'exposition professionnelle à visée sanitaire. Genève, Organisation Mondiale de la Santé, 1981, Rapport technique 664.
- Xylenes - Joint assessment of commodity chemicals n° 6. Bruxelles, European Chemical Industry Ecology & Toxicology Centre, juin 1986.
- Health effects assessment for xylene. Springfield, US Environmental Protection Agency, National Technical Information Service, sept 1984.
- BARLOW S.M., SULLIVAN F.M. - Reproductive hazards of industrial chemicals. Londres, Academic Press, 1982, pp. 592-599.
- LAJWERYYS R.R. - Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles, 2<sup>e</sup> ed. Paris, Masson, 1982, pp. 188-192.
- RIIHIMAKI V., SAVOLAINEN K. - Human exposure to m-xylene. Kinetics and acute effects on the central nervous system. *Annals of Occupational Hygiene*, 1980, 23, pp. 411-422.
- ENGSTROM K., HUSMAN K., RIHIMAKI V. - Percutaneous absorption of m-xylene in man. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1977, 39, pp. 181-189.
- SEDIVEC V., FLEK J. - The absorption, metabolism, and excretion of xylenes in man. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1976, 37, pp. 205-217.
- RIIHIMAKI V. et coll. - Kinetics of m-xylene in mangeneral features of absorption, distribution, biotransformation and excretion in repetitive inhalation exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1979, 5, pp. 217-231.
- RIIHIMAKI V., PFAFFLI P., SAVOLAINEN K. - Kinetics of m-xylene in man : Influence of intermittent physical exercise and changing environmental concentrations on kinetics. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1979, 5, pp. 232-248.
- ENGSTROM K. et coll. - Evaluation of occupational exposure to xylene by blood, exhaled air and urine analysis. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1978, 4, pp. 114-121.
- SAVOLAINEN K., RIHIMAKI V., LINNOILA M. - Effects of short-term xylene exposure on psychophysiological functions in man. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1979, 44, pp. 201-211.
- LUNDBERG I., SOLLENBERG J. - Correlation of xylene exposure and methyl hippuric acid excretion in urine among paint industry workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 1986, 12, pp. 149-153.
- ENGSTROM K. et coll. - Evaluation of occupational exposure to xylene by blood, exhaled air and urine analysis. *Arhy za hygieny rada i toksikologiju*, 1979, 30, suppl, pp. 483-488.
- SEDIVEC V., FLEK J. - Exposure test for xylenes. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1976, 37, pp. 219-232.
- CAMPBELL L. et coll. - Interactions of m-xylene and aspirin metabolism in man. *British Journal of Industrial Medicine*, 1988, 45, pp. 127-132.
- IMBRIANI M. et coll. - Eliminazione urinaria di xilene nella esposizione spemntale e professionale. *La Medicina del Lavoro*, 1987, 78, pp. 239-249.
- ENGSTROM K., RIHIMAKI V., LAINE A. - Urinary disposition of ethylbenzene and m-xylene in man following separate and combined exposure. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1984, 54, pp. 355-363.
- SAVOLAINEN K. et coll. - Short-term exposure of human subjects to m-xylene and 1,1,1-trichloroethane. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1981, 49, pp. 89-98.
- CONSO F., GARNIER R. - Homologues supérieurs du benzène. In : Toxicologie clinique, 4<sup>e</sup> ed. Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1987, pp. 584-585.
- SAVOLAINEN K. et coll. - Effects of short-term m-xylene exposure and physical exercise on the central nervous system. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1980, 45, pp. 105-121.
- ANSHELM OLSON B., GAMBERALE F., IREGREN A. - Coexposure to toluene and p-xylene in man : central nervous functions. *British Journal of Industrial Medicine*, 1985, 42, pp. 117-122.
- Matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives - Réglementation. Paris, Imprimerie des Journaux officiels, brochure n° 1228.
- Cuves et réservoirs - Recommandations CNAM R 119 et R 276. INRS.
- Indices biologiques d'exposition. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1989, 134, pp. 51-61, ND 1719.
- BASELT R.C. - Biological monitoring methods for industrial chemicals, 2<sup>e</sup> ed. Littleton, PSG Publishing Company, 1988, pp. 147-148 et pp. 314-315.
- NIOSH manual of analytical methods, 3<sup>e</sup> ed., vol. 1. Cincinnati, DHHS, 1984, méthode 8301.

**MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT**

**Décret n° 2002-213 du 15 février 2002 portant transposition des directives 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites**

NOR : ATEP0190081D

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

Vu la directive 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant ;

Vu la directive 2000/69/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 novembre 2000 relative à la fixation de valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant ;

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 221-1, L. 221-2 et L. 223-1 ;

Vu le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites ;

Vu l'avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France du 3 mai 2001 ;

Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Décrète :

**Art. 1<sup>er</sup>.** – Le décret du 6 mai 1998 susvisé est modifié comme suit :

I. – Le deuxième alinéa de l'article 1<sup>er</sup> est remplacé par les dispositions suivantes :

« L'annexe I fixe également les seuils de recommandation et d'information mentionnés à l'article 8, au-delà desquels la concentration en polluants a des effets limités et transitoires sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée. »

II. – L'article 3 est abrogé.

III. – L'article 4 est remplacé par les dispositions suivantes :

« Art. 4. – Un arrêté du ministre chargé de l'environnement pris après avis de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie précise les modalités et techniques de surveillance de la qualité de l'air à utiliser. »

Ces modalités et techniques de surveillance sont définies pour chacun des polluants mentionnés à l'article 2 en tenant compte notamment de l'importance des populations concernées et des niveaux de polluants. »

IV. – A l'article 7 :

1<sup>o</sup> Le b est remplacé par les dispositions suivantes :

« b) Pour chaque polluant surveillé, une comparaison du niveau de concentration constaté avec les seuils de recommandation et d'information et les seuils d'alerte s'ils existent, avec les niveaux de concentration constatés dans le passé ainsi qu'avec les valeurs limites relatives aux périodes figurant à l'annexe I ».

2<sup>o</sup> Le cinquième alinéa est remplacé par les dispositions suivantes :

« Les organismes de surveillance de la qualité de l'air diffusent l'information en permanence et la mettent à jour au moins quotidiennement, et toutes les heures lorsque cela est possible. Les informations sur les concentrations en plomb et en benzène sont mises à jour tous les trois mois. »

V. – L'article 8 est remplacé par les dispositions suivantes :

« Art. 8. – Un arrêté conjoint des ministres chargés de l'environnement, de la santé et de l'intérieur précise le contenu

de l'information donnée par le préfet – à Paris par le préfet de police – lorsqu'un seuil de recommandation et d'information est dépassé ou lorsqu'un seuil d'alerte est atteint ou risque de l'être. »

VI. – Les annexes I à IV sont remplacées par les annexes I à IV du présent décret.

**Art. 2.** – Le ministre de l'économie, des finances et de l'industrie, le ministre de l'emploi et de la solidarité, le ministre de l'intérieur, le ministre de l'équipement, des transports et du logement, le ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, le ministre délégué à la santé et le secrétaire d'Etat à l'industrie sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié avec ses annexes I et II au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 15 février 2002.

LIONEL JOSPIN

Par le Premier ministre :

*Le ministre de l'aménagement du territoire  
et de l'environnement,*

YVES COCHET

*Le ministre de l'économie,  
des finances et de l'industrie,*

LAURENT FABIUS

*Le ministre de l'emploi et de la solidarité,*

ÉLISABETH GUIGOU

*Le ministre de l'intérieur,*

DANIEL VAILLANT

*Le ministre de l'équipement,  
des transports et du logement,*

JEAN-CLAUDE GAYSSOT

*Le ministre délégué à la santé,*

BERNARD KOUCHNER

*Le secrétaire d'Etat à l'industrie,*

CHRISTIAN PIERRET

*Nota.* – Les annexes III et IV au présent décret peuvent être consultées à la préfecture de chaque département.

ANNEXE I

OBJECTIFS DE QUALITÉ, SEUILS D'ALERTE, SEUILS DE  
RECOMMANDATION ET D'INFORMATION ET VALEURS  
LIMITES

1. Polluant visé : dioxyde d'azote

L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 °K et 101,3 kPa.

La période annuelle de référence est l'année civile.

Objectif de qualité : 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

Seuil de recommandation et d'information : 200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire.

Seuils d'alerte :

400 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire.

200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire si la procédure d'information et de recommandation pour le dioxyde d'azote a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain.

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

– centile 98 (soit 175 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours), calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année, égal à 200 µg/m<sup>3</sup>. Cette valeur limite est applicable jusqu'au 31 décembre 2009 ;

– centile 99,8 (soit 18 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours), calculé à partir des valeurs



moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année, égal à 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur limite est applicable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	90	80	70	60	50	40	30	20	10

40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle. Cette valeur est applicable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	18	16	14	12	10	8	6	4	2

Valeur limite pour la protection de la végétation : 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle d'oxydes d'azote.

## 2. Polluants visés : particules fines et particules en suspension

La période annuelle de référence est l'année civile.

Un arrêté des ministres chargés de l'industrie et de l'environnement définit les conditions d'équivalence entre les valeurs mesurées par la méthode des fumées noires et les valeurs mesurées par d'autres méthodes portant notamment sur les particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 ou 10 micromètres.

Objectif de qualité : 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle des concentrations de particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres.

Valeurs limites pour la protection de la santé utilisées pour les concentrations de particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres. Elles ne s'appliquent qu'à la part des concentrations non liées à des événements naturels. On définit par « événements naturels » les événements suivants : éruptions volcaniques, activités sismiques, activités géothermiques, feux de terres non cultivées, vents violents ou remise en suspension atmosphérique ou transport de particules naturelles provenant de régions désertiques.

- centile 90,4 (soit 35 jours de dépassement autorisés par année civile de 365 jours) des concentrations moyennes journalières sur l'année civile : 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est applicable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2005. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2005 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE	2001	2002	2003	2004
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20	15	10	5

Moyenne annuelle : 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est applicable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2005. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2005 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE CIVILE CONSIDÉRÉE	2001	2002	2003	2004
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	6	4	3	1

## 3. Polluant visé : plomb

La période annuelle de référence est l'année civile.

Objectif de qualité : 0,25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en concentration moyenne annuelle.

Valeur limite :

- jusqu'au 31 décembre 2001 : 0,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle ;

- à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2002 : 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

Le ministre chargé de l'environnement fixe par arrêté la liste des sites pour lesquels la valeur limite de 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle s'applique à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2010.

Avant le 1<sup>er</sup> janvier 2010 et à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2002, la valeur limite applicable pour ces sites est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1

## 4. Polluant visé : dioxyde de soufre

L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 °K et 101,3 kPa. La période annuelle de référence est l'année civile.

Objectifs de qualité : 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

Seuil de recommandation et d'information : 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire.

Seuil d'alerte : 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire, dépassé pendant trois heures consécutives.

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

- centile 99,7 (soit 24 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours) des concentrations horaires : 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est applicable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2005. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2005 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE CIVILE CONSIDÉRÉE	2001	2002	2003	2004
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	120	90	60	30

- centile 99,2 (soit 3 jours de dépassement autorisés par année civile de 365 jours) des concentrations moyennes journalières : 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Valeur limite pour la protection des écosystèmes : 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle et 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur la période allant du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars.

## 5. Polluant visé : ozone

Objectifs de qualité :

110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur une plage de 8 heures pour la protection de la santé humaine ;

200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire et 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne sur 24 heures pour la protection de la végétation.

Seuil d'alerte : 360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire.

## 6. Polluant visé : monoxyde de carbone

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 10 mg/m<sup>3</sup> pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures.

## 7. Polluant visé : benzène

Objectif de qualité : 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle.

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, valable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

ANNÉE	2001 à 2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	5	4	3	2	1

## Définition et mode de calcul des centiles

Le centile est calculé à partir des valeurs effectivement mesurées, arrondies au microgramme par mètre cube le plus proche.

Pour chaque site, toutes les valeurs sont portées dans une liste établie par ordre croissant. Le centile C est la valeur de l'élément de rang k pour lequel k est calculé au moyen de la formule suivante :

$k = C/100 * N$ , N étant le nombre de valeurs portées dans la liste ci-dessus. k est arrondi au nombre entier le plus proche.

## ANNEXE 11

## LISTE DES AGGLOMÉRATIONS

Agglomérations de plus de 250 000 habitants :

Avignon ;  
Béthune ;  
Bordeaux ;  
Clermont-Ferrand ;  
Douai - Lens ;  
Grenoble ;  
Lille ;  
Lyon ;  
Marseille - Aix-en-Provence ;  
Metz ;  
Montpellier ;  
Nancy ;  
Nantes ;  
Nice ;  
Orléans ;  
Paris ;  
Rennes ;  
Rouen ;  
Saint-Etienne ;  
Strasbourg ;  
Toulon ;  
Toulouse ;  
Tours ;  
Valenciennes.

Agglomérations comprises entre 100 000 et 250 000 habitants :

Amiens ;  
Angers ;  
Angoulême ;  
Annecy ;  
Annemasse ;  
Bayonne ;  
Besançon ;  
Brest ;  
Caen ;  
Calais ;  
Chambéry ;  
Dijon ;  
Dunkerque ;  
Le Havre ;  
Limoges ;  
Lorient ;  
Le Mans ;  
Maubeuge ;  
Montbéliard ;  
Mulhouse ;  
Nîmes ;  
Pau ;  
Perpignan ;  
Poitiers ;  
Reims ;  
La Rochelle ;  
Saint-Nazaire ;  
Thionville ;  
Troyes ;

Valence ;  
Fort-de-France (Martinique) ;  
Pointe-à-Pitre, Les Abymes (Guadeloupe) ;  
Saint-Denis (Réunion) ;  
Saint-Pierre (Réunion).

**Arrêté du 23 janvier 2002 fixant la liste des organisations syndicales habilitées à désigner des représentants au comité technique paritaire central de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage**

NOR : ATEN0210040A

Le ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement,  
Vu le code de l'environnement, notamment l'article L. 421-1 ;  
Vu le code rural, notamment les articles R. 221-8, R. 221-16 et R. 221-17 ;

Vu la loi n° 83-634 du 13 juillet 1983 portant droits et obligations des fonctionnaires, ensemble la loi n° 84-16 du 11 janvier 1984 modifiée portant dispositions statutaires relatives à la fonction publique de l'Etat ;

Vu le décret n° 82-452 du 28 mai 1982 modifié relatif aux comités techniques paritaires ;

Vu l'arrêté du 23 septembre 1998 portant création et fixant la composition d'un comité technique paritaire central à l'Office national de la chasse ;

Vu l'arrêté du 18 septembre 2001 fixant les modalités de la consultation du personnel organisée pour le renouvellement du comité technique paritaire central de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage ;

Vu le résultat du scrutin du 11 décembre 2001 organisé en vue de désigner les organisations syndicales qui seront appelées à siéger au sein dudit comité technique paritaire,

Arrête :

**Art. 1<sup>er</sup>.** - Les sièges de représentant du personnel au comité technique paritaire central de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage sont attribués comme suit :

Syndicat national autonome des personnels de l'environnement UNSA (SNAPE-UNSA) : 3 titulaires et 3 suppléants ;

Syndicat national de l'environnement CFDT (SNE-CFDT) : 5 titulaires et 5 suppléants ;

Syndicat des personnels de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage CGT (SPONCFS-CGT) : 1 titulaire et 1 suppléant.

**Art. 2.** - Les organisations syndicales susmentionnées désignent leurs représentants dans un délai de quinze jours à compter de la notification qui leur sera faite du présent arrêté.

**Art. 3.** - Les représentants de l'administration sont nommés par décision du directeur général de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage parmi les fonctionnaires et agents non titulaires de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage qui sont spécialement qualifiés pour traiter des questions entrant dans la compétence des comités techniques.

**Art. 4.** - L'arrêté du 24 septembre 1998 fixant la liste des organisations syndicales habilitées à désigner des représentants au comité technique paritaire central de l'Office national de la chasse est abrogé.

**Art. 5.** - Le directeur général de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 23 janvier 2002.

Pour le ministre et par délégation :

Par empêchement de la directrice de la nature et des paysages :

*La sous-directrice de la chasse, de la faune et de la flore sauvages,*

C. CARO