



# Stratégie de mesure du benzène


Dans l'industrie pétrochimique, il est quasiment impossible d'éviter que des vapeurs de benzène ne s'échappent. Les cancers d'origine professionnelle, eux, peuvent cependant être évités. Cela nécessite toutefois une surveillance précise de l'exposition des salariés au moyen d'une méthode adaptée.

## Identification précise de la présence de benzène, même à des concentrations faibles

Ces dernières années, les connaissances sur les effets cancérigènes du benzène sur le corps humain se sont développées. Le public est également plus sensibilisé, et les entreprises sont aussi soumises à des exigences réglementaires accrues en matière de protection du personnel contre les vapeurs de benzène.

Dans les années 1980, le seuil admissible était de 50 ppm. Aujourd'hui, l'OSHA définit la limite d'exposition admissible (LEA) à 1 ppm, mesurée comme moyenne pondérée dans le temps (MPT). La limite d'exposition recommandée (LER) par le NIOSH est nettement inférieure à 0,1 ppm (moyenne pondérée dans le temps [MPT]). Dans certains pays, les niveaux admissibles sont encore plus bas. En Allemagne, par exemple, la notion d'acceptation du risque du règlement TRGS 910 fixe le niveau d'exposition tolérable à 0,6 ppm. Le niveau d'exposition accepté, actuellement de 0,06 ppm, passe à 0,006 ppm en 2018.

Ces limites strictes constituent un défi pour les services d'hygiène, sécurité et environnement (HSE), car il existe très peu de technologies capables de détecter avec fiabilité des valeurs aussi faibles. En principe, les responsables HSE prennent déjà toutes les dispositions possibles pour éviter d'exposer leur personnel aux substances cancérigènes.

**FAITS ET CHIFFRES** 

**Benzène**

Formule : C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Identifiant : CAS 71-43-2

Obligation d'étiquetage : « Liquide inflammable »

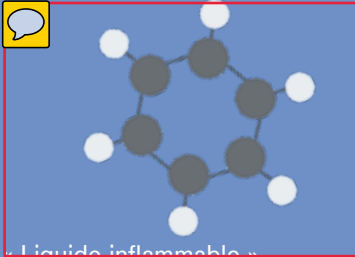
Seuils d'explosivité, % volumique : LIE 1,2 ; LSE 8,6

Classe de toxicité (NFPA) : 3 (dangereux)

Seuil olfactif : 0,78 ppm

Effets sur la santé : irritation des yeux, du nez et des voies respiratoires provoquant des maux de tête, des vertiges, des convulsions et le coma

Chronique : cancer (leucémie)



## VALEURS LIMITES D'EXPOSITION AU BENZÈNE

EU	Allemagne	ÉTATS-UNIS		
Directive européenne 2004/37/EG	Seuil allemand de santé et sécurité au travail (AGW)	OSHA (LEA) <sup>1</sup>	NIOSH (LER) <sup>1</sup>	
1 ppm / 1 ml/m <sup>3</sup>	0,06 ml/m <sup>3</sup> concentration acceptée	MPT	1 ppm	0,1 ppm
	0,6 ml/m <sup>3</sup> concentration tolérée	STEL/CEIL-C (15 min)	5 ppm	1 ppm

ACGIH® et TLV® sont des marques déposées de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists. STEL/CEIL(C) = Valeur limite d'exposition à court terme / TLV-C (= plafond).

## Des tâches de mesure diverses

La mesure du benzène sur le lieu de travail peut impliquer des tâches très diverses comme la mesure dans une cuve en vue de sa maintenance, la mesure de la contamination moyenne d'une zone déterminée ou encore le contrôle des valeurs maximales d'exposition temporaires. De plus, les entreprises appliquent les exigences réglementaires de façons très diverses. Alors que certaines effectuent des mesures dans toutes les zones de travail une fois par an, d'autres procèdent au cas par cas afin de localiser précisément les sites d'exposition maximale. Leur objectif est de sécuriser davantage chacune des étapes essentielles du travail, en appliquant des mesures techniques et organisationnelles, voire en renforçant la protection respiratoire.



<sup>1</sup><http://www.acgih.org/forms/store/ProductFormPublic/2016-guide-to-occupational-exposure-values>

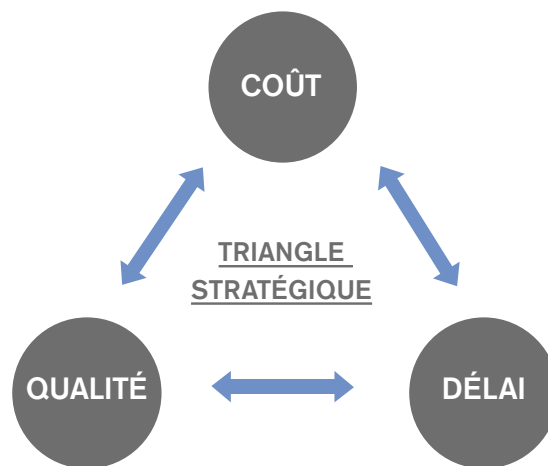
## L'équilibre entre qualité, délai et coût

Dans la sélection des méthodes de mesure, trois critères entrent en compte : la qualité, le délai et le coût.

La **qualité** s'applique à la précision des résultats de mesure. La concentration de benzène doit-elle être mesurée sélectivement ou suffit-il d'additionner toutes les valeurs indiquant la présence d'hydrocarbures dans l'air ?

Le facteur **temps** est quant à lui de plus en plus important, en raison de la pression exercée sur l'amélioration du rendement. Plus la méthode permet l'obtention rapide de résultats fiables, plus vite le travail peut reprendre après l'accès à la zone dangereuse. Les mesures effectuées sur place ont l'avantage d'offrir un gain de temps par rapport aux analyses de laboratoire, puisque l'évaluation peut se dérouler sur le lieu de travail et que l'on peut décider sur-le-champ de mesures supplémentaires.

En matière de **coût**, le nombre et la fréquence des mesures nécessaires jouent un rôle essentiel. Les tubes de détection constituent par exemple une solution économique. Ils sont peu coûteux à l'achat et n'exigent pour ainsi dire aucune maintenance. Toutefois, pour les entreprises effectuant de nombreuses mesures en continu, les solutions réutilisables sont plus abordables.



## La solution : une combinaison intelligente de différentes méthodes

En ce qui concerne la mesure du benzène, il existe une différence entre les méthodes sélectives et non sélectives. Des preuves isolées peuvent être obtenues à partir de tubes de détection, de plaquettes et de collecteurs à diffusion, ainsi que d'analyses en laboratoire. De leur côté, les détecteurs à photo-ionisation (PID) ne mesurent que la somme des hydrocarbures volatils présents dans l'air. C'est pourquoi il convient de les combiner avec des méthodes sélectives.

### DES RÉSULTATS ALARMANTS

En 2014, le NIOSH a mené une étude de terrain<sup>2</sup> dans le secteur de la fracturation pour examiner le niveau d'exposition du personnel au gaz de benzène dans l'atmosphère.

#### Résultats obtenus :

- 15 des 17 échantillons dépassaient la valeur de 0,1 ppm ;
- 2 échantillons dépassaient 0,5 ppm ;
- au cours de certaines opérations, la valeur médiane de 1 ppm pour 15 minutes était régulièrement dépassée ;
- au niveau des ouvertures, des concentrations allant jusqu'à 200 ppm ont été mesurées ;
- un appareil de mesure Ex a affiché jusqu'à 40 % de la limite inférieure d'explosivité d'une concentration de gaz d'hydrocarbures.



<sup>2</sup> Esswein E., Snawder J., King B. et al., « Preliminary Field Studies on Worker Exposures to Volatile Chemicals during Oil and Gas Extraction Flowback and Production Testing Operations », Niosh Science Blog, <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2014/08/21/flowback-2/> (consulté le 17.10.2016)

## APERÇU DES AVANTAGES ET DES LIMITES DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES

### Mesures en laboratoire

*Adaptées aux mesures d'autorisation d'accès, à la surveillance du lieu de travail et aux mesures ponctuelles*

Malgré un investissement en temps et en argent assez élevé, les mesures de laboratoire sont très appréciées, car la plupart des mesures sur site ont une sélectivité et une précision limitées (voir le tableau comparatif des différentes méthodes). En laboratoire, on peut à l'inverse déceler en toute fiabilité des concentrations extrêmement faibles ou élevées.



La méthode nécessite un prélèvement d'échantillon sur place, généralement au moyen d'une pompe et d'un support d'échantillonnage adapté. Le temps d'attente pour l'obtention des résultats dépend de la fluidité du transfert jusqu'au laboratoire. L'évaluation en elle-même peut normalement être rapide.

### Collecteurs passifs

*Adaptés à la surveillance du lieu de travail*

Les collecteurs passifs ou à diffusion, appelés « badges », sont constitués d'un support collecteur de type charbon actif recouvert d'une bandelette en contact avec l'air ambiant. Pour surveiller l'exposition d'un individu, le collecteur passif est fixé au vêtement de celui-ci, dans la zone d'inhalation. Compte tenu des concentrations relativement faibles des substances dans l'air à l'intérieur des locaux, jusqu'à plusieurs semaines d'échantillonnage peuvent être nécessaires pour identifier des substances dans la plage de concentration concernée. Le badge est évalué en laboratoire, tandis que les substances recueillies sont évaluées de façon sélective. En tout état de cause, seules les valeurs moyennes peuvent être enregistrées et les pics d'exposition sont inclus dans ces moyennes.

### UNE AVANCÉE MAJEURE : LA PREMIÈRE MESURE DU BENZÈNE SUR LE TERRAIN

Pas très pratique, ni rapide, avec 40 doubles coups de pompe, mais pour la technologie de mesure des gaz de l'époque, ce fut une petite révolution... En 1939, la pompe manuelle Dräger-Schröter permettait la toute première mesure de benzène sur le terrain. Elle fonctionnait selon le principe suivant : l'air aspiré était recueilli avec du charbon actif et extrait au travers d'une solution alcoolique au moyen de la pompe.

La solution alcoolique était conservée dans un tube à essai contenant un substrat d'acide sulfurique formolé. La concentration de benzène se lisait dans la réaction chimique.



### Tubes de détection

*Adaptés aux mesures d'autorisation d'accès, aux mesures ponctuelles et à la recherche de fuites*

Les tubes de détection permettent de déceler la présence de benzène précisément, rapidement et économiquement. Le nouveau Dräger-Tube® 0,25/a mesure jusqu'aux plus faibles concentrations au-dessus de 0,25 ppm. La mesure du benzène au moyen d'un tube de détection est un procédé simple et rapide. Les tubes sont faciles à utiliser à l'aide d'une pompe manuelle, même par un non spécialiste dans une zone classée Ex. C'est pourquoi les tubes de détection sont bien adaptés à l'analyse de l'air dans les cuves et les réservoirs, ainsi qu'à la recherche de fuites. On peut également s'en servir pour mesurer la contamination dans certaines zones de travail et pour détecter les pics de concentration.



## Dispositifs de mesure à plaquette

*Adaptés aux mesures d'autorisation d'accès, à la surveillance du lieu de travail et aux mesures ponctuelles*

Les dispositifs de mesure à plaquette (CMS, chip measurement system) permettent d'effectuer sur site des mesures ciblant spécifiquement le benzène. Les plaquettes CMS combinent les avantages des tubes réactifs Dräger avec ceux d'un dispositif d'évaluation optoélectronique. La mesure s'effectue au moyen d'une plaquette correspondant à une substance particulière, que l'on insère dans l'analyseur. Au bout d'une à dix minutes, l'analyseur affiche le résultat. Plus la concentration est faible, plus le temps d'attente est long. Il existe deux plages de mesure : de 0,05 à 2,5 ppm ou de 0,2 à 10 ppm.

## Détection par photo-ionisation

*Adaptés aux mesures d'autorisation d'accès, à la surveillance du lieu de travail et aux mesures ponctuelles*

Les détecteurs à photo-ionisation conviennent parfaitement à la localisation d'hydrocarbures, même à une très faible concentration. Toutefois, ils ne permettent pas de mesurer sélectivement le benzène. Si l'on détecte un niveau critique d'hydrocarbure au moyen d'un PID, il faut donc effectuer une mesure supplémentaire avec un tube réactif. On peut également installer au préalable un tube sélectif de détection du benzène, qui filtre les autres hydrocarbures de l'air

et ne laisse pénétrer que le benzène dans le capteur PID. Avec cette méthode, le résultat est disponible au bout d'environ cinq minutes. Si la contamination globale aux hydrocarbures est suffisamment faible, il est possible d'omettre l'étape de la mesure sélective à l'aide d'un tube ou d'un tube préinstallé.

L'un des avantages des détecteurs à photo-ionisation est leur capacité à mesurer en continu et à produire un « profil de concentration » basé sur les résultats de mesure d'une zone de travail pendant la durée d'un poste. Cela facilite la détection des pics d'exposition survenant au cours de certaines étapes du travail. Par rapport à d'autres méthodes de mesure, l'inconvénient des PID est leur coût élevé.



## COMPARAISON DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE MESURE

Méthode	Une mesure sélective est-elle possible ?	Plage de mesure	Utilisation sur site ?	Facteur temps	Coût
Laboratoire	Oui	Quasiment illimitée	Non	Plusieurs heures	Élevé
PID (par ex. Dräger X-am® 8000)	Combiné avec un tube sélectif au benzène	De 0,05 ppm à 2 000 ppm (selon le type de capteur), gaz : isobutylène	Oui	1 minute	Modéré
Tube de détection Dräger-Tube®	Oui	0,1 ppm ou 1 à 2 000 ppm	Oui	5 minutes	Faible
Dispositif de mesure à plaquette	Oui	De 0,05 ppm à 2 500 ppm (selon la plaquette)	Oui	1 à 10 minutes	Modéré

## Une solution éprouvée pour des autorisations d'entrée en espace confiné efficaces

Les PID avec tubes préinstallés, les tubes de détection, les dispositifs de mesure à plaquette et l'évaluation sélective du benzène en laboratoire sont autant de méthodes adaptées à la mesure avant entrée en espace confiné (cuve, réservoir, salle, etc.).

La combinaison d'un PID et d'un tube de détection constitue une méthode économique. Au cours d'un test préliminaire, le PID additionne les valeurs de tous les hydrocarbures présents. La valeur totale permet d'estimer la concentration de benzène, base sur laquelle on peut décider s'il est nécessaire de ventiler davantage.

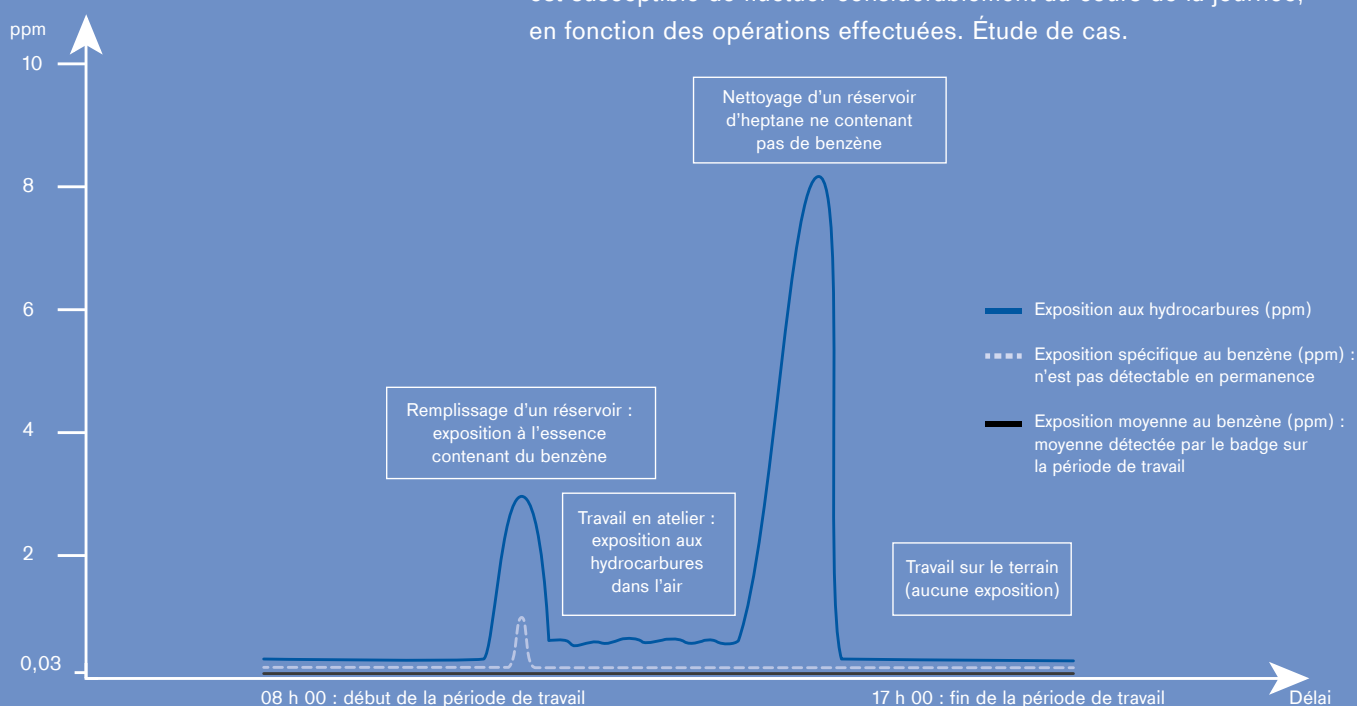
Par exemple, si, au cours du test préliminaire, la somme des valeurs d'hydrocarbures dans une cuve de benzène s'avère inférieure à la valeur maximale fixée à 10 ppm, au cours d'un second test, on mesure sélectivement le benzène au moyen d'un pré-tube pour PID, d'un tube réactif ou d'un dispositif à plaquette. Ce procédé a l'avantage d'être rapide, ce qui permet de prendre des décisions en toute sécurité, et d'être économique, de par l'utilisation d'un tube réactif spécifique.



## Une surveillance fiable du lieu de travail

La quantité de benzène à laquelle est exposé le personnel au cours d'une période de travail dépend des opérations réalisées et des concentrations qui en résultent. Dans l'industrie pétrochimique, il n'est pas rare que les niveaux de contamination soient sujets à des fluctuations. L'exposition peut être très élevée lors du remplissage, de l'échantillonnage et des autres interventions à réservoir ouvert, mais elle est quasiment inexistante dans les zones de bureaux et à l'extérieur.

### FLUCTUATION DE LA CONTAMINATION



Les collecteurs à diffusion tels que les badges ORSA conviennent à la surveillance en continu. Les PID peuvent également être utilisés car ils réagissent rapidement aux fluctuations de concentration et indiquent immédiatement tout dépassement du seuil limite. L'enregistrement des données constitue un autre avantage des PID : toutes les valeurs mesurées sont stockées et peuvent être analysées ultérieurement.

Pour calculer la concentration moyenne de benzène sur un lieu de travail, il faut prélever un échantillon pendant toute la période de travail (généralement 8 heures) ou une série d'échantillons sur une durée de 30 minutes chacun.

Afin de déterminer les pics d'exposition dans le cadre de la réglementation NIOSH (LER), on prélève des échantillons dans la zone de travail concernée, au moyen de tubes de détection ou sur un support permettant l'analyse en laboratoire.

Dans l'idéal, l'échantillon doit être prélevé à un endroit où la composition de l'atmosphère est la plus représentative de l'air

qui sera respiré par l'employé. Le ministère de la Santé et des Services sociaux des États-Unis recommande de prélever au moins trois échantillons sur une durée de 15 minutes chacun.<sup>3</sup> L'échantillon dont la valeur est la plus élevée est ensuite désigné comme correspondant à la concentration maximale.

### La combinaison des méthodes de mesure : une solution économique

Dans la pratique, les entreprises effectuent différents types de mesures. Une fois l'autorisation d'accès accordée, il faut par exemple continuer à surveiller la zone. Chaque méthode de mesure du benzène présente ses spécificités. Une méthode convient parfaitement à l'autorisation d'entrée et une autre à la surveillance. C'est pourquoi il est pertinent de combiner les différentes méthodes, en particulier si le benzène doit être détecté à des concentrations très faibles, semblables à celles fixées par la limite d'exposition recommandée par le NIOSH. Une bonne stratégie peut permettre de réduire nettement le coût de la mesure des concentrations de benzène.

## NOS SOLUTIONS POUR LA STRATÉGIE DE COMBINAISON DES MÉTHODES



<sup>3</sup> Occupational Safety and Health Guideline for Benzene, <https://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0049.pdf> (consulté le 17.10.2016)

## La combinaison des méthodes peut coûter jusqu'à 75 % moins cher que les mesures de laboratoire

Quels sont les coûts respectifs des tubes réactifs et des analyses de laboratoire dans le cadre des mesures d'autorisation d'accès ?

Exemple de calcul des coûts d'échantillonnage dans une usine pétrochimique en Allemagne :

- Hypothèse : 15 mesures quotidiennes selon la LEA de l'OSHA (1 ppm), à raison de 230 jours de travail par an
- Stratégie de mesure d'autorisation d'entrée dans l'UE et dans le reste du monde : test préliminaire au moyen du Dräger X-am® 8000 (PID), soit 0,46 EUR par test), sachant qu'environ 20 % des mesures ont été suivies d'une mesure sélective du benzène coûtant 6,26 EUR par tube (Dräger-Tube® destiné au benzène ou pré-tube de mesure sélective au moyen du X-am® 8000)
- Seules 20 % des autorisations d'entrée sont soumises à un échantillonnage aléatoire en laboratoire (30 EUR par test)

### Précis et économique



■ Méthode de mesure par test préliminaire avec PID, mesure sélective avec tube + plaquette et test en laboratoire. Total : 15 tests par PID (0,46 EUR l'unité), 4 tests avec tube (6,25 EUR l'unité) et 3 tests en laboratoire (30 EUR l'unité), à raison de 230 jours.

■ Méthode de mesure du benzène avant l'entrée en espace confiné uniquement en laboratoire. Total : 15 tests de laboratoire à 30 EUR l'unité, à raison de 230 jours.

### DES MESURES SUR SITE EN CINQ MINUTES

Simple, rapide et économique, le nouveau tube réactif Dräger-Tube® pour benzène permet d'effectuer des mesures sélectives directement sur site. Dans la plage de 3 à 10 ppm, un seul coup de pompe suffit. Pour les valeurs situées entre 0,25 et 2 ppm, cinq coups de pompe fournissent des résultats précis en seulement cinq minutes.



### SPÉCIALISÉ DANS LES FAIBLES ET LES FORTES CONCENTRATIONS D'HYDROCARBURES, DONT LE BENZÈNE

Pour détecter les hydrocarbures difficilement identifiables, il suffit d'équiper l'X-am 8000® d'un des deux capteurs PID haute performance. Le détecteur à photo-ionisation pour hautes concentrations (HC) couvre une plage de mesure allant de 0 à 2 000 ppm (isobutylène). Le PID pour faibles concentrations (LC) convient parfaitement à la plage de mesure allant de 0 à 10 ppm (isobutylène), avec une faible résolution dans la plage inférieure à 1 ppm.

Pour la mesure spécifique du benzène, l'X-am 8000 peut être utilisé avec un pré-tube. Cela a l'avantage de ne nécessiter qu'un seul appareil de mesure pour cette application, ce qui réduit considérablement le coût d'achat, de maintenance et de transport des appareils. L'utilisation des pré-tubes est prise en charge par un assistant intégré.



#### IMPRIMÉ

EN ALLEMAGNE  
Dräger Safety AG & Co. KGaA  
Revalstraße 1  
23560 Lübeck

[www.draeger.com](http://www.draeger.com)