

# Le benzène

## Recommandation

*La concentration maximale acceptable (CMA) de benzène dans l'eau potable est de 0,005 mg/L (5 µg/L).*

## Propriétés physico-chimiques, utilisations et sources de contamination

Le benzène, le composé homologue le plus simple de la série des hydrocarbures aromatiques, est une molécule cyclique plane, comprenant six atomes de carbone disposés selon un hexagone régulier. Il s'agit d'un produit volatil, incolore et dégageant une odeur caractéristique. Il est soluble dans l'eau à raison de 1 000 mg/L et miscible dans de nombreux solvants organiques.<sup>1</sup> Sa pression de vapeur atteint 13 kPa à 25°C.

Au Canada, on fabrique chaque année environ 700 kilotonnes de benzène, qui est utilisé surtout pour la synthèse d'autres composés organiques.<sup>1</sup> Le benzène est un constituant de l'essence, qui en renferme environ 1 à 2 pour cent, et les rejets des véhicules sont la principale source du benzène contaminant l'environnement. Celui qui contamine l'eau provient des effluents industriels et de la pollution atmosphérique.

## Exposition

On ne dispose que de peu de données sur la concentration du benzène dans l'eau potable des réseaux de distribution du Canada. On a détecté du benzène dans 50 à 60 pour cent des échantillons d'eau potable prélevés dans 30 installations de traitement au Canada. Les concentrations moyennes variaient entre 1 et 3 µg/L; on a relevé une teneur maximale de 48 µg/L dans un échantillon.<sup>2</sup> La quantité totale de benzène absorbée quotidiennement dans 1,5 L d'eau potable contenant 2 µg/L de benzène est de 3 µg. Dans les logements, on peut également être exposé à l'inhalation de vapeurs de benzène provenant de l'eau courante, car le benzène est très volatil.

On n'a que peu de données sur la teneur en benzène des produits alimentaires. À partir d'une estimation approximative de l'absorption alimentaire de benzène aux États-Unis (250 µg/jour),<sup>3</sup> on peut affirmer que les produits alimentaires constituent probablement la

principale source d'ingestion du benzène. Dans des échantillons d'air prélevés à Toronto entre le 1<sup>er</sup> octobre 1984 et le 1<sup>er</sup> octobre 1985, la concentration de benzène était en moyenne de 10,2 µg/m<sup>3</sup> et atteignait jusqu'à 38,2 µg/m<sup>3</sup> (105 échantillons). À Montréal, au cours de la même période, les concentrations étaient plus élevées; elles étaient en moyenne de 24,3 µg/m<sup>3</sup> et atteignaient jusqu'à 91,4 µg/m<sup>3</sup> (49 échantillons).<sup>4</sup>

## Méthodes d'analyse et techniques de traitement

Le benzène est dosé par une chromatographie en phase gazeuse dite "purge and trap." L'Environmental Protection Agency des États-Unis estime que le seuil pratique de mesure quantitative des concentrations de benzène dans l'eau (fondé sur la capacité des laboratoires à le doser avec une précision suffisante) peut atteindre 5 µg/L.<sup>5</sup> Des travaux effectués par le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social confirment ces résultats.<sup>6,7</sup>

Les données dont nous disposons indiquent également que la concentration du benzène dans l'eau potable n'est pas réduite de façon notable par les procédés habituels de traitement.<sup>1</sup> Toutefois, l'élimination des matières organiques volatiles par aération dans les tours garnies et adsorption sur granules de charbon actif paraît atteindre de 90 à 99 pour cent,<sup>5</sup> et de telles méthodes permettraient de réduire à moins de 1 µg/L la concentration de benzène dans l'eau potable.

## Effets sur la santé

Le benzène est rapidement et largement absorbé (de 30 à 50 pour cent) par inhalation. On n'a pas de données quantitatives sur l'absorption du benzène dans l'appareil digestif, après ingestion, mais on sait qu'il est très peu absorbé par la peau. Jusqu'à 50 pour cent du benzène inhalé est expiré tel quel, et le reste est excrété principalement dans l'urine, sous forme de métabolites (p. ex.: esters sulfuriques et glucuronides de phénol, catéchol, quinol et hydroxyquinol). Lipophile, le benzène s'accumule surtout dans les tissus adipeux. Il s'accumule également dans la moelle osseuse et dans les

tissus de l'axe cérébro-spinal; on en trouve des quantités intermédiaires dans le foie et de faibles quantités dans la rate et le sang.<sup>1</sup>

Il existe une quantité appréciable de données sur les effets de l'inhalation de benzène sur la santé humaine. L'exposition aiguë à de fortes concentrations affecte d'abord l'axe cérébro-spinal, causant des étourdissements, des vertiges, des nausées et des vomissements, des maux de tête et de la somnolence et, à des concentrations de l'ordre de 20 000 ppm (65 000 mg/m<sup>3</sup>), la narcose, le coma et parfois la mort. Les premiers symptômes de toxicité aiguë sont rapidement réversibles et ne se manifestent pas à de faibles concentrations, peu importe la durée de la période d'exposition.<sup>8</sup>

À de faibles concentrations, le benzène est toxique pour les organes hématopoïétiques, et provoque toute une série de troubles hématologiques allant d'une légère diminution de la numération plaquettaire jusqu'à l'anémie aplasique, une maladie qui entraîne rapidement la mort.<sup>1,8</sup> En outre, le benzène provoque la leucémie myéloblastique aiguë, la leucémie myélo-monocytaire et l'érythroleucémie. Parmi les symptômes cliniques secondaires découlant d'une exposition chronique au benzène, on observe une susceptibilité accrue aux infections; le benzène peut en effet freiner les réponses immunitaires. Il est difficile d'arriver à des conclusions précises au sujet des concentrations sans effet nuisible pour les diverses anomalies hématologiques signalées, compte tenu du peu de données sur l'exposition publiées dans les études épidémiologiques et la difficulté de distinguer les divers effets dans une série de symptômes apparentés; on a toutefois relié les modifications de la numération plaquettaire chez les travailleurs à l'exposition à des concentrations aussi faibles que 10 à 20 ppm (32 à 65 mg/m<sup>3</sup>).<sup>9-11</sup> On a également observé une incidence accrue de la leucémie chez des groupes de travailleurs exposés à moins de 10 ppm (<32 mg/m<sup>3</sup>) pendant des périodes aussi courtes qu'un an,<sup>12-15</sup> et des aberrations chromosomiques ont été enregistrées à des concentrations en milieu de travail de l'ordre de 2 ppm (6 mg/m<sup>3</sup>) en moyenne.<sup>16</sup>

Chez les animaux de laboratoire exposés au benzène, on a observé des anomalies hématologiques similaires à celles notées chez l'homme, en particulier la cytopénie et l'anémie aplasique. La plupart des données ont été obtenues au cours d'études par inhalation, mais une étude des effets à long terme de l'ingestion de benzène par des rats et des souris a été effectuée récemment dans le cadre du National Toxicology Program (NTP).<sup>17</sup> Chez des rats F344/N et des souris B6C3F<sub>1</sub> (50 de chaque sexe) ayant ingéré quotidiennement, par gavage, de 0 à 200 mg/kg p.c. de benzène dans de l'huile de maïs, cinq jours par semaine pendant 103 semaines, on a observé des effets hématologiques tels une déplétion lymphoïde des follicules spléniques

(rats) et du thymus (rats mâles), une hyperplasie hématopoïétique de la moelle osseuse (souris), et une lymphocytopénie accompagnée d'une leucocytopénie (rats et souris). Plusieurs de ces effets se sont manifestés à la plus faible exposition (25 mg/kg p.c. par jour).

Ce n'est que tout récemment que des résultats obtenus chez des animaux de laboratoire sont venus confirmer le pouvoir cancérigène du benzène respiré par l'homme en milieu de travail,<sup>18,19</sup> ou absorbé par ingestion.<sup>17,20,21</sup> Maltoni et Scarnato ont observé une augmentation significative de l'incidence des tumeurs de la glande de Zymbal, des cancers mammaires et de la leucémie chez des rats Sprague-Dawley après administration par gavage de 50 et de 250 mg/kg p.c. de benzène dans de l'huile d'olive, quatre ou cinq jours par semaine pendant 52 semaines.<sup>21</sup> En outre, ils ont observé une incidence accrue des épithéliomas malpighiens de la cavité buccale, des cancers de la cavité nasale et des angiosarcomes du foie dans une étude ultérieure, au cours de laquelle ils ont administré à la même souche, par gavage, 500 mg/kg p.c. de benzène dans l'huile de maïs par jour, quatre ou cinq jours par semaine pendant 92 semaines. Au cours des études du NTP mentionnées ci-dessus, on a observé une incidence accrue des néoplasmes primaires de la glande de Zymbal, de la cavité buccale et de la peau chez les rats (mâles seulement).<sup>17</sup> Chez les souris, c'est l'incidence des tumeurs de la glande de Zymbal, de la glande préputiale (mâles), de l'ovaire et de la glande mammaire (femelles), de la glande de Harder et du poumon ainsi que du tissu lymphoïde qui a augmenté.

Le benzène ne s'est pas révélé mutagène dans les expériences menées sur des bactéries;<sup>1,8</sup> il provoque toutefois *in vivo* des aberrations chromosomiques chez diverses espèces. Il donne également des résultats positifs dans le test sur micronucléus chez la souris. Les résultats des études tératologiques indiquent que le benzène n'est pas tératogène aux doses non toxiques pour la mère.<sup>1</sup>

### Classification et évaluation

Le benzène est un agent cancérigène reconnu pour l'homme; on l'a donc classé dans le Groupe I (produits cancérigènes pour l'homme). On ne dispose pas de suffisamment de données épidémiologiques pour faire une évaluation quantitative des risques de cancer découlant de l'exposition à de faibles concentrations de benzène; les études pertinentes ne fournissent pas de données adéquates sur le degré d'exposition ou la taille de la population exposée. En outre, les travailleurs exposés au benzène en milieu de travail sont généralement exposés à d'autres produits chimiques. On a donc calculé les risques de cancer à partir des résultats des essais biologiques par gavage du pouvoir cancérigène du benzène qui viennent d'être effectués chez les rats

F344/N et les souris B6C3F<sub>1</sub>, dans le cadre du NTP.<sup>17</sup> En introduisant un facteur de correction dépendant de la superficie de la tumeur et en utilisant un modèle dynamique d'extrapolation linéaire pour chacun des types de tumeur dont le développement a été notable, on calcule que les risques causés par l'absorption de 1 µg de benzène par litre\* d'eau potable au cours de la vie varient de  $6,1 \times 10^{-7}$  (en se fondant sur l'incidence des leucémies et des lymphomes chez la souris femelle) à  $6,7 \times 10^{-6}$  (en se fondant sur l'incidence des épithéliomas malpighiens de la cavité buccale chez le rat mâle). Voici les plages de concentration dans l'eau potable correspondant aux risques de ces mêmes types de cancer au cours de la vie de  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  et  $10^{-7}$  calculés grâce au modèle mentionné ci-dessus:

Risque au cours de la vie	Concentration du benzène dans l'eau potable en µg/L
$10^{-5}$	1,5 – 16
$10^{-6}$	0,15 – 1,6
$10^{-7}$	0,015 – 0,16

### Justification

Étant donné que le benzène est classé dans le Groupe I (agents cancérogènes pour l'homme), le calcul de la concentration maximale acceptable (CMA) se fonde sur les techniques de traitement pratiquement disponibles et sur le calcul des risques de cancer au cours de la vie. Puisqu'il faut que la CMA soit aussi mesurable par les techniques d'analyse disponibles, on doit aussi prendre en considération le seuil pratique d'évaluation quantitative.

On a donc fixé une CMA de 0,005 mg/L (5 µg/L) pour le benzène à partir des considérations suivantes:

(1) Les risques de cancer au cours de la vie découlant de l'ingestion de 1 µg de benzène par litre d'eau potable varient de  $6,1 \times 10^{-7}$  (en se fondant sur l'incidence des leucémies et des lymphomes chez la souris femelle) à  $6,7 \times 10^{-6}$  (en se fondant sur l'incidence des épithéliomas malpighiens de la cavité buccale chez le rat mâle). Le risque de cancer au cours de la vie découlant de l'ingestion d'eau potable renfermant 5 µg/L de benzène (c.-à-d.  $3,1 \times 10^{-6}$  à  $3,4 \times 10^{-5}$ ) se situe dans une plage qu'on considère comme "fondamentalement négligeable."

(2) Les données disponibles indiquent que la concentration de benzène dans l'eau potable ne diminue pas de façon notable après traitement par les méthodes habituelles. On pourrait toutefois réduire la

concentration de benzène à moins de 1 µg/L par aération dans une tour garnie et par adsorption sur granules de charbon actif.

(3) Le seuil pratique d'évaluation quantitative du benzène (fondé sur la capacité des laboratoires à le doser avec une précision suffisante) est de 5 µg/L.

### Références bibliographiques

- Holliday, M.G. et Englehardt, F.R. Benzene. A criteria review. Rapport mandaté par la Division de la surveillance et des critères, Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa, 30 mars (1984).
- Otson, R., Williams, D.T. et Bothwell, P.D. Volatile organic compounds in water at thirty potable water treatment facilities. J. Assoc. Off. Anal. Chem., 65: 1370 (1982).
- U.S. National Research Council. Drinking water and health. Vol. 3. National Academy Press, Washington, DC (1980).
- Environnement Canada. Toxic organic data summary. Division de la mesure de la pollution, Service de la protection de l'environnement, Ottawa, février (1986).
- U.S. Environmental Protection Agency. National primary drinking water regulations; volatile synthetic organic chemicals. Fed. Regist., 50(219): 46902 (1985).
- Otson, R. et Williams, D.T. Headspace chromatographic determination of water pollutants. Anal. Chem., 54: 942 (1982).
- Mann Testing Laboratories. GC/MS analysis of 51 volatile pollutants in raw and treated water, Phase II. Rapport mandaté par le ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, 8 juillet (1983).
- U.S. Environmental Protection Agency. Draft health advisory. Benzene. Office of Drinking Water, Washington, DC, 30 septembre (1985).
- Doskin, T.A. Effect of age on the reaction to a combination of hydrocarbons. Hyg. Sanit. (USSR), 36: 379 (1971), cité au renvoi 8.
- Chang, I.W. Study on the threshold limit value of benzene and early diagnosis of benzene poisoning. J. Cathol. Med. Coll., 23: 429 (1972).
- Lob, M. Danger from benzene in laboratories. Med. Lav., 68: 140 (1977).
- Ott, M.G., Townsend, J.C., Fishbeck, W.A. et Langer, R.A. Mortality among individuals occupationally exposed to benzene. Arch. Environ. Health, 33: 3 (1978).
- Infante, P.F., Rinsky, R.A., Wagoner, J.K. et Young, R.C. Leukemia in benzene workers. Lancet, ii: 76 (1977).
- Infante, P.F., Rinsky, R.A., Wagoner, J.K. et Young, R.C. Benzene and leukemia. Lancet, ii: 867 (1977).
- Rinsky, R.A., Young, R.C. et Smith, A.B. Leukemia in benzene workers. Am. J. Ind. Med., 2: 217 (1981).
- Picciano, D. Cytogenetic study of workers exposed to benzene. Environ. Res., 19: 33 (1979).
- National Toxicology Program. Draft carcinogenesis bioassay of benzene in F344/N rats and B6C3F<sub>1</sub> mice (gavage study). NTP-84-072, U.S. Department of Health and Human Services, Research Triangle Park, NC (1984).

\* Poids corporel moyen d'un adulte = 70 kg; consommation moyenne quotidienne d'eau potable = 1,5 L.

18. Snyder, C.A., Goldstein, B.D., Sellakumar, A.R., Bromberg, I., Laskin, S. et Albert, R.E. The inhalation toxicology of benzene: incidence of hematopoietic neoplasms and hematotoxicity in AKR/J and C57BL/6J mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 54: 323 (1980).
19. Maltoni, C., Conti, B. et Cotti, G. Benzene: a multipotential carcinogen. Results of long-term bioassays performed at the Bologna Institute of Oncology. *Am. J. Ind. Med.*, 4: 589 (1983).
20. Maltoni, C., Conti, B. et Scarnato, C. Squamous cell carcinomas of the oral cavity in Sprague-Dawley rats, following exposure to benzene by ingestion: first experimental demonstration. *Med. Lav.*, 73: 441 (1982).
21. Maltoni, C. et Scarnato, C. First experimental demonstration of the carcinogenic effects of benzene. Long-term bioassays on Sprague-Dawley rats by oral administration. *Med. Lav.*, 70:352 (1979).