



BENZÈNE¹

Les retombées atmosphériques issues des émissions d'une ICPE, constituées de gaz et/ou de particules, pourront conduire, en fonction des substances et de l'usage des milieux, à une exposition directe (par inhalation) ou indirecte (par ingestion) des populations. L'objectif d'une surveillance environnementale est donc de disposer de résultats de mesure qui vont permettre de déterminer si ces retombées atmosphériques risquent de dégrader l'environnement et le cas échéant si cette dégradation peut provoquer des effets sanitaires sur la population générale. Le Guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées s'attache à expliquer la méthodologie générale pour réaliser correctement une surveillance environnementale.

Le présent document, quant à lui, complète le guide général en présentant les principales caractéristiques physico-chimiques, les valeurs de gestion et niveaux mesurés dans l'air ambiant et/ou dans les dépôts atmosphériques, ainsi que les méthodes de mesures appropriées pour une substance donnée.

Nom de la Direction en charge du rapport : Direction Milieux et Impacts sur le Vivant

Rédaction : CULEUX Orane, MIGNE-FOUILLEN Virginie

Vérification : QUERON Jessica

Approbation : MORIN Anne

1. Physico-chimie²

Le benzène, C₆H₆, (N° CAS : 71-43-2) est un liquide volatil, avec une odeur aromatique (seuil de détection olfactif entre 1,5 et 4,7 ppm).

En fonction de l'environnement, du climat et de la concentration d'autres polluants, sa durée de vie dans l'atmosphère varie de quelques heures à quelques jours. La réaction avec les radicaux d'hydroxyle est sa voie de dégradation la plus importante, mais il peut être aussi lessivé de l'air par la pluie (légèrement soluble dans l'eau).

Dans l'atmosphère, le benzène se retrouve sous forme gazeuse.

2. Valeurs de gestion dans l'air ambiant

Les valeurs réglementaires sont données à titre indicatif, il est recommandé de se reporter au rapport « Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 30/06/2020 » (Ineris-20-200358-2190502-v 3.0 – Mai 2021) mis à jour régulièrement.

La valeur limite dans l'air ambiant et l'objectif qualité pour le benzène, définies dans le décret n° 2010-1250 du 21/10/2010 relatif à la qualité de l'air, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Valeur limite du benzène dans l'air ambiant³

Type de valeur	Valeur en µg/m ³	Période de référence
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	5	Moyenne Annuelle sur une année civile
Objectif Qualité	2	Moyenne Annuelle sur une année civile

Chaque valeur réglementaire dans l'air est associée à une référence temporelle. Il s'agit, dans tous les cas, de valeurs moyennes intégrées sur des périodes de référence pertinentes pour les effets considérés. Pour chaque valeur, l'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293°K et 101,3 kPa.

La directive sur la qualité de l'air ambiant 2008/50, de laquelle le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 est la transposition en droit français, a été révisée par la Commission Européenne. Cette nouvelle directive nommée Directive 2024/2881 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe⁴ a été officiellement publiée le 20 novembre 2024 pour fixer des nouvelles normes contraignantes pour l'UE pour 2030 alignées sur les recommandations de l'OMS et un objectif pollution zéro d'ici à 2050. Pour le benzène, les nouvelles valeurs limites plus contraignantes présentées dans le tableau ci-dessous seront applicables à partir du 1^{er} janvier 2030 :

Tableau 2 : Valeurs limites du benzène pour la protection de la santé humaine devant être atteintes au plus tard le 1^{er} janvier 2030

Type de valeur	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Période de référence
Valeur limite	3,4	Moyenne Annuelle sur une année civile

3. Niveaux mesurés dans différents types de milieux atmosphériques⁵

Ces niveaux sont donnés à titre indicatif, il est recommandé de vérifier si des données plus récentes ou plus spécifiques à la situation étudiée sont disponibles en France.

La base de données Geod'Air⁶ recense les valeurs de fond mesurées en France. Le Tableau 4 présente les valeurs moyennes sur la période comprises entre 2021 et 2023 selon différentes typologies d'environnement. Néanmoins, dans le cadre de l'interprétation des campagnes de surveillance environnementale, il est vivement conseillé de consulter prioritairement les données issues des stations situées à proximité du site industriel en question, si elles sont disponibles.

Tableau 4 : Concentrations en benzène mesurées en France métropolitaine entre 2021 et 2023

Environnements (période couverte)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nombre de stations
Urbain	0,97	13
Périurbain	1	1
Industriel	1,2	14
Trafic	1,2	23

En 2023, le seuil réglementaire annuel fixé à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la protection de la santé à long terme est respecté sur l'ensemble des stations de mesure. On observe une légère baisse des concentrations moyennes de benzène en milieu urbain passant de 1 à $0,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par rapport au dernier rapport, ainsi qu'une baisse passant de 1,4 à $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne en milieu industriel. Toutefois, au regard de l'objectif de qualité fixé au niveau français ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seule une station de mesure, sous influence trafic, présente une concentration annuelle en benzène supérieure à celle-ci. Il s'agit de la station de Reneville en Martinique, avec une moyenne annuelle de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Une nouvelle campagne logements (CNL2¹) a été menée par l'OQEI pour laquelle 170 polluants dont le benzène ont été mesurés dans près de 600 logements et à l'extérieur. Les résultats devraient être disponibles prochainement.

¹ <https://www.oqai.fr/fr/campagnes/campagne-nationale-logements-2>

4. Méthodes de mesures des concentrations

Pour la plupart des COV, la voie d'exposition aux retombées atmosphériques est l'inhalation. Dans ce cas seules les concentrations dans l'air des phases gazeuse de ces substances sont mesurées.

Les mesures du benzène dans l'air peuvent être réalisées par des méthodes manuelles ou par des méthodes automatiques, donnant des résultats intégrés ou en continu.

4.1. Méthodes manuelles actives^{7, 8, 9}

La Directive 2008/50/CE indique en annexe VI que «La méthode de référence utilisée pour la mesure du benzène est celle décrite dans la norme EN 14662 (2005), parties 1, 2 et 3: «Qualité de l'air ambiant — méthode normalisée pour le mesurage des concentrations en benzène ».

Le prélèvement actif est réalisé par pompage de l'air à échantillonner, à travers un tube contenant un ou plusieurs adsorbants. Pour la mesure des BTEX en général et du benzène en particulier, il est recommandé d'utiliser des adsorbants en noir de carbone graphitisé tels le Carbotrap, le Carbopack B, le Carbopack X (ce choix devra être déterminé en fonction des autres polluants à mesurer).

Les débits de prélèvement recommandés pour de tels tubes sont compris entre 10 et 200 mL/min. La quantité de composés prélevés sur le tube dépend de la capacité de rétention de ce dernier. Ces tubes permettent de réaliser des prélèvements de quelques minutes à plusieurs heures, voire jours selon l'adsorbant et le débit choisi.

L'incertitude associée au prélèvement par tube actif a fait l'objet de travaux au sein du LCSQA. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Incertitude globale sur la mesure des concentrations en benzène (%) – Carbopack X 450mg – 7 jours¹⁰

Composé	Niveau de concentration étudié (µg/m ³)	Incertitude sur la concentration (%)
Benzène	~5	10

Un fascicule de documentation AFNOR a été publié pour le benzène¹¹ afin d'aider les utilisateurs de systèmes automatiques ou manuels de mesure de concentrations en polluants gazeux à l'air ambiant, à déterminer l'incertitude associée aux résultats de mesurage fournis pour l'ensemble de la gamme de mesure utilisée.

Pour les canisters, les prélèvements s'effectuent sur plusieurs heures (généralement entre 4 et 24 heures). Ils sont équipés d'un système de régulation de débit pour les prélèvements à des débits situés entre 4 et 50 mL/min. Les canisters permettent le prélèvement simultané d'une large gamme d'hydrocarbures. Contrairement au prélèvement sur tubes, l'humidité est nécessaire à la conservation de COV prélevés en canisters : humidité ambiante (autour de 40-50% HR) pour les canisters électropolis. Ce phénomène est moins critique dans les canisters

revêtus de silice amorphe : un taux d'humidité de 10% peut suffire. L'analyse doit être faite dans les 8 jours qui suivent le prélèvement.

Que le prélèvement ait été fait par tubes ou par canisters, l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse suivi d'une détection par ionisation de flamme (GC/FID), ou d'un spectromètre de masse (GC/MS). Pour les prélèvements sur tube, la récupération du benzène peut se faire par désorption thermique (norme 14662-1) ou par désorption chimique (norme 14662-2).

4.2. Méthodes manuelles passives^{12, 13, 14}

Le prélèvement passif est réalisé à l'aide de tubes à diffusion, cartouches contenant un adsorbant. Le prélèvement est ainsi réalisé sur des périodes de plusieurs jours et intègre les variations de concentration. La durée d'exposition ainsi que les conditions de température ambiante sont prises en compte pour la détermination de la concentration en composé recherché. Il existe deux types de tubes : les tubes à diffusion axiale et les tubes à diffusion radiale. Les adsorbants utilisés sont les mêmes que ceux présentés précédemment pour les tubes actifs.

Les normes 14662-4 et 14662-5 donnent des indications sur les méthodes manuelles passives et leur analyse.

Les tubes radiaux sont des tubes Radiello[®]. La cartouche contenant l'adsorbant est introduite dans un corps diffusif cylindrique et l'adsorption se fait sur toute la surface du cylindre. Leur débit de prélèvement est plus élevé que celui des tubes axiaux. Pour le benzène, la durée de prélèvement peut aller de 7 à 14 jours. La limite de détection pour le benzène, après 7 jours de prélèvement est de 0,05 µg/m³.

Les tubes axiaux sont principalement de type Perkin Elmer[®]. Ils présentent des débits de prélèvement cinquante fois plus faibles que les débits de prélèvement sur tube Radiello[®]. Le choix du type de tube se fera en fonction de la durée de prélèvement et de la concentration attendue. La durée de prélèvement dépend de la concentration. Elle est en général de 7 à 14 jours pour les concentrations généralement rencontrées dans l'air ambiant.

La récupération des BTEX adsorbés sur le tube se fait par thermodésorption, préférable à la désorption par solvant, moins sensible. L'étape de thermodésorption est suivie d'une étape de préconcentration sur un piège froid et analyse par chromatographie gazeuse couplée à une détection soit FID soit par spectrométrie de masse.

4.3. Méthodes automatiques¹⁵

La mesure en temps réel des BTEX se fait par des chromatographes en phase gazeuse, de taille réduite, mesurant exclusivement le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les m, p et o-xylènes. Ils comprennent un dispositif d'aspiration et de préconcentration des COVs, suivis d'une colonne chromatographique et d'un ou deux systèmes de détection, par ionisation de flamme (FID) ou photo-ionisation (PID).

Pour le benzène, la mesure par analyseur automatique est reconnue comme une des méthodes de référence pour la surveillance de ce polluant dans l'air ambiant dans le cadre de la directive

européenne 2008/50/CE (norme NF EN 14662-3, décembre 2015). C'est une des méthodes de référence pour la surveillance du benzène. En raison de la durée de prélèvement et d'analyse, ces appareils donnent des mesures dites quart-horaires, c'est à dire espacées d'un quart d'heure. Ce type de mesure est idéal pour le suivi en continu des concentrations de BTEX.

4.4. Synthèse

	Méthodes	Résolution temporelle	Limite de détection / quantification	Commentaires
Mesures intégrées	Tube actif	Quelques heures (de 10 à 200 mL/min)	Sub-ppt par ECD* (aliquote de 1 L) Sub-ppb par GC/MS (aliquote de 1 L)	Prélèvement simultané d'une large gamme de composés chlorés Volume recommandé pour tube Tenax : 5,4 L pour le chlorure d'éthylène
	Canisters	Jusqu'à 24h	Sub-ppb par FID** (aliquote de 500 mL) LQ ~1 µg/m ³ par GC-MS	Prélèvement simultané d'une large gamme de composés chlorés
	Tube passif radial	De 1 à 7 jours	Environ 0,05 ppb pour un prélèvement d'une semaine (FID) LQ ~ 1 µg/m ³ pour un prélèvement d'une semaine (GC-MS)	Prélèvement simultané d'une large gamme de composés chlorés Résultats quantitatifs pour le chlorure d'éthylène
Mesures en continu	Analyseur automatique	15 min	~0,0325 µg/m ³	Idéal pour le suivi en continu des BTEX

* Détecteur à capture d'électrons

** Détecteur à ionisation de flamme

5. Références

- ¹ Ineris. Portail Substance Chimique : Benzène. (<https://substances.ineris.fr/fr/substance/439>) – Consulté en 2025
- ² Ineris, 2006 - Données technico-économiques sur les substances chimiques en France, Benzène
- ³ Ineris, 2021 - Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 30/06/2020 » (Ineris-20-200358-2190502-v 3.0 – Mai 2021)
- ⁴ Journal officiel de l'Union européenne (2024). Directive (UE) 2024/2881 du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe (refonte)
- ⁵ Ineris, 2006 - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Benzène - INERIS–DRC-01-25590-00DR256
- ⁶ Données de la base Geod'Air disponibles sur <https://www.geodair.fr/donnees/consultation>
- ⁷ NF EN 14662-1 - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage des concentrations en benzène - Partie 1 : échantillonnage par pompage suivi d'une désorption thermique et d'une méthode chromatographie en phase gazeuse. Novembre 2005
- ⁸ NF EN 14662-2 - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en benzène - Partie 2 : prélèvement par pompage suivi d'une désorption au solvant et d'une méthode de chromatographie en phase gazeuse. Novembre 2005
- ⁹ LCSQA, 2014 – Guide méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant – https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/lcsqa-guide_methodologique_benzene-2015_vf.pdf
- ¹⁰ Ineris, 2010 - Stratégie de mesure des niveaux de concentration en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes dans l'air ambiant autour d'installations classées. Cas des sites industriels. N° INERIS- DRC-10-112289-10754A
- ¹¹ FD X 43-070-5 : Qualité de l'air – Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant – Partie 5 : Estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène réalisés sur site par pompage suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse. Décembre 2008
- ¹² NF EN 14662-4 - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage des concentrations en benzène - Partie 4 : échantillonnage par diffusion suivi d'une désorption thermique et d'une chromatographie en phase gazeuse. Novembre 2005
- ¹³ NF EN 14662-5 - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration de benzène - Partie 5 : prélèvement par diffusion suivi d'une désorption au solvant et d'une chromatographie gazeuse. Novembre 2005
- ¹⁴ LCSQA, 2020 – Guide de validation des données de mesures à analyse différée - https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2019_Guide_Validation_donnees_mesures_differees.pdf
- ¹⁵ NF EN 14662-3 - Qualité de l'air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en benzène - Partie 3 : prélèvement par pompage automatique avec analyse chromatographique en phase gazeuse sur site. Décembre 2015