

Mars
2023

REJETS DE BENZÈNE PROVENANT DES STATIONS-SERVICE :

répercussions sur la santé humaine

Santé Canada est le ministère fédéral responsable d'aider les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Santé Canada s'est engagé à améliorer la vie de tous les Canadiens et à faire du Canada l'un des pays où les gens sont le plus en santé au monde, comme en témoignent la longévité, les habitudes de vie et l'utilisation efficace du système public de soins de santé.

Also available in English under the title:

Benzene Releases from Gasoline Stations: Implications for Human Health

Pour obtenir plus d'information, veuillez communiquer avec :

Santé Canada

Indice de l'adresse 0900C2

Ottawa (Ontario) K1A 0K9

Tél. : 613-957-2991

Sans frais : 1-866-225-0709

Télééc. : 613-941-5366

ATS : 1-800-465-7735

Courriel : publications-publications@hc-sc.gc.ca

© Sa Majesté Le Roi du Chef du Canada, représenté par le ministre de la Santé, 2023

Date de publication : mars 2023

La présente publication peut être reproduite sans autorisation pour usage personnel ou interne seulement, dans la mesure où la source est indiquée en entier.

Cat. : H144-117-2023F-PDF

ISBN : 978-0-660-47161-7

Pub. : 220707

Sommaire

Le benzène est un agent cancérogène reconnu pour l'humain et, à ce titre, il constitue un composant de l'essence particulièrement préoccupant. L'objectif de la présente évaluation est d'estimer la contribution des émissions de benzène à l'exposition par inhalation des populations résidant à proximité des stations-service.

Deux voies d'émissions sont examinées : les émissions continues de benzène à long terme attribuables aux pertes par évaporation liées à l'exploitation des stations-service et les émissions de benzène à court terme lors du déchargement de carburant par les camions-citernes.

Une modélisation de dispersion atmosphérique a été utilisée pour estimer les concentrations moyennes annuelles de benzène attribuables aux émissions d'une station-service à différentes distances de la limite de propriété de la station-service. Les scénarios évalués sont ceux de stations-service ayant un débit d'essence annuel de base, médian ou élevé. La modélisation de dispersion atmosphérique a également été utilisée pour estimer les concentrations moyennes de benzène à différentes distances de la limite de propriété d'une station-service pendant l'heure de déchargement d'un camion-citerne de taille moyenne, en supposant l'absence de soupapes de récupération des vapeurs et d'évents. Pour les deux types de rejets, on conclut que l'exposition par inhalation au benzène attribuable aux émissions des stations-service peut présenter des risques inacceptables pour la santé de la population vivant à proximité.

Certaines méthodes permettent de réduire l'exposition au benzène et les risques pour la santé humaine associés aux émissions de benzène provenant des stations-service. On peut notamment utiliser des systèmes de récupération des vapeurs et des soupapes à pression-dépression sur les tuyaux d'évents dans les stations-service, et instaurer des distances de retrait minimales pour les nouvelles constructions. Ces méthodes pourraient contribuer à réduire l'exposition au benzène de la population générale du Canada, notamment des sous-populations potentiellement vulnérables comme les femmes enceintes, les fœtus et les enfants.

Table des matières

Sommaire	2
1 Introduction	5
2 Contexte	6
2.1 Effets du benzène sur la santé	6
2.2 Statistiques sur les stations-service et les camions-citernes de livraison d'essence au Canada	8
2.3 Concentrations de benzène dans l'air ambiant au Canada	10
3 Risques pour la santé humaine des concentrations de benzène à proximité des stations-service	11
3.1 Exposition à long terme au benzène : émissions par évaporation provenant des stations-service.....	11
3.2 Exposition à court terme au benzène : rejets de vapeurs provenant des réservoirs de stockage souterrains lors du déchargement des camions-citernes.....	15
4 Mesures d'atténuation visant à réduire l'exposition au benzène attribuable aux rejets par évaporation provenant des stations-service	18
5 Incertitudes dans l'évaluation du risque pour la santé humaine	19
5.1 Modèle de dispersion atmosphérique : autre analyse	20
5.2 Excès de risque unitaire : autre analyse.....	22
6 Conclusion	23
7 Prochaines étapes	24
Références	25
Annexe A : Identité et composition des substances de l'essence	31
Annexe B : Caractérisation de l'exposition aux rejets de benzène par évaporation provenant des stations-service	32

Liste des figures

- Figure 2-1. (a) Deux exemples de tuyaux d'évents de stations-service reliés aux réservoirs de stockage souterrains à proximité de zones résidentielles (photos prises par Santé Canada, Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes, à Ottawa [Ontario], septembre 2021). (b) Représentation schématique de la livraison d'essence par un camion-citerne en l'absence de système de récupération des vapeurs, où les vapeurs d'essence dans le réservoir de stockage sont évacuées par le tuyau d'évent dans l'atmosphère pour équilibrer la pression à l'intérieur du réservoir de stockage. Crédit pour le graphique de la partie (b) : JLARC Report on Gas Vapor Regulations (État de Washington). 9
- Figure 2-2. Représentation schématique de la configuration typique d'une station-service par rapport aux zones résidentielles. Les zones de rejet de vapeur associées à l'ensemble de la station-service et des tuyaux d'évents sont représentées séparément dans cette figure..... 10
- Figure 2-3. Concentrations annuelles moyennes de benzène dans l'air ambiant en milieu urbain et en milieu rural au Canada de 1999 à 2019 (RNSPA, 2018 et

2019; figure préparée à partir de données fournies dans une communication personnelle d'ECCC, Division de la recherche sur la qualité de l'air). 11

Figure 3-1. Concentration moyenne annualisée de benzène attribuable aux pertes par évaporation dans les stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé. Les flèches indiquent la distance à laquelle la concentration de benzène de chaque type de station-service est équivalente à la concentration moyenne de fond en milieu urbain. 13

Figure 3-2. Concentration maximale supplémentaire prévue de benzène sur une heure en fonction de la distance par rapport aux tuyaux d'évents lors de la livraison d'essence par des camions-citernes de 35 000 et de 43 900 litres. Les flèches indiquent la distance de la station-service à laquelle la concentration de benzène provenant du déchargement des camions-citernes est équivalente à la valeur AREL de la Californie. 16

Figure 4-1. Lorsqu'un camion-citerne est doté d'équipement de récupération des vapeurs de phase I, la vapeur qui se trouve dans le réservoir de stockage est majoritairement aspirée dans le camion-citerne à mesure que l'essence liquide est déposée dans le réservoir de stockage. Crédit pour le graphique : JLARC Report on Gas Vapor Regulations (État de Washington). 18

Liste des tableaux

Tableau 3-1. Marges d'exposition pour la concentration supplémentaire de benzène attribuable aux pertes par évaporation d'essence dans les stations-service à une distance de 20 mètres de la limite de propriété 14

Tableau 5-1. Comparaison de la marge d'exposition et du risque associés à l'exposition à long terme et à l'exposition à court terme selon le modèle utilisé (SCREEN3 ou AERSCREEN) 21

Tableau 5-2. Distance par rapport à la limite de propriété d'une station-service à laquelle les concentrations sont associées à un risque de cancer de 1 sur 100 000 ou à un risque de cancer de 1 sur 1 000 000 selon deux valeurs d'excès de risque unitaire 22

1 Introduction

Le benzène est reconnu comme un agent cancérigène pour l'humain par Santé Canada (Canada, 1993) et par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) (IARC, 2018). Au Canada, selon le *Règlement sur le benzène dans l'essence* pris en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE (1999)], l'essence provenant d'une installation de production peut contenir jusqu'à 1,5 % en volume (v/v) de benzène, mais la concentration moyenne annuelle de benzène dans l'essence provenant d'une installation de production ne doit pas dépasser 0,95 % v/v (Canada, 1999b; Canada, 1997). Des enquêtes sur la composition de l'essence basées sur plus de 2 500 échantillons annuels (de 2013 à 2019) provenant de 25 installations de fabrication, de mélange et d'importation ont révélé que, pendant cette période, ces objectifs avaient été atteints dans toutes les régions du Canada. En effet, la concentration moyenne globale de benzène dans l'essence était de 0,6 % v/v, et seulement 3 % des installations ont fait état d'échantillons individuels ayant une concentration de benzène comprise entre 1 % et 1,5 % (ECCC, 2021).

À l'échelle internationale, d'autres administrations ont adopté une réglementation semblable pour limiter la concentration de benzène dans l'essence. Aux États-Unis, les raffineurs et les importateurs doivent respecter une concentration moyenne annuelle maximale de benzène dans l'essence de 0,62 % v/v (US EPA, 2012). Dans l'Union européenne, la réglementation autorise jusqu'à 1 % de benzène dans l'essence (Commission européenne, 2000).

Les stations-service sont fréquemment situées à proximité de zones résidentielles. Leur exploitation courante peut entraîner des rejets de benzène dans les vapeurs d'essence auxquels la population générale risque d'être exposée. Les niveaux de benzène dans l'air intérieur et extérieur sont plus élevés près des sources d'émissions telles que les stations-service (OMS, 2000). Ces rejets proviennent des pertes par évaporation quotidiennes pendant l'exploitation de la station-service, ainsi que des rejets intermittents de vapeur d'essence pendant le remplissage des réservoirs de stockage souterrains.

La concentration moyenne de benzène dans l'air ambiant dans 16 villes canadiennes étudiées entre 1999 et 2009 variait de 0,3 à 2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santé Canada, 2013). Les mesures des concentrations de benzène dans l'air extérieur au Canada entre 1999 et 2019 (avec au moins 40 points d'échantillonnage valides à chaque site) ont révélé une tendance à la baisse (RNSPA, 2019). En 2019, les concentrations moyennes annuelles de benzène en milieu rural et en milieu urbain étaient de 0,20 et de 0,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement. Les concentrations moyennes de benzène dans l'air en périphérie des stations-service de cinq villes canadiennes étaient de 439 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant l'été 1985 (PACE, 1987) et de 1 383 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant l'hiver 1986 (PACE, 1989). Aucune étude canadienne récente sur les concentrations de benzène à proximité des stations-service n'a été trouvée.

Un certain nombre d'études plus récentes ont fait état de concentrations de benzène à proximité de stations-service aux États-Unis et en Europe (Palmgren, 2000; Hilpert, 2015 et 2019; Barros et coll., 2019; Hsieh, 2021). Ces études ont suscité des préoccupations quant à une potentielle exposition élevée au benzène de la population vivant à proximité des stations-service. Ces préoccupations portaient plus précisément sur les distances de retrait des résidences par rapport aux stations-service, sur l'efficacité des mesures de contrôle des vapeurs et sur le volume total d'essence distribué près des zones résidentielles (Hilpert, 2015 et 2019; Hsieh, 2021).

Il existe un large éventail de sources potentielles d'exposition au benzène pour les Canadiens (p. ex. produits de consommation, matériaux de construction, rejets industriels et tabagisme) dans l'air intérieur et extérieur (OMS, 2000). L'objectif de la présente évaluation est d'estimer la contribution des émissions provenant des stations-service à l'exposition au benzène par inhalation chez les personnes vivant à proximité des stations-service au Canada. Deux voies d'émissions ont été examinées : les émissions continues de benzène à long terme attribuables aux pertes par évaporation liées à l'exploitation des stations-service et les émissions de benzène à court terme lors du déchargement du carburant par les camions-citernes.

Bien que certaines administrations au Canada exigent la récupération des vapeurs lors du déchargement du carburant par les camions-citernes dans les stations-service (c.-à-d. récupération des vapeurs de phase I [CCME, 1991]; voir la section 4 du présent document), le présent rapport estime l'exposition potentielle au benzène par inhalation provenant des émissions des stations-service au moyen d'une modélisation de dispersion atmosphérique en l'absence de récupération des vapeurs lors du déchargement du carburant afin de déterminer les risques pour la santé humaine à la suite d'une telle exposition.

Le présent rapport vise à fournir aux administrations, aux organismes de réglementation et aux décideurs canadiens une évaluation de l'ampleur potentielle des vapeurs de benzène émises par les stations-service et des risques pour la santé qui y sont associés. Ce rapport vise à orienter les décisions qui concernent l'atténuation des vapeurs de benzène provenant des stations-service et des impacts sanitaires associés à cette source de benzène au Canada.

2 Contexte

2.1 Effets du benzène sur la santé

Le benzène a été classé comme cancérigène du groupe 1 (« cancérigène pour l'humain ») par le CIRC (CIRC, 2012 et 2018) et comme substance cancérigène pour l'humain par le gouvernement du Canada (Canada, 1993). Il a été ajouté à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE (1999) (Canada, 1999a). Les effets néfastes du benzène sur la santé ont été examinés et évalués précédemment dans des documents d'orientation canadiens et étrangers (Canada, 1993; ATSDR, 2007; Santé Canada, 2009; Santé Canada, 2013).

Parmi les différents composants volatils de l'essence liquide, le benzène représente la plus grande préoccupation pour la santé. De plus, l'essence a été classée par la Commission européenne comme cancérigène de catégorie 1B (« substance dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé ») lorsque la concentration de benzène dans l'essence liquide est égale ou supérieure à 0,1 % en poids (p/p) (Union européenne, 2008 et 2009; ONU, 2013; IMAP, 2018).

Le rapport d'évaluation sur le benzène de la Liste des substances d'intérêt prioritaire (LSIP) du gouvernement du Canada (Canada, 1993) a établi des estimations de l'excès de risque unitaire lié à l'exposition au benzène par inhalation. Une concentration tumorigène de 5 % (CT₀₅) pour le benzène a été calculée à 14 700 µg/m³ selon l'étude épidémiologique de Rinsky et coll. (1987), d'après les risques de leucémie myélogène aiguë chez les travailleurs du pliofilm. La CT₀₅ se définit comme la concentration atmosphérique d'une substance associée à une augmentation de 5 % de l'incidence de tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs. L'extrapolation linéaire des résultats pour la CT₀₅ aux concentrations de benzène associées à des niveaux de risque de 1 sur 1 000 000 et de 1 sur 100 000 donne des valeurs de 0,29 µg/m³ et de 2,9 µg/m³, respectivement. Par conséquent, le niveau de risque associé à une concentration de benzène de 1 µg/m³ est de 1 sur 290 000.

L'excès de risque unitaire estimé par Santé Canada à partir du rapport d'évaluation de la LSIP (Canada, 1993) peut être comparé aux valeurs estimées par d'autres organisations. L'Environmental Protection Agency des États-Unis (US EPA) a calculé des valeurs de référence pour le benzène (US EPA, 1998) en utilisant des ensembles de données épidémiologiques semblables. L'US EPA (1998) a calculé une plage de valeurs d'excès de risque unitaire pour le benzène; il a été estimé qu'une exposition à des concentrations de 0,13 à 0,45 µg/m³ est associée à un niveau de risque de 1 sur 1 000 000 et qu'une exposition à des concentrations de 1,3 à 4,5 µg/m³ est associée à un niveau de risque de 1 sur 100 000. En outre, l'Office of the Environmental Health Hazard Assessment de la Californie (OEHHA, 2001) a estimé que l'excès de risque unitaire du benzène était équivalent à 0,6 µg/m³ pour un niveau de risque de 1 sur 100 000 en fonction de la cohorte des travailleurs du pliofilm et d'une autre cohorte (cohorte de travailleurs chinois). Dans l'ensemble, à la lumière des données du Canada (1993), de l'US EPA (1998) et de l'OEHHA (2001), l'excès de risque unitaire du benzène varie entre 0,6 et 4,5 µg/m³ pour un niveau de risque de 1 sur 100 000. Santé Canada (2013) est arrivé à la même plage de valeurs à la suite d'un examen de ces trois évaluations pertinentes des risques liés au benzène. La valeur calculée par le Canada (1993) se situe à peu près au milieu de cette plage. Santé Canada continue d'évaluer les publications concernant les effets du benzène sur la santé et des mises à jour de l'évaluation des risques pourraient paraître dans le futur.

Le rapport d'évaluation de la LSIP (Canada, 1993) a également recensé des effets non cancérigènes liés à une exposition au benzène à court terme. Le critère d'effet le plus sensible était l'hématotoxicité pour le développement fœtal et néonatal chez des souris exposées à 5 ppm (16 mg/m³) de benzène in utero (Keller et Snyder, 1986; Canada, 1993). Aux États-Unis, l'OEHHA a établi un niveau d'exposition aiguë de référence

(AREL, ou *Acute Reference Exposure Level*) de 0,008 ppm ou 27 µg/m³ pour le benzène sur la base de cet effet chez la souris en utilisant un facteur d'incertitude de 600 à la valeur de 5 ppm (5 ppm/600 = 0,008 ppm). Le facteur d'incertitude était fondé sur l'utilisation d'une dose minimale avec effet nocif observé comme point de départ, sur les différences interspécifiques et sur les différences intraspécifiques. On considère que la valeur AREL établie permet de protéger la population générale soumise irrégulièrement à une exposition d'une heure au benzène (OEHHA, 2014).

2.2 Statistiques sur les stations-service et les camions-citernes de livraison d'essence au Canada

Les stations-service sont omniprésentes en milieu rural et urbain. Leur taille varie en fonction de l'empreinte physique et du débit annuel moyen d'essence. Selon les données d'une étude de marché, au 31 décembre 2020, il y avait 11 908 stations-service de détail en exploitation au Canada (Kalibrate, 2021). Une étude menée dans 411 régions, englobant tous les grands marchés et de nombreux petits marchés dans les 10 provinces du Canada, a permis de recenser un total de 7 138 stations-service représentant environ 70 % des ventes brutes totales d'essence au Canada. De ce nombre, on a recueilli des renseignements détaillés (nom, adresse et débit de la station) sur 6 565 stations-service ayant un débit annuel d'essence supérieur à 1 million de litres (Kent Group, 2020). Le débit annuel total d'essence de ces stations était de 32 milliards de litres, avec un débit médian et un débit au 95^e percentile (ci-après appelé « débit élevé ») de 4 et de 10,6 millions de litres par année, respectivement. Ces valeurs ont été utilisées pour modéliser les rejets potentiels de vapeurs d'essence provenant des stations-service et l'exposition au benzène qui en résulte pour les Canadiens vivant à proximité. Il a été noté qu'il existe au Canada des stations-service dont le débit annuel est beaucoup plus élevé que le débit au 95^e percentile; toutefois, aux fins de la présente évaluation, la limite du 95^e percentile est plus représentative des stations-service à débit élevé auxquelles la population générale est exposée.

Les calendriers de remplissage des réservoirs d'essence dépendent de la capacité du réservoir et du débit de chaque station-service. La capacité du réservoir de stockage d'une station-service peut varier de 45 000 à 91 000 litres (Transcourt, 2018). Les camions-citernes de livraison d'essence typiques ont une capacité de stockage comprise entre 11 400 et 43 900 litres (USDT, 2012). Aux fins du présent rapport, on a supposé qu'un camion-citerne de livraison d'essence typique avait une capacité de 35 000 litres (Statistique Canada, 2012) et qu'un gros camion-citerne avait une capacité de 43 900 litres. Pour les stations-service à débit médian et à débit élevé, cela correspond à environ deux à six livraisons de carburant par semaine.

Les vapeurs d'essence qui se forment dans le réservoir de stockage d'une station-service sont causées par l'évaporation partielle de l'essence liquide aux températures de fonctionnement. Pour éviter les déséquilibres de pression attribuables à l'expansion et à la contraction des vapeurs d'essence dans le réservoir de stockage, des tuyaux d'évents sont installés sur le réservoir; ceux-ci permettent d'établir une

liaison entre la phase vapeur du réservoir et l'atmosphère extérieure. Au Canada, les tuyaux d'évents débouchent directement dans l'atmosphère à une hauteur d'environ trois mètres ou plus. Ils sont généralement placés en groupes aux abords des stations-service [Figure 2-1(a)]. Pour certaines stations-service, les tuyaux d'évents peuvent être situés à proximité de bâtiments résidentiels (Hilpert, 2019).

En l'absence de système de récupération des vapeurs sur le camion-citerne de livraison d'essence, l'essence liquide livrée dans le réservoir de stockage d'une station-service pousse le mélange essence-air du réservoir vide dans l'atmosphère par les évents du réservoir de stockage [figure 2-1(b)]. Cette perte d'essence pendant le remplissage du réservoir de stockage est appelée « perte liée aux activités ».

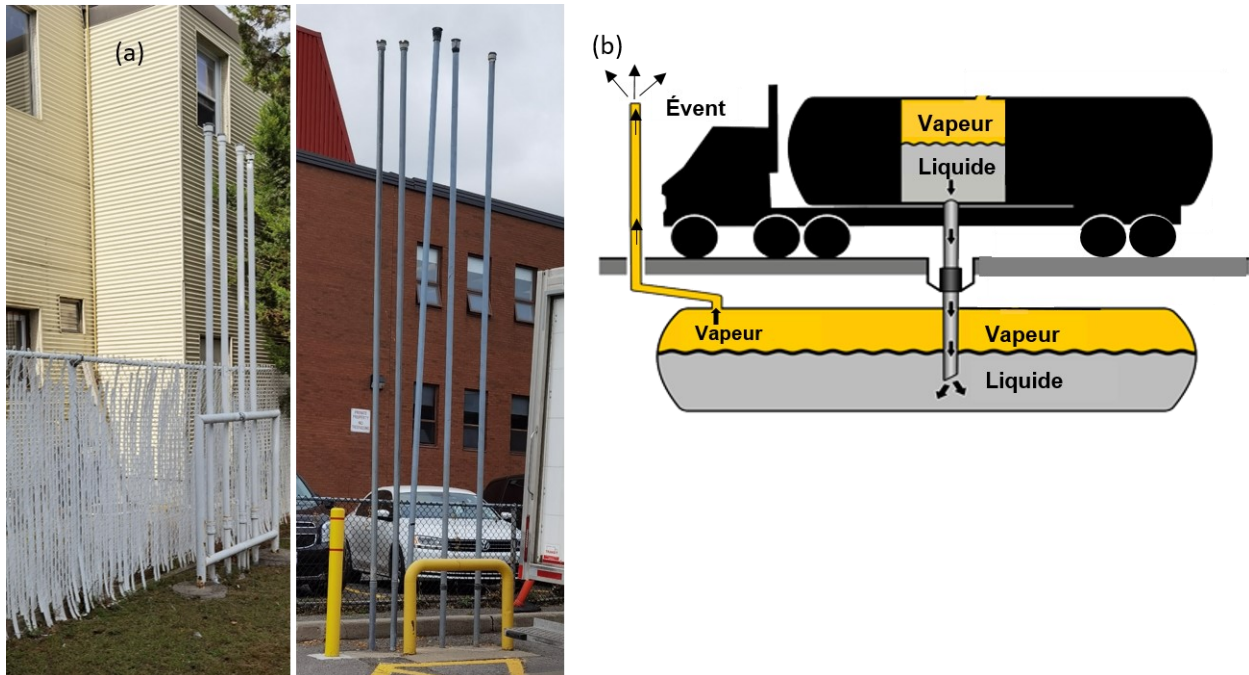


Figure 2-1. (a) Deux exemples de tuyaux d'évents de stations-service reliés aux réservoirs de stockage souterrains à proximité de zones résidentielles (photos prises par Santé Canada, Bureau de l'évaluation des risques pour les substances existantes, à Ottawa [Ontario], septembre 2021). (b) Représentation schématique de la livraison d'essence par un camion-citerne en l'absence de système de récupération des vapeurs, où les vapeurs d'essence dans le réservoir de stockage sont évacuées par le tuyau d'évent dans l'atmosphère pour équilibrer la pression à l'intérieur du réservoir de stockage. Crédit pour le graphique de la partie (b) : JLARC Report on Gas Vapor Regulations (État de Washington).

À partir des modèles et des facteurs d'exposition tirés du document AP-42 de l'US EPA, l'Enquête sur les processus industriels (EPI) de Statistique Canada montre qu'en l'absence de système de récupération des vapeurs, les pertes totales moyennes par évaporation se chiffrent à 0,15 % du débit des stations-service (Statistique Canada, 2012; Yerushlami et Rastan, 2014).

Une comparaison des données sur l'emplacement des stations-service (Kent Group, 2020) et des données d'imagerie satellite a permis de repérer des zones résidentielles situées à 10 mètres seulement des limites de propriété des stations-service. La Figure 2-2 est une représentation schématique de la configuration typique d'une station-service.

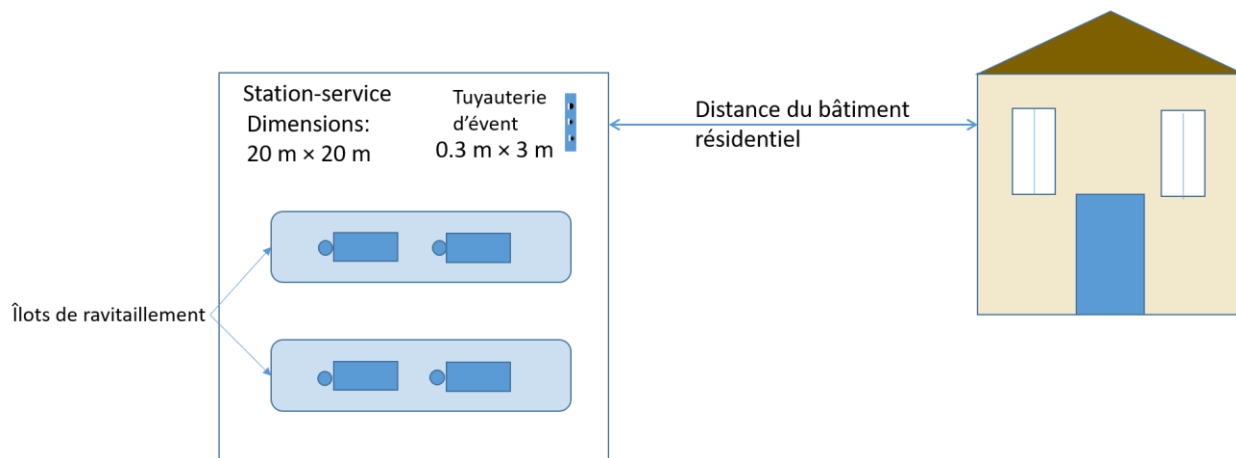


Figure 2-2. Représentation schématique de la configuration typique d'une station-service par rapport aux zones résidentielles. Les zones de rejet de vapeur associées à l'ensemble de la station-service et des tuyaux d'évents sont représentées séparément dans cette figure.

2.3 Concentrations de benzène dans l'air ambiant au Canada

De nombreuses études ont décrit la concentration de benzène dans l'air ambiant au Canada et les tendances indiquent une réduction de la concentration moyenne de benzène dans l'air extérieur au Canada au fil du temps (Dann, 2015; Stroud, 2016; Galarneau, 2016). Les concentrations de benzène dans l'air extérieur au Canada de 1999 à 2019 provenant des données du programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) sont présentées dans la Figure 2-3. Ces données confirment une tendance à la baisse des concentrations de benzène dans l'air ambiant au cours de cette période, surtout pour les sites urbains (RNSPA, 2019). En 2019, les concentrations moyennes annuelles de benzène en milieu rural et en milieu urbain étaient de 0,20 et de 0,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement. Ces concentrations de benzène représentent les moyennes de données provenant de 51 sites urbains et 16 sites ruraux.

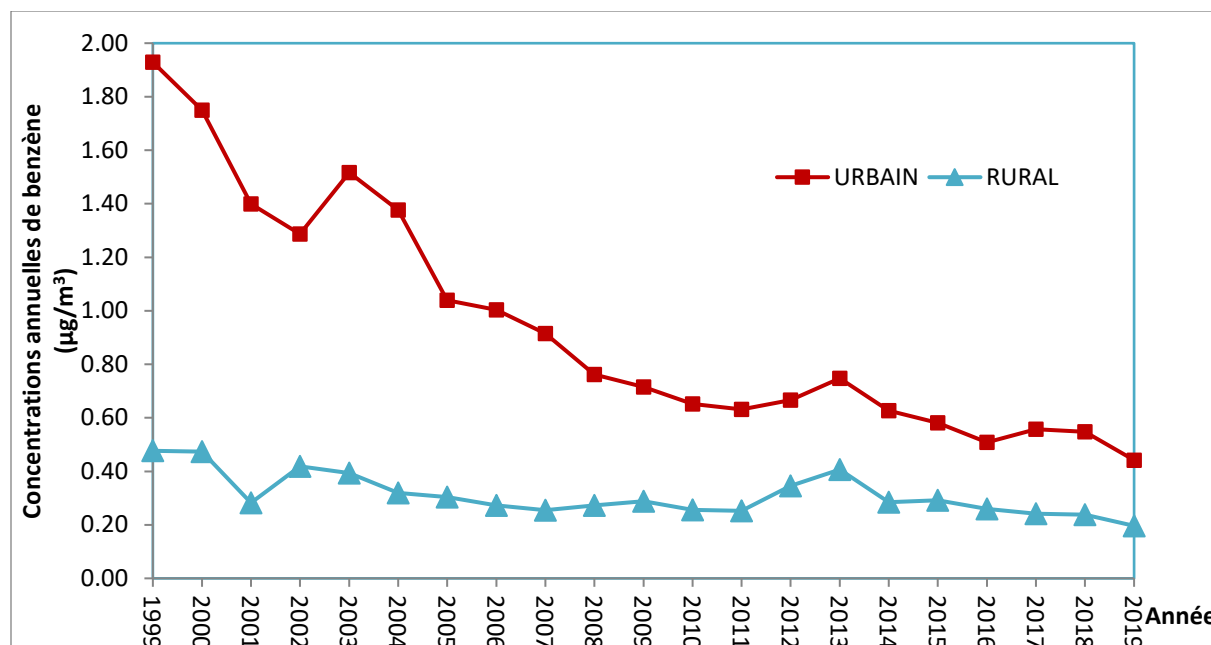


Figure 2-3. Concentrations annuelles moyennes de benzène dans l'air ambiant en milieu urbain et en milieu rural au Canada de 1999 à 2019 (RNSPA, 2018 et 2019; figure préparée à partir de données fournies dans une communication personnelle d'ECRC, Division de la recherche sur la qualité de l'air).

Les tendances observées dans la Figure 2-3 montrent une réduction des concentrations urbaines de benzène dans l'air extérieur au fil du temps; cependant, ces concentrations moyennes n'indiquent pas l'incidence directe de chaque station-service sur les concentrations locales de benzène dans les zones résidentielles adjacentes. La présence de stations-service peut hausser la concentration de benzène au-delà des valeurs ambiantes générales dans un rayon rapproché. En outre, les hausses à court terme (une heure) de la concentration de benzène dans les zones résidentielles adjacentes aux stations-service attribuables à des activités telles que le remplissage des réservoirs de stockage ne se reflètent pas expressément dans les tendances générales de l'air extérieur. Les rejets provenant des stations-service peuvent entraîner une exposition supplémentaire au benzène et des effets sur la santé pour la population générale canadienne vivant à proximité des stations-service.

3 Risques pour la santé humaine des concentrations de benzène à proximité des stations-service

3.1 Exposition à long terme au benzène : émissions par évaporation provenant des stations-service

Cette section présente la modélisation des émissions de benzène provenant des stations-service en fonction des estimations des pertes totales par évaporation. Une modélisation de dispersion atmosphérique a été utilisée pour estimer l'évolution des

concentrations de benzène par rapport à la distance du pourtour des stations-service. Les estimations de l'excès de risque unitaire sont ensuite utilisées pour estimer le risque que pose cette exposition au benzène pour les personnes vivant à proximité des stations-service.

Des scénarios d'émissions par évaporation ont été établis pour estimer l'exposition au benzène à proximité des stations-service. Une valeur de 1,0 million de litres par année a été choisie pour le débit de base; pour le débit médian et le débit élevé, les valeurs de 4,0 et 10,6 millions de litres par année, respectivement, ont été retenues comme indiquées précédemment dans la section 2.2.

Dans le présent rapport, on suppose un taux de perte totale par évaporation de l'essence de 0,15 % du débit de la station-service (Statistique Canada, 2012). Les scénarios tiennent compte d'une concentration de benzène de 0,6 % v/v dans l'essence liquide au Canada (ECCC, 2021) et d'une densité de 0,755 g/cm³ pour l'essence liquide. Les taux d'émission de benzène qui en résultent pour les stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé sont estimés à 0,25, 1,0 et 2,65 mg/s, respectivement. Les intrants utilisés pour les calculs de modélisation de dispersion atmosphérique sont indiqués dans le Tableau B-1 de l'annexe B.

Les taux d'émission de benzène pour les stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé ont été utilisés dans SCREEN3 (1996) pour estimer la dispersion du benzène dans l'air à différentes distances des stations-service. SCREEN3, un modèle d'évaluation préalable de dispersion atmosphérique gaussien, utilise le vent comme facteur déterminant de la dispersion atmosphérique des vapeurs. Une concentration d'exposition maximale a été estimée en fonction d'une combinaison de conditions météorologiques, notamment la vitesse du vent, la turbulence de l'air et l'humidité. Dans le présent rapport, le modèle a été utilisé pour estimer les concentrations de benzène rejetées dans l'air à partir d'une source diffuse à la station-service. Le modèle a fourni les concentrations maximales de vapeur rejetée à une hauteur de récepteur choisie et à différentes distances de la source, en aval du vent dominant une heure après le rejet. En ce qui concerne l'exposition à des sources diffuses sur une période d'un an, on peut s'attendre à ce que l'endroit qui reçoit les concentrations maximales de vapeurs de la source change selon la variation de la direction du vent. La concentration annuelle reçue à un endroit fixe calculée à partir d'une source diffuse a été déterminée en multipliant la concentration maximale sur une heure par un facteur de 0,2 (SCREEN3, 1999; ECCC et Santé Canada, 2016 et 2017). Le modèle SCREEN3 a été utilisé par Santé Canada pour la modélisation de la dispersion atmosphérique dans un certain nombre d'évaluations préalables de substances du groupe pétrolier, notamment celles des gaz de pétrole et de raffinerie (ECCC et Santé Canada, 2017) et des condensats de gaz naturel (ECCC et Santé Canada, 2016), qui ont révélé que les concentrations de vapeurs dispersées à différentes distances de la source de rejet prédites par le modèle SCREEN3 sont comparables aux valeurs mesurées et à d'autres modèles d'évaluation préalable de dispersion atmosphérique.

Un scénario d'exposition a été élaboré pour la population générale canadienne vivant à proximité de la limite de propriété d'une station-service de 20 m × 20 m (Figure 2-2). La combinaison de la zone de ravitaillement et des tuyaux d'évents de la station-service a été considérée comme une source d'émission diffuse. La station-service et les tuyaux d'évents ne sont pas des sources ponctuelles d'émissions de vapeurs. De plus, la station-service ne peut pas être considérée comme une source volumique uniforme pour le rejet de vapeurs, étant donné que les sources d'émissions de benzène sont localisées à plusieurs endroits près du sol ou au sommet des tuyaux d'évent. Une hauteur de récepteur correspondant à la taille moyenne des Canadiens (1,74 mètre) a été utilisée dans les calculs de dispersion atmosphérique.

Les paramètres utilisés dans la modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets de benzène provenant des stations-service sont indiqués dans le Tableau B-1 de l'annexe B. La concentration supplémentaire de benzène attribuable aux émissions de la station-service pour les scénarios à débit de base, à débit médian et à débit élevé est présentée pour différentes distances de la limite de propriété (hauteur de récepteur de 1,74 mètre) dans la Figure 3-1 (voir également le Tableau B-2 de l'annexe B).

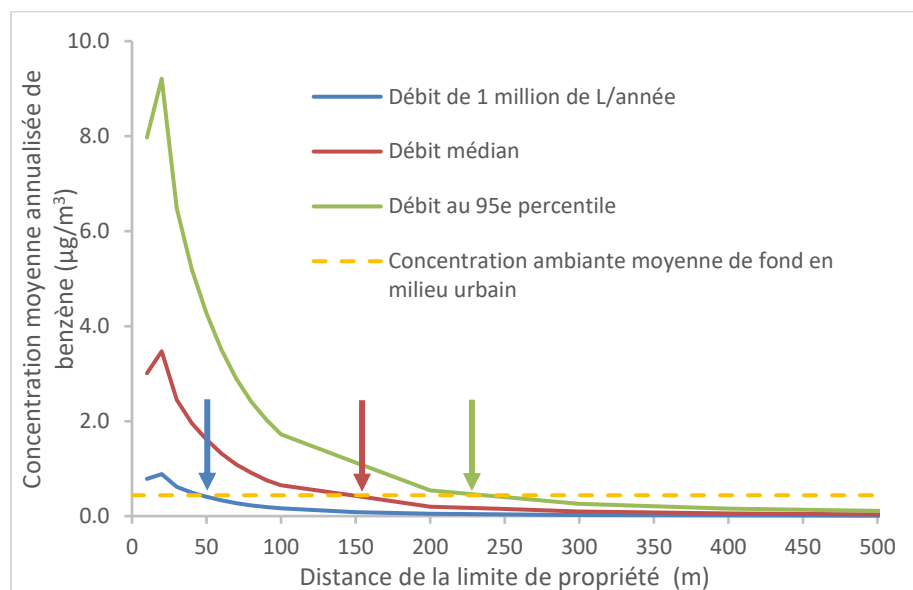


Figure 3-1. Concentration moyenne annualisée de benzène attribuable aux pertes par évaporation dans les stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé. Les flèches indiquent la distance à laquelle la concentration de benzène de chaque type de station-service est équivalente à la concentration moyenne de fond en milieu urbain.

Les hausses moyennes annualisées les plus élevées dans les concentrations de benzène sont modélisées à une distance de 20 mètres de la limite de propriété de la station-service. Ces concentrations ont été estimées à 0,88, 3,5 et 9,2 µg/m³ pour les scénarios à débit de base, à débit médian et à débit élevé, respectivement. Puisqu'il a été déterminé que des zones résidentielles se trouvent aussi près qu'à 10 mètres de la limite de propriété des stations-service ayant de tels débits au Canada, il est possible

que des zones résidentielles se situent dans les zones où les niveaux estimés de benzène sont les plus élevés.

Pour caractériser les risques supplémentaires potentiels maximaux pour la santé que présentent ces trois scénarios, les concentrations annuelles prévues de benzène les plus élevées ont été comparées à la CT₀₅ du benzène (Canada, 1993). Le calcul de la marge d'exposition (ME) est une méthode qui permet de cerner les risques pour la santé associés aux concentrations ambiantes. Dans la présente évaluation, la ME est le rapport entre la concentration de benzène avec effet (CT₀₅) (indiquée dans la section 2.1) et les concentrations de benzène observées. À titre de référence pour le risque associé à la concentration ambiante de base de benzène en milieu urbain (0,44 µg/m³), la comparaison avec la CT₀₅ donne une ME de 33 400 (14 700/0,44), ce qui correspond à un niveau de risque d'environ 1,5 par 1 000 000 de personnes [1 000 000/(33 400/0,05)] exposées à cette concentration de benzène.

Le Tableau 3-1 indique la ME et le risque relatif par million d'habitants pour chaque scénario d'exposition.

Tableau 3-1. Marges d'exposition pour la concentration supplémentaire de benzène attribuable aux pertes par évaporation d'essence dans les stations-service à une distance de 20 mètres de la limite de propriété

Scénario	Concentration annuelle maximale supplémentaire de benzène (µg/m ³)	CT ₀₅ du benzène (µg/m ³)	ME	Risque par million d'habitants
Station-service à débit de base (1 000 000 de litres par année) ^a	0,88	14 700	16 700	3
Station-service à débit médian (4 000 000 de litres par année) ^a	3,5	14 700	4 200	12
Station-service à débit élevé (10 600 000 de litres par année) ^a	9,2	14 700	1 600	32
Concentration moyenne de fond en milieu urbain (RNSPA, 2019)	0,44	14 700	33 400	1,5

^a Calculé à l'aide du modèle de dispersion atmosphérique SCREEN3

Les ME de 1 600, 4 200 et 16 700 correspondent à des augmentations du risque supplémentaire de cancer de 32, 12 et 3 par million d'habitants pour les stations-service à débit élevé, à débit médian et à débit de base, respectivement. Ces résultats indiquent que l'exposition estimée au benzène à proximité de stations-service dont le débit annuel est supérieur à un million de litres peut présenter un risque élevé pour la santé humaine des personnes qui résident près de ces stations par rapport à l'exposition de la population générale en milieu urbain. L'exposition des personnes vivant à proximité de stations-service à débit médian ou élevé est particulièrement préoccupante, car l'augmentation maximale supplémentaire du risque dépasse dix par million d'habitants. La distance par rapport à la limite de propriété d'une station-service à laquelle les concentrations supplémentaires de benzène provenant de la station-service correspondent au niveau de risque de 1 sur 1 000 000 ($0,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est estimée à 70 mètres pour le scénario à débit de base, à 160 mètres pour le scénario à débit médian et à 290 mètres pour le scénario à débit élevé (Tableau B-2 et Figure 3-1).

3.2 Exposition à court terme au benzène : rejets de vapeurs provenant des réservoirs de stockage souterrains lors du déchargement des camions-citernes

Dans la présente section, les rejets à court terme (une heure) de benzène provenant d'une station-service pendant le déchargement du carburant par un camion-citerne sont déterminés. Par une modélisation de dispersion atmosphérique, l'évolution des concentrations de benzène en fonction de la distance par rapport à la station-service est calculée. Ces concentrations dans l'air sur une heure ont été comparées à différents effets à court terme sur la santé. La contribution relative de ces rejets à court terme a été comparée qualitativement aux pertes totales par évaporation de la station-service.

On a supposé que le déchargement de l'essence par les camions-citernes de 35 000 à 43 900 litres dans le réservoir de stockage de la station-service prend une heure; la moyenne des rejets de vapeurs pendant le déchargement a été calculée sur cette même durée. Une heure était également la durée moyenne la plus courte des émissions dans le modèle de dispersion. Lorsque l'essence liquide entre dans le réservoir de stockage à partir du camion-citerne, une quantité équivalente du mélange air-vapeur d'essence dans l'espace de tête du réservoir est rejetée dans l'atmosphère par la tuyauterie d'évent du réservoir pour maintenir la pression du réservoir de stockage. On a supposé une hauteur de rejet d'évent de 3,66 mètres (12 pieds) (CAPCOA, 1997) pour le réservoir de stockage de la station-service [Figure 2-1(a)]. Par ailleurs, on a supposé une zone de $0,3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ pour la zone de rejet approximative de la tuyauterie d'évent, comme le montre la Figure 2-2.

En raison des propriétés physicochimiques des composants de l'essence, la composition de l'essence liquide est très différente de celle de la vapeur de l'espace de tête qui s'équilibre au-dessus de la phase liquide dans une enceinte fermée. Selon la California Air Pollution Control Officers Association (CAPCOA), l'espace vapeur au-dessus de l'essence liquide dans les réservoirs de stockage souterrains des stations-service serait un mélange air-essence dont le ratio est de 70:30 (% en volume)

(CAPCOA, 1997) et dont la masse volumique est de $1,682 \text{ kg/m}^3$. Pour une essence contenant 0,6 % v/v de benzène en phase liquide, le mélange air-vapeur d'essence rejeté dans l'atmosphère contiendra 0,18 % p/p de benzène (CAPCOA, 1997; Hilpert et coll., 2019).

Compte tenu de ces valeurs, on a estimé un taux de rejet de benzène de $32,7 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ à partir de la zone des tuyaux d'évent pour la durée moyenne d'une heure de rejet de vapeur lors du déchargement d'un camion-citerne d'une capacité de 35 000 litres.

Selon le taux de rejet de benzène et les facteurs d'exposition indiqués dans le Tableau B-3 de l'annexe B, les concentrations maximales supplémentaires de benzène pour une heure d'exposition à différentes distances de la tuyauterie d'évent sans système de récupération des vapeurs pendant le déchargement d'un camion-citerne de 35 000 litres, telles qu'elles ont été calculées au moyen du modèle SCREEN3, sont présentées à la Figure 3-2 et dans le Tableau B-4 de l'annexe B.

L'augmentation maximale sur une heure des concentrations de benzène modélisées se produit à une distance de 10 mètres de la limite de propriété de la station-service; ces concentrations ont été estimées à $805 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ et à $1\ 010 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le déchargement de camions-citernes de 35 000 litres et de 43 900 litres, respectivement (voir la Figure 3-2). Comme il a été déterminé que des zones résidentielles se trouvent à cette distance des stations-service, il est possible que des résidences soient situées dans les zones où les niveaux de benzène sont les plus élevés.

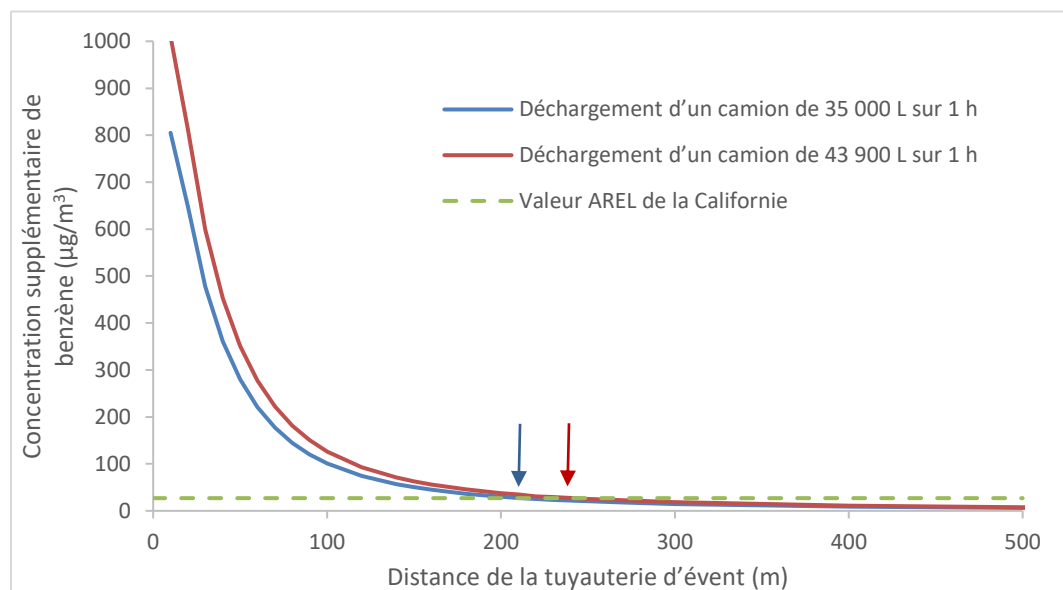


Figure 3-2. Concentration maximale supplémentaire prévue de benzène sur une heure en fonction de la distance par rapport aux tuyaux d'évents lors de la livraison d'essence par des camions-citernes de 35 000 et de 43 900 litres. Les flèches indiquent la

distance de la station-service à laquelle la concentration de benzène provenant du déchargement des camions-citernes est équivalente à la valeur AREL de la Californie.

La comparaison de cette estimation de $805 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec le niveau avec effet de $16 \text{ mg}/\text{m}^3$ fondé sur l'hématotoxicité pour le développement chez la souris (Keller et Snyder, 1986) donne une ME de 20 (voir le Tableau B-5), ce qui témoigne d'un risque possible à court terme pour la santé humaine. Pour un gros camion-citerne de livraison, la ME est encore plus faible, se chiffrant à 16. En général, une ME acceptable par rapport à un niveau avec effet déterminé à partir d'animaux de laboratoire est comprise entre 300 et 1 000.

L'EPA de la Californie a utilisé un facteur de sécurité de 600 avec le niveau avec effet susmentionné afin de déterminer la valeur AREL de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'exposition au benzène sur une heure (OEHHA, 2014). Les concentrations supplémentaires de benzène modélisées provenant des rejets par les tuyaux d'évents sont inférieures à cette valeur AREL à des distances comprises entre 210 et 240 mètres (pour les camions-citernes de 35 000 litres et de 43 900 litres, respectivement) de la limite de propriété de la station-service.

Ces résultats indiquent que l'exposition estimée au benzène pendant le déchargement d'un camion-citerne pourrait présenter un risque élevé pour les personnes enceintes et pour le fœtus des personnes enceintes qui vivent à proximité d'une station-service ou qui se trouvent à proximité lors du déchargement d'un camion-citerne. La fréquence de ces expositions à des concentrations élevées à court terme dépend du débit de la station-service et du volume de carburant par livraison. Par exemple, en supposant que toutes les livraisons sont de 35 000 litres, on estime qu'il y aurait 29, 114 et 303 expositions de ce type par année pour les stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé, respectivement.

Les concentrations transitoires de benzène libérées pendant l'heure de déchargement d'essence par un camion-citerne sont beaucoup plus élevées que les concentrations moyennes de benzène sur 24 heures provenant des rejets continus de la station-service. À une distance de 20 mètres de la limite de propriété (Tableau B-4, annexe B), en calculant la moyenne de la concentration de benzène rejetée sur 24 heures lors du déchargement d'un camion-citerne de 35 000 litres, à raison de deux livraisons par semaine, et en tenant compte des changements de direction du vent lors du déchargement du camion-citerne à des jours différents [$650 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times (1/24) \times (2/7) \times 0,2$], on estime que les concentrations de benzène dues au déchargement de camions-citernes représentent jusqu'à environ 40 % de la concentration totale de benzène résultant de toutes les pertes par évaporation des stations-service.

4 Mesures d'atténuation visant à réduire l'exposition au benzène attribuable aux rejets par évaporation provenant des stations-service

Il existe un certain nombre de mesures d'atténuation des rejets de vapeurs provenant des stations-service, lesquelles sont fondées sur le Code de recommandations techniques publié par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 1991). Ces mesures, qui comprennent la récupération des vapeurs de phase I (Figure 4-1) visent à réduire les émissions de vapeurs d'essence provenant des stations-service, ce qui permet de réduire les concentrations de composés organiques volatils (COV) et d'ozone dans la basse atmosphère. Certaines provinces et municipalités ont adopté des exigences relatives à la récupération des vapeurs de phase I dans les stations-service; cependant, dans la majorité des provinces et des territoires, il n'y a aucune exigence du genre à l'heure actuelle.

L'installation de soupapes à pression-dépression au sommet des tuyaux d'évents est une autre mesure possible d'atténuation des vapeurs dans les stations-service. Ces soupapes permettent de maintenir la surpression ou la sous-pression du réservoir de stockage souterrain à l'intérieur de limites déterminées. En plus de réduire les émissions pendant le déchargement de l'essence, ces soupapes permettent aussi de réduire les pertes par évaporation des réservoirs de stockage pendant les activités quotidiennes de la station-service. À l'heure actuelle, il n'existe pas de règlement sur la présence de soupapes à pression-dépression au Canada; toutefois, aux États-Unis, les tuyaux d'évents des réservoirs de stockage des stations-service doivent obligatoirement être munis de soupapes à pression-dépression (USCFR, 2021).

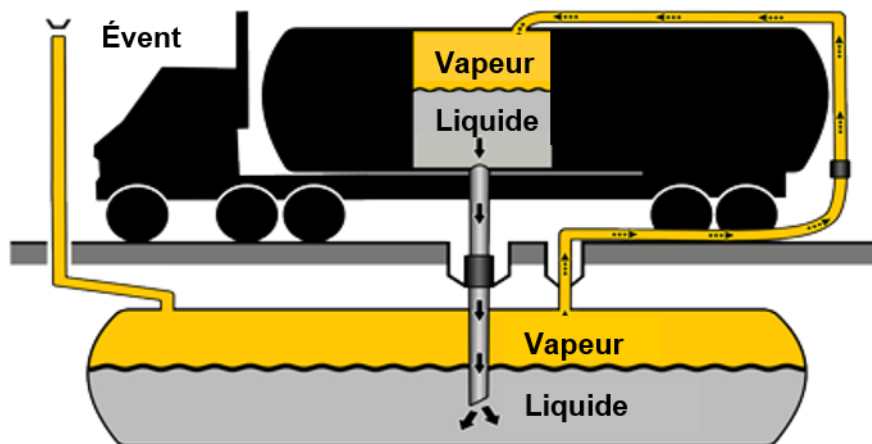


Figure 4-1. Lorsqu'un camion-citerne est doté d'équipement de récupération des vapeurs de phase I, la vapeur qui se trouve dans le réservoir de stockage est majoritairement aspirée dans le camion-citerne à mesure que l'essence liquide est

déposée dans le réservoir de stockage. Crédit pour le graphique : JLARC Report on Gas Vapor Regulations (État de Washington).

On estime que l'utilisation d'équipement de récupération des vapeurs de phase I sur un camion-citerne pendant le déchargement de l'essence, comme le montre la Figure 4-1, permettrait de récupérer de 50 à 90 % des vapeurs libérées lors du déchargement du camion-citerne (CCME, 1991; Statistique Canada, 2012) et jusqu'à 99 % des vapeurs si les tuyaux d'évents sont munis de soupapes à pression-dépression (Statistique Canada, 2012). Les vapeurs récupérées dans le camion-citerne sont renvoyées à l'installation de chargement (c.-à-d. l'installation de stockage en vrac ou la raffinerie) pour être traitées ou récupérées.

5 Incertitudes dans l'évaluation du risque pour la santé humaine

Des concentrations récentes de benzène au Canada basées sur des données de surveillance dans les stations-service ou à proximité n'étaient pas disponibles. Les estimations des concentrations de benzène émises par des stations-service reposaient sur des valeurs modélisées des pertes totales par évaporation, qui ont ensuite été utilisées avec des modèles de dispersion atmosphérique pour estimer l'exposition au benzène des personnes vivant à proximité des stations-service. La modélisation comporte par nature des incertitudes liées aux hypothèses, aux données d'entrée et aux outils de modélisation utilisés. La validation des modèles par la surveillance des concentrations de benzène dans l'air à proximité des stations-service dans diverses conditions permettrait de mieux comprendre l'exposition potentielle au benzène à proximité des stations-service. Pour évaluer l'incidence du modèle choisi, on a réalisé une analyse distincte avec AERSCREEN, un autre modèle de dispersion atmosphérique (voir la section 5.1).

On suppose qu'une personne est exposée en permanence et que la concentration de benzène dans l'air intérieur résultant des émissions de la station-service est égale à la concentration modélisée dans l'air extérieur.

La présente évaluation ne prend en compte que l'exposition au benzène associée aux émissions par évaporation générées par l'exploitation des stations-service et aux rejets de vapeurs provenant des réservoirs de stockage souterrains lors du déchargement des camions-citernes; elle ne tient pas compte de l'exposition au benzène attribuable à la contamination environnementale ou aux déversements causés par les stations-service. En outre, les autres sources d'exposition au benzène, par exemple le tabagisme ou la présence d'un garage attenant (Santé Canada, 2013), n'ont pas été examinées dans le rapport. Enfin, l'évaluation ne tient compte que de l'exposition découlant d'une seule station-service. Aux intersections urbaines très fréquentées, il n'est pas rare de trouver plusieurs stations-service à proximité les unes des autres. Dans ces cas, les émissions de ces stations-service peuvent atteindre les mêmes zones résidentielles, ce qui augmenterait l'exposition des personnes qui y vivent (Hsieh et coll., 2021).

La CT₀₅ pour le benzène était fondée sur une exposition à vie, estimée à partir du rythme respiratoire et de la masse corporelle chez l'adulte. Les nourrissons et les enfants pourraient être davantage touchés par les concentrations de benzène estimées dans la présente analyse en raison des différences dans le rythme respiratoire et le poids corporel. De plus, Santé Canada (2013) a établi une plage de valeurs d'excès de risque unitaire associées à un niveau de risque de 1 pour 100 000 (0,6 à 4,5 µg/m³) pour le benzène en s'appuyant sur les données du Canada (1993), de l'OEHHA (2001) et de l'US EPA (1998). On a réalisé une autre analyse dans le but d'évaluer comment le fait de choisir, parmi cette plage, la valeur qui offre la meilleure protection pour la santé influe sur les risques pour la santé liés aux émissions de benzène provenant des stations-service (voir la section 5.2).

En juin 2021, le gouvernement du Canada a annoncé qu'il fixait une nouvelle cible obligatoire selon laquelle la totalité des voitures et des camions légers à passagers neufs vendus seront des véhicules zéro émission d'ici 2035, afin d'aider le Canada à atteindre son objectif à long terme de zéro émission nette d'ici 2050 (Transports Canada, 2021). La réduction du nombre de véhicules à essence sur le marché devrait entraîner une réduction correspondante des émissions de benzène provenant des stations-service et des risques liés pour la santé.

5.1 Modèle de dispersion atmosphérique : autre analyse

SCREEN3 est un modèle de dispersion atmosphérique gaussien au niveau de l'évaluation qui se fonde sur le modèle Industrial Source Complex (ISC) (pour évaluer les concentrations d'agents polluants provenant de diverses sources dans un complexe industriel). Il est conçu pour estimer les concentrations maximales de produits chimiques à des hauteurs de récepteur choisies et à différentes distances d'une source de rejet pour une source d'émission continue donnée. On a également utilisé le modèle AERSCREEN (US EPA, 2011) pour effectuer une analyse complémentaire afin d'évaluer l'influence du modèle de dispersion atmosphérique sur l'exposition prévue. AERSCREEN est un modèle d'évaluation fondé sur AERMOD (US EPA, 2011). AERSCREEN produit des estimations des concentrations sur une heure « dans le pire des scénarios », provenant d'une seule source, sans nécessiter de données météorologiques horaires propres au site, et comprend aussi des facteurs de conversion pour estimer les concentrations après 3 heures, 8 heures, 24 heures et un an « dans le pire des scénarios ». Le modèle AERSCREEN est conçu pour produire des estimations de concentrations qui sont égales ou supérieures aux estimations produites par AERMOD, sans nécessiter un ensemble complet de données météorologiques et de terrain (US EPA, 2011).

On a effectué des calculs à l'aide du modèle AERSCREEN pour déterminer l'exposition à long terme aux émissions de benzène provenant d'une station-service chez les personnes vivant à proximité de la station-service. Les variables d'entrée utilisées dans les calculs du modèle AERSCREEN figurent dans le Tableau B-6 de l'annexe B. Pour une station-service à débit médian, la contribution moyenne annualisée aux concentrations de benzène modélisées a été estimée à 1,1 µg/m³ à une distance de

20 mètres de la limite de propriété de la station-service. Lorsqu'on compare cette valeur à la CT₀₅ de 14 700 µg/m³ (Canada, 1993), on obtient une ME de 13 400 et un risque supplémentaire de cancer de 4 par million d'habitants, ce qui est inférieur au risque de 12 par million d'habitants estimé à l'aide du modèle SCREEN3. Les ME issues des modèles SCREEN3 et AERMOD sont présentées dans le Tableau 5-1. La distance par rapport à la limite de propriété d'une station-service à laquelle la concentration supplémentaire de benzène provenant de la station-service correspond au niveau de risque de 1 sur 1 000 000 (0,29 µg/m³) est estimée à 75 mètres pour le scénario à débit médian selon le modèle AERSCREEN (Tableau B-7 de l'annexe B), soit environ la moitié de la distance estimée à l'aide du modèle SCREEN3 de 160 mètres.

On a effectué des calculs à l'aide du modèle AERSCREEN pour déterminer l'exposition à court terme au benzène en fonction du taux de rejet de benzène et des facteurs d'exposition indiqués dans le Tableau B-8 de l'annexe B. De plus, le Tableau B-9 de l'annexe B présente les concentrations maximales supplémentaires de benzène pour une heure d'exposition à différentes distances de la tuyauterie d'évent sans système de récupération des vapeurs pendant le déchargement d'un camion-citerne de 35 000 litres, qui ont également été calculées au moyen du modèle AERSCREEN. Lorsqu'on compare une valeur estimée de 260 µg/m³ à une distance de 25 mètres de la limite de propriété de la station-service avec le niveau avec effet de 16 mg/m³ fondé sur l'hématotoxicité pour le développement chez la souris, on obtient une ME de 62. Cette valeur est légèrement plus élevée que la ME de 20 issue du modèle SCREEN3 (voir le Tableau 5-1). Les concentrations supplémentaires de benzène provenant des rejets par les tuyaux d'événements modélisées à l'aide du modèle AERSCREEN sont inférieures à la valeur AREL de 27 µg/m³ à une distance de 150 mètres de la limite de propriété de la station-service pour les camions-citernes de 35 000 litres. Cette distance est semblable à la distance de 210 mètres estimée par le modèle SCREEN3.

Tableau 5-1. Comparaison de la marge d'exposition et du risque associés à l'exposition à long terme et à l'exposition à court terme selon le modèle utilisé (SCREEN3 ou AERSCREEN)

Scénario	SCREEN3		AERSCREEN	
	ME	Risque de cancer par million d'habitants ^a	ME	Risque de cancer par million d'habitants ^a
Exposition à long terme attribuable aux émissions d'une station-service à débit médian	4 200	12	13 400 ^b	4
Exposition à court terme attribuable au déchargement d'un camion-citerne de 35 000 litres	20	-	62 ^c	-

^a Le risque de cancer par million d'habitants ne s'applique pas aux estimations de l'exposition à court terme.

^b À une distance de 20 mètres de la limite de propriété.

^c À une distance de 25 mètres de la limite de propriété.

Les résultats des calculs effectués à l'aide du modèle AERSCREEN concordent avec les résultats obtenus avec le modèle SCREEN3 pour les scénarios d'exposition étudiés. Tant pour l'exposition à long terme que pour l'exposition à court terme, les estimations produites par les modèles SCREEN3 et AERSCREEN indiquent que l'exposition aux émissions de benzène provenant des stations-service peut présenter des risques inacceptables pour la santé de la population vivant à proximité des stations-service.

5.2 Excès de risque unitaire : autre analyse

On a réalisé une autre analyse dans laquelle un risque de cancer de 1 sur 100 000 était associé à une concentration de 0,6 µg/m³ pour l'exposition chronique au benzène, ce qui représente la valeur qui offre la meilleure protection pour la santé parmi la plage de valeurs estimées (0,6 µg/m³ à 4,5 µg/m³) établie par Santé Canada (2013); il s'agit également de la valeur calculée par l'OEHHA (2001). Cette valeur correspond à une concentration de 0,06 µg/m³ associée à un risque de cancer de 1 sur 1 000 000.

Selon le risque de cancer susmentionné et les concentrations de benzène générées par le modèle SCREEN3 (Tableau B-2 de l'annexe B), les émissions de benzène provenant des stations-service feraient courir un risque de cancer supérieur à 1 sur 100 000 à des distances pouvant atteindre 30 mètres, 105 mètres et 190 mètres pour les stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé, respectivement. Les distances correspondantes pour un risque de cancer supérieur à 1 sur 1 000 000 sont de 180 mètres, 400 mètres et 700 mètres (Tableau 5-2).

Tableau 5-2. Distance par rapport à la limite de propriété d'une station-service à laquelle les concentrations sont associées à un risque de cancer de 1 sur 100 000 ou à un risque de cancer de 1 sur 1 000 000 selon deux valeurs d'excès de risque unitaire

Excès de risque unitaire	Débit de la station-service	Distance (m) par rapport à la limite de propriété à laquelle les concentrations sont associées à un risque de cancer de 1 sur 100 000	Distance (m) par rapport à la limite de propriété à laquelle les concentrations sont associées à un risque de cancer de 1 sur 1 000 000
Valeur calculée à partir de la CT ₀₅ (Canada, 1993)	De base	-	70
	Médian	25	160
	Élevé	70	290
Valeur inférieure de la plage établie par Santé Canada (2013)	De base	30	180
	Médian	105	400
	Élevé	190	700

Selon les résultats obtenus, l'utilisation de la valeur inférieure de la plage établie par Santé Canada (2013) à titre de valeur d'excès de risque unitaire augmenterait la distance à l'intérieur de laquelle les émissions de benzène provenant des stations-service entraînent un risque de cancer accru pour les personnes vivant à proximité.

6 Conclusion

Le présent rapport présente l'estimation des rejets de benzène à court terme dus au déchargement par camion-citerne de l'essence dans les réservoirs de stockage des stations-service et des rejets de benzène à long terme attribuables aux pertes totales par évaporation des stations-service. Pour les personnes vivant à proximité d'une station-service, les risques supplémentaires de tumorigénicité pour une exposition à long terme par inhalation aux émissions par évaporation de benzène dans l'essence varient de 3 à 32 par million d'habitants à une distance de 20 mètres de la limite de propriété de la station-service. Un niveau de risque égal ou supérieur à 10 par 1 000 000 est particulièrement préoccupant. La contribution des émissions de benzène provenant des stations-service influence l'exposition à des distances pouvant atteindre environ 70 mètres à 300 mètres du pourtour d'une station-service, en fonction du débit de carburant. L'exposition à court terme par inhalation aux émissions de benzène pendant le déchargement du carburant par un camion-citerne donne des ME pour les effets hématotoxiques sur le développement chez les personnes enceintes vivant à 10 mètres de la limite de propriété d'une station-service bien inférieures à 300. Ces ME sont considérées comme étant inadéquates pour la protection de la santé humaine. À des distances pouvant atteindre de 210 mètres à 240 mètres de la limite de propriété de la station-service, les concentrations d'exposition sont toujours supérieures à la valeur AREL de l'EPA de la Californie pour l'inhalation de benzène à court terme (OEHHA, 2014). Il est possible que ces dépassements (horaires) à court terme se produisent plus de 300 fois par année pour une station-service à débit élevé, ce qui peut se traduire par une exposition périodique quasi quotidienne à des concentrations élevées. Pour les deux types de rejets, on arrive à la conclusion que les expositions par inhalation au benzène attribuable aux émissions des stations-service d'essence peuvent présenter un risque inacceptable à la santé humaine pour la population générale qui réside à proximité.

Des méthodes existent pour réduire l'exposition au benzène et les risques pour la santé humaine associés aux émissions de benzène provenant des stations-service. On peut notamment mettre en œuvre des systèmes de récupération des vapeurs et utiliser des soupapes à pression-dépression sur les tuyaux d'évents dans les stations-service, et instaurer des distances de retrait minimales pour les nouvelles constructions. Ces mesures pourraient contribuer à réduire l'exposition au benzène de la population générale du Canada, y compris les populations vulnérables comme les personnes enceintes, les fœtus et les enfants.

7 Prochaines étapes

Le gouvernement du Canada examinera les options de gestion des risques possibles visant à réduire les rejets de vapeurs de benzène provenant des stations-service et tiendra compte des mesures prises à l'échelon fédéral, provincial et territorial qui touchent le secteur pétrolier. Des consultations auront lieu avant que des mesures de gestion des risques ne soient élaborées.

Références

Air Force. 1989. The installation restoration program toxicology guide. Vol. 4. Wright Patterson Air Force Base (OH): Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command. Contract No. 1891-A076-AI. DOE Interagency Agreement No. 1891-A076-AI.r. [cité dans ATSDR, 1995]

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1995. Toxicological profile for automotive gasoline. Atlanta (GA). [consulté le 14 octobre 2021]

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2007. Toxicological Profile for Benzene. Atlanta (GA). [consulté le 11 mars 2021]

[CalEPA/CARB] California Environmental Protection Agency & California Air Resources Board. 2005. Air Quality and Land Use Handbook: A Community Health Perspective. Sacramento, California. [consulté le 12 août 2021]

Canada. 1993. Benzène. (Liste des substances d'intérêt prioritaire Rapport d'évaluation). Ottawa (Ont.), Environnement Canada; Santé Canada.

Canada. 1996. Concentrations/doses journalières admissibles et concentrations/doses tumorigènes des substances d'intérêt prioritaire calculées en fonction de critères sanitaires. Ottawa (Ont.), Environnement Canada; Santé Canada. [consulté le 20 octobre 2021]

Canada. 1997. Règlement sur le benzène dans l'essence. D.O.R.S./97-493. Gouvernement du Canada, Site Web de la législation (Justice). [consulté le 14 octobre 2021]

Canada. 1999a. Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999). L.C. 1999, ch. 33. Gazette du Canada, Partie III, vol. 22, n° 3. [consulté le 14 octobre 2021]

Canada, min. de l'Environnement. 1999b. Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : limites de remplacement en vertu du Règlement sur le benzène. Gazette du Canada, Partie I, vol. 133, n° 36, p. 2500-2503. [consulté le 15 septembre 2021]

[CAPCOA] California Air Pollution Control Officers Association (CAPCOA). 1997. Gasoline service station industrywide risk assessment guidelines. Sacramento, CA. [consulté le 14 octobre 2021].

[CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1991. Code de recommandations techniques pour la protection de l'environnement applicable à la récupération des vapeurs dans les réseaux de distribution d'essence. Winnipeg (Man.), CCME-EPC/TRE-30F. [consulté le 11 mars 2021]

[Cheminfo] Cheminfo Services Inc. 2009. Gasoline, final report. Background technical study on the use, exposure and release potential of certain high priority petroleum substances under the chemicals management plan, in sectors other than the petroleum sector. Rapport non publié. Markham (ON): Cheminfo. Préparé pour Environnement Canada par Cheminfo (contrat n° K2A15-08-0018-G).

Commission européenne. 2000. IUCLID dataset for solvent naphtha (petroleum), light aromatic, CAS RN 64742-95-6. Year 2000 CD-ROM ed. [lieu inconnu], Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques.

[CONCAWE] CONservation of Clean Air and Water in Europe. 1992. Gasolines. Brussels (BE): CONCAWE, Petroleum Products and Health Management Groups.

[CONCAWE] CONservation of Clean Air and Water in Europe. 1997. Exposure profile: gasoline. Brussels (BE): CONCAWE, Petroleum Products Management Group. Report No.: 97/52.

Curry P, Kramer G, Newhook R, Sitwell J, Somers D, Tracy B, Oostdam JV. 1993. Reference values for Canadian populations. Ottawa (ON): Health Canada, Environmental Health Directorate Working Group on Reference Values.

Dann T. 2015. Review and assessment of ambient volatile organic compound (VOC) data from the National Air Pollution Surveillance (NAPS) program to compare with VOC species emitted from the National Pollutant Release Inventory (NPRI) and other Canadian sources. Rapport préparé pour Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

[ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2021. Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement. Gatineau (Qc), gouvernement du Canada. Communication personnelle.

[ECCC et Santé Canada] Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada. 2016. Évaluation préalable Approche pour le secteur pétrolier : Condensats de gaz naturel. Ottawa (Ont.), gouvernement du Canada. [consulté le 28 juin 2021]

[ECCC et Santé Canada] Environnement et Changement climatique Canada et Santé Canada. 2017. Évaluation préalable Approche pour le secteur pétrolier : Gaz de pétrole liquéfiés Gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 4. Ottawa (Ont.), gouvernement du Canada. [consulté le 28 juin 2021]

[ECHA] European Chemicals Agency. 2018a. Gasoline, Natural. CAS RN 8006-61-9 dossier. Helsinki (FI): ECHA. [consulté le 14 octobre 2021]

[ECHA] European Chemicals Agency. 2018b. Gasoline. CAS RN 86290-81-5 Brief Profile. Helsinki (FI): ECHA. [consulté le 14 octobre 2021]

[EPI Suite] Estimation Program Interface Suite for Microsoft Windows [estimation model]. 2008. Version 3.4. Washington (DC): US Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY): Syracuse Research Corporation. [consulté le 14 octobre 2021]

Galarneau E, Wang D, Dabek-Zlotorzynska E, Siu M, Valbona Celo V, Tardif M, Harnish D, Jiang Y. 2016. Air toxics in Canada measured by the National Air Pollution Surveillance (NAPS) program and their relation to ambient air quality guidelines, J. Air Waste Manag. Assoc. 66: 184–200.

Hilpert M, Mora BA, Ni J, Rule AM, Nachman KE. 2015. Hydrocarbon release during fuel storage and transfer at gas stations: Environmental and Health Effects. *Curr. Envir. Health Rpt.* 2: 412–422.

Hilpert M, Rule AM, Adria-More B, Tiberi T. 2019. Vent pipe emissions from storage tanks at gas stations: Implications for setback distances. *Sci. Total Environ.* 650: 2239–2250.

Hsieh PY, Shearston JA, Hilpert M. 2021. Benzene emission from gas station clusters: A new framework for estimating lifetime cancer risk. *J. Envir. Health Sci. Eng.* 19: 273–283.

[IARC] International Agency for Research on Cancer (IARC) Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks in Humans. 1989. Occupational exposures in petroleum refining; crude oil and major petroleum fuels: diesel fuels. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.* 45: 219–238.

[IARC] IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2018. Benzene. Volume 20. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France. [consulté le 16 septembre 2021]

[IARC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2012. Chemical Agents and Related Occupations: A Review of Human Carcinogens. Volume 100F-Benzene. [consulté le 14 octobre 2021]

[IMAP] Inventory Multi-Tiered Assessment and Prioritisation. 2018. Inventory Multi-Tiered Assessment and Prioritisation. Human Health Tier II Assessment for Gasolines. Australian Government Department of Health. Sydney (NSW). [consulté le 14 octobre 2021]

Kalibrate. 2021. Canadian 2020 National Retail Petroleum Site Census — Executive summary. Kalibrate Technologies Ltd 2021. [consulté le 13 décembre 2021]

Keller KA, Snyder CA. 1986. Mice exposed in utero to low concentrations of benzene exhibit enduring changes in their colony forming hematopoietic cells. *Toxicology* 42(2-3): 171–181.

Kent Group. National retail petroleum site census. 2020. London (ON). Kent Group Ltd.

[OEHHA] Office of Environmental Health Hazard Assessment. 2001. Health Goal for BENZENE in Drinking Water. California Environmental Protection Agency. [consulté le 28 octobre 2022]

[OEHHA] Office of Environmental Health Hazard Assessment. 2014. Benzene reference exposure levels. Technical Support Document for the Derivation of Noncancer Reference Exposure Levels. Appendix D1. California Environmental Protection Agency. [consulté le 18 mai 2021]

[OMS] Organisation mondiale de la Santé. 2000. Evaluation of risks to human health – benzene. In: Air quality guidelines for Europe. 2nd ed. Copenhagen (Danemark), Bureau régional de l'OMS pour l'Europe. Chapter 5.2. [consulté le 14 octobre 2021]

[Ontario MECC] Ontario Ministry of the Environment and Climate Change. 2015. Air Quality in Ontario, 2015 Report. Toronto, ON. [consulté le 3 mars 2021]

[ONU] Organisation des Nations Unies. 2013. Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques. ST/SG/AC.10/30/Rev.5 New York et Genève. 5^e édition révisée.

[PACE] Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment, 1987. A Study of Exposure to Motor Gasoline Hydrocarbon Vapours at Service Stations (Phase II -Summer Study), PACE Report No. 87-5, Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment, Ottawa, Ontario.

[PACE] Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment, 1989. A Study of Exposure to Motor Gasoline Hydrocarbon Vapours at Service Stations (Phase III – Winter Study), PACE Report No. 89-3, Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment, Ottawa, Ontario.

Palmgren F, Hansen AB, Berkowicz R, Skov H. 2000. Benzene from traffic. Fuel content and ambient air concentrations. NERI Technical Report No. 309. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark. [consulté le 22 octobre 2021].

Rinsky RA, Smith AB, Hornung R, Filloon TG, Young RJ, Okun AH, Landrigan PJ. 1987. Benzene and leukemia. An epidemiological risk assessment. *N. Eng. J. Med.* 316(17): 1044–1050.

[RNSPA] Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique. 2012. RNSPA – données annuelles brutes pour 2009. Ottawa (Ont.), Environnement Canada. [consulté le 14 octobre 2021]

[RNSPA] Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique. 2018. Données recueillies sous le Règlement sur le benzène dans l'essence. Ottawa (Ont.), Environnement Canada. [consulté le 26 février 2021]

[RNSPA] Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique. 2019. RNSPA – données annuelles brutes pour 2019. Ottawa (Ont.), Environnement Canada.

Santé Canada. 2009. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique Benzène. Ottawa (Ont.), Santé Canada. [consulté le 11 mars 2021]

Santé Canada. 2013. Document de conseils sur le benzène dans l'air intérieur résidentiel : document d'évaluation scientifique. Ottawa (Ont.), Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada. [consulté le 14 octobre 2021]

SCREEN3. 1996. Version 4.10. Research Triangle Park (NC): US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions, Monitoring, and Analysis Division. [consulté le 14 octobre 2021]

Statistique Canada. 2012. Les pertes d'essence par évaporation des postes d'essence canadiens, 2009. Ottawa (Ont.), Statistique Canada, Division des comptes et de la statistique de l'environnement. N° 16-001-M au catalogue, n° 15. [consulté le 14 octobre 2021]

Statistique Canada. 2016. CANSIM Tableau 134-0004. Approvisionnement et utilisation des produits pétroliers raffinés au Canada, février 2017. Ottawa (Ont.), Statistique Canada. [consulté le 14 octobre 2021]

Stroud CA, Zaganescu C, Chen J, McLinden CA, Zhang J, Wang D. 2016. Toxic volatile organic air pollutants across Canada: multi-year concentration trends, regional air quality modelling and source apportionment. *J. Atmos. Chem.* 73: 137–164.

Tecsult Inc. 2007. Study on gasoline vapour recovery in Stage 1 distribution networks in Canada. Rapport non publié. Montreal (QC): Tecsult Inc.

Transcourt, Tank, Truck & Trailer News. 2018. How much gas does a tanker truck hold? Oakville, Ontario. [consulté le 26 février 2021].

Transports Canada. 2021. Bâtir une économie verte : le gouvernement du Canada exigera que la totalité des voitures et camions légers à passagers vendus soit des véhicules zéro émission d'ici 2035. Ottawa (Ont.), Transports Canada. [consulté le 13 décembre 2021]

Union européenne. 2008. Directive 2008/58/CE de la Commission du 21 août 2008. Journal officiel de l'Union européenne. L 246, vol. 51, 15 septembre 2008. [consulté le 14 octobre 2021]

Union européenne. 2009. Règlement (CE) n° 790/2009 de la Commission du 10 août 2009. Journal officiel de l'Union européenne. L 235, vol. 52, 5 septembre 2009. [consulté le 14 octobre 2021]

[USDT] US Department of Transportation. 2012. Freight Management and Operations. Compilation of existing state truck size and weight limit laws. Washington (DC). [consulté le 26 février 2021]

[US EPA] US Environmental Protection Agency. 1992. Screening procedures for estimating the air quality impact of stationary sources, revised. Washington (DC): US EPA. Report No.: EPA-454/R-92-019. [consulté le 14 octobre 2021]

[US EPA] United States Environmental Protection Agency. 1998. Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. EPA/600/P-97/001F. Washington (DC): U.S. [consulté le 29 juin 2021]

[US EPA] United States Environmental Protection Agency. 2011. Technology Transfer Network – Support Centre for Atmospheric Modelling – Screening Models – AERSCREEN. Research Triangle Park (NC): U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions, Monitoring, and Analysis Division.

[USCFR] United States Code of Federal Regulations. 2021. Title 40. Subpart CCCCCC- National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Category: Gasoline Dispensing Facilities. Washington (DC). [consulté le 14 octobre 2021]

Yerushalmi L and Rastan S. 2014. Evaporative losses from retail gasoline outlets and their potential impact on ambient and indoor air quality. In: Li A, Zhu Y, Li Y, editors. Proceedings of the 8th International Symposium on Heating, Ventilation, and Air Conditioning; 2013 Oct 19–21;

Xi'an, China. Berlin (DE): Springer-Verlag. p. 13–21. (Lecture Notes in Electrical Engineering 261).

Annexe A : Identité et composition des substances de l'essence

Tableau A-1. Propriétés physicochimiques de l'essence

Propriété	Valeur	Référence
Point de fusion (°C)	-40	ChemInfo, 2009
Point d'ébullition (°C)	39-204 25-220	ATSDR, 1995 CONCAWE, 1992
Pression de vapeur (Pa à 37,8 °C)	35 000-90 000 240 000	CONCAWE, 1992 ECHA, 2018a, b
Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol) ^a	48,6-3,3 × 10 ⁵	Air Force, 1989
Log K _{oe} ^b	2,13-4,87	Air Force, 1989
Solubilité dans l'eau (mg/L) ^c	0,1-1 790	EPI Suite, 2008
Densité (kg/L à 15 °C)	0,72-0,79 0,6-0,88	CONCAWE, 1992 ECHA, 2018a, b

Abréviation : K_{oe} – coefficient de partage octanol-eau.

^a Basé sur la gamme benzène-triméthylpentane.

^b Basé sur la gamme naphthalène-triméthylpentane.

^c Gamme de solubilité des composants.

Annexe B : Caractérisation de l'exposition aux rejets de benzène par évaporation provenant des stations-service

Tableau B-1. Intrants du modèle SCREEN3 pour l'exposition au benzène attribuable aux pertes totales par évaporation à proximité d'une station-service

Variable	Intrant
Type de source	Diffuse
Aire de captation des émissions ^a	20 m × 20 m
Hauteur de captation des émissions	2,3 m (moyenne de la hauteur de rejet par les événements [3,66 m] et les pompes à essence [1 m])
Densité de l'essence (g/mL)	0,755
Concentration de benzène dans l'essence (% v/v)	0,6
Débit d'essence des stations-service, médian (de base; élevé) (millions de L/année)	4,0 (1; 10,6)
Perte totale par évaporation de l'essence (%)	0,15
Taux d'émission de benzène, médian (de base; élevé) (mg/s)	1,0 (0,25; 2,65)
Hauteur du récepteur ^a	1,74 m (taille moyenne d'un adulte)
Hauteur de la source de rejet ^b	2,3 m
Facteur d'ajustement ^c	0,4 (direction variable du vent pendant 24 h) 0,2 (direction moyenne du vent pendant un an)
Option urbaine/rurale	Urbaine
Météorologie ^d	1 (météorologie complète)
Distance minimale et maximale	De 10 à 1 000 m

^a Curry et coll. (1993).

^b Moyenne de la hauteur des tuyaux d'événements et des pompes à essence.

^c US EPA (1992).

^d Valeur par défaut dans le modèle SCREEN3.

Tableau B-2. Concentrations annuelles moyennes de benzène attribuables aux émissions totales par évaporation à proximité des stations-service à débit de base, à débit médian et à débit élevé

Distance (m)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit de base (1 million de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit médian (4 millions de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit élevé (10,6 millions de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
10	0,783	3,01	7,97
20	0,885	3,47	9,21
25	0,714	2,86	7,57
30	0,616	2,45	6,48
40	0,493	1,96	5,20
50	0,404	1,61	4,27
60	0,331	1,32	3,50
70	0,273	1,09	2,89
80	0,227	0,91	2,41
90	0,191	0,76	2,03
100	0,163	0,65	1,72
105	0,150	0,60	1,60
110	0,140	0,56	1,48
120	0,121	0,48	1,29
130	0,106	0,42	1,13
140	0,094	0,37	0,99
150	0,083	0,33	0,88
160	0,075	0,30	0,79
170	0,067	0,27	0,71
175	0,064	0,26	0,68
180	0,061	0,24	0,65
185	0,058	0,23	0,62
190	0,055	0,22	0,59
200	0,051	0,20	0,54
210	0,047	0,19	0,49
220	0,043	0,17	0,45
230	0,040	0,16	0,42
240	0,037	0,15	0,39
250	0,034	0,14	0,36
260	0,032	0,13	0,34
270	0,030	0,12	0,32
280	0,028	0,11	0,30

Distance (m)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit de base (1 million de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit médian (4 millions de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit élevé (10,6 millions de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
290	0,026	0,11	0,28
300	0,025	0,10	0,26
400	0,015	0,06	0,16
500	0,010	0,04	0,11
600	0,008	0,03	0,08
700	0,006	0,02	0,06
800	0,005	0,02	0,05
900	0,004	0,02	0,04
1 000	0,003	0,01	0,04

Tableau B-3. Intrants utilisés pour le calcul, avec le modèle SCREEN3, des émissions de benzène provenant des réservoirs d'essence lors du déchargement des camions-citernes

Variable	Intrant
Type de source	Diffuse
Aire de captation des émissions ^a	0,3 m × 3 m
Volume moyen (limite supérieure) d'un camion-citerne de livraison d'essence	35 000 L (43 900 L)
Temps de déchargement de l'essence du camion-citerne	1 h
Ratio air-vapeur d'essence dans le réservoir de stockage	70:30 (% v/v)
Densité du mélange air-vapeur d'essence	1,682 kg/m ³
Pourcentage de benzène (% en poids) dans le mélange air-essence dans le réservoir de stockage d'essence	0,18 %
Taux de rejet de benzène pour un camion-citerne moyen (limite supérieure)	0,029 g/s (0,037 g/s)
Taux d'émission de benzène pour un camion-citerne moyen [limite supérieure]	3,27 × 10 ⁻⁵ g/(s·m ²) [4,1 × 10 ⁻⁵ g/(s·m ²)]
Hauteur du récepteur	1,74 m (taille moyenne d'un adulte)
Hauteur de la source de rejet ^b	3,66 m
Option urbaine/rurale	Urbaine
Météorologie	1 (météorologie complète)
Distance minimale et maximale	De 10 à 1 000 m

^a Jugement professionnel selon l'évaluation d'images satellites.

^b CAPCOA (1997).

Tableau B-4. Concentrations maximales de benzène dans l'air sur une heure à proximité d'une station-service lors du déchargement d'un camion-citerne de 35 000 litres et de 43 900 litres

Distance (m)	Concentration maximale de benzène sur une heure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour un camion-citerne de 35 000 L	Concentration maximale de benzène sur une heure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour un camion-citerne de 43 900 L
10	805,20	1 009,95
20	647,40	812,02
30	477,66	599,12
40	360,84	452,60
50	280,08	351,30
60	221,04	277,25
70	177,36	222,46
80	144,72	181,52
90	119,94	150,44
100	100,86	126,51
120	74,10	92,94
140	56,69	71,11
150	50,23	63,01
160	44,83	56,23
180	36,40	45,66
200	30,19	37,87
210	27,69	34,73
220	25,63	30,72
230	23,56	29,55
240	21,84	27,39
250	20,32	25,49
270	17,74	22,25
300	14,73	18,48
400	8,93	11,20
500	6,10	7,65
600	4,50	5,64
700	3,49	4,38
800	2,82	3,53
900	2,34	2,93
1 000	1,98	2,48

Tableau B-5. Marges d'exposition à 10 mètres de la tuyauterie d'évent pour les rejets de benzène lors du déchargement de l'essence par les camions-citernes

Scénario	Concentration horaire maximale de benzène provenant des rejets des camions ^a (µg/m ³)	Niveau de benzène avec effet hématotoxique sur le développement (mg/m ³)	ME
Déchargement à partir d'un camion-citerne de 35 000 litres	805	16	20
Déchargement à partir d'un camion-citerne de 43 900 litres	1 010	16	16

^a Calculé à l'aide du modèle de dispersion atmosphérique SCREEN3

Tableau B-6. Intrants du modèle AERSCREEN pour l'exposition au benzène attribuable aux pertes totales par évaporation à proximité des stations-service

Variable	Intrant
Type de source	Diffuse
Aire de captation des émissions ^a	20 m × 20 m
Densité de l'essence (g/mL)	0,755
Concentration de benzène dans l'essence (% v/v)	0,6
Débit d'essence des stations-service, médian (de base; élevé) (millions de L/année)	4,0 (1; 10,6)
Perte totale par évaporation de l'essence (%)	0,15
Taux d'émission de benzène, station-service à débit médian (mg/s)	1,0
Hauteur du récepteur ^b	1,74 m (taille moyenne d'un adulte)
Hauteur de rejet au-dessus du sol ^c	2,3 m (moyenne de la hauteur de rejet par les événements [3,66 m] et les pompes à essence [1 m])
Dimension verticale de départ ^a	3,3 m
Option urbaine/rurale	Urbaine
Taille de la population de la zone urbaine ^d	520 000
Température minimale/maximale moyenne ^d (°K)	277 / 286
Élévation de la source ^a (m)	0
Vitesse minimale du vent ^e (m/s)	0,5
Hauteur de l'anémomètre ^e (m)	10
Facteur d'ajustement ^e	0,6 (direction variable du vent pendant 24 h) 0,1 (direction moyenne du vent pendant un an)
Météorologie ^{a,e}	Tableaux saisonniers d'AERMET (« AERMET Seasonal Tables »), profil dominant en surface (« Dominant Surface Profile ») / urbain (« Urban ») / humidité moyenne (« Average Moisture »)
Distance minimale et maximale	De 1 à 5 000 m

^a Jugement professionnel selon l'évaluation d'images satellites.

^b Curry et coll. (1993).

^c CAPCOA (1997).

^d Canada (2014).

^e Valeur par défaut dans le modèle AERSCREEN.

Tableau B-7. Concentrations annuelles moyennes de benzène attribuables aux émissions totales par évaporation à proximité des stations-service à débit médian calculées à l'aide du modèle AERSCREEN

Distance (m)	Concentration de benzène provenant des stations-service à débit médian (4 millions de L/année) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	1,4600
25	1,1000
50	0,4183
75	0,2370
100	0,1585
125	0,1160
150	0,0900
175	0,0726
200	0,0603
225	0,0513
250	0,0443
275	0,0388
300	0,0344
325	0,0308
350	0,0279
375	0,0253
400	0,0232
425	0,0213
450	0,0197
475	0,0183
500	0,0170
525	0,0159
550	0,0149
575	0,0140
600	0,0132
625	0,0125
650	0,0119
675	0,0113
700	0,0107
725	0,0102
750	0,0097
775	0,0093
800	0,0089
825	0,0085
850	0,0082
875	0,0079
900	0,0076

925	0,0073
950	0,0070
975	0,0068
1 000	0,0066

Tableau B-8. Intrants utilisés pour le calcul, avec le modèle AERSCREEN, des émissions de benzène provenant des réservoirs d'essence lors du déchargement des camions-citernes

Variable	Intrant
Type de source	Diffuse
Aire de captation des émissions ^a	0,3 m × 3 m
Volume moyen d'un camion-citerne de livraison d'essence	35 000 L
Ratio air-vapeur d'essence dans le réservoir de stockage	70:30 (% v/v)
Densité du mélange air-vapeur d'essence	1,682 kg/m ³
Pourcentage de benzène (% en poids) dans le mélange air-essence dans le réservoir de stockage d'essence	0,18 %
Taux de rejet de benzène pour un camion-citerne moyen	0,029 g/s
Hauteur du récepteur ^b	1,74 m (taille moyenne d'un adulte)
Hauteur de la source de rejet ^c	3,66 m
Dimension verticale de départ ^a	4,66 m
Option urbaine/rurale	Urbaine
Taille de la population de la zone urbaine ^d	520 000
Température minimale/maximale moyenne ^d (°K)	277 / 286
Élévation de la source ^a (m)	4,3
Vitesse minimale du vent ^e (m/s)	0,5
Hauteur de l'anémomètre ^e (m)	10
Hauteur de la source de rejet ^{a,c}	2,3 m
Météorologie ^{a,d}	Tableaux saisonniers d'AERMET (« AERMET Seasonal Tables »), profil dominant en surface (« Dominant Surface Profile ») / urbain (« Urban ») / humidité moyenne (« Average Moisture »)
Distance minimale et maximale	De 1 à 5 000 m

^a Jugement professionnel selon l'évaluation d'images satellites.

^b Curry et coll. (1993).

^c CAPCOA (1997).

^d Canada (2014).

^e Valeur par défaut dans le modèle AERSCREEN.

Tableau B-9. Concentrations maximales de benzène dans l'air sur une heure à proximité d'une station-service lors du déchargement d'un camion-citerne de 35 000 litres calculées à l'aide du modèle AERSCREEN

Distance (m)	Concentration maximale de benzène sur une heure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour un camion-citerne de 35 000 L
1	1 722,0000
25	259,7000
50	104,4000
75	59,7100
100	40,0300
125	29,3400
150	22,7700
175	18,3800
200	15,2700
225	12,9600
250	11,2000
275	9,8180
300	8,7040
325	7,7920
350	7,0340
375	6,3940
400	5,8490
425	5,3800
450	4,9720
475	4,6150
500	4,3000
525	4,0210
550	3,7710
575	3,5470
600	3,3460
625	3,1630
650	2,9970
675	2,8450
700	2,7060
725	2,5790
750	2,4610
775	2,3530
800	2,2530
825	2,1590
850	2,0730
875	1,9920
900	1,9160
925	1,8450

950	1,7790
975	1,7170
1 000	1,6580