



Government of Canada
Gouvernement du Canada

**Évaluation préalable
Approche pour le secteur pétrolier**

**Gaz de pétrole liquéfiés
[Gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 4]**

**Numéros d'enregistrement du Chemical Abstracts
Service**

68476-85-7

68476-86-8

**Environnement et Changement climatique Canada
Santé Canada**

février 2016

Canada

N° de cat. : En14-266

ISBN : 2017F-PDF 978-0-660-07391-0

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de l'auteur. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec l'informathèque d'Environnement et Changement climatique Canada au 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800 ou par courriel à ec.enviroinfo.ec@canada.ca.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement et Changement climatique, 2016.

Also available in English

Résumé

En vertu de l'article 74 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) (LCPE)*, la ministre de l'Environnement et celle de la Santé ont mené une évaluation préalable des gaz de pétrole liquéfiés (GPL) suivants :

| NE CAS | Nom dans la Liste intérieure |
|------------|-------------------------------------|
| 68476-85-7 | Gaz de pétrole liquéfiés |
| 68476-86-8 | Gaz de pétrole liquéfiés et adoucis |

Au cours de l'exercice de catégorisation, les GPL désignés par les numéros d'enregistrement du Chemical Abstracts Service (NE CAS) 68476-85-7 et 68476-86-8 ont été définis comme étant prioritaires pour l'évaluation, car ils satisfaisaient aux critères de catégorisation énoncés au paragraphe 73(1) de la LCPE ou étaient considérés comme prioritaires en raison d'autres préoccupations relatives à la santé humaine. Ces substances ont été incluses dans l'Approche pour le secteur pétrolier (ASP) parce qu'elles sont liées au secteur pétrolier et qu'il s'agit de mélanges complexes d'hydrocarbures.

Les gaz de pétrole liquéfiés sont produits par des installations pétrolières (c.-à-d. des raffineries ou des installations de traitement du gaz naturel) et ils appartiennent à une catégorie d'hydrocarbures légers et majoritairement saturés (surtout des hydrocarbures comportant de un à sept atomes de carbone). Toutefois, les GPL utilisés dans des produits de consommation sont majoritairement des hydrocarbures comportant trois et quatre atomes de carbone. Les gaz de pétrole liquéfiés issus des raffineries peuvent contenir des hydrocarbures insaturés, comme le propène et les butènes. La composition des gaz de pétrole liquéfiés varie selon la source (par ex. gaz naturel, pétrole brut), les conditions du processus de transformation et les unités de traitement utilisées. Des structures représentatives de chaque classe chimique des substances ont été choisies afin de prévoir le comportement général de ces substances complexes et d'évaluer les effets potentiels sur l'environnement.

Les GPL sont principalement utilisés comme combustibles domestiques et industriels, comme matières premières et comme propulseurs d'aérosol dans des produits de consommation. Il a été reconnu que, compte tenu des propriétés physiques et chimiques de ces substances (c.-à-d., des gaz à pression de vapeur élevée), des rejets de gaz de pétrole liquéfiés dans l'atmosphère sont possibles.

D'après les renseignements disponibles, les organismes seraient exposés aux GPL surtout par voie aérienne (par ex. par inhalation). Compte tenu de la faible toxicité des composants de GPL dans l'air pour les effets autres que cancérogènes, et la faible exposition prévue relativement à la toxicité, les GPL présentent un faible risque d'effets nocifs sur les organismes et sur l'intégrité

globale de l'environnement. Il est conclu que ces deux GPL (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) ne répondent pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) et 64 b) de la LCPE, puisqu'ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou la diversité biologique, ou à mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie.

La catégorisation initiale de ces deux gaz de pétrole liquéfiés s'explique par un effet grave sur la santé humaine : leur pouvoir cancérigène. L'Union européenne a en effet établi que les gaz de pétrole et de raffinerie contenant du 1,3-butadiène à des concentrations égales ou supérieures à 0,1 % en poids étaient cancérigènes. Le 1,3-butadiène a été désigné par Santé Canada et plusieurs organismes internationaux de réglementation comme une substance cancérigène et il a été inscrit à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE. On a observé que le 1,3-butadiène était un cancérigène multisites chez les rongeurs et causait une hausse des cas de tumeurs à toutes les concentrations aériennes testées. Selon les résultats des essais in vitro et in vivo, le 1,3-butadiène s'est également révélé génotoxique, et la plausibilité de son mode d'action dans l'induction de tumeurs implique une interaction directe avec le matériel générique.

La population générale peut être exposée aux GPL par l'intermédiaire de divers produits aérosols offerts sur le marché canadien qui utilisent les GPL comme propulseurs. Pour caractériser un risque potentiel d'exposition à long terme par inhalation à des produits aérosols contenant des GPL, une marge d'exposition a été déduite d'après les concentrations dans l'air intérieur de 1,3-butadiène dans des ménages non-fumeurs dans quatre villes canadiennes. Par rapport au potentiel cancérigène du 1,3-butadiène, on considère que la marge d'exposition est adéquate pour compenser les incertitudes relatives aux effets sur la santé et à l'exposition. Cette approche est considérée comme prudente, puisque plusieurs sources contribuent probablement aux concentrations dans l'air intérieur de 1,3-butadiène.

La population générale vivant à proximité de stations de ravitaillement de bonbonnes de GPL ou de stations d'avitaillement des véhicules en GPL peut également être exposée aux GPL. Des marges d'exposition ont ainsi été déduites à partir du potentiel d'exposition par inhalation à long terme au 1,3-butadiène découlant des rejets de GPL pendant le processus de transfert du carburant et sont considérées comme adéquates pour compenser les incertitudes relatives aux effets sur la santé et à l'exposition.

Un document récent présenté par l'industrie sur l'étude des concentrations de 1,3-butadiène dans certains flux gazeux sélectionnés à des installations de traitement du gaz naturel indique que pour la plupart des échantillons testés, la concentration de 1,3-butadiène était inférieure à la limite de détection de 1 ppm. D'après les éléments de preuve indiquant une faible concentration de 1,3-

butadiène et le faible danger lié à d'autres composants de gaz prédominants, les risques pour la santé humaine attribuables aux émissions volatiles de gaz de pétrole et de raffinerie, dont les GPL provenant d'installations de traitement du gaz naturel, sont jugés faibles. Ainsi, les émissions de GPL provenant d'installations de traitement du gaz naturel ne sont pas considérées comme des sources d'exposition préoccupantes.

D'après les renseignements disponibles, le 1,3-butadiène est considéré comme étant présent dans ces deux GPL lorsqu'ils sont produits par des raffineries de pétrole. On considère que ces deux GPL représentent une portion des rejets de 1,3-butadiène aux installations de raffinage de pétrole, tels que quantifiés dans l'évaluation déjà publiée sur les gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations. Dans cette évaluation, il a été déterminé que les marges entre les estimations de la limite supérieure d'exposition au 1,3-butadiène et les estimations du potentiel cancérigène établies pour l'exposition au 1,3-butadiène par inhalation sont considérées comme potentiellement inadéquates pour compenser les incertitudes relatives à l'exposition et aux effets sur la santé.

Tenant compte de la contribution de ces deux GPL aux émissions globales des raffineries pétrolières, il est conclu que ces deux GPL (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) satisfont aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE, car ils pénètrent ou peuvent pénétrer dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

Il est conclu que ces deux gaz de pétrole liquéfiés (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) satisfont à un ou plusieurs des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE.

Table des matières

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Introduction..... | 1 |
| 2. | Identité de la substance | 3 |
| 3. | Propriétés physiques et chimiques..... | 6 |
| 4. | Sources | 8 |
| 5. | Utilisations | 9 |
| 6. | Rejets dans l'environnement | 11 |
| 6.1 | Rejets potentiels sur place en provenance des sites de production et d'entreposage des gaz de pétrole liquéfiés..... | 12 |
| 6.2 | Rejets potentiels provenant du transport des gaz de pétrole liquéfiés ... | 13 |
| 6.3 | Rejets potentiels provenant du transfert des gaz de pétrole liquéfiés | 14 |
| 6.4 | Rejets potentiels provenant des utilisations finales de gaz de pétrole liquéfiés..... | 15 |
| 7. | Devenir dans l'environnement | 16 |
| 8. | Persistance et bioaccumulation..... | 16 |
| 8.1 | Persistance dans l'environnement..... | 16 |
| 8.2 | Potentiel de bioaccumulation..... | 17 |
| 9. | Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement..... | 17 |
| 9.1 | Évaluation des effets sur l'environnement | 17 |
| 9.2 | Évaluation de l'exposition de l'environnement..... | 18 |
| 9.3 | Caractérisation du risque écologique | 19 |
| 9.4 | Incertitudes dans l'évaluation des risques pour l'environnement..... | 20 |
| 10. | Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine | 20 |
| 10.1 | Évaluation de l'exposition | 20 |
| 10.2 | Évaluation des effets sur la santé..... | 31 |
| 10.3 | Caractérisation des risques pour la santé humaine..... | 38 |
| 10.4 | Incertitudes liées à l'évaluation des risques pour la santé humaine | 42 |
| 11. | Conclusion | 43 |
| | Références | 44 |
| | Annexe A : Groupes de substances pétrolières..... | 69 |
| | Annexe B : Tableaux des données sur les propriétés physiques et chimiques des gaz de pétrole liquéfiés..... | 70 |
| | Annexe C : Modélisation de la dispersion dans l'air des rejets potentiels de gaz de pétrole liquéfiés | 72 |
| | Annexe D : Résultats de la modélisation pour l'exposition des êtres humains aux gaz de pétrole liquéfiés provenant de produits aérosols représentatifs offerts aux consommateurs ^a | 78 |
| | Annexe E : Résumé des renseignements sur les effets sur la santé des gaz de pétrole liquéfiés et du 1,3-butadiène..... | 82 |

1. Introduction

Conformément aux articles 68 et 74 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE] (Canada, 1999), les ministres de l'Environnement et Changement climatique et de la Santé procèdent à une évaluation préalable des substances afin de déterminer si elles présentent ou sont susceptibles de présenter un risque pour l'environnement ou la santé humaine.

Un élément clé du Plan de gestion des produits chimiques du gouvernement du Canada est l'Approche pour le secteur pétrolier (ASP), qui prévoit l'évaluation d'environ 160 substances pétrolières jugées hautement prioritaires. Ces substances sont principalement liées au secteur pétrolier et sont considérées comme des substances de composition inconnue ou variable, des produits de réaction complexes ou des matières biologiques (UVCB).

Les substances pétrolières hautement prioritaires sont divisées en neuf (9) groupes de substances en fonction des similitudes qui existent quant à leur production, leur toxicité et leurs propriétés physicochimiques (annexe A). Afin de réaliser les évaluations préalables, chaque substance pétrolière hautement prioritaire a été placée dans une des cinq catégories (ou « groupes »), selon sa production et son utilisation au Canada :

Groupe 0 : Les substances qui ne sont pas produites par le secteur pétrolier ou qui ne sont pas commercialisées.

Groupe 1 : Les substances restreintes aux installations, soit des substances qui ne sont pas censées être transportées à l'extérieur des raffineries, des usines de valorisation ou des usines de traitement du gaz naturel¹.

Groupe 2 : Les substances restreintes aux industries, c'est-à-dire les substances qui peuvent quitter une installation du secteur pétrolier et être transportées dans d'autres installations industrielles (par exemple, pour être utilisées comme matières premières, carburant ou substances de base), mais qui ne se retrouvent pas sur le marché public dans leur forme originale.

Groupe 3 : Les substances utilisées principalement par les industries et les consommateurs comme carburant.

Groupe 4 : Les substances susceptibles d'être présentes dans les produits offerts aux consommateurs.

Une analyse des données disponibles a permis de déterminer que 67 substances pétrolières hautement prioritaires peuvent être présentes dans les produits offerts aux consommateurs, en vertu du groupe 4 susmentionné. De plus, ces

¹ Aux fins de l'évaluation préalable des substances inscrites dans l'approche pour le secteur pétrolier, un site est défini comme le périmètre de la propriété où une installation est située; Dans de tels cas, les installations sont des raffineries de pétrole, des usines de valorisation ou des usines de traitement du gaz naturel.

67 substances ont été regroupées dans des sous-groupes suivants, d'après leurs propriétés physiques et chimiques et leurs utilisations potentielles : extraits aromatiques, gazoles, mazouts lourds, naphtes à faible point d'ébullition, condensats de gaz naturel, solvants, gaz de pétrole et de raffinerie, huiles de base, pétrolatum et cires, et asphalte. Quarante gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations ont été évalués précédemment en tant que substances du groupe 1, quatre ont été évalués en tant que substances du groupe 2 et deux font l'objet de la présente évaluation en tant que substances du groupe 4 (voir ci-dessus).

La présente évaluation préalable analyse deux substances. Les gaz de pétrole liquéfiés (GPL) ont été définis comme étant prioritaires pour l'évaluation, car ils satisfaisaient aux critères de catégorisation en vertu de l'article 73 de la LCPE ou étaient considérés comme prioritaires en raison des autres préoccupations relatives à la santé humaine. Ces substances ont été incluses dans l'approche pour le secteur pétrolier parce qu'elles sont liées au secteur pétrolier et qu'il s'agit de mélanges complexes.

Selon les renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE (Environnement Canada, 2009 et 2012), un examen complet des documents et l'étude des fiches signalétiques (FS) disponibles, ces substances peuvent être transportées d'une installation pétrolière à une autre ou sont présentes dans des produits offerts aux consommateurs.

Une analyse de l'exposition aux rejets de gaz de pétrole liquéfiés ou aux sous-produits de leur combustion issus de leur utilisation comme combustible n'entre pas dans la portée de la présente évaluation, puisque la prise en compte de la contribution de la combustion de combustible à la pollution de l'atmosphère est évaluée dans le cadre de différents programmes au sein du gouvernement du Canada.

Les évaluations préalables sont axées sur les renseignements permettant de déterminer si les substances satisfont aux critères énoncés à l'article 64 de la LCPE. Pour ce faire, les renseignements scientifiques sont examinés afin de tirer des conclusions en intégrant la méthode du poids de la preuve et le principe de prudence².

² La détermination de la conformité à l'un ou à plusieurs des critères énoncés à l'article 64 est basée sur une évaluation des risques potentiels pour l'environnement ou la santé humaine associés aux expositions dans l'environnement en général. Pour les humains, cela inclut notamment les expositions par l'air ambiant et intérieur, l'eau potable, les produits alimentaires et l'utilisation de produits de consommation. Une conclusion établie en vertu de la LCPE (1999) n'est pas pertinente à une évaluation, qu'elle n'empêche pas non plus, par rapport aux critères de risque définis dans le *Règlement sur les produits contrôlés*. Ce dernier fait partie du cadre réglementaire applicable au Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) pour les produits destinés à être utilisés au travail. De la même manière, la

La présente évaluation préalable tient compte des renseignements sur les propriétés chimiques, le devenir dans l'environnement, les dangers, les utilisations et l'exposition, ainsi que des renseignements supplémentaires soumis par les intervenants. Nous avons relevé des données pertinentes jusqu'à février 2014. Les données empiriques obtenues d'études clés, ainsi que certains résultats de modélisation ont servi à formuler des conclusions. Lorsqu'ils étaient disponibles et pertinents, les renseignements contenus dans les évaluations effectuées par d'autres instances ont été utilisés.

L'évaluation préalable ne constitue pas un examen exhaustif ou critique de toutes les données disponibles. Elle fait plutôt état des études et des éléments de preuve les plus importants pour appuyer la conclusion.

La présente évaluation préalable a été préparée par le personnel du Programme des substances existantes de Santé Canada et d'Environnement Canada et elle intègre les résultats d'autres programmes exécutés par ces ministères. Les parties de la présente évaluation préalable qui portent sur la santé humaine et l'écologie ont fait l'objet d'une étude consignée par des pairs ou d'une consultation de ces derniers. Des scientifiques sélectionnés par Toxicology Excellence for Risk Assessment, notamment Susan Griffin, Ph. D. (Environmental Protection Agency des États-Unis), Calvin Willhite, Ph. D. (Risk Sciences International et Centre McLaughlin d'évaluation du risque sur la santé des populations), Donna Vorhees, Ph. D. (Boston University School of Public Health) et Robert Lee (Neptune and Company, Inc.) ont fait part de leurs remarques à propos des parties techniques portant sur la santé humaine. Bien que les commentaires externes aient été pris en considération, Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada assument la responsabilité du contenu final et des résultats de l'évaluation préalable.

Les principales données et les considérations à la base de la présente évaluation préalable sont résumées ci-après.

2. Identité de la substance

Les gaz de pétrole et de raffinerie sont une catégorie d'hydrocarbures pétroliers légers produits par l'extraction des gaz naturels ou le raffinage de pétrole brut (Benz *et al.*, 1960; Barber, 2006; Thompson *et al.*, 2011; Wiley, 2007). Ces substances sont gazeuses à température et pression ambiantes, mais elles peuvent être liquéfiées dans des conditions de pressurisation ou de refroidissement pour être facilement stockées ou transportées (CONCAWE, 1992; Thompson *et al.*, 2011). Les gaz de pétrole liquéfiés sont semblables en composition aux gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations (groupe 1) et restreints aux industries (groupe 2), qui ont été évalués par le

conclusion qui s'inspire des critères contenus dans l'article 64 de la LCPE (1999) n'empêche pas les mesures prises en vertu d'autres articles de la LCPE ou d'autres lois.

gouvernement du Canada (Environnement Canada, Santé Canada, 2013 et 2014a).

Ci-dessous se trouvent des descriptions génériques associées aux NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 (NCI, 2009). Une identité générale des substances désignées par ces NE CAS est présentée dans le tableau B-1 de l'annexe B. Il est reconnu que globalement différentes entreprises pourraient utiliser des NE CAS selon les préférences individuelles et les précédents internes.

Le NE CAS 68476-85-7 est un mélange complexe d'hydrocarbures obtenu par distillation du pétrole brut. Il se compose d'hydrocarbures dont le nombre d'atomes se situe principalement dans la gamme de 3 à 7 atomes de carbone et dont le point d'ébullition est compris approximativement entre -40 et 80 °C.

Le NE CAS 68476-86-8 est un mélange complexe d'hydrocarbures obtenu en soumettant un mélange de gaz de pétrole liquéfié à un procédé d'adoucissement afin de convertir le thiol ou d'éliminer les impuretés acides. Il se compose d'hydrocarbures dont le nombre d'atomes se situe principalement dans la gamme de 3 à 7 atomes de carbone et dont le point d'ébullition est compris approximativement entre -40 et 80 °C.

Les renseignements disponibles indiquent que la gamme d'hydrocarbures et la proportion de composants dans les gaz de pétrole liquéfiés décrites par ces deux NE CAS peuvent varier considérablement. La composition des gaz de pétrole liquéfiés varie en fonction des types de gaz naturel ou de pétrole brut, des conditions du processus de transformation, des enjeux relatifs aux processus saisonniers et des cycles économiques; ils peuvent contenir des hydrocarbures comportant 1 à 8 atomes de carbone (Barber, 2006; USEPA, 2010). D'après la quantité restreinte de données historiques d'échantillonnage (1992-2002) provenant de plusieurs raffineries américaines qui traitent principalement le pétrole brut lourd d'Amérique du Sud, les substances désignées par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 peuvent contenir des hydrocarbures comportant 1 à 8 atomes de carbone, mais ils comportent principalement de 1 à 8 atomes de carbone, mais ils comportent principalement 1 à 7 atomes de carbone (Petroleum HPV, 2009a; USEPA, 2010).

Les gaz de pétrole liquéfiés sont souvent définis simplement comme un mélange de propane et de butanes. Statistique Canada (2013a, b) définit les gaz de pétrole liquéfiés comme du propane, du butane ou une combinaison des deux, tandis que les liquides du gaz naturel (LGN) sont un mélange d'éthane, de propane et de butane provenant des raffineries de gaz. Pour l'Office national de l'énergie (ONE), le terme « gaz de pétrole liquéfiés » désigne le propane et le butane, tandis que le terme « liquide du gaz naturel » désigne les hydrocarbures légers extraits du gaz naturel, y compris l'éthane, le propane, le butane et les pentanes plus (ONE, 2013). De même, l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) définit le gaz de pétrole liquéfié comme une substance

constituée principalement de propane ou de butanes, ou comme un mélange de propane et de butane (ACPP, 2013).

En plus des constituants hydrocarbonés saturés, les gaz de pétrole liquéfiés issus des procédés de raffinage du pétrole (p. ex. le craquage) peuvent contenir des hydrocarbures insaturés, comme le propène, les butènes et les diènes (Benz *et al.*, 1960; CONCAWE, 1992; Thompson *et al.*, 2011; Wiley, 2007). Il existe une quantité limitée de données sur la part de 1,3-butadiène dans les gaz de pétrole liquéfiés désignés par les NE CAS dont il est question dans le présent Rapport d'évaluation préalable. Un rapport récent produit par Petroleum HPV (2009a) présente un niveau de 1,3-butadiène allant de 0 à 0,1 % en poids pour les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8. Une recherche de fiches signalétiques indique que le niveau de 1,3-butadiène peut varier de 0 à 0,3 % en poids dans les gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme matière de raffinage (Valero, 2012).

Même si les substances définies sous les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 peuvent contenir des hydrocarbures comportant 1 à 8 atomes de carbone, des GPL utilisés sur le marché public et présentant une gamme étroite d'hydrocarbures peuvent être définis sous les mêmes NE CAS. Les renseignements disponibles indiquent qu'en comparaison avec la composition des gaz de pétrole liquéfiés produits dans les installations pétrolières, les GPL utilisés dans des produits offerts aux consommateurs contiennent souvent des hydrocarbures qui comportent beaucoup moins d'atomes de carbone, principalement 3 à 4 atomes de carbone, c'est-à-dire du propane, des butanes, du propène, du butène et leurs mélanges (Benz *et al.*, 1960; Lewis, 2007; Pohanish, 2008; Petroleum HPV, 2001, 2009a; Wiley, 2007; Thompson *et al.*, 2011). La présence d'hydrocarbures légers (de moins de 3 atomes de carbone) dans les produits finaux devrait être évitée afin d'améliorer leur capacité à être liquéfiés dans des conditions modérées (sous pression ou en réfrigération). De même, la quantité d'hydrocarbures à teneur plus élevée (5 atomes de carbone ou plus) devrait être limitée afin d'éviter une condensation excessive dans les conduites de gaz ou les produits gazeux (p. ex. les produits aérosols). Par conséquent, en raison de telles spécifications, il ne devrait pas y avoir d'exposition potentielle au benzène et au hexane dans les produits finaux contenant des GPL (Petroleum HPV, 2001 et 2009a). Des traces d'odorisants (p. ex. le thiol) peuvent être ajoutées dans les produits finaux contenant des gaz de pétrole liquéfiés, à titre de précaution visant à améliorer la détection des fuites (CONCAWE, 1992).

Les gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme propulseurs d'aérosol consistent généralement uniquement en du propane, du *n*-butane et de l'isobutane qui comportent peu ou pas d'hydrocarbures insaturés (Barber, 2006; Diversified CPC International, 2012). Dans certaines fiches signalétiques, le NE CAS 68476-85-7 ou 68476-86-8 est utilisé pour désigner l'isobutane ou un mélange de propane et d'isobutane, ou une combinaison de propane, de *n*-butane et d'isobutane (Farnam Companies, 2007; Magic American Products, 2008; LPS Laboratories, 2008; GOJO Industries, 2010; Petro-Canada Lubricants Inc., 2011).

Quant aux GPL utilisés comme combustible de chauffage et de cuisine ou comme carburant automobile, ils consistent principalement en du propane et du butane (Lee *et al.*, 2002; Gasca *et al.*, 2004; Bozkurt *et al.*, 2008). Le rapport de mélange varie selon les pays et les climats. Une plus grande quantité de propane peut être ajoutée en hiver (Bozkurt *et al.*, 2008; Na et Kim, 2001).

Pour les gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme carburant de transport, le propane, le n-butane et l'isobutane sont les composants majeurs, les composants mineurs restants étant les pentanes, les alcènes, l'éthane et les hexanes. Toutefois, leur composition peut varier considérablement en fonction de leur origine. Blake et Rowland (1995) ont comparé la composition des GPL utilisés comme carburant automobile à Mexico recueillis en février 1993 à ceux de Los Angeles recueillis en avril 1995. Les auteurs ont rapporté que le carburant automobile au gaz de pétrole liquéfié de Mexico contenait environ 0,26 % en poids de propène, 5 % en poids de butènes et 0,1 % en poids de 1,3-butadiène. En comparaison, l'échantillon de Los Angeles présentait 1,6 % en poids de propène et moins de 0,01 % en poids de butènes et 0,01 % en poids de 1,3-butadiène. Na *et al.* (2004) a également comparé les GPL utilisés comme carburant automobile en Corée, aux États-Unis, en Égypte et au Mexique. Les GPL de Corée et des États-Unis comportaient une quantité plus élevée de propane, tandis que les gaz de pétrole liquéfiés d'Égypte et du Mexique contenaient plus de butanes. D'après 13 échantillons de carburants gaz de pétrole liquéfiés recueillis auprès de différents centres de distribution à Mexico, Gamas *et al.* (2000) a rapporté que des paraffines contenant 1 à 6 atomes de carbones représentaient 98,9 % molaire (environ 98,8 % en poids), le reste étant du propène (0,49 % molaire, soit environ 0,41 % en poids), de l'isobutène (0,62 % molaire, soit environ 0,7 % en poids) et du 1,3-butadiène (0,02 % molaire, soit environ 0,02 % en poids).

Étant donné que les rejets d'éthylène du secteur pétrolier ont été traités dans une évaluation préalable distincte (Environnement Canada, Santé Canada, 2014b), ils n'ont pas été pris en compte dans la présente évaluation.

3. Propriétés physiques et chimiques

Les propriétés physiques et chimiques des gaz de pétrole liquéfiés issues de la documentation disponible sont présentées dans le tableau 3-1. Il existe une quantité limitée de renseignements disponibles sur les propriétés physiques et chimiques propres aux NE CAS des gaz de pétrole liquéfiés. Il est reconnu que les propriétés physiques et chimiques varient en fonction de l'origine des matières de base, des conditions d'exploitation ou de traitement, ainsi que du ratio de mélange de propane et de butane dans les gaz de pétrole liquéfiés finaux.

Tableau 2-1. Propriétés physiques et chimiques générales des gaz de pétrole liquéfiés

| Propriété | Valeur | Référence |
|-----------|--------|-----------|
|-----------|--------|-----------|

| | | |
|---|--|---|
| Masse moléculaire (g/mol) | de 42 à 58 | Gamas <i>et al.</i> , 2000; CDC, 2011; Afrox, 2013; HCN, 2004 |
| Point de fusion (°C) | de -187,6 à -90,6 | USEPA, 2010 |
| Point d'éclair (°C) | -74 | Lewis 2007 ^a |
| Densité liquide (kg/m ³) | environ 540 (15 °C), de 506 à 583 (15 °C) | CONCAWE, 2012; Gamas <i>et al.</i> , 2000; Afrox, 2013, BESC, 2000a,b |
| Densité de vapeur des gaz de pétrole liquéfiés (kg/m ³) | 2,1 (15 °C et pression ambiante) | Afrox, 2013 |
| Limite d'inflammabilité, pourcentage en volume dans l'atmosphère | Extrêmement inflammable, 1,9 (limite inférieure), 9,5 (limite supérieure) | CDC, 1978; Barber, 2006; BESC, 2000a,b |
| Point d'ébullition (°C) | de -40 à -0,5 (à pression ambiante), de -42,1 à 98,5, de -165 à -0,5 (dans des conditions atmosphériques) d'après une gamme de 1 à 4 atomes de carbone | Afrox, 2013; USEPA, 2010; BESC, 2000a,b |
| Pression de vapeur (Pa) | 500 (20 °C), de 60 à 3 900 (20 °C), de 6 à 950 (25 °C) | Afrox, 2013; BESC, 2000a,b; USEPA, 2010 |
| Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol) | 2,2 x 10 ⁴ à 2 x 10 ⁵ | USEPA, 2010 |
| Solubilité dans l'eau (mg/L) | de 3,4 à 193 (25 °C), de 24 à 61 (20 °C) | USEPA, 2010; BESC, 2000a,b |
| Log K _{oe} ^e | de 2,36 à 4,66 | USEPA, 2010 ^c |

^a Pour le NE CAS 68476-85-7

^b D'après les données sur le Handigas ayant un ratio de propane et de butane de 60:40 (par masse)

^c Pour les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8

^d D'après les données sur les produits de gaz de pétrole liquéfiés commerciaux, c.-à-d. le mélange butane-propane et le propane HD-5.

^e K_{oe}, coefficient de partage octanol-eau (sans dimension)

Comme le montre le tableau 2-1, la densité de vapeur des GPL est supérieure à celle de l'air. Cela signifie que les GPL sont plus lourds que l'air et peuvent se déposer dans des points bas et s'accumuler dans des espaces confinés en cas de fuite. Par ailleurs, en raison de leurs points d'ébullition peu élevés, une fois qu'ils sont rejetés dans l'atmosphère, les GPL qui entrent en contact avec la peau peuvent causer des brûlures froides dues à leur évaporation rapide (CONCAWE, 1992).

Les GPL étant gazeux à des températures adaptées à l'environnement, s'ils sont rejetés dans l'environnement, ils se disperseront et se sépareront rapidement. Les composés de la gamme C₅ (alcanes, alcènes et les composés cycliques) qui sont liquides à température ambiante ont une forte pression de vapeur; ils devraient donc quitter le sol ou l'eau pour se volatiliser assez facilement.

Afin de prévoir le comportement et le devenir dans l'environnement des gaz de pétrole liquéfiés, des structures représentatives ont été choisies parmi chaque classe chimique contenue dans le mélange (tableau B-2 de l'annexe B). Comme les types d'hydrocarbures pétroliers trouvés dans les gaz de pétrole et de raffinerie sont semblables à ceux que l'on trouve dans les GPL, des structures représentatives semblables aux gaz de pétrole et de raffinerie ont été utilisées. Les gaz de pétrole et de raffinerie sont principalement composés d'hydrocarbures de la gamme C₁ à C₆, comme les alcanes, les isoalcanes, les alcènes, les cycloalcanes, les cycloalcènes, les diènes et les cyclodiènes. Ces composantes sont des structures simples bien comprises. La proportion de la composition d'une substance en particulier peut varier légèrement dans une même installation ou d'une installation à l'autre, ce qui rend la prévision des propriétés physiques et chimiques de ces substances inexacte. Les propriétés physiques et chimiques des structures représentatives individuelles sélectionnées sont présentées en détail dans le tableau B-2 de l'annexe B.

4. Sources

Les GPL pris en compte dans la présente évaluation préalable sont produits dans des installations pétrolières. Les gaz bruts sont extraits au niveau des têtes de puits de gaz naturel, de condensat ou de pétrole et sont livrés aux installations de traitement du gaz à des fins de purification et de séparation en des produits individuels (p. ex. gaz naturel, éthane, gaz de pétrole liquéfiés, condensats). D'après la recherche documentaire et les renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE, les gaz de pétrole liquéfiés peuvent provenir d'installations de traitement du gaz naturel, ainsi que de diverses activités de traitement du pétrole brut dans les raffineries de pétrole, comme la distillation, le craquage ou le reformage. Les GPL peuvent également être produits dans des usines situées près du réseau principal de gazoducs, dans lesquelles tous les gaz de pétrole liquéfiés restant dans le gaz naturel sont éliminés (Purvin et Gertz, 2007). Quelques usines de fractionnement isolées peuvent séparer les flux gazeux bruts en produits de gaz de pétrole liquéfiés distincts (p. ex. mélange propane/butane) à l'intention des marchés commerciaux (Cheminfo, 2009).

D'après les renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE (Environnement Canada, 2012), en 2010, la quantité totale de gaz de pétrole liquéfiés produits au Canada désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 se trouvait entre 1 et 10 millions de tonnes, la quantité totale importée était située entre 10 000 et 100 000 tonnes et les quantités totales transportée et exportée étaient toutes deux inférieures à 1 million de tonnes.

En plus des renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE, d'autres données sur la production de gaz de pétrole liquéfiés au Canada et dans le monde ont également été prises en compte. Statistique Canada (2013c) a déclaré que le volume total de production de gaz de pétrole liquéfiés dans les raffineries était d'environ $2,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ (environ un million de tonnes) en 2010. La production totale de liquide du gaz naturel provenant d'installations de traitement du gaz naturel, y compris l'éthane, le propane et le butane, était d'environ $2,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ (plus de 10 millions de tonnes) en 2010. Toutefois, ces données peuvent ne pas être exclusives aux deux NE CAS faisant l'objet du présent Rapport d'évaluation préalable. Aux États-Unis, pour chacun des deux NE CAS, qui sont considérés comme des substances chimiques produites en grande quantité, une production totale ou un volume total d'importation d'un milliard de livres (environ 0,45 million de tonnes) ou plus ont été déclarés (USEPA, 2010). De même, les deux NE CAS ont été désignés par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) comme des substances chimiques produites en grande quantité, avec une production annuelle de 1 000 tonnes ou plus (OCDE, 2004). En 2009, la production globale de gaz de pétrole liquéfiés s'élevait à 244 millions de tonnes, l'Amérique du Nord étant le principal producteur (24 % de la production totale) (Thompson, 2011). En Amérique du Nord, 60 % de la production de gaz de pétrole liquéfiés provenait du traitement du gaz naturel, le reste provenant des raffineries de pétrole.

5. Utilisations

Les GPL présentent de nombreuses utilisations dans l'industrie, le transport, le commerce, le logement et l'agriculture. Selon les renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE (Environnement Canada, 2012) et les renseignements recueillis au cours d'une autre recherche documentaire publique, les GPL désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 sont utilisés comme matières de base par les usines chimiques et les raffineries de pétrole, comme combustible domestique et comme propulseur dans différents types de produits aérosols, y compris les agents gonflants, les lubrifiants, les peintures et les produits de revêtement, les produits d'entretien ménager, les traitements pour tissus, les produits d'entretien automobile, les adhésifs et les produits d'étanchéité, les laques pour cheveux et les pesticides.

L'une des principales utilisations présentées par la littérature scientifique et les renseignements fournis en vertu de l'article 71 est celle en tant que matière de base. Par exemple, les gaz de pétrole liquéfiés sont utilisés comme matière brute pour la production d'éthène, ou sont utilisés pour produire du butane qui est ensuite mélangé à de l'essence afin d'augmenter la volatilité et l'indice d'octane du carburant (CONCAWE, 1992; Competition Commission, 2006; Wiley, 2007; Cheminfo, 2009; Thompson *et al.*, 2011). Aux États-Unis, environ 35 % de la consommation totale de gaz de pétrole liquéfiés consiste en leur utilisation en tant que matières de base par l'industrie pétrochimique (Wiley, 2007). Par ailleurs, les

gaz de pétrole liquéfiés peuvent également être utilisés directement (sans mélange) comme combustible de grande qualité dans l'industrie, pour le chauffage, le découpage ou le brasage (Sullivan, 1992; Thompson *et al.*, 2011).

Les gaz de pétrole liquéfiés sont utilisés comme combustibles pour le chauffage ou la cuisine au Canada et dans d'autres pays. Pour leur utilisation finale, les gaz de pétrole liquéfiés sont souvent stockés dans des bouteilles et constituent ainsi une source pratique et mobile pour les petits appareils domestiques, comme les radiateurs électriques portatifs, les cuiseurs, les lampes à souder, le matériel de camping et les allume-cigares (Ames et Crowhurst, 1988; Barber, 2006; AFROX, 2013). Au Canada, les gaz de pétrole liquéfiés sont utilisés comme combustibles pour les réservoirs de barbecue ou les réfrigérateurs dans les véhicules récréatifs dans lesquels il n'y a pas d'électricité (Enviroharvest, 2012). Les gaz de pétrole liquéfiés sont également utilisés pour le séchage des récoltes et l'alimentation des équipements agricoles (Sullivan, 1992; Competition Commission, 2006).

Les gaz de pétrole liquéfiés sont utilisés comme carburant automobile alternatif afin de réduire les émissions de gaz d'échappement dans certains pays. En 1994, le Canada comptait environ 140 000 véhicules roulant aux gaz de pétrole liquéfiés (Liu *et al.*, 1997). Plus récemment, les gaz de pétrole liquéfiés sont devenus le carburant de transport le moins concurrentiel par rapport aux combustibles fossiles conventionnels. Le nombre de véhicules roulant au gaz de pétrole liquéfié au Canada a considérablement décliné et en 2010, il n'y avait plus de véhicule de tourisme alimenté au gaz de pétrole liquéfié au Canada (Transports Canada, 2010; World LP Gas Association, 2012). Toutefois, le propane ou les gaz de pétrole liquéfiés sont encore utilisés comme carburant automobile au Canada par des parcs commerciaux de taxis, des parcs de véhicules de police de première ligne, des parcs de services de transport parallèle et des parcs d'entreprises de courrier et de messagerie (Propane Facts, 2008; Wheels.ca, 2013). Certains termes, comme « autogaz », « gaz de pétrole liquéfiés », « gaz de propane liquéfiés », « auto-propane » et « carburant propane », sont parfois utilisés de façon interchangeable lorsqu'il est question de carburant. Le ratio de propane par rapport au butane dans les carburants gaz de pétrole liquéfiés peut varier de 20/80 à 100 % de propane seulement (Beer *et al.*, 2006). Par exemple, le HD-5 est un type spécial de carburant constitué en majorité de propane (plus de 90 % en volume). Les gaz de pétrole liquéfiés sont également utilisés comme carburant pour des véhicules hors route (p. ex. chariots élévateurs à fourche) (Sullivan, 1992; Competition Commission, 2006).

Les GPL sont également utilisés comme propulseur dans un certain nombre de produits aérosols offerts aux consommateurs, y compris les produits de nettoyage domestique, les laques pour cheveux, les produits de traitement des tissus, les adhésifs et les peintures. En outre, les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 sont présents sous forme d'agents propulseurs dans des pesticides et des produits thérapeutiques ainsi que dans la fabrication d'un matériau de revêtement utilisé

dans les emballages alimentaires au Canada. Le NE CAS 68476-86-8 est présent comme formulant à hauteur de 6 à 10 % en poids dans trois désinfectants chimiques et un insecticide au Canada (un mélange propane-butane) avec un taux de 1,3-butadiène inférieur à 0,1 % en poids (communication personnelle avec l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada, février 2011 et septembre 2013). Au Canada, le NE CAS 68476-85-7 a été placé dans la base de données interne de la Direction des produits thérapeutiques à titre d'ingrédient non médicinal utilisé comme propulseur dans des produits désinfectants (pour les surfaces dures) (communication personnelle avec la Direction des produits thérapeutiques de Santé Canada, mai 2010). Le NE CAS 68476-85-7 a également été désigné comme auxiliaire de traitement dans la fabrication d'un matériau de revêtement utilisé dans les emballages alimentaires au Canada et on ne prévoit pas de contact direct des résidus de NE CAS 68476-85-7 avec la nourriture (communication personnelle avec la Direction des aliments de Santé Canada, juin 2013).

La composition des gaz de pétrole liquéfiés (même sous le même NE CAS) varie en fonction des produits pour lesquels ils sont utilisés. Par exemple, le produit utilisé pour le chauffage est principalement composé de propane (USEPA, 2008a), tandis que les GPL de qualité supérieure ou raffinés utilisés pour les travaux en laboratoire ou comme propulseurs d'aérosol, contiennent principalement du propane et du butane (Barber, 2006; CONCAWE, 1992; Hartop *et al.*, 1991; USEPA, 2008a; Thompson *et al.*, 2011). Les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 notés dans les fiches signalétiques pour les produits aérosols offerts aux consommateurs désignent souvent le propane, les butanes ou une combinaison des deux (Farnam Companies, 2007; Magic American Products, 2008; LPS Laboratories, 2008; GOJO Industries, 2010; Petro-Canada Lubricants Inc., 2011).

6. Rejets dans l'environnement

Les rejets potentiels des gaz de pétrole liquéfiés incluent les rejets au sein des installations provenant d'activités associées à leur production et à leur traitement, les rejets liés à leur transport d'une installation industrielle à une autre et les rejets qui ont lieu pendant leur utilisation par les consommateurs.

Après la production dans les installations de traitement du gaz naturel ou les raffineries de pétrole, les gaz de pétrole liquéfiés sont liquéfiés sous pression ou par réfrigération à des fins d'entreposage ou de transport du produit au gaz de pétrole liquéfié final. Généralement, de grandes quantités de gaz de pétrole liquéfiés sont transportées dans des conditions de pressurisation par des gazoducs, des trains, des camions ou des navires vers de grands utilisateurs de gaz de pétrole liquéfiés (p. ex. installations industrielles, utilisateurs commerciaux importants) ou des terminaux de distribution de grossistes. À partir des grands terminaux de distribution, les gaz de pétrole liquéfiés peuvent être transportés dans des camions-citernes pressurisés vers d'autres fournisseurs de gaz de

pétrole liquéfiés ou vers des dépôts de distribution secondaires ou locaux à des fins de vente au détail. De petites quantités de GPL peuvent être livrées dans des bouteilles pressurisées spécialement conçues, comme des bonbonnes pour barbecue, aux utilisateurs domestiques finaux (Sullivan, 1992; Barber, 2006; Thompson *et al.*, 2011; Wiley, 2007). D'éventuels rejets de gaz de pétrole liquéfiés peuvent se produire à tout moment de la chaîne de distribution du gaz de pétrole liquéfié, ainsi qu'à partir des produits finaux. Ces rejets devraient se produire directement dans l'atmosphère; tout déversement dans l'eau ou le sol devrait s'évaporer rapidement le cas échéant. On considère donc que l'exposition se produit uniquement par l'air.

En raison de cette forte volatilité, les GPL rejetés dans l'environnement se disperseront rapidement dans l'atmosphère et il est peu probable qu'ils entraînent une pollution du sol et de l'eau (CONCAWE, 1992). Les propriétés physiques et chimiques générales des gaz de pétrole liquéfiés indiquent qu'en cas de rejet, leur vapeur peut s'accumuler dans les zones de basses terres, car les gaz de pétrole liquéfiés sont plus lourds que l'air.

Les GPL ne sont pas déclarés en vertu de l'Inventaire national des rejets de polluants du Canada (INRP, 2013) ou du Toxic Release Inventory des États-Unis (TRI, 2013).

6.1 Rejets potentiels sur place en provenance des sites de production et d'entreposage des gaz de pétrole liquéfiés

Les installations pétrolières sont fortement réglementées par diverses autorités et soumises à des mesures volontaires non réglementaires mises en œuvre par l'industrie pétrolière pour gérer les rejets potentiels dans l'environnement (SENEC, 2009). Des outils réglementaires et non réglementaires sont en place afin d'éviter ou de réduire les rejets potentiels (qu'ils soient contrôlés ou involontaires) de substances pétrolières provenant d'installations pétrolières, y compris les gaz de pétrole liquéfiés dont il est question dans la présente évaluation préalable.

Malgré les mesures et les pratiques qui sont en place pour réduire les rejets de substances pétrolières au sein des installations, il a été reconnu que des émissions fugitives de gaz de pétrole liquéfiés dans l'atmosphère pouvaient se produire à partir des joints de compresseur, des valves de traitement, des brides, etc., en raison d'une volatilité (point d'ébullition plus faible) et d'une mobilité des gaz bien plus importantes que celles des liquides (USEPA, 1995; ACP, 2007; ICP, 2007; CCME, 1993). Les émissions fugitives ont tendance à se produire plus souvent lorsque l'équipement de traitement n'est pas correctement entretenu ou utilisé. Ce problème pourrait alors passer inaperçu et ne pas être résolu pendant des périodes allant de quelques jours à quelques mois (CCME, 1993; ACP, 2007). Une fois rejetés, les gaz de pétrole liquéfiés se dispersent rapidement dans l'air.

Par conséquent, il existe un risque d'exposition de la population générale et de l'environnement à proximité d'installations du secteur pétrolier aux gaz de pétrole liquéfiés dont il est question dans la présente évaluation préalable. Une analyse détaillée de l'exposition des humains a été effectuée à l'aide d'un modèle de dispersion des gaz (voir la section « Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine »).

En raison de leur inflammabilité et de leur volatilité, des exigences spéciales sont requises pour l'entreposage et la manipulation des gaz de pétrole liquéfiés. Les gaz de pétrole liquéfiés sont généralement entreposés sous pression (Purchon, 1980; Thompson *et al.*, 2011; Wiley, 2007). L'équipement d'entreposage des GPL est fabriqué conformément aux codes appropriés avec des exigences supplémentaires en matière d'inspection, de considérations sécuritaires et de lignes directrices en cas d'urgence. Le *Règlement sur l'emmagasinage en vrac des gaz de pétrole liquéfiés* rédigé en vertu de la *Loi sur les transports au Canada* énonce des normes relatives au positionnement des réservoirs de stockage ainsi que des exigences supplémentaires en matière d'équipements de stockage, d'inspection, de sécurité et de directives en cas d'urgence (Canada, 2013). Les provinces elles-mêmes peuvent disposer d'exigences prévues par la loi pour le transport et l'entreposage des gaz de pétrole liquéfiés. L'exposition potentielle du grand public à toute émission provenant du stockage pressurisé des gaz de pétrole liquéfiés, dans des conditions normales d'exploitation, est par conséquent jugée comme minimale et n'est pas évaluée de façon plus approfondie dans le présent rapport.

6.2 Rejets potentiels provenant du transport des gaz de pétrole liquéfiés

En plus du potentiel de rejets involontaires sur place, les rejets peuvent également survenir pendant le transport des gaz de pétrole liquéfiés entre les installations. En général, le transport est réparti en trois procédures d'exploitation : le chargement, le transport et le déchargement. Le chargement et le déchargement des gaz de pétrole liquéfiés sont généralement effectués sur des sites industriels. Afin de réduire les volumes transportés et le potentiel de rejet, les gaz sont normalement transportés en tant que substances liquides par l'intermédiaire de pipelines sous pression (Environnement Canada, 2009a) ou dans des contenants sous pression (Noyes, 1992; Kraus, 1998; Miesner et Leffler, 2006; Environnement Canada, 2009a). L'Office national de l'énergie considère les rejets provenant des processus de chargement et de déchargement des pipelines comme faisant partie du processus opérationnel (ONE, 2008a,b). Le chargement de pipelines correspond au pompage d'un liquide ou à la compression d'un flux gazeux dans un système de pipelines. Les opérations de chargement se produisent dans une station d'entrée où les réservoirs de stockage, les pompes ou les compresseurs se trouvent habituellement. Les opérations de déchargement se produisent dans une station de sortie où des

réservoirs peuvent être remplis de flux liquides et où des réseaux de distribution peuvent être directement remplis de flux gazeux.

Outre les rejets provenant des processus de chargement et de déchargement, les rejets potentiels provenant de composants de pipeline auxiliaires font également partie des rejets opérationnels définis par l'Office national de l'énergie (ONE, 2008a, b). Les composants auxiliaires comprennent les stations de pompage ou de compression situées le long des pipelines, facilitant le déplacement des produits à l'intérieur des pipelines, et les stations de valves équipées le long des pipelines pour leur protection et leur entretien.

Il n'existe aucune équation ni aucune donnée portant sur les rejets par évaporation lors du chargement des GPL dans des récipients sous pression. Une évaluation précédente sur les gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries comporte plus de détails sur les rejets potentiels de GPL provenant de gazoducs (Environnement Canada, Santé Canada, 2011). Les gaz de pétrole liquéfiés appartiennent au groupe pétrolier des « gaz de raffinerie de pétrole » et ont une composition et des propriétés semblables à ceux qui ont été évalués précédemment. En raison de la nature des renseignements disponibles utilisés dans l'évaluation des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries (Environnement Canada, Santé Canada, 2014a), l'estimation des rejets provenant de gazoducs n'a pas été restreinte aux NE CAS traités dans l'évaluation, mais incluait tous les gaz de pétrole et de raffinerie, y compris les GPL analysés dans la présente évaluation. Ainsi, les rejets de GPL provenant de gazoducs ne sont pas pris en compte dans la présente évaluation.

6.3 Rejets potentiels provenant du transfert des gaz de pétrole liquéfiés

Pour les utilisations comme carburant, par exemple pour ravitailler les véhicules roulant au gaz de pétrole liquéfié ou pour remplir le réservoir des barbecues au gaz de pétrole liquéfié, le transfert de gaz de pétrole liquéfié dans un conteneur sous pression est généralement requis. En raison de la mobilité et de la volatilité élevées des substances gazeuses, il existe un risque de rejet de gaz de pétrole liquéfié pendant le remplissage ou la manipulation, au moment du débranchement de la buse ou en cas de valves à vapeur en panne ou défectueuses (pour indiquer si la limite de capacité de 80 % est atteinte) (Sullivan, 1992; Purchon, 1980).

Sullivan (1992) a évalué les émissions de GPL associées aux opérations de transfert de gaz de pétrole liquéfié (p. ex. remplissage de bouteilles ou de petits réservoirs de stockage, ou ravitaillement de véhicules au gaz de pétrole liquéfié) dans plusieurs catégories différentes d'utilisation, y compris les utilisations pour l'agriculture, le commerce, l'industrie, le logement ainsi que comme carburant automobile et dans les systèmes de distribution de gaz de pétrole liquéfiés en Californie. Les GPL contiennent principalement du propane, ainsi qu'une petite quantité de butane. Dans cette étude, une moyenne de 0,064 % en volume du

GPL total utilisé était rejetée dans l'atmosphère par les processus de transfert. D'après la quantité utilisée dans chaque catégorie d'utilisation, les émissions provenant de l'utilisation comme carburant étaient d'environ 0,101 % en volume. Pour les cinq catégories restantes, les émissions s'élevaient de 0,044 à 0,057 % en volume.

De la même manière, Sosa *et al.* (2009) a indiqué que les émissions fugitives de GPL dues aux processus de manipulation et de transfert ont contribué aux niveaux de propane et de butanes dans l'air ambiant. Gasca *et al.* (2004) a étudié dans quelle mesure les émissions de GPL dans l'air ambiant étaient dues à la combustion domestique, aux émissions fugitives provenant de la distribution des bouteilles, et aux fuites d'appareils ménagers.

Pour les véhicules roulant au gaz de pétrole liquéfié, Gasca *et al.* (2004) et Schifter *et al.* (2000) ont étudié les émissions par évaporation qui proviennent du carburant de gaz de pétrole liquéfié piégé entre le régulateur de vapeur et le système de mélange à l'arrêt du moteur. La vapeur est constituée à 43 % en poids de propane, à 49 % en poids de butanes (*n*-butane et isobutane), à 1 % en poids de pentane et à 1,5 % en poids d'alcènes. Aucun 1,3-butadiène n'a été décelé au niveau de détection.

L'exposition potentielle à long terme aux émissions de GPL résultant du processus de transfert du carburant (p. ex. le ravitaillement des véhicules alimentés au gaz de pétrole liquéfié ou le remplissage de réservoirs de barbecue au GPL) est mentionnée dans la section « Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine ».

6.4 Rejets potentiels provenant des utilisations finales de gaz de pétrole liquéfiés

L'utilisation étendue des GPL en tant qu'agent propulseur dans des produits ménagers et d'autre produits mis à la disposition des consommateurs peut également représenter une source importante de rejets dans les logements, même si la quantité moyenne de GPL utilisée à titre d'agent propulseur est généralement bien inférieure à celle utilisée dans les autres cas, comme le chauffage, la cuisson et les carburants automobiles (Ames et Crowhurst, 1988). Hartop *et al.* (1991) a étudié les émissions de gaz de pétrole liquéfiés (mélange de propane et de butane) provenant de laques pour cheveux contenant 26 % de GPL. Les auteurs ont mesuré la concentration de pointe de GPL et la concentration moyenne pondérée sur 10 minutes dans la zone de respiration des utilisateurs, ainsi que dans une zone adjacente, après avoir pulvérisé le produit pendant 10 secondes. Cette étude fait l'objet d'une discussion plus approfondie dans la section relative à l'exposition humaine, comme base d'analyse de l'exposition des consommateurs aux GPL utilisés comme propulseurs.

7. Devenir dans l'environnement

La majeure partie des substances déterminées comme des composants de ces GPL sont à l'état gazeux sous des températures adaptées à l'environnement et, si elles rejetées dans l'environnement, elles se volatilisent et se dissipent dans l'air ambiant.

Les alcanes appartenant à la chaîne carbonée C₁₋₆ ont un point d'ébullition compris entre -162 et 69 °C. Chacun des composants des gaz de pétrole liquéfiés se caractérise par une solubilité modérée dans l'eau (9,5-735 mg/L), une pression de vapeur très élevée (2×10^4 à 6×10^7 Pa), une constante de la loi de Henry très élevée ($7,5 \times 10^3$ à $1,8 \times 10^5$ Pa·m³/mol), une valeur faible de log K_{oe} (1,1 à 3,9) et une valeur faible à modérée de log K_{oc} (1,6 à 3,4) (tableau B-2 de l'annexe B).

En cas de rejet dans l'air, tous les composants des gaz de pétrole liquéfiés devraient rester dans l'atmosphère puisqu'ils sont très volatils.

D'après l'hydrosolubilité de ces éléments (9,5 à 735 mg/L), si un rejet se produit dans l'eau, ces éléments se dissoudraient dans l'eau. Toutefois, leur volatilisation de l'eau devrait être rapide, en raison de leurs pressions de vapeur et constantes de la loi d'Henry élevées. La majorité des GPL sont composés de propane, de butane et d'isobutane et chacun de ces éléments est très volatil et se volatiliserait rapidement de l'eau. Les GPL ne devraient pas s'adsorber fortement sur les matières en suspension et les sédiments ni être absorbés par eux, étant donné les estimations faibles à modérées de leur log K_{oc} (tableau B-2 de l'annexe B).

S'ils sont rejetés dans le sol, les alcanes et les alcènes devraient se volatiliser. La plupart des composants des GPL devraient avoir un taux de sorption dans le sol faible à négligeable (c'est-à-dire qu'ils devraient être très mobiles), d'après les estimations faibles à modérées pour le log K_{oc} et les pressions de vapeur élevées. S'ils sont rejetés dans des sols humides, ces composants devraient se volatiliser, d'après leurs constantes de la loi d'Henry et leurs pressions de vapeur élevées à très élevées.

8. Persistance et bioaccumulation

8.1 Persistance dans l'environnement

Aucune donnée empirique sur la persistance des gaz de pétrole liquéfiés n'était disponible. Puisque les composants des GPL sont semblables à ceux des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries évalués précédemment, les données sur la persistance dans l'environnement des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries ont été utilisées pour la détermination de la persistance des composants des gaz de pétrole liquéfiés (Environnement Canada, Santé Canada, 2011).

D'après Environnement Canada, Santé Canada (2011), les demi-vies atmosphériques de la plupart des composants de ces GPL, notamment le propane, le butane et l'isobutane, sont supérieures ou égales à 2 jours, résultant de réactions avec l'hydroxyle. À l'inverse, ils ont des demi-vies relativement courtes dans l'eau, le sol et les sédiments et ne devraient donc pas persister longtemps dans ces milieux.

8.2 Potentiel de bioaccumulation

Aucune donnée expérimentale sur le facteur de bioaccumulation (FBA) et le facteur de bioconcentration (FBC) des gaz de pétrole liquéfiés commerciaux ou de leurs composants n'était disponible. Ainsi, puisque les gaz de pétrole liquéfiés ont une composition semblable à celle des gaz de pétrole et de raffinerie, les données sur le potentiel de bioaccumulation des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries ont été utilisées pour la détermination de la bioaccumulation des composants des gaz de pétrole liquéfiés (Environnement Canada, Santé Canada, 2011). Une méthode prédictive fondée sur les modèles pour le FBA et le FBC a été utilisée.

D'après les valeurs de la modélisation cinétique disponibles (Environnement Canada, Santé Canada, 2011), les composants des gaz de pétrole liquéfiés ont un très faible potentiel de bioaccumulation (FBA/FBC inférieurs à 200 L/kg).

9. Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement

9.1 Évaluation des effets sur l'environnement

9.1.1 Milieu aquatique

Comme les composants des gaz de pétrole liquéfiés devraient être fortement ou très fortement volatils dans l'eau, aucune donnée sur la toxicité aquatique n'a été incluse dans la présente évaluation.

9.1.2 Milieu terrestre

Les organismes terrestres peuvent être exposés aux GPL par l'air. Des données relatives à la toxicité pour les rongeurs étaient disponibles pour les GPL et les composants de GPL (annexe E), et des données sur la toxicité du 1,3-butadiène (un composant des GPL) pour les organismes terrestres, étaient également disponibles au Canada (2000).

Des données expérimentales disponibles sur les effets chez des animaux de laboratoire par inhalation indiquent que les GPL ont une toxicité aiguë subchronique très faible relativement à la reproduction, au développement et au système neurologique de rongeurs (concentration minimale avec effet nocif

observé [CMENO] supérieure à 500 000 mg/m³; tableau E-1, annexe E). Les principaux composants des GPL présentent également une toxicité aiguë très faible pour les rongeurs (CL₅₀ supérieures à 100 000 mg/m³), tel qu'il est résumé dans l'annexe E. Par ailleurs, les petits mammifères ne sont pas particulièrement sensibles à ces principaux composants sur de longues périodes, avec des CMENO supérieures à 7 000 mg/m³ pour la reproduction et le développement des rongeurs.

Le 1,3-butadiène, un composant mineur des GPL, a été défini comme le composant des GPL ayant la plus forte toxicité. L'exposition au 1,3-butadiène pendant 7 heures a causé un appauvrissement du contenu en sulfhydryle cellulaire non protéique du foie, des poumons et du cœur chez les souris, avec la dose minimale avec effet observé (DMEO) de 100 ppm (221 mg/m³) (Deutschmann et Laib, 1989). Dans le cadre d'une étude de deux ans menée par le National Toxicology Program des États-Unis (NTP1993), il y a eu une hausse importante de l'atrophie ovarienne chez les souris femelles exposées pendant jusqu'à deux ans à toutes les concentrations d'essai (c.-à-d. 6,25 ppm ou plus [13,8 mg/m³ ou plus]).

Le 1,3-butadiène présente une faible toxicité pour les plantes, avec peu ou pas d'effets nocifs déclarés lorsque les plantes sont exposées à la substance à raison de 2 210 mg/m³ pendant 7 jours (Heck et Pires, 1962). Après une exposition de 21 jours, aucun effet nocif n'a été observé à 22,1 mg/m³ (Heck et Pires, 1962).

En raison de sa bien plus forte toxicité pour les mammifères comparativement à d'autres composants des GPL, le 1,3-butadiène est utilisé pour estimer le risque que présentent les GPL pour l'environnement découlant d'une exposition aux GPL dans l'atmosphère. La dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) de 13,8 mg/m³ (13 800 µg/m³) (NTP, 1993) administrée aux rongeurs sera utilisée comme valeur critique de toxicité chronique pour la toxicité terrestre des GPL.

9.2 Évaluation de l'exposition de l'environnement

Compte tenu de la volatilisation élevée de milieux aquatiques, aucun scénario d'exposition aquatique n'a été élaboré.

Deux scénarios d'exposition par inhalation chronique pour les mammifères terrestres ont été élaborés : l'exposition due à des rejets involontaires provenant d'installations pétrolières et l'exposition près de stations d'approvisionnement. En raison de la toxicité bien plus importante du 1,3-butadiène pour les mammifères comparativement à d'autres composants de GPL, les concentrations du 1,3-butadiène dans l'environnement ont été estimées pour l'exposition.

Les concentrations estimées de 1,3-butadiène dans l'air, tel qu'il est déterminé dans la section sur la santé humaine (section 10.1.1. pour les rejets provenant d'installations pétrolières et section 10.1.3 pour les rejets provenant de stations

d'approvisionnement), ont été utilisées. Des concentrations annuelles ont été estimées à diverses distances de ces installations. Les plus fortes concentrations annuelles estimées pour une distance quelconque par rapport aux installations pétrolières et aux stations d'approvisionnement sont utilisées ici comme scénario de la pire éventualité pour l'exposition chronique découlant de ces installations. Pour les rejets d'installations de raffinage du pétrole, la plus forte concentration annuelle de 1,3-butadiène était de $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 200 m (tableau C-2, annexe C). Pour les rejets provenant des stations d'approvisionnement, la plus forte concentration de 1,3-butadiène était de $0,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à une distance de 10 m de la station d'approvisionnement (tableau C-4, annexe C).

9.3 Caractérisation du risque écologique

La démarche utilisée pour cette évaluation écologique préalable examinait les renseignements scientifiques disponibles et dégageait des conclusions en appliquant la méthode du poids de la preuve conformément à la LCPE.

Étant donné que ces substances sont composées de gaz, l'exposition des organismes aquatiques à ces dernières à la suite de leur rejet dans le milieu aquatique est très improbable en raison de leur volatilisation rapide à partir de l'eau.

Par conséquent, aucun scénario d'exposition impliquant le rejet de GPL dans le sol n'a été élaboré. L'exposition la plus probable aux GPL est par inhalation. Les GPL ainsi que leurs principaux composants ont une très faible toxicité aiguë (supérieure à $100\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$) et chronique (supérieure à $7\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$) par inhalation; ainsi, il est très improbable que des animaux soient exposés à des concentrations toxiques. Un composant mineur des GPL, le 1,3-butadiène, a été défini comme présentant une toxicité bien plus élevée pour les organismes. Cependant, des concentrations estimées de 1,3-butadiène près d'installations pétrolières et de stations d'approvisionnement s'inscrivent dans des ordres d'importance inférieurs à ceux qui causent la toxicité.

Par conséquent, d'après les renseignements présentés dans la présente évaluation préalable, les GPL inclus dans la présente évaluation préalable présentent un faible risque d'effets nocifs sur les organismes et sur l'intégrité globale de l'environnement. On conclut que ces GPL (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) ne répondent pas aux critères énoncés à l'alinéa 64a) ou 64b) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* [LCPE], puisqu'ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique, ou à mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie.

9.4 Incertitudes dans l'évaluation des risques pour l'environnement

Les proportions de chaque composant de chaque gaz de pétrole liquéfiés portant un NE CAS précis ne sont généralement pas connues. Les composants des gaz de pétrole liquéfiés comportent entre 1 et 8 atomes de carbone, même si la majorité d'entre eux comportent entre 3 et 7 atomes de carbone. Toutefois, étant donné la faible écotoxicité de la plupart de ces composants, la quantité insuffisante de ces données ne revêt pas un caractère trop important pour l'évaluation des risques écotoxicologiques.

Il existe une incertitude concernant l'exposition des organismes terrestres aux GPL. Étant donné que des renseignements sur l'exposition pour les GPL provenant d'installations pétrolières et de stations d'approvisionnement n'étaient pas disponibles, l'effet, l'exposition et le risque liés à un composant très dangereux des GPL ont été caractérisés.

10. Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine

10.1 Évaluation de l'exposition

Les propriétés physiques et chimiques générales des gaz de pétrole liquéfiés indiquent que lorsque ces substances sont rejetées, elles se dispersent rapidement dans l'air ambiant et que les composants individuels des gaz de pétrole liquéfiés se sépareront conformément à leurs propres propriétés physiques et chimiques. Ainsi, étant donné que l'exposition par inhalation serait la principale voie d'exposition, elle représente, par conséquent, l'objectif principal de l'évaluation de l'exposition. Les expositions dermales et orales ne devraient pas être fréquentes.

Le 1,3-butadiène est un composant très dangereux que l'on trouve dans certains groupes de gaz de pétrole liquéfiés. Une analyse d'échantillons limités recueillis dans des raffineries américaines entre 1992 et 2002 a indiqué la présence potentielle de 1,3-butadiène à un taux allant jusqu'à 0,1 % en poids (% p/p) pour les gaz de pétrole liquéfiés désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 (USEPA, 2010). Les renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE indiquent que pour le butane et l'isobutane, le niveau résiduel de 1,3-butadiène variait d'une valeur non détectable à moins de 1 % en poids, mais il était généralement inférieur à 0,1 % en poids (Environnement Canada, 2007). Le 1,3-butadiène est la raison de la classification des NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 comme substances cancérigènes par l'Union européenne, si son niveau est égal ou supérieur à 0,1 % en poids (Commission européenne, 2008a et 2009; Union européenne, 2008).

L'information disponible indique qu'en comparaison avec les GPL utilisés dans un contexte industriel comme matières de base ou combustibles, il existe une gamme plus étroite d'hydrocarbures dans les gaz de pétrole liquéfiés utilisés dans les produits vendus sur le marché, en particulier lorsqu'ils sont utilisés comme

propulseurs d'aérosol. Les recherches de fiches signalétiques pour trouver des produits aérosols de consommation contenant des GPL n'ont pas indiqué de présence de 1,3-butadiène au-dessus de 0,1%. D'autre part, les renseignements fournis en vertu de l'article 71 de la LCPE (Environnement Canada, 2007) indiquent la présence résiduelle de 1,3-butadiène dans le butane et l'isobutane à un niveau variant d'une valeur non détectable à une valeur inférieure à 1 % en poids. Le niveau ordinaire était inférieur à 0,1 % en poids.

Les concentrations annuelles moyennes de 1,3-butadiène dans l'air ambiant déclarées par diverses sources allaient de moins de 0,05 µg/m³ jusqu'à 0,4 µg/m³, en fonction de l'emplacement. En général, les émissions provenant du secteur automobile sont un facteur important de la présence de 1,3-butadiène dans l'air ambiant (Canada, 2000). L'étude de Curren *et al.* (2006) a signalé que la concentration annuelle moyenne de 1,3-butadiène dans les zones urbaines au Canada entre 1995 et 2003 était de 0,22 µg/m³. Les données de surveillance supplémentaires pour la période entre 1990 et 2008 recueillies à partir de l'entrepôt de données de la Clean Air Strategic Alliance en Alberta (CASA, 2008) indiquent que les concentrations annuelles moyennes dans l'est et le centre d'Edmonton et le centre de Calgary étaient de 0,33 µg/m³, 0,17 µg/m³ et 0,31 µg/m³, respectivement. Selon le rapport du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA, 2012), la concentration annuelle de 1,3-butadiène dans l'air ambiant en 2009 variait de 0,028 à 0,293 µg/m³ dans les zones rurales et urbaines du Canada.

D'autres études canadiennes disponibles avaient mesuré les niveaux de 1,3-butadiène dans l'air extérieur et intérieur à Windsor, Regina, Halifax et Edmonton en été et en hiver (Santé Canada, 2010a, 2010b, 2012 et 2013). Les mesures à l'intérieur ont été effectuées dans les pièces communes ou le salon de maisons sélectionnées et les mesures extérieures comparatives ont été effectuées dans les cours arrière. Dans l'étude de Windsor, de 45 à 48 habitations de participants non fumeurs ont fait l'objet d'une surveillance de janvier 2005 à août 2006 au moyen du prélèvement d'échantillons sur une période de 24 heures pendant 5 jours consécutifs. Des échantillons d'air individuel ont été également recueillis toutes les 24 heures pendant 5 jours consécutifs au cours de l'étude de 2005. Les limites de détection de la méthode (LDM) étaient de 0,055 µg/m³ (2005) et 0,043 µg/m³ (2006) et du 1,3-butadiène a été détecté dans plus de 90 % des échantillons. Dans l'étude de Regina, on a surveillé 146 maisons au total, dont 34 comportaient au moins un participant fumeur, pendant l'hiver et l'été 2007. Dans chaque maison a été prélevé un échantillon recueilli sur une période de 24 heures et un autre sur une période de 5 jours. La limite de détection de la méthode était de 0,05 µg/m³ et la fréquence de détection du 1,3-butadiène était de 65 % et 100 %, en fonction de la saison de collecte des échantillons d'air. Dans l'étude d'Halifax, 50 ménages non fumeurs ont été surveillés pendant l'hiver et l'été 2009, avec la collecte d'échantillons toutes les 24 heures pendant sept jours consécutifs. La limite de détection de la méthode était de 0,022 µg/m³ et la fréquence de détection était de 83 % et 98 % en fonction de la saison à laquelle l'échantillon était recueilli. Dans l'étude

d'Edmonton, 50 ménages non fumeurs ont été surveillés pendant l'hiver et l'été 2010 avec la collecte d'échantillons toutes les 24 heures pendant sept jours consécutifs. Les limites de détection de la méthode étaient de $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (été) et $0,017 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hiver) et la fréquence de détection des échantillons était supérieure à 95 %.

Les mesures de l'air extérieur des trois études canadiennes ont révélé que les niveaux de 1,3-butadiène pour les périodes de surveillance hivernales pouvaient être jusqu'à deux fois plus élevés que les mesures estivales (Santé Canada, 2010a, 2010b, 2012). Dans ces études, les concentrations du 50^e centile de 1,3-butadiène variaient de $0,024$ à $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tandis que les valeurs du 95^e centile variaient de $0,025$ à $0,385 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santé Canada, 2010b). Ces mesures extérieures sont conformes aux autres données de surveillance au Canada (Curren *et al.*, 2006; CASA, 2007 et RNSPA, 2012). Pour l'évaluation du risque d'exposition à des émissions modélisées provenant d'une installation pétrolière, une concentration de fond ambiante de $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de 1,3-butadiène de Curren *et al.* (2006) a été utilisée comme point de référence et est compatible avec la valeur de fond sélectionnée dans l'évaluation des gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 (Environnement Canada, Santé Canada, 2013).

Les mesures de l'air intérieur des trois études canadiennes ont montré que les valeurs du 50^e centile de 1,3-butadiène relevées dans des ménages non fumeurs variaient de $0,04$ à $0,134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et que les valeurs du 95^e centile variaient de $0,16$ à $0,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santé Canada, 2010a, 2010b, 2012, 2013). En comparaison, un niveau bien plus élevé de 1,3-butadiène a été observé dans 34 ménages comportant au moins un fumeur dans l'étude de Regina, comme le montrent les valeurs du 50^e centile de $0,947 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hiver) et $0,657 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (été), et les valeurs du 95^e centile, à savoir $4,577 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (hiver) et $9,177 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (été) (Santé Canada, 2010b).

Contrairement aux études récentes effectuées sur des ménages sélectionnés à Windsor, Regina, Halifax et Edmonton, d'autres études plus anciennes mesurant le niveau de 1,3-butadiène dans l'air intérieur ont indiqué des limites de détection de la méthode plus élevées et des fréquences de détection moins élevées. L'étude de Zhu *et al.* (2005) a mesuré les niveaux de 1,3-butadiène sur 24 heures dans l'air intérieur de 75 maisons à Ottawa (Canada), entre novembre 2002 et mars 2003. La limite de détection de la méthode était de $0,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la fréquence de détection était de 32 %. Les auteurs ont indiqué que la concentration variait d'une valeur inférieure à la limite de détection de la méthode jusqu'à $3,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec un 90^e centile de $1,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ centile. L'étude de Weisel *et al.* (2008) a également examiné les concentrations de 1,3-butadiène dans l'air intérieur sur une période de 24 heures dans 100 maisons des zones suburbaines et rurales du New Jersey (États-Unis) entre décembre 2003 et avril 2006. Les limites de détection de la méthode variaient de $0,44$ à $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selon les essais, seuls 7 échantillons sur 100 étaient supérieurs à la limite de détection de la méthode, avec un 95^e centile de $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La plus forte valeur était de $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le niveau de 1,3-butadiène dans l'air intérieur des maisons canadiennes peut être attribué à diverses sources, y compris l'utilisation de produits aérosols, l'échappement éventuel des véhicules dans les garages adjoints et les activités en cuisine (sous-produits de combustion), etc. (Canada, 2000). Par conséquent, pour les besoins de l'évaluation du risque que présente une exposition potentielle à long terme aux gaz de pétrole liquéfiés provenant de l'utilisation de produits aérosols à l'intérieur, la valeur la plus élevée du 50^e centile de 1,3-butadiène dans les ménages canadiens non-fumeurs a été sélectionnée à partir d'études d'échantillonnage de l'air dans des maisons situées dans quatre villes canadiennes. Ce niveau, 0,134 µg/m³, provient de l'étude de Regina (Santé Canada, 2010b) et est considéré comme représentant un niveau prudent de 1,3-butadiène dans l'air intérieur auquel contribuent de multiples sources au sein du foyer.

Comme il est mentionné dans la section « Rejets dans l'environnement », les sources potentielles de rejets de gaz de pétrole liquéfiés comprennent les émissions fugitives involontaires provenant d'installations pétrolières, les émissions provenant du transport des substances, les émissions provenant du transfert des gaz de pétrole liquéfiés dans des conteneurs sous pression (p. ex. lors du ravitaillement des réservoirs de carburant des véhicules roulant au gaz de pétrole liquéfié ou du remplissage du réservoir des barbecues), ainsi que les émissions provenant de produits dans lesquels les GPL servent de propulseurs d'aérosol.

10.1.1 Exposition potentielle à des rejets involontaires provenant d'installations pétrolières

Les GPL proviennent de raffineries de pétrole et d'installations de traitement du gaz naturel; ainsi, les usines de valorisation ne sont pas prises en compte dans la présente évaluation. À l'instar des gaz de pétrole et de raffinerie des groupes 1 et 2 évalués précédemment (Environnement Canada, Santé Canada, 2013 et 2014a), les GPL font partie des gaz de pétrole et de raffinerie totaux produits par les installations pétrolières. Les GPL peuvent se disperser dans l'air à proximité d'une installation par l'intermédiaire des émissions fugitives issues, par exemple, de l'équipement servant aux procédés, des valves et des brides. Il est reconnu que les rejets de GPL représentent une fraction des émissions fugitives totales de gaz de pétrole et de raffinerie d'une installation pétrolière, et il n'est pas possible de déterminer la proportion des émissions totales que représentent les GPL. Ainsi, le total des émissions de tous les gaz de pétrole et de raffinerie contenant du 1,3-butadiène a été caractérisé dans le Rapport d'évaluation préalable sur les gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 (Environnement Canada, Santé Canada, 2013). Par conséquent, l'exposition potentielle de la population générale vivant à proximité d'une raffinerie de pétrole ou d'une usine de traitement du gaz naturel aux rejets involontaires de GPL (désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) a déjà été prise en compte. Compte tenu de la présence potentielle de 1,3-butadiène dans ces deux GPL, des émissions

fugitives de GPL peuvent contribuer aux concentrations de 1,3-butadiène dans l'air ambiant à proximité d'installations pétrolières.

Un rapport récent décrit une méthode mobile (le « laboratoire mobile Aerodyne ») qui a été utilisée pour détecter et quantifier les émissions industrielles, y compris de 1,3-butadiène, provenant de sources ponctuelles (Knighton *et al.*, 2012). Toutefois, des renseignements détaillés sur l'estimation des émissions fugitives totales de 1,3-butadiène dans les gaz de pétrole et de raffinerie dans une installation canadienne ont déjà été donnés dans le Rapport d'évaluation préalable sur les gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 (Environnement Canada, Santé Canada, 2013). SCREEN3, un modèle de dispersion atmosphérique simple élaboré par l'Environmental Protection Agency des États-Unis (SCREEN3, 1996), a été utilisé pour modéliser la contribution du 1,3-butadiène à l'air ambiant associé aux émissions fugitives des installations pétrolières. Les résultats sont inclus dans le présent document et sont fournis dans l'annexe C (tableaux C-1 et C-2). Un résumé de l'estimation des émissions totales de 1,3-butadiène sur laquelle la conclusion s'est basée est présenté ci-dessous.

Les résultats du profil de dispersion modélisée du 1,3-butadiène, basée sur la distance par rapport à la source de l'émission, démontrent qu'à 200 m, les concentrations annuelles de tous les gaz de pétrole et de raffinerie (y compris les gaz de pétrole et de raffinerie des groupes 1 et 2 et les gaz de pétrole liquéfiés dont il est question dans le présent rapport) émises dans l'air ambiant par ces installations sont d'environ $0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la limite supérieure (d'après un ratio de 1,3-butadiène par rapport au benzène de 1:85) et d'environ $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la limite inférieure (d'après un ratio de 1,3-butadiène par rapport au benzène de 1:216). Plus on s'éloigne de la source de l'émission, plus la concentration modélisée diminue. On estime que, pour le rapport supérieur, la concentration de 1,3-butadiène dans l'air associée aux rejets involontaires totaux de gaz de pétrole et de raffinerie serait équivalente à la concentration annuelle moyenne canadienne dans l'air ambiant urbain (à savoir, $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$), à une distance de 500 m de la source de rejet. Pour le rapport inférieur, la concentration estimée de 1,3-butadiène dans l'air favorisée par les rejets involontaires de gaz de pétrole et de raffinerie diminue à $0,088 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 500 m de la source de rejet. L'analyse cartographique a démontré que la population générale pouvait résider à environ 200 m d'une source de rejets potentielle. Par conséquent, les rejets de gaz de pétrole et de raffinerie par les installations pétrolières peuvent résulter en une exposition à long terme d'une partie limitée de la population générale à des niveaux de 1,3-butadiène supérieurs à la concentration de fond. Des résultats de surveillance récente de la qualité de l'air près d'installations pétrolières canadiennes (Simpson *et al.*, 2013) ont corroboré et validé l'estimation des niveaux de 1,3-butadiène obtenue à l'aide de la modélisation du système SCREEN3 pour les emplacements proches d'une installation pétrolière.

SCREEN3 est reconnu comme un modèle de dispersion prudent comparativement à des modèles avancés qui exigent des données d'entrée très détaillées. Ainsi, AERSCREEN (USEPA, 2011a) a été utilisé pour mener une analyse de sensibilité. AERSCREEN est un modèle d'évaluation fondé sur AERMOD (USEPA, 2011a). Le modèle produit des estimations des concentrations sur 1 heure provenant d'une source unique dans les pires conditions, sans la nécessité de données météorologiques horaires, et il inclut également des facteurs de conversion pour estimer des concentrations annuelles sur 3, 8 et 24 h dans les pires conditions. AERSCREEN vise à produire des estimations de concentration qui sont égales ou supérieures aux estimations produites par AERMOD, sans un ensemble complètement développé de données météorologiques et sur le terrain (USEPA, 2011a). Les résultats de modélisation sont fournis dans l'annexe C (tableaux C-5 et C-6). Des émissions de 1,3-butadiène modélisées avec AERSCREEN à une distance de 200 m par rapport à une raffinerie ont produits des estimations de $0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le rapport supérieur (sur la base d'un rapport de 1,3-butadiène au benzène de 1:85), et d'environ $0,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le rapport inférieur (sur la base d'un rapport du 1,3-butadiène au benzène de 1:216). Les résultats d'AERSCREEN laissent entendre que les valeurs générées par SCREEN3 sont valides.

Des installations de traitement du gaz naturel ont des matières de base, des unités de traitement et des conditions d'exploitation différentes par rapport aux raffineries de pétrole. Une soumission récente de l'industrie sur l'examen des concentrations de 1,3-butadiène dans des flux gazeux sélectionnés provenant d'installations de traitement du gaz naturel indiquent que la concentration de 1,3-butadiène dans la plupart des échantillons gazeux était inférieure à la limite de détection de 1 ppm, avec un échantillon jugé supérieur à cette limite (ACPP, 2014). Sur la base de ces données analytiques combinées à des éléments de preuve soumis antérieurement par l'industrie sur l'absence de 1,3-butadiène dans les flux gazeux naturels et la suppression du 1,3-butadiène de la liste de polluants préoccupants de l'Environmental Protection Agency des États-Unis, qui proviennent d'installations de production du gaz naturel et d'installations de transmissions et de stockage de gaz naturel, le niveau de 1,3-butadiène dans les GPL produits par des installations de traitement du gaz naturel devrait être faible. Par conséquent, on ne s'attend pas à une exposition humaine au 1,3-butadiène due à des émissions fugitives de gaz de pétrole et de raffinerie, y compris les GPL provenant d'installations de traitement du gaz naturel.

10.1.2 Exposition potentielle aux gaz de pétrole liquéfiés pendant le transport

D'après les renseignements reçus en vertu de l'article 71 de la LCPE et l'analyse documentaire, les gaz de pétrole liquéfiés peuvent être transportés par camion, voie ferroviaire, voie maritime et gazoduc (Environnement Canada, 2012; Thompson *et al.*, 2011).

Des conteneurs pressurisés ou réfrigérés sont utilisés pour la livraison des gaz de pétrole liquéfiés à divers utilisateurs (Thompson *et al.*, 2011; Wiley, 2007). Les facteurs d'émission AP-42 de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (USEPA, 2008b) stipulent que les réservoirs de stockage à haute pression peuvent être utilisés afin de réduire presque entièrement les pertes par évaporation ou les pertes liées aux opérations. Aucune corrélation appropriée n'est disponible pour estimer les pertes de vapeur provenant des réservoirs à pression. Le transport des substances gazeuses sous pression exige généralement des normes de sécurité rigoureuses, en raison de leurs propriétés physiques et chimiques. Par exemple, dans le cadre du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* de la *Loi sur le transport des marchandises dangereuses* (1992), Transports Canada doit faire appel à un ensemble de normes, élaborées par Transports Canada, l'Association canadienne de normalisation ou l'Office des normes générales du Canada, pour les dispositifs de sécurité et la conception, la fabrication, l'inspection et l'exploitation des contenants autorisés utilisés dans le transport des gaz par voies ferroviaire, routière et maritime. Ainsi, les équipements utilisés pour le chargement et le déchargement des contenants, comme les tuyaux de transfert ou les bras de chargement, doivent respecter des normes de conception, en ce qui concerne les pressions et les températures adéquates (Canada, 2001a). En raison de la sécurité élevée et des normes d'inspection généralement appliquées aux systèmes de pipelines et de conteneurs sous pression, les rejets normaux provenant de ces types de systèmes sous pression sont peu fréquents sous des conditions normales d'exploitation (Commission européenne, 2006; USEPA, 2008b; OCDE, 2009).

Des lois pertinentes portant sur le traitement des hydrocarbures gazeux sont en place à l'échelle fédérale et provinciale, qui ont pour but de réduire ou d'éviter les rejets provenant de ces activités. Certaines des mesures définies dans ces dispositions s'appliquent aux contenants (c.-à-d. navire de transport), aux moyens de transport (c.-à-d. véhicule de transport) et équipement de manipulation pour le transport de gaz sous pression. Par ailleurs, les mesures indiquent que chacun de ces éléments doit répondre à certaines normes de conception et de sécurité. Toutefois, il est reconnu que les émissions fugitives de substances gazeuses peuvent se produire en raison de leurs fortes volatilité et mobilité. Par exemple, le mauvais entretien d'un raccordement fileté pouvant être utilisé entre un bras de chargement et un réservoir pressurisé pourrait entraîner des fuites fugitives. Le remplacement des raccordements filetés par des raccordements à bride peut aider à réduire ces émissions (Hendler *et al.*, 2006).

L'exposition potentielle de la population générale aux émissions fugitives pendant le transport est considérée comme limitée et prise en compte par les expositions aux gaz de pétrole liquéfiés détaillées et évaluées ci-dessous.

10.1.3 Exposition potentielle aux gaz de pétrole liquéfiés provenant des stations d'approvisionnement

Puisque les gaz de pétrole liquéfiés sont normalement entreposés dans des conteneurs sous pression dont la conception et le fonctionnement sont soumis à des exigences strictes (il existe divers règlements provinciaux), la population générale ne devrait pas être exposée à des émissions fugitives provenant de ces conteneurs sous pression. Toutefois, il est reconnu que des émissions peuvent se produire pendant le transfert des GPL d'un conteneur à un autre ou pendant le processus remplissage, par exemple des bouteilles de gaz de barbecues (Sullivan, 1992; CONCAWE, 2012). Les opérations de transfert sont généralement effectuées par des professionnels qui ont été formés à la manipulation sécuritaire des GPL. De plus, le nombre de stations d'approvisionnement en bouteilles de gaz de pétrole liquéfiés a diminué, ce qui a entraîné la popularité grandissante de l'offre de services d'échange de bouteilles aux clients, qui peuvent ainsi échanger facilement un réservoir vide contre un réservoir rempli au préalable par un professionnel. Ces facteurs ont réduit le potentiel d'exposition de la population générale aux gaz de pétrole liquéfiés lors d'un transfert.

L'exposition aux gaz de pétrole liquéfiés peut se produire si la population générale vit près de stations d'approvisionnement en bouteilles de GPL. Les stations d'approvisionnement peuvent servir pour le ravitaillement des véhicules ou le remplissage de réservoirs autres que ceux des véhicules, comme les réservoirs de barbecue, et sont situées à proximité de points de vente et de certaines quincailleries. De plus, le transfert de GPL peut se produire dans des dépôts centralisés avant la livraison aux consommateurs. Une analyse prudente de l'exposition a été effectuée pour prendre en compte ces scénarios de remplissage.

Le nombre de véhicules roulant au gaz de pétrole liquéfié utilisés par la population générale canadienne n'est pas clair. Transports Canada (2010) indique que depuis 2010, il n'y a plus de véhicule de tourisme alimenté au gaz de pétrole liquéfié. Toutefois, le propane ou les GPL sont encore utilisés comme carburant automobile au Canada par des parcs commerciaux de taxis, des parcs de véhicules de police de première ligne, des parcs de services de transport parallèle et une partie des parcs d'entreprises de courrier et de messagerie (Propane Facts, 2008; Wheels.ca, 2013). Les termes gaz de pétrole liquéfiés et « propane automobile » sont parfois utilisés de façon interchangeable pour désigner les carburants automobiles alternatifs. Les gaz de pétrole liquéfiés sont également utilisés comme carburant pour des véhicules hors route, comme les chariots élévateurs à fourche industriels et certains véhicules agricoles (Sullivan, 1992; Competition Commission, 2006).

Certains magasins de produits pour la maison et quincailleries plus grands offrent des services de remplissage de bouteilles de gaz de pétrole liquéfiés. Lors des

mois de forte demande en particulier, comme en été, un grand nombre de clients amène des réservoirs de barbecue vides pour les faire remplir ou les échanger directement avec un réservoir rempli au préalable. Le gaz de pétrole liquéfié rejeté pendant le remplissage de chaque réservoir et sa dispersion ultérieure à proximité des maisons situées près des magasins peuvent être une source potentielle d'exposition à long terme des résidents voisins.

Sullivan (1992) a estimé les taux d'émission de gaz de pétrole liquéfiés pour le remplissage de réservoirs de stockage de gaz de pétrole liquéfiés de différentes dimensions et de réservoirs de carburant de véhicules. Ces émissions se produisent lorsqu'on débranche la buse et s'expliquent également par la présence de valves défaillantes. À l'aide des facteurs fournis par Sullivan et d'autres hypothèses prudentes en ce qui concerne le nombre de remplissages effectués dans un site à haut rendement, on a estimé la perte habituelle de GPL dans l'atmosphère à 27 g pour un seul remplissage de réservoir de barbecue ou de réservoir de carburant de véhicule (les pertes sont indépendantes de la taille et du but du réservoir de carburant, mais dépendantes de la nature des raccords utilisés pour le transfert). De même, CONCAWE (2012) a suggéré un « facteur de transfert par inhalation » de 0,0005 pour le remplissage d'un réservoir de véhicule avec 45 kg de gaz de pétrole liquéfiés. L'estimation des émissions basée sur CONCAWE (2012) (c'est-à-dire 22,5 g/transfert) est semblable à la valeur de 27 g/transfert calculée à l'aide des paramètres fournis par Sullivan (1992). Ainsi, une émission totale de 27 g de gaz de pétrole liquéfiés par transfert est utilisée pour caractériser le risque d'exposition potentielle à proximité des stations d'approvisionnement en gaz de pétrole liquéfiés.

La dispersion des GPL dans l'air ambiant à proximité des stations d'approvisionnement a été modélisée à l'aide de SCREEN3 (1996), qui a été créé par l'Environmental Protection Agency des États-Unis, et a été utilisée dans des évaluations préalables précédentes (p. ex. Environnement Canada, Santé Canada, 2013). Le détail des paramètres d'entrée utilisés pour la modélisation de la dispersion des gaz de pétrole liquéfiés pour un scénario de remplissage est indiqué dans le tableau A4.3. Les concentrations estimées de GPL, ainsi que de 1,3-butadiène, rejetés dans l'air ambiant sont présentées dans le tableau A4.4. Les estimations incluent les concentrations maximales sur une période d'une heure et de 24 heures, et prennent en compte le changement de direction du vent et la nature intermittente des événements. Les estimations annuelles de 1,3-butadiène dans l'air ambiant sont également déterminées en supposant une quantité de 0,1 % en poids de 1,3-butadiène dans les carburants gaz de pétrole liquéfiés. Le *Règlement sur l'emmagasinage en vrac des gaz de pétrole liquéfiés* rédigé en vertu de la *Loi sur les transports au Canada* stipule que la distance des rampes de chargement et de déchargement des gaz de pétrole liquéfiés ne doit pas être inférieure à 200 pi (61 m) d'une résidence (Canada, 2013). Comme le présente le tableau A4.4, les valeurs estimatives annuelles de la limite supérieure du 1,3-butadiène à 60 m de la station d'approvisionnement en

gaz de pétrole liquéfiés est de $0,12\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur à la valeur de fond dans l'air ambiant de $0,22\mu\text{g}/\text{m}^3$ indiquée par Curren *et al.* (2006).

10.1.4 Exposition potentielle aux gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme propulseurs dans les produits aérosols offerts aux consommateurs

Les gaz de pétrole liquéfiés sont l'un des propulseurs d'aérosol les plus communs dans les produits offerts aux consommateurs (Diversified CPC International, 2012). Dans une bombe à aérosol, les gaz de pétrole liquéfiés sont soumis à une pression qui les liquéfie et sont mélangés à un produit liquide. Lorsque la pression est réduite dans la bombe à aérosol (p. ex. si l'on appuie sur la buse et que la valve s'ouvre), les gaz de pétrole liquéfiés s'évaporent et forment une phase gazeuse dans l'espace vide de la bombe, exerçant ainsi une pression sur le liquide et expulsant le produit liquide hors de la bombe. Lorsque le liquide (un mélange de produit et de gaz de pétrole liquéfiés) s'échappe de la bombe, le propulseur reprend rapidement sa forme gazeuse, ce qui atomise davantage le produit afin de former une pulvérisation fine (CAPCO, 2011). Par conséquent, l'inhalation est la voie principale d'exposition aux gaz de pétrole liquéfiés utilisés comme propulseurs.

Les GPL désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 sont utilisés sous forme de propulseurs d'aérosol dans une variété de produits de nombreuses marques. Sur la base de la recherche documentaire, un résumé des produits aérosols contenant des gaz de pétrole liquéfiés (NE CAS 68476-85-7 ou 68476-86-8) comme propulseurs est fourni dans le tableau 10-1, et inclut la gamme de concentration par poids, sur laquelle l'analyse de l'exposition à court terme est basée.

Tableau 9-1. Résumé des produits aérosols qui utilisent les NE CAS 68476-85-7 ou 68476-86-8 comme propulseurs^a

| Type de produit | Concentration de gaz de pétrole liquéfiés (% en poids) |
|---|--|
| Adhésifs et produits d'étanchéité | 10 - 60 |
| Entretien et réparation des voitures | 7 - 70 |
| Traitements du tissu | 5 - 10 |
| Combustibles | 40 - 55 |
| Produits de nettoyage domestique | 1 - 60 |
| Assainisseurs d'air | 15 - 60 |
| Détachants domestiques | 5 - <100 |
| Désinfectants | 5 - 30 |
| Matériel d'amateur/art | 20 - 30 |
| Lubrifiants et produits anticorrosifs | 5 - 60 |
| Peintures et revêtements (peinture au pistolet) | 1 - 60 |
| Laque pour cheveux | 0,1 - 20 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Enduits à toiture | 10 - 30 |
| Pesticides ^b | 6 - 10 |

a. Les renseignements figurant dans le tableau sont basés sur la recherche de fiches signalétiques, sauf mention contraire.

b. Communication personnelle avec l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada, septembre 2013.

Il existe une étude de suivi qui a mesuré les niveaux de gaz de pétrole liquéfiés dans l'air intérieur provenant de l'utilisation d'un produit pulvérisateur. Hartop *et al.* (1991) a mesuré la concentration de gaz de pétrole liquéfiés dans la zone de respiration d'un utilisateur adulte et d'un enfant accompagnant (observateur) après une pulvérisation de 10 secondes de laque pour cheveux contenant 26 % de gaz de pétrole liquéfiés (un mélange de propane, de *n*-butane et d'isobutane) comme propulseur. La pulvérisation a été effectuée dans une pièce (21 m³) non ventilée, avec la porte ouverte, puis fermée. Les échantillons d'air ont été recueillis à 1,5 m et 0,8 m du sol et ont été mesurés par spectroscopie infrarouge. Les auteurs ont indiqué que les concentrations moyennes pondérées dans le temps de gaz de pétrole liquéfiés sur 10 minutes à partir du début de la pulvérisation (MPT10) étaient de 73 parties par million (ppm) (environ 130 mg/m³ à 1,5 m du sol) pour l'utilisateur adulte et de 80 ppm (144 mg/m³ à 0,8 m du sol) pour l'observateur. La situation de la porte de la pièce (ouverte/fermée) n'a eu aucune incidence significative sur les valeurs MPT10. Comme la laque pour cheveux utilisée dans cette étude contenait une quantité de gaz de pétrole liquéfiés semblable à celle des produits énumérés dans le tableau 10-1, la valeur MPT10 mesurée de 144 mg/m³ est adoptée afin de représenter une exposition pouvant se produire lors d'une utilisation à court terme de produits similaires.

Les expositions aux gaz de pétrole liquéfiés dues à l'utilisation d'autres produits aérosols ont été modélisées avec ConsExpo, version 4.1 (ConsExpo, 2006). ConsExpo est un modèle de prévision à plusieurs niveaux utilisé pour dériver des estimations de l'exposition à des substances présentes dans des produits disponibles aux consommateurs par inhalation, contact de la peau et ingestion orale. Le modèle IHMod version 0.198 créé par l'American Industrial Hygiene Association (AIHA, 2009) a également été pris en compte. Étant donné que les prévisions de la concentration de GPL formulées par le modèle IHMod étaient semblables à celles de ConsExpo, seules les estimations formulées par le modèle ConsExpo sont présentées ici.

Par mesure de prudence, un scénario représentatif de la limite supérieure de l'exposition a été sélectionné à partir de chaque catégorie d'utilisation, en fonction de la concentration, de la quantité utilisée ou de la fréquence d'utilisation. Les estimations de la limite supérieure de l'exposition par inhalation à court terme pour chaque utilisation représentative sont présentées dans l'annexe D (qui inclut les paramètres d'entrée par défaut). Un résumé des estimations de la limite supérieure de l'exposition par inhalation à court terme (c.-à-d. amortie sur 24 heures) à des produits aérosols représentatifs utilisés couramment est présenté dans le tableau 10-2 ci-dessous.

Tableau 9-2. Estimations de l'exposition par inhalation à court terme aux gaz de pétrole liquéfiés provenant de l'utilisation de produits aérosols représentatifs

| Produits offerts aux consommateurs | Concentration moyenne maximale le jour de l'événement (mg/m ³) |
|--|--|
| Adhésif (pulvérisateur) | 8,46 |
| Protège-tissus | 39,3 |
| Produits de nettoyage domestique pour le verre ou l'acier inoxydable | 15,5 |
| Encaustiques et produits nettoyants pour meubles | 71,6 |
| Assainisseurs d'air | 11,6 |
| Détachants pour moquettes | 1,64 |
| Détachants domestiques précis | 11 |
| Désinfectants pour les mains | 0,034 |
| Lubrifiants tout usage | 19,1 |
| Peintures en pistolet (p. ex. pour les meubles, le métal, le bois, l'artisanat et les éléments en plastique) | 90,3 |

Comme le montre le tableau 10-2, les estimations de l'exposition varient pour différents produits. Les concentrations atmosphériques moyennes de gaz de pétrole liquéfiés amorties sur 24 heures le jour de l'événement variaient de 0,034 mg/m³ pour un adulte utilisant un désinfectant mousseux pour les mains (contenant 5 % de propulseur au gaz de pétrole liquéfié) à 90,3 mg/m³ pour un adulte utilisant un pistolet à peinture (contenant 60 % de propulseur au gaz de pétrole liquéfié) dans une pièce intérieure bien ventilée.

10.2 Évaluation des effets sur la santé

La Commission européenne avait classé les gaz de pétrole liquéfiés désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 comme des substances cancérigènes de catégorie 1 (« *substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme* ») et des agents mutagènes de catégorie 2 (*substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme* ») si la quantité de 1,3-butadiène était égale ou supérieure à 0,1 % en poids (ESIS, 2008; Commission européenne, 2008a). Les reclassifications équivalentes de ces substances par la Commission européenne en 2009 sont les substances cancérigènes de catégorie 1A (« *Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré; la classification dans cette catégorie s'appuie largement sur des données humaines* ») et les substances mutagènes de catégorie 1B (« *Substances à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains* ») (Commission européenne, 2008b, 2009).

Il existe une quantité limitée de renseignements relatifs aux effets sur la santé des gaz de pétrole liquéfiés désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8. Il existe un nombre limité d'études sur l'exposition à des gaz de pétrole liquéfiés très raffinés que l'on trouve dans des produits aérosols contenant toute combinaison de propane, de *n*-butane et d'isobutane. N'étaient pas non plus disponibles les renseignements toxicologiques sur les autres gaz de pétrole et de raffinerie dans l'approche pour le secteur pétrolier (c'est-à-dire les gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 et du groupe 2) comparables tant sur le plan du procédé que sur le plan physique et chimique. Divers organismes ont ainsi caractérisé la toxicité de ces substances en examinant les classes de composants de gaz de pétrole et de raffinerie, y compris les alcanes, les alcènes, les alcadiènes, les alcynes, les substances aromatiques, les thiols et les substances inorganiques. L'examen des documents pertinents sur les gaz de pétrole liquéfiés et chacun de leurs composants a ainsi été pris en compte dans la préparation de l'évaluation préalable. L'annexe E présente un résumé des renseignements sur les effets sur la santé. Seul un résumé de l'information essentielle sur laquelle est basée la conclusion est présenté dans le présent document.

10.2.1 Études chez les animaux de laboratoire (gaz de pétrole liquéfiés)

Aucune étude n'est disponible pour évaluer la toxicité aiguë par inhalation des gaz de pétrole liquéfiés désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8. Une étude menée sur un mélange de propane (17,1 % [v/v]), de *n*-butane (2,5 % [v/v]) et d'isobutane (80,4 % [v/v]) a indiqué une concentration létale médiane CL₅₀ d'environ 1 227 000 mg/m³ (539 600 ppm) (Aviado *et al.*, 1977).

Une exposition aiguë de lapins à des niveaux élevés de gaz de pétrole liquéfiés indiquait une toxicité potentielle. Des changements au niveau du néocortex et des dommages cardiaques ont été rapportés à environ 540 000 mg/m³ après une exposition continue de lapins mâles à un mélange d'éthane, de propane, de *n*-butane, de propène et d'isobutane pendant 120 minutes (Komura *et al.*, 1973). L'étude de Yoshino *et al.* (1984) a mené une analyse histologique et cytologique du système nerveux central de lapins mâles après une exposition de 4 heures à un mélange de gaz de pétrole liquéfiés (contenant ≥ 95 % de propane), d'oxygène et de nitrogène. Des changements neuropathologiques réversibles ont été observés à 1 260 000 mg/m³, comme le caractérise la vacuolisation cytoplasmique, avec une réduction de l'appétit et de la coloration dans la couche V (5) du cortex cérébral, et une vacuolisation élevée du réticulum endoplasmique rugueux dans la région périphérique des neurones observées au niveau ultrastructurel.

Une concentration sans effet nocif observé (CSENO) de 18 230 mg/m³ a été déterminée pour les effets systémiques, la neurotoxicité, la toxicité pour la reproduction et pour le développement, à la suite d'une exposition par inhalation

de rats mâles et femelles au NE CAS 68476-85-7 pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine, sur une période de 13 semaines. Aucun changement lié à la dose ou à l'exposition n'a été constaté en ce qui concerne le poids des organes ou les paramètres hématologiques ou cliniques (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010). La neurotoxicité a été étudiée, mais aucun effet lié aux gaz de pétrole liquéfiés sur les paramètres d'une batterie d'observations fonctionnelles ou sur l'activité motrice n'a été observé. De même, une CSENO de 18 230 mg/m³ a été établie d'après une analyse des effets sur la reproduction et sur le développement. À une telle dose, on a constaté une augmentation de l'incidence de spermatozoïdes anormaux (4 à 12 % des 200 spermatozoïdes évalués, avec des effets constatés chez 4 animaux sur 10), mais il n'y avait aucun effet simultané sur la densité et la motilité des spermatozoïdes. Par conséquent, de telles incidences de spermatozoïdes anormaux ont été considérées comme fortuites et non liées au traitement (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010).

Dans une autre étude sur l'exposition par inhalation de rates gravides au NE CAS 68476-85-7 pendant 6 heures par jour, du 6^e au 19^e jour de gestation (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010), aucun effet lié au traitement n'a été observé à la dose maximale testée, et une concentration sans effet nocif observé (CSENO) de 19 020 mg/m³ a été déterminée.

Les gaz de pétrole liquéfiés ne se sont pas avérés génotoxiques dans un test du micronoyau *in vivo* et dans un test d'Ames *in vivo*. Le NE CAS 68476-85-7 a présenté des résultats négatifs pour l'induction de micronoyaux, comme l'indiquent Petroleum HPV (2006, 2009b) et l'Environmental Protection Agency des États-Unis (2010). Aucune étude n'a été menée sur les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 en matière de génotoxicité *in vitro*. Une seule étude a été répertoriée en ce qui concerne l'examen de la mutagénicité *in vitro* des mélanges gazeux de propane, d'isobutane et de *n*-butane au moyen du test d'Ames avec et sans activation métabolique (Kirwin et Thomas, 1980). Le mélange a fait preuve d'une mutagénicité négative, dans les deux conditions d'expérimentation, après une exposition de 6 heures au mélange gazeux.

10.2.2 Études sur les humains (gaz de pétrole liquéfiés)

Une étude épidémiologique (transversale) de Sirdah *et al.* (2013) a été répertoriée et caractérisait les effets des gaz de pétrole liquéfiés sur la santé des travailleurs des stations d'approvisionnement et de distribution des gaz de pétrole liquéfiés. Cette étude comprenait une entrevue sous forme de questionnaire et des analyses hématologiques et biochimiques d'échantillons de sang veineux. Les auteurs ont mentionné que les travailleurs étaient soumis à un plus grand risque de présenter des symptômes pour la santé et des anomalies cliniques, comme le montrent les nombreuses plaintes liées à la santé et les niveaux considérablement plus élevés de certains paramètres hématologiques (p. ex. le nombre de globules rouges, l'hémoglobine), ainsi que les niveaux élevés d'urée et de créatinine (mesures de la fonction rénale), de sérum glutamo-oxalacétique

transaminase (SGOT) et de glutamate pyruvate transaminase (GPT) (mesure de la fonction hépatique). Les mesures de l'exposition utilisée dans l'étude ne sont pas connues. Les expositions parallèles à d'autres substances font partie des facteurs menant à la confusion de ces études (p. ex. les gaz d'échappement des véhicules).

Aydin et Özçakar (2003) ont indiqué un cas d'hépatite aiguë liée à une exposition à un mélange de propane et de butane pendant le remplissage de bouteilles de gaz dans un espace clos. Les symptômes disparaissaient 10 jours après l'arrêt de l'exposition. La durée et les mesures de l'exposition n'étaient pas indiquées dans l'étude.

Deux études de cas ont été répertoriées sur l'utilisation de produits aérosols contenant des GPL comme propulseurs. L'étude de Weibrecht et Rhyee (2011) a rapporté un cas de lésion pulmonaire aiguë après l'exposition d'un homme à un vaporisateur contenant entre 1 et 10 % (p/v) de GPL pendant 15 minutes dans un garage clos. Il présentait les symptômes suivants : toux, vertiges, essoufflement, état proche de la syncope, serrement de poitrine, vomissements, diarrhée, frissons et tremblements. De même, on a répertorié une autre étude de cas portant sur un homme exposé de façon répétée pendant deux ans à un pulvérisateur d'adhésif contenant entre 30 et 35 % de butane/propane/isobutane dans un garage peu ventilé (Pyatt *et al.*, 1998). Les mesures de l'exposition ne sont pas connues pour ces études et les résultats mènent à la confusion en raison d'une exposition possible à d'autres substances (les substances que contient le produit, comme le matériau adhésif) présentes dans les bombes à aérosol.

10.2.3 Composants des gaz de pétrole liquéfiés

En raison de la quantité limitée des renseignements sur les effets sur la santé des gaz de pétrole et de raffinerie ou des gaz de pétrole liquéfiés, les documents pertinents disponibles sur chacun des composants des gaz de pétrole liquéfiés sont pris en compte. Les gaz de pétrole et de raffinerie ont été précédemment évalués pour leurs effets sur la santé des mammifères, d'après l'évaluation des composants que l'on trouve à l'état gazeux dans ces substances (API, 2001a et 2009a,b; CONCAWE, 2005; Petroleum HPV, 2009a; USEPA, 2010). Les résultats de l'évaluation des composants ont favorisé la caractérisation des risques potentiels associés aux mélanges de GPL. En règle générale, il peut y avoir plusieurs composants potentiellement dangereux à des concentrations variables dans un gaz de pétrole et de raffinerie; par conséquent, le composant le plus dangereux pour un paramètre particulier (et présent en plus grande quantité) est généralement utilisé afin de caractériser le risque associé au mélange (API, 2009a,b).

Un résumé des effets sur la santé des classes de composants est présenté à l'annexe E-2. Un examen des données relatives aux effets sur la santé des principaux composants des GPL, y compris le propane, les butanes, les butènes

et l'éthane, a été mené dans le cadre de cette évaluation préalable. Ces composants de GPL manifestent généralement une faible toxicité, avec des valeurs de CL₅₀ élevées et des CSE(N)O et CME(N)O élevées à des doses répétées.

Pour les composants alcanes (propane, butane, isobutane), les valeurs de CL₅₀ varient de 570 000 à plus de 800 000 mg/m³ (Shugaev, 1969; Clark et Tinson, 1982), et les essais de génotoxicité *in vitro* sont négatifs (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010). Des mélanges de butane et de pentane ou de d'isobutane et d'isopentane ont associé des CSEO de 11 943 mg/m³ dans des essais relatifs à l'exposition subchronique chez les rats (Aranyi *et al.*, 1986). Le butane et l'isobutane ont tous les deux associé des CSENO de 21 500 mg/m³ dans des essais de l'exposition à court terme et de la toxicité pour la mère et de développement, et le butane a donné une CSENO de 21 700 mg/m³ pour la toxicité pour la reproduction chez des rats SD (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010). L'exposition par inhalation au propane a causé des effets chez des animaux, y compris des changements hématologiques chez des rats SD femelles après deux ou quatre semaines d'exposition (84 ou 168 h) à 21 900 mg/m³ (Petroleum HPV, 2009b). Des effets sur la reproduction chez les rats ont été notés pour l'exposition au propane, à raison de 7 180 mg/m³ (diminution du nombre de petits viables) et pour l'exposition à l'isobutane, à raison de 21 700 mg/m³ (réduction de l'indice de fertilité et augmentation des pertes post-implantation) (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010). Toutefois, compte tenu du fait que l'on n'a pas observé d'effets concordants avec des expositions semblables à l'éthane, au butane ou à d'autres gaz de faible masse moléculaire, la pertinence toxicologique de ces effets est discutable.

D'autres composants majeurs des GPL, tels que les alcènes, produisent des résultats négatifs similaires ou des effets non remarquables dans les essais toxicologiques (voir l'annexe E-2 pour plus d'information). Les substances qui devraient être présentes en de très faibles concentrations dans les GPL, comme le benzène, peuvent être associées à des paramètres dangereux, mais sont considérées comme n'étant pas présentes à des concentrations qui pourraient causer un risque inacceptable.

Aux fins de caractérisation du risque potentiel pour la santé humaine lié à l'exposition aux GPL, la présente évaluation préalable est axée sur un composant particulier considéré comme un représentant prudent du plus grand risque pour la santé humaine. Le 1,3-butadiène a été décrit comme potentiellement présent dans les GPL (désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) produits dans les raffineries de pétrole (USEPA, 2010).

Le 1,3-butadiène a été classé cancérigène par de nombreux organismes nationaux et internationaux. Par exemple, le gouvernement du Canada a conclu que le 1,3-butadiène répondait aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE, compte tenu de la plausibilité de son mode d'action dans l'induction de tumeurs par l'interaction directe avec le matériel génétique (Canada, 2000). Le Centre

international de recherche sur le cancer (CIRC, 2008) a également classé le 1,3-butadiène comme substance potentiellement cancérigène pour les humains (Groupe 1). L'Environmental Protection Agency des États-Unis (2002) a conclu que le 1,3-butadiène était cancérigène pour les humains qui y sont exposés par inhalation, tandis que le National Toxicology Program des États-Unis (NTP, 2011a) a classé le 1,3-butadiène comme un cancérigène connu pour les humains en raison de la preuve suffisante de cancérigénicité chez les humains. La Commission européenne a, quant à elle, classé le 1,3-butadiène comme substance cancérigène (Catégorie 1A : *substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré*), mais également mutagène (Catégorie 1B : *substances à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains*) (Commission européenne, 2008b et 2009). D'après les données sur la toxicité produites chez les animaux, le 1,3-butadiène est également classé dans la plus haute catégorie (et la plus complète) qui décrit le plan du poids de la preuve présenté dans le document « Guidelines for Mutagenicity Risk Assessment » (USEPA, 1986).

Le 1,3-butadiène a été par la suite ajouté à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE. L'annexe E-3 comporte un résumé des renseignements sur les effets critiques du 1,3-butadiène sur la santé. Les publications critiques pour la caractérisation des effets sur la santé humaine du 1,3-butadiène comme composant potentiellement très dangereux des gaz de pétrole liquéfiés sont présentées ici.

Dans une étude du National Toxicology Program (NTP), le potentiel carcinogène d'une exposition par inhalation au 1,3-butadiène a été clairement établi dans une étude de 103 semaines durant deux ans sur des souris B6C3F1 exposées par inhalation au 1,3-butadiène à des concentrations de 0 à 625 ppm (de 0 à 1 380 mg/m³). On a observé que le 1,3-butadiène était un puissant cancérigène, causant des tumeurs courantes et rares dans plusieurs organes chez les souris. Dans la plupart des cas, on a pu établir une relation exposition-réponse concernant l'incidence de tumeurs et l'action génotoxique. Une hausse significative du nombre d'adénocarcinomes ou de carcinomes bronchiolo-alvéolaires chez les femelles a été observée à 6,25 ppm (13,8 mg/m³) (NTP, 1993; EURAR, 2002; USEPA, 2002). Étant donné qu'une induction de tumeurs a été observée à toutes les concentrations étudiées, il est probable que des expositions inférieures à 6,25 ppm (13,8 mg/m³) causeraient également le cancer chez les souris (USEPA, 2002).

De même, les souris étaient plus sensibles aux effets sur la reproduction que les rats, peut-être en raison de la production chez les souris de métabolites de 1,3-butadiène actifs qui ne se forment pas dans la même mesure chez les rats (NTP, 1993; Henderson, 2001; Filser *et al.*, 2007; Grant *et al.*, 2010). Des effets nuisibles sur la reproduction et sur le développement sont observés à des concentrations inférieures chez les souris que chez les rats (NTP, 1993). Cette seule étude de toxicité par inhalation à long terme chez les rats laisse entendre

que le 1,3-butadiène est un cancérigène multiple chez les rats. Cependant, ces effets ont été observés à des concentrations atmosphériques qui étaient deux ou trois fois plus élevées que celles administrées aux souris. La résistance du rat à la toxicité ovarienne du 1,3-butadiène est probablement due à la meilleure capacité du rat à produire du 1,2,3,4-diépoxybutane à partir du 1,3-butadiène. Dans une étude plus récente, Filser *et al.* (2007) n'a pas été capable de détecter du 1,2,3,4-diépoxybutane dans le sang veineux de rats Sprague-Dawley mâles (limite de détection de 0,01 µmol/L) exposés à 1 200 ppm (environ 2 650 mg/m³) pendant 6 heures, tandis que du 1,2,3,4-diépoxybutane a été détecté chez les souris B6C3F1 à une concentration de 3,2 µmol/L après l'exposition à 1 280 ppm (environ 2 830 mg/m³) pendant 6 heures.

Les humains sont plus proches des rats que des souris en ce qui concerne le métabolisme du 1,3-butadiène, dans le sens où ils ne produisent pas immédiatement le métabolite diépoxyde (Henderson, 2001). Malgré des différences claires dans la sensibilité d'une espèce à l'autre aux propriétés cancérigènes du 1,3-butadiène, qui peuvent s'expliquer par les différences de métabolisme, les données disponibles indiquent explicitement que le 1,3-butadiène est une substance cancérigène multiple (Owen, 1981; Owen *et al.*, 1987; Owen et Glaister, 1990; USEPA, 2002).

Plusieurs études épidémiologiques de la cancérigénicité du 1,3-butadiène ont été menées et ont servi de référence pour évaluer le poids de la preuve sur les causes des relations, et ce, à partir des critères habituels (Canada, 2000; EURAR, 2002; USEPA, 2002). La vaste et remarquable étude sur la mortalité des cohortes menée par Delzell *et al.* (1995, 1996) a permis d'illustrer la relation évidente entre l'exposition au 1,3-butadiène présent dans le butadiène-styrène (caoutchouc industriel) et la leucémie chez les humains.

Au final, compte tenu des preuves établies sur les rongeurs et les humains, on peut estimer que le 1,3-butadiène peut induire des tumeurs par un mode d'action consistant en une interaction directe avec le matériel génétique (Canada, 2000; EURAR, 2002; USEPA, 2002).

Des estimations du potentiel cancérigène lié à l'exposition par inhalation au 1,3-butadiène ont déjà été élaborées par le gouvernement du Canada. Une concentration tumorigène (CT₀₁) de 1,7 mg/m³ a été établie à partir de l'étude épidémiologique de Delzell *et al.* (1995), et l'estimation quantitative de la toxicité cancérigène déduite à partir des données sur les animaux de laboratoire a été calculée sous la forme de CT₀₅, égale à 2,3 mg/m³ pour l'endroit le plus sensible aux tumeurs chez les souris (Canada, 2000). Plus récemment, un facteur de risque par inhalation de 5 x 10⁻⁷ (µg/m³)⁻¹ a été calculé par la Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ) d'après les données actualisées sur la leucémie chez l'homme (Grant *et al.*, 2009).

10.3 Caractérisation des risques pour la santé humaine

Une priorité élevée a été accordée à la prise de mesures à l'égard des GPL désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 durant la catégorisation visant la Liste intérieure des substances, car on estime que ces substances présentent un risque d'exposition maximal ou intermédiaire pour la population canadienne et que leur risque pour la santé humaine est élevé. Un effet critique pour la catégorisation initiale des gaz de pétrole liquéfiés était la cancérogénicité, et ce, surtout d'après les classifications des organismes internationaux. L'Union européenne considère les GPL contenant du 1,3-butadiène à des concentrations égales ou supérieures à 0,1 % en poids comme des substances cancérogènes. Les concentrations mesurées de 1,3-butadiène présent à l'état gazeux dans les deux gaz de pétrole liquéfiés identifiés dans la présente évaluation variaient entre une valeur non détectable et 0,1 % en poids (USEPA, 2010). D'après les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la LCPE, le niveau résiduel de 1,3-butadiène dans le butane ou l'isobutane varie entre une valeur non détectable et moins de 1 % en poids, et se situe généralement à moins de 0,1 % en poids (Environnement Canada, 2007).

Le 1,3-butadiène a été désigné par Santé Canada et plusieurs organismes de réglementation internationaux comme une substance cancérogène et a été ajouté à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. On a observé que le 1,3-butadiène était un cancérogène multisite chez les rongeurs par inhalation, responsable de l'augmentation des cas de tumeurs à toutes les concentrations testées. Les études épidémiologiques fournissent des preuves d'une association entre l'exposition au 1,3-butadiène en milieu de travail et la leucémie chez les humains. Selon les résultats des essais *in vitro* et *in vivo*, le 1,3-butadiène s'est également révélé génotoxique, et la plausibilité de son mode d'action dans l'induction de tumeurs implique une interaction directe avec le matériel générique.

À la lumière de sa cancérogénicité et de sa présence connue dans les gaz de pétrole liquéfiés, le 1,3-butadiène est considéré comme le composant qui représente la plus grande source de préoccupation pour la santé en ce qui concerne l'exposition à long terme par inhalation aux gaz de pétrole liquéfiés. Une estimation quantitative du potentiel carcinogène ($CT_{05} = 2,3 \text{ mg/m}^3$) du 1,3-butadiène lors d'une exposition par inhalation a été déterminée précédemment et représente la dose qui entraîne une augmentation de 5 % des tumeurs ou de la mortalité chez les souris (Canada, 2000). La CT_{05} est utilisée pour caractériser le risque pour l'ensemble de la population par la dérivation des marges d'exposition pour l'exposition potentielle à long terme à des émissions fugitives de gaz de pétrole liquéfiés contenant du 1,3-butadiène. Les installations pétrolières, les stations de transfert des gaz de pétrole liquéfiés (où l'on remplit les réservoirs de GPL et où l'on ravitaille les automobiles roulant au GPL) et l'utilisation de produits aérosols (qui contiennent des gaz de pétrole liquéfiés comme propulseurs) sont

des sources potentielles d'exposition à long terme au 1,3-butadiène associée aux émissions de GPL.

Il existe un nombre restreint d'études sur lesquelles on peut fonder la caractérisation du risque d'expositions à court terme par inhalation aux GPL. Pour les gaz de pétrole liquéfiés, la CSENO la plus élevée par inhalation, qui s'élève à 19 000 mg/m³, était basée sur l'absence de toxicité maternelle et pour le développement et est utilisée pour les caractérisations des risques à court terme au moyen d'une comparaison avec l'estimation des expositions par inhalation à court terme (c'est-à-dire 24 heures ou MPT10) aux gaz de pétrole liquéfiés provenant de l'utilisation de produits aérosols.

10.3.1 Émissions fugitives provenant des installations pétrolières

Les GPL désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 sont produits dans des installations de raffinage du pétrole et de traitement du gaz naturel. Des émissions fugitives de GPL provenant de raffineries de pétrole peuvent contribuer aux concentrations globales de 1,3-butadiène dans l'air ambiant à proximité des installations. Par conséquent, tout risque lié aux émissions fugitives sur place de ces deux NE CAS a été pris en compte dans la caractérisation du risque du total des gaz de pétrole et de raffinerie rejetés par une installation dans l'évaluation des gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 (Environnement Canada, Santé Canada, 2013) (résumée ci-dessous).

Les résultats de la modélisation de la dispersion dans l'air et des calculs basés sur l'application des facteurs d'émission montrent que la concentration globale de 1,3-butadiène dans l'air ambiant près des raffineries de pétrole qui produisent ou utilisent ces substances est favorisée par les rejets involontaires de gaz de pétrole et de raffinerie. Les concentrations estimées de 1,3-butadiène diminuaient avec l'augmentation de la distance de la source de rejets. Une approche prudente estime que les concentrations de 1,3-butadiène sont comparables ou inférieures à la concentration moyenne en milieu urbain au Canada, à des distances égales ou supérieures à 500 m de la source de rejets. À l'aide des estimations du potentiel carcinogène élaborées précédemment par le gouvernement du Canada (Canada, 2000), ainsi que des estimations des limites supérieure et inférieure de l'exposition dérivées de la modélisation de la dispersion du 1,3-butadiène a été choisi comme un composant très dangereux des gaz de pétrole et de raffinerie, des marges d'exposition ont été calculées pour augmenter les distances de la source de rejet (une distance de 200 m est illustrée au tableau 10-3). Des ratios 1,3-butadiène par rapport au benzène de 1:85 ou de 1:216, respectivement, ont été utilisés pour la limite supérieure et inférieure des estimations d'exposition. L'analyse cartographique a démontré que la population générale pouvait résider à environ 200 m d'une installation pétrolière source de rejets potentielle.

Tableau 9-3. Estimations des marges d'exposition basées sur la modélisation de la dispersion dans l'air du 1,3-butadiène, un composant très dangereux des gaz de pétrole et de raffinerie

| Scénario | Distance de la source de rejet (m) | Exposition annuelle estimée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Marges d'exposition basées sur la concentration tumorigène (CT_{05}) de $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Canada, 2000) |
|--|------------------------------------|--|---|
| Limite inférieure de la marge d'exposition | 200 | 0,17 | 13 500 |
| Limite supérieure de la marge d'exposition | 200 | 0,44 | 5300 |

Pour la limite supérieure de la marge d'exposition à une distance de 200 m du centre de la source de rejet, la marge d'exposition est de 5 300. À 500 m, la marge d'exposition est de 10 500, ce qui correspond à une concentration d'exposition égale à la concentration moyenne annuelle dans l'air ambiant au Canada de $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ trouvée dans les centres urbains. Bien que l'ampleur du risque doive varier en fonction des paramètres choisis pour le calcul du facteur de risque de cancer avec le potentiel carcinogène sélectionné (e.g., CT_{05} , les coefficients de cancérrogénicité déduits par l'Environmental Protection Agency des États-Unis et la Texas Commission on Environmental Quality à partir de l'extrapolation des niveaux d'exposition faibles établie par l'application de modèles linéaires. etc.), l'utilisation d'une estimation conservatrice du risque de cancer est jugée appropriée en raison des incertitudes des renseignements provenant de la base de données sur les effets sur la santé. Dans le cas de la limite supérieure de la plage d'exposition, la marge d'exposition à 200 m de la source d'émissions est considérée comme potentiellement inadéquate pour tenir compte des incertitudes dans les bases de données sur l'exposition et les effets sur la santé pour les gaz de pétrole et de raffinerie.

Par conséquent, des émissions fugitives de GPL (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) produites par des raffineries de pétrole contribuent aux émissions globales de 1,3-butadiène du site estimées ci-dessus, et contribuent par conséquent aux marges d'exposition potentiellement inadéquates.

Des résultats d'échantillonnage d'installations de traitement du gaz naturel montrent que les concentrations de 1,3-butadiène étaient inférieures à la limite de détection (moins de 1 ppm) dans la plupart des flux gazeux, et qu'elles étaient inférieures à 5 ppm dans tous les échantillons (ACPP, 2014). Compte tenu du faible danger des autres composants gazeux majeurs, les risques pour la santé humaine découlant d'une exposition potentielle aux émissions fugitives de gaz de pétrole et de raffinerie, y compris les GPL provenant d'installations de traitement du gaz naturel, devraient être faibles.

10.3.2 Rejets provenant des stations d'approvisionnement en gaz de pétrole liquéfiés

La population générale peut être exposée aux gaz de pétrole liquéfiés (et donc au 1,3-butadiène) présents dans l'air ambiant et provenant de rejets pouvant se produire au cours des processus de remplissage si elle vit à proximité de telles stations d'approvisionnement. La présence de 0,1 % en poids de 1,3-butadiène à l'état gazeux a été supposée pour chaque rejet de gaz de pétrole liquéfiés. D'après les estimations présentées dans le tableau A4.4, les concentrations annuelles de 1,3-butadiène dans l'air ambiant liées aux activités de remplissage de gaz de pétrole liquéfiés dans les stations de transfert des gaz de pétrole liquéfiés sont inférieures à la concentration de fond dans l'air ambiant de $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 200 pi (environ 60 m) de la source de rejet, une distance fixée conformément au *Règlement sur l'emmagasinage en vrac des gaz de pétrole liquéfiés* (Canada 2013). Pour la caractérisation du risque d'exposition potentielle à long terme par inhalation aux gaz de pétrole liquéfiés à une distance de 60 m d'une source de rejet, la marge d'exposition a été estimée en comparant l'estimation de l'exposition par inhalation pour le 1,3-butadiène (c.-à-d. $0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$) avec la CT_{05} de $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$, ce qui mène à une marge d'exposition de 19 100. Cette marge d'exposition est considérée comme adéquate pour rendre compte des incertitudes liées aux effets sur la santé et à l'exposition.

10.3.3 Exposition aux produits aérosols offerts aux consommateurs

La population générale peut être exposée aux gaz de pétrole liquéfiés par l'air intérieur pendant et après une utilisation, fréquente ou intermittente, de produits aérosols contenant des gaz de pétrole liquéfiés comme propulseurs.

Pour la caractérisation du risque d'exposition par inhalation à long terme aux gaz de pétrole liquéfiés rejetés lors de l'utilisation de divers produits aérosols au fil du temps, la marge d'exposition a été déterminée en comparant le 50^e centile le plus élevé de $0,134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les niveaux aériens intérieurs de 1,3-butadiène au Canada dans des ménages non fumeurs, avec la CT_{05} de $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($2\,300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour le 1,3-butadiène, résultant à une marge d'exposition de 17 000. Cette approche est considérée comme prudente, puisque plusieurs sources contribuent probablement au niveau aérien intérieur de 1,3-butadiène. Cette marge d'exposition est considérée comme adéquate pour rendre compte des incertitudes liées aux effets sur la santé et à l'exposition.

Les marges d'exposition pour une exposition par inhalation à court terme aux gaz de pétrole liquéfiés provenant de différents produits aérosols sont présentées au tableau 10-4. Les marges d'exposition ont été calculées en comparant la concentration de gaz de pétrole liquéfiés estimée sur 24 heures dans l'air intérieur provenant de l'utilisation de chaque produit avec la CSENO de gaz de pétrole liquéfiés la plus élevée, soit $19\,000 \text{ mg}/\text{m}^3$. Comme le montre le tableau 10-4, les estimations des marges d'exposition varient de 135 à 552 300. Étant donné l'absence d'effets adverses (c'est-à-dire que la marge d'exposition est basée sur une CSENO) et les hypothèses prudentes prises en compte dans l'évaluation (par

exemple l'utilisation de la MPT10), les marges d'exposition qui incluent la marge d'exposition minimale de 135 sont considérées comme adéquates pour rendre compte des incertitudes liées aux effets sur la santé et à l'exposition.

Tableau 9-4. Marges d'exposition par inhalation à court terme pour les produits aérosols contenant des gaz de pétrole liquéfiés utilisé comme propulseurs

| Produits offerts aux consommateurs | Concentration moyenne maximale le jour de l'événement (mg/m ³) | Marge d'exposition à court terme |
|--|--|----------------------------------|
| Adhésif (pulvérisateur) | 8,46 | 2200 |
| Protège-tissus | 39,3 | 480 |
| Produits de nettoyage domestique pour le verre ou l'acier inoxydable | 15,5 | 1200 |
| Encaustiques et produits nettoyants pour meubles | 71,6 | 260 |
| Assainisseurs d'air | 11,6 | 1600 |
| Détachants pour moquettes | 1,64 | 11 580 |
| Détachants domestiques précis | 11 | 1700 |
| Désinfectants pour les mains | 0,034 | 552 300 |
| Lubrifiants tout usage | 19,1 | 990 |
| Peintures en pistolet (p. ex. pour les meubles, le métal, le bois, l'artisanat et les éléments en plastique) | 90,3 | 210 |
| Laque pour cheveux | 1,5 (24 heures) ^a | 13 000 |

^a Amortie sur 24 heures en supposant une utilisation 1,5 fois par jour pendant 10 minutes à chaque fois.

10.4 Incertitudes liées à l'évaluation des risques pour la santé humaine

La composition des GPL peut varier en fonction de la source de pétrole brut ou du gaz naturel, des conditions opérationnelles, des enjeux relatifs aux processus saisonniers et des cycles économiques. Ainsi, les propriétés dangereuses des GPL peuvent changer selon les concentrations de leurs composants.

On n'a pas relevé de données de surveillance canadiennes pour le 1,3-butadiène à proximité d'installations pétrolières. Par conséquent, les expositions de la population générale ont été estimées en partie par des modèles informatiques. Il y a une incertitude inhérente aux estimations découlant de modèles (des hypothèses formulées dans diverses analyses de l'exposition sont énumérées dans l'annexe C).

Par conséquent, le 1,3-butadiène, un composant très dangereux, a été sélectionné afin de modéliser et d'estimer les rejets involontaires potentiels de gaz de pétrole et de raffinerie par les raffineries, les usines de valorisation et les installations de traitement du gaz naturel, ainsi que la contribution de ces installations aux concentrations de 1,3-butadiène dans l'air ambiant.

On suppose que tous les rejets estimés de 1,3-butadiène des installations sont attribués aux gaz de pétrole et de raffinerie, et qu'une portion de ces rejets est attribuable aux deux gaz de pétrole liquéfiés faisant l'objet de cette évaluation. On ne dispose pas des renseignements quantitatifs sur chacun des NE CAS des gaz de pétrole liquéfiés présents dans les installations de raffineries de pétrole qui permettraient de déterminer leur contribution relative aux rejets de 1,3-butadiène.

11. Conclusion

D'après les renseignements présentés dans la présente évaluation préalable, on conclut que les GPL désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 présentent un faible risque d'effets nocifs sur les organismes et sur l'intégrité globale de l'environnement. On conclut donc que les deux gaz de pétrole liquéfiés (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) ne satisfont pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) et b) de la LCPE, car ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique, ou à mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie.

À la lumière des renseignements contenus dans la présente évaluation préalable finale, on conclut que ces deux gaz de pétrole liquéfiés (NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8) satisfont aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE, car ils pénètrent dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

On conclut que ces deux gaz de pétrole liquéfiés (NE CAS 68476857 et 68476-86-8) satisfont à un ou plusieurs des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE.

Références

- [ACGIH] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2001. Documentation of threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices for 2001. Cincinnati (OH) : American Conference of Governmental Industrial Hygienists. p. 1. [cité dans HSDB, 1983-].
- [ACGIH] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2005. Documentation of the TLV's and BEI's with other world wide occupational exposure values. [CD-ROM]. Cincinnati (OH) : American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 45240-1634, p. 1. [cité dans HSDB, 1983-].
- [ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2007. Best management practices: management of fugitive emissions at upstream oil and gas facilities. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.capp.ca/getdoc.aspx?DocId=116116&DT=PDF>
- [ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2013. Statistical handbook for Canada's upstream petroleum industry. Technical report. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.capp.ca/GetDoc.aspx?DocId=219433&DT=NTV>
- Afrox. 2013. Product Reference Manual. Section 5. Liquefied petroleum gas. Mise à jour de 2013. [consulté en juin 2013]. Accès : http://www.afrox.co.za/internet.global.corp.zaf/en/images/Section%20%20-%20%20%20%20%20%20%20%20LPG266_154562.pdf?v=2.0
- [AIHA] American Industrial Hygiene Association. 2009a. Exposure Assessment Strategies Committee Industrial Hygiene Model version 0.198. Fairfax (VA) : American Industrial Hygiene Association.
- Ames, S., Crowhurst, D. 1988. Domestic Explosion Hazards from Small LPG Containers. *J. Haz. Mat.* 19:183-194.
- [API] American Petroleum Institute. 2001a. Robust summary of information on petroleum gases. [consulté en juillet 2013].
- [API] American Petroleum Institute. 2001b. Petroleum gases test plan. Document révisé en octobre 2001 et présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC), par le Petroleum HPV Testing Group. [consulté en août 2008].
- [API] American Petroleum Institute. 2009a. Petroleum hydrocarbon gases category analysis and hazard characterization. Présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC), par le Petroleum HPV

Testing Group. [consulté en juin 2013] Accès :

<http://www.petroleumhvp.org/~media/PetroleumHPV/Documents/Hydrocarbon%20Gases%20-%20CAD%20-%20FINAL%2010-21-09.pdf?la=en>

[API] American Petroleum Institute. 2009b. Refinery gases category analysis and hazard characterization. Document présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC), par le Petroleum HPV Testing Group. [consulté en juin 2013].

Araki, A., Moguchi, T., Kato, F., Matsushima, T. 1994. Improved method for mutagenicity testing of gaseous compounds by using a gas sampling bag. *Mutat. Res.* 307:335-344.

Aranyi, C., O'Shea, W.J., Halder, C.A., Holdsworth, C.E., Cockrell, B.Y. 1986. Absence of hydrocarbon-induced nephropathy in rats exposed subchronically to volatile hydrocarbon mixtures pertinent to gasoline. *Toxicol. Ind. Health* 2(1):85-98. [cité dans API, 2001a].

Atkinson, R. 1990. Gas-phase tropospheric chemistry of organic compounds: a review. *Atmos. Environ.* 24A:1-41.

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1992. Toxicological profile for methyl mercaptan. Washington (DC) : US Department of Health and Human Services, Public Health Service. [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp139.pdf>

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004. Toxicological profile for ammonia. Washington (DC) : US Department of Health and Human Services, Public Health Service. [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.pdf>

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2006. Toxicological profile for hydrogen sulfide. Washington (DC) : US Department of Health and Human Services, Public Health Service. [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp114.pdf>

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2009. Draft toxicological profile for 1,3-butadiene. Washington (DC) : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp28.pdf>

Aveyard, L. 1996. Ethylene: inhalation (head-only) reproduction/development toxicity study in the rat. Corning Hazleton Report No. 1458/1-1052. [cité dans OCDE, 1998].

Aviado, D.M., Zakhari, S., Wanatabe, T. 1977. Non-fluorinated propellants and solvents for aerosols. CRC Press. [cité dans API, 2001a; BESC, 2000a,b; Petroleum HPV, 2009b].

Aydin, Y., Özçakar, L. 2003. Occupational hepatitis due to chronic inhalation of propane and butane gases. *Int. J. Clin. Pract.* 57(6):546.

Barber, D. 2006. Liquefied petroleum gas. Chapitre 3. *In*: Saxon, F. (éd.) Tolley's Basic Science and Practice of Gas Service (Gas Service Technology Vol. 1). 4^e éd. Publié par Elsevier Ltd.

[BASF] BASF Aktiengesellschaft. 2002. Propylene – Prenatal developmental inhalation toxicity study in Wistar rats; vapor exposure. Project No. 31R0416/01019. Ludwigshafen (Allemagne) : BASF, Experimental Toxicology and Ecology Laboratory. [cité dans USEPA, 2004a].

[BCFBAF] BioConcentration Factor/BioAccumulation Factor Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 3.00. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>

Beer, T., Grant, T., Morgan, G., Lapszewica, J., Anyon, P., Edwards, J., Nelson, P., Watson, H., Williams, D. 2006. Comparison of transport fuels. Final report (EV45A/2/F3C) présenté à l'Australian Greenhouse Office. [consulté en juin 2013]. Accès : http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/06_Australian_Greenhouse_Office_-_Comparison_of_Transport_Fuels.pdf

Benz, G.R., Tucker, P., Evans, E.W. 1960. Liquefied petroleum gas. *In*: Guthrie, W.B. (éd.) Section 3: Petroleum Product Handbook. Publié par McGraw-Hill Companies.

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000a. IUCLID dataset for petroleum gases, liquefied. NE CAS 68476-85-7. Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques. [consulté en juillet 2013]

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000b. IUCLID dataset for petroleum gases, liquefied, sweetened. NE CAS 68476-86-8. Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques. [consulté en juillet 2013]

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000c. IUCLID dataset for butane, mixed -1- and 2- isomers. Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques. [consulté en novembre 2008]

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000d. IUCLID dataset for 2-methylpropene. NE CAS 115-11-7. Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques. [consulté en novembre 2008].

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2007. IUCLID dataset, isobutane. NE CAS 75-28-5. p. 27.

BG Chemie. 1991. 2-Methylpropene. *In*: Toxicological evaluations 2: potential health hazards of existing chemicals. Berlin (Allemagne) : Springer-Verlag. p. 153-160.

Bingham, E., Corhssen, B., Powell, C. 2001. Patty's toxicology. 5^e éd. vol. 4. New York (NY) : John Wiley & Sons. p. 22. [cité dans HSDB, 1983].

Blake, D.R., Rowland, F.S. 1995. Urban leakage of liquefied petroleum gas and its impact on Mexico City air quality. *Science* 269:953-956.

Bozkurt, M., Kulahci, Y., Zor, F., Kapi, E. 2008. Burn injuries related to liquefied petroleum gas-powered cars. *J. Burn Care Res.* 29:897-901.

Brown, W. 1924. Experiments with anaesthetic gases propylene, methane, dimethyl-ether. *J. Pharm. Exp. Ther.* 23:485-496. [cité dans USEPA, 2004a].

Canada. 1985. *Loi sur les produits dangereux*. L.R.C. (1985), ch. H-3. Accès : <http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/H-3.pdf>

Canada. 1988. Liste de divulgation des ingrédients [en ligne]. DORS/88-64. À jour au 26 novembre 2013. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-88-64.pdf>

Canada. 1993. Benzène [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. (Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation). [consulté août 2013]. Accès : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl1-lsp1/benzene/benzene-fra.pdf

Canada. 1999. Loi sur la protection de l'environnement, 1999. S.C., 1999, c.33, Gazette du Canada Partie III, vol. 22, no. 3.

Canada. 2000. 1,3-Butadiène [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. (Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation). [consulté en août 2013]. Accès : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl2-lsp2/1_3_butadiene/1_3_butadiene-fra.pdf

Canada. 2001a. *Loi de 1992 sur le transport des marchandises dangereuses : Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*. DORS/2001-286. Accès : <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/T-19.01/>

Canada. 2001b. Ammoniac dans le milieu aquatique. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. (Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation). [consulté en août 2013]. Accès : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl2-lsp2/ammonia/ammonia-fra.pdf

Canada. 2013. *Loi sur les transports au Canada : Règlement sur l'emmagasinement en vrac des gaz de pétrole liquéfiés*. C.R.C., ch. 1152. Accès : http://laws.justice.gc.ca/fra/reglements/C.R.C.%2C_ch._1152/TexteComplet.html

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2008. Évaluation préalable pour le Défi concernant l'isoprène. Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 78-79-5 [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca>

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2009. Évaluation préalable pour le Défi concernant le butane (NE CAS 106-97-8) contenant du 1,3-butadiène (NE CAS 106-99-0) et du propane, le 2-méthyl (NE CAS 75-28-0) contenant du 1,3-butadiène (NE CAS 106-99-0) [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/challenge-defi/batch-lot-4/index-eng.php>

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2010. Évaluation préalable pour le Défi concernant le 2-butanone, oxime. Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 96-29-7 [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/challenge-defi/batch-lot-7/index-fra.php>

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2011. Évaluation préalable concernant le gaz de pétrole et de raffinerie [restreints aux industries] [ébauche] [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/petrole/group-2/index-fra.php>

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2013. Évaluation préalable concernant le gaz de pétrole et de raffinerie [restreints aux installations] [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. [consulté en août 2013]. Accès : http://www.ec.gc.ca/ese-ees/08D395AD-07E1-4CD2-9503-EC72D721C64F/PRGs_FSAR_FR.pdf

[CAPCO] Consumer Aerosol Products Council. 2011. Aerosol technology. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.aerosolproducts.org/en/aerosol-technology.html>

[CASA] Clean Air Strategic Alliance. 2008. CASA data warehouse. Edmonton (Alb.) : Clean Air Strategic Alliance. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.casadata.org>

[CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1993. Code d'usage environnemental pour la mesure et la réduction des émissions fugitives de COV résultant de fuites provenant du matériel. Document préparé pour le Conseil canadien des ministres de l'environnement par le Comité de travail national sur la mesure et la réduction des émissions fugitives de COV résultant de fuites provenant du matériel. N° de rapport : CCME-EPC-73F. [consulté en juin 2013] Accès : http://www.ccme.ca/files/Resourcess/fr_air/fr_emiissions/pn_1107_fr.pdf

[CDC] Centres for Disease Control and Prevention. 1978. Occupational health guideline for LPG. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0372.pdf>

[CDC] Centres for Disease Control and Prevention. 2011. NIOSH pocket guide to chemical hazards. NE CAS 68476-85-7. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0679.html>

Chambers, A.K., Strosher, M., Wootton, T., Moncrieff, J., McCready, P. 2008. Direct measurement of fugitive emissions of hydrocarbons from a refinery. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 58(8):1047-1056.

[Cheminfo] Cheminfo Services Inc. 2009. Liquefied petroleum gases, final report. Background Technical Study on the Use and Release Potential of Certain High Priority Petroleum Substances Under the Chemicals Management Plan, in Sectors Other than the Petroleum Sector. Rapport rédigé sous contrat pour le compte d'Environnement Canada.

Ciliberti, A., Maltoni, C., Perino, G. 1988. Long-term carcinogenicity bioassays on propylene administered by inhalation to Sprague-Dawley rats and Swiss mice. *Ann. NY Acad. Sci.* 534:235-245.

[CIRC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1987. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 7:38-74.

[CIRC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1994a. Ethylene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 60:45-71.

[CIRC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1994b. Isoprene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 60:215-232.

[CIRC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1994c. Propylene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 60:161-180.

[CIRC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1999. Isoprene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 71:1015-1025.

[consulté le 17 septembre 2008]. Accès :

<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71-8.pdf>

[CIRC] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 2008. 1,3-Butadiene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 97:45-184.

Accès : <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol97/mono97-6.pdf>

Clark, D.G., Tinson, D.J. 1982. Acute inhalation toxicity of some halogenated and non-halogenated hydrocarbons. *Hum. Toxicol.* 1:239-247. [cité dans BESC, 2000a, 2000b; API, 2001a; Petroleum HPV, 2009b].

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (éd.). 1993. *Patty's industrial hygiene and toxicology* (4^e édition) volume 2B. New York (NY) : John Wiley & Sons.

Commission européenne. 2004. Directive 2004/73/CE de la Commission du 29 avril 2004 portant vingt-neuvième adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. Annexe IB. *Journal officiel de l'Union européenne.* 16.6.2004. L216/72–L216/86. Commission européenne. 29^e adaptation aux progrès techniques. [consulté le 17 septembre 2008]. Accès : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:216:0003:0310:FR:PDF>

Commission européenne. 2006. *Integrated pollution prevention and control: reference document on best available techniques on emissions from storage.*

Accès : http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/esb_bref_0706.pdf

Commission européenne. 2008a. Directive 2008/58/CE de la Commission du 21 août 2008. *Journal officiel de l'Union européenne.* 15.9.2008. L246, vol. 51.

Commission européenne. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:246:0001:0191:FR:PDF>

Commission européenne. 2008b. *Details on substances classified in Annex VI to Regulation (EC) No 1272/2008* [base de données sur Internet]. Base de données élaborée par la Commission européenne. [consulté en juin 2013].

Commission européenne. 2009. Règlement (CE) n° 790/2009 de la Commission du 10 août 2009. *Journal officiel de l'Union européenne*. 5.9.2009. L 235, vol. 52. Commission européenne. [consulté le 20 mai 2011]. Accès : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:235:FULL:FR:PDF>

Competition Commission. 2006. Market investigation into supply of bulk liquefied petroleum gas for domestic use. Appendix B. [consulté en juin 2013]. Accès : <https://www.gov.uk/cma-cases/domestic-bulk-liquefied-petroleum-gas-lpg-market-investigation-cc>

[CONCAWE] Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. 1992. Liquefied petroleum gas. Product dossier no. 92/102 [32].

[CONCAWE] Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. 2005. Classification and labelling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive (CONCAWE recommendations – juillet 2015). [consulté en août 2008]. Accès : https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt_15-9.pdf

[CONCAWE] Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. 2012. Developing human health exposure scenarios for petroleum substances under REACH. Report no. 11/12.

Conolly, R., Osimitz, T. 1981. Mixed function oxidase system inducers and propylene hepatotoxicity. *Toxicology* 1:112. [cité dans USEPA, 2004a].

[ConsExpo] Consumer Exposure Model. 2006. Version 4.1. Bilthoven (Pays-Bas) : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement). [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.rivm.nl/en/healthanddisease/productsafety/ConsExpo.jsp#tcm:13-42840>

Curren, K.C., Dann, T.F., Wang, D.K. 2006. Ambient air 1,3-butadiene concentrations in Canada (1995-2003): seasonal, day of week variations, trends, and source influences. *Atmos. Environ.* 40:170-181.

Curry, P., Kramer, G., Newhook, R., Sitwell, J., Somers, D., Tracy, B., Oostdam, J.V. 1993. Reference values for Canadian Populations. Préparé par le groupe de travail sur les valeurs de référence de la Direction de l'hygiène du milieu. Santé Canada. 1988 [mis à jour en 1993].

Daubert, T.E., Danner, R.P. 1994. Physical and thermodynamic properties of pure chemicals: data compilation. Supplement 4. Londres (Royaume-Uni) : Taylor & Francis.

Delzell, E., Macaluso, M., Lally, C., Cole, P. 1996. Mortality study of synthetic rubber workers: additional analyses of data on monomer peaks and employment

in certain work areas. Document rédigé pour l'International Institute of Synthetic Rubber Workers, le 16 octobre 1996. [cité dans Canada, 2000; USEPA, 2002].

Delzell, E., Sathiakumar, N., Macaluso, M., Hovinga, M., Larson, R., Barone, F., Beall, C., Cole, P., Julian, J., Muir, D.C.F. 1995. A follow-up study of synthetic rubber workers. Document rédigé pour l'International Institute of Synthetic Rubber Workers, le 2 octobre 1995. [cité dans Canada, 2000; USEPA, 2002].

Diversified CPC International Inc. 2012. Introduction to aerosol propellants. [consulté en juin 2013]. Accès : http://www.diversifiedcpc.com/HTML/products_literature.html

DuPont. 2002. Propylene biomarker/mutagenicity dose-response study in rats. Evaluation of DNA and hemoglobin adducts, nasal histopathology and cell proliferation, and *Hprt* following inhalation exposure. Rapport n° 8659. Wilmington (DE) : DuPont Haskell Laboratory. [cité dans USEPA, 2004a].

[ECETOC] Centre européen d'écotoxicologie et de toxicologie des produits chimiques. 2012. Outil Targeted Risk Assessment (TRA), version 3 de l'ECETOC. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.ecetoc.org/tra>

Eide, I., Hagemann, R., Zahlens, K., Tareke, E., Tornqvist, M., Kumar, R., Vodicka, P., Hemminki, K. 1995. Uptake, distribution and formation of haemoglobin and DNA adducts after inhalation of C2-C8 1-alkene (olefins) in the rat. *Carcinogenesis* 16:1603-1609. [cité dans OCDE, 1998].

Energetics Inc. 2009. LP GAS: Efficient Energy for a Modern World. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.energetics.com/resourcecenter/products/studies/Documents/LPG-energy-efficiency.pdf>

Enviroharvest Inc. 2012. Propane fridges. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.enviroharvest.ca/refrigerators.htm>

Environnement Canada. 2007. Données sur les substances du groupe 4 recueillies en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, article 71 : *Avis concernant les substances du groupe 4 du Défi*. *Gazette du Canada*, Partie I, vol. 141, n° 46, p. 3 196-3 214. Données préparées par Environnement Canada, Programme des substances existantes.

Environnement Canada. 2009. Données sur les substances du secteur pétrolier recueillies en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* : *Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée pouvant être limitées à l'industrie*. Données préparées par Environnement Canada, Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement.

Environnement Canada. 2012. Données sur les substances du secteur pétrolier recueillies en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée apparaissant sur la Liste intérieure*. Données préparées par Environnement Canada et Santé Canada.

[EQC] Fugacity Based Equilibrium Criterion Model. 2003. Version 2.02. Peterborough (Ont) : Université Trent, Canadian Centre for Environmental Modelling and Chemistry. Accès : <http://www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel/models/EQC2.html>

[ESIS] European Chemical Substances Information System [base de données sur Internet]. 2008. Base de données élaborée par le Bureau européen des substances chimiques (BESC). [consulté le 11 septembre 2008].

[EURAR] Rapport d'évaluation des risques de l'Union européenne. 2002. CAS No. 106-99-0: 1,3-butadiène. Luxembourg : Office des publications officielles des Communautés européennes. Rapport n° EUR 20420. En page couverture, Centre commun de recherche de la Commission européenne. Accès : <http://echa.europa.eu/documents/10162/1f512549-5bf8-49a8-ba51-1cf67dc07b72>

Farnam Companies Inc. 2007. Material safety data sheet for Repel Dog & Cat Repellent Aerosol. [Internet]. 2007. Phoenix, AZ. Farnam Companies, Inc. [Révision des données: 23 juillet 2013]. [consulté en juillet 2013].

Filser, J.G., Denk, B., Tornqvist, M., Kessler, W., Ehrenberg, L. 1992. Pharmacokinetics of ethylene in man; body burden with ethylene oxide and butadiene monoxide as exhaled reactive metabolites of ethylene and 1,3-butadiene in rats. *Arch. Toxicol.* 55:219-223. [cité dans CIRC, 1994a]

Filser, J.G., Hutzler, C., Meischner, V., Veereshwarayya, V., Csanády, G.A. 2007. Metabolism of 1,3-butadiene to toxicologically relevant metabolites in single-exposed mice and rats. *Chem Biol Interact.* 166:93-103.

Fukunaga, T., Yamamoto, H., Tanegashima, A., Yamamoto, Y., Nishi, K. 1996. Liquefied petroleum gas (LPG) poisoning: report of two cases and review of the literature. *Forensic Sci Int.* 82(3):193-200.

Gamas, E.D., Magdaleno, M., Diaz, L., Schifter, I. 2000. Contribution of liquefied petroleum gas to air pollution in the metropolitan area of Mexico City. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 50:188-198.

Gasca, J., Ortiz, E., Castillo, H., Jaimes, J.L., González, U. 2004. The impact of liquefied petroleum gas usage on air quality in Mexico City. *Atmos. Environ.* 38:3517-3527.

GOJO Industries Inc. 2010. Material safety data sheet for Purell-Skilcraft Foaming Hand Sanitizer. [consulté en juillet 2013]. Accès : <http://www.readbag.com/gojo-skilcraft-msds-purell-skilcraft-foaming-hand-sanitizer>

Grant, R.L., Haney, J., Curry, A.L., Honeycutt, M. 2009. Development of a unit risk factor for 1,3-butadiene based on an updated carcinogenic toxicity assessment. *Risk Analysis* 29(12):1726-1742.

Grant, R.L., Haney, J., Curry, A.L., Honeycutt, M. 2010. A chronic reference value for 1,3-butadiene based on an updated noncancer toxicity assessment. *Journal of Toxicology and Environmental Health B* 13:460-475.

Hamm, T., Guest, D., Dent, J. 1984. Chronic toxicity and oncogenicity bioassay of inhaled ethylene in Fischer-344 rats. *Fundam. Appl. Toxicol.* 4:473-478. [cité dans OCDE, 1998].

Hansch, C., Leo, A., Hoekman, D. 1995. Exploring QSAR: Hydrophobic, electronic, and steric constants. ACS Professional Reference Book. Washington (DC) : American Chemical Society.

Hartop, P.J., Cook, T.L., Adams, M.G. 1991. Simulated consumer exposure to dimethyl ether and propane/butane in hairspray. *Int. J. Cosmet. Sci.* 13:161-167.

Hazleton Laboratories. 1986. Isobutylene; 4-week oral (gavage) toxicity study in the rat. Hazleton Laboratories Europe Ltd. Report No.: 4298-13-21. [cité dans BG Chemie, 1991].

[HCN] Health Council of the Netherlands: Committee on updating of occupational exposure limits. Liquefied petroleum gas (LPG), propane, butane, health-based reassessment of administrative occupational exposure limits. [consulté en juillet 2013]. Accès : https://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/0015134_0.pdf

Henderson, R.F. 2001. Species differences in the metabolism of olefins: implications for risk assessment. *Chem Biol Interact.* 135-136:53-64.

Hendler, A., Cochran, B., Galloway, C., Barton, D. 2006. Measurement of VOC emissions from pressurized railcar loading arm fittings. Final report. Austin (TX) : URS Corporation. Préparé pour Houston Advanced Research Center. Accès au résumé du rapport : <http://files.harc.edu/Projects/AirQuality/Projects/H051A/H51AExecutiveSummary.pdf>

[HSDB] Hazardous Substances Data Bank [base de données sur Internet]. 1983-. Acetylene CAS RN 74-86-2. Bethesda (MD) : National Library of Medicine (États-Unis). Accès : <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>

[ICPP] Institut canadien des produits pétroliers. 2007. Code of practice for developing an emission inventory for refineries and terminals. 9e rév. Décembre 2005. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.canadianfuels.ca/Environmental-Stewardship/Guidance-Materials/>

[INRP] Inventaire national des rejets de polluants [base de données sur Internet]. 2000-2007. Gatineau (Qc) : Environnement Canada. [consulté en décembre 2009]. Accès : <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/Default.asp?lang=Fr&n=4A577BB9-1>

[INRP] Inventaire national des rejets de polluants [base de données sur Internet]. 2013. [consulté en juin 2013]. Gatineau (Qc) : Environnement Canada. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr>

Jenks, C.W. 1998. Technology assessment of refuelling-connection devices for CNG, LNG and propane. Transit Cooperative Research Program Research Results Digest. [consulté en juin 2013]. Accès : http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/tcrp/tcrp_rrd_25.pdf

Jorritsma, U., Cornet, M., Van Hummelen, P., Bolt, H.M., Vercruyse, A., Kirsch-Volders, M., Rogiers, V. 1995. Comparative mutagenicity of 2-methylpropene (isobutene), its epoxide 2-methyl-1,2-epoxypropane and propylene oxide in the *in vitro* micronucleus test using human lymphocytes. *Mutagenesis* 10(2):101-104.

Kirwin, C.J., Thomas, W.C. 1980. *In vitro* microbiological mutagenicity studies of hydrocarbon propellants. *J. Soc. Cosmet. Chem.* 31:361-370. [cité dans BESC, 2000a, 2000b; API, 2001a; Petroleum HPV, 2009b]

Knighton, W.B., Herndon, S.C., Wood, E.C., Fortner, E.C., Onasch, T.B., Wormhoudt, J., Kolb, C.E., Lee, B.H., Zavala, M., Molina, L., *et al.* 2012. Detecting fugitive emissions of 1,3-butadiene and styrene from a petrochemical facility: an application of a mobile laboratory and a modified proton transfer reaction mass spectrometer. *Ind. Eng. Chem. Res.* 51:12706-12711.

[KOCWIN] Organic Carbon Partition Coefficient Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2009. Version 2.00. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>

Komura, S., Ueda, M., Fujimura, K. 1973. Electroencephalographic studies on liquefied petroleum gas poisoning in rabbits. *Tohoku J. Exp. Med.* 111:33-40.

[KOWWIN] Octanol-Water Partition Coefficient Program for Microsoft Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 1.67a. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>

Krasovitskaya, M.L., Maliarova, L.K. 1968. [On the chronic effect of small concentrations of ethylene and trichloroethylene on the organism of newborn animals]. [traduction de l'original en russe]. *Gig. Sanit.* 33(5):7-10. [cité sous le titre de Krasovitskaya, M.L., Mabyarova, L.K. *Gig. Sanit.* 1968;33:5-7 dans OCDE, 1998].

Kraus, R.S. 1998. Storage and transportation of crude oil, natural gas, liquid petroleum products and other chemicals. *In*: Stellman, J.M. (éd.) *Encyclopaedia of occupational health and safety*. 4^e éd. Vol. III, Partie XVII : Services and trade. Chapitre 102 : Transport industry and warehousing. Genève (Suisse) : Bureau international du travail.

Landry, M.M., Fuerst, R. 1968. Gas ecology of bacteria. *Dev. Ind. Microbiol.* 9:370-381. [cité dans OCDE, 1998].

Lee, S.C., Li, W.M., Ao, C.H. 2002. Investigation of indoor air quality at residential homes in Hong Kong – case study. *Atmos. Environ.* 36:225-237.

Lewis, R.J. Sr. 2007. *Hawley's condensed chemical dictionary*. 15^e éd. Publié par Hoboken (NJ) : Wiley-Interscience.

Li, J., Bai, R.T., Han, M.F. 2005. Analysis of the clinical characteristics of acute liquid petroleum gas poisoning. *China Tropical Medicine* 5(4):766-768.

Liu, E., Yue, S.Y., Lee, J. 1997. A study on LPG as a fuel for vehicles. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.legco.gov.hk/yr97-98/english/sec/library/967rp05.pdf>

LPS Laboratories. 2008. Material Safety Data Sheet for LPS[®] Food Grade Silicone Lubricant. [consulté en juillet 2013]. Accès : <http://site.skygeek.com/MSDS/lps-01716-food-grade-lubricant-10-oz.pdf>

Lyman, W., Reehl, W., Rosenblatt, D. (éd.). 1990. *Handbook of chemical property estimation methods: environmental behaviour of organic compounds*. Washington (DC) : American Chemical Society.

Magic American Products Inc. 2008. Material safety data sheet for Magic Complete Cabinet & Wood Aerosol. [consulté en juillet 2013]. Accès : http://whatsinproducts.com/files/brands_pdf/10065_13009040%20MSDS%20Magic%20Complete%20Cabinet%20&%20Wood%20Aerosol.pdf

Mast, T.J., Evanoff, J.J., Stoney, K.H., Westerberg, R.B., Rommereim, R.L. 1989. Inhalation developmental toxicology studies: teratology study of isoprene in mice and rats. Rapport final. *Govt Rep. Announce Index Issue* 14:255. [résumé n° 9393174]. [cité dans CIRC, 1994b].

Mast, T.J., Rommereim, R.L., Weigel, R.J., Stoney, K.H., Schwetz, B.A., Morrissey, R.E. 1990. Inhalation developmental toxicity of isoprene in mice and rats. *Toxicologist* 10(1):42 [résumé n° 165]. [cité dans CIRC, 1994b].

McAuliffe, C. 1966. Solubility in water of paraffin, cycloparaffin, olefin, acetylene, cycloolefin and aromatic hydrocarbons. *J. Phys. Chem.* 70:1267-1275.

Melnick, R.L., Roycroft, J.H., Chou, B.J., Ragan, H.A., Miller, R.A. 1990. Inhalation toxicology of isoprene in F344 rats and B6C3F1 mice following two-week exposure. *Environ. Health Perspect.* 86:93-98. [cité dans CIRC, 1999].

Melnick, R.L., Sills, R.C., Roycroft, J.H., Chou, B.J., Ragan, H.A., Miller, R.A. 1994. Isoprene, an endogenous hydrocarbon and industrial chemical, induces multiple organ neoplasia in rodents after 26 weeks of inhalation exposure. *Cancer Res.* 54:5333-5339. [cité dans CIRC, 1999].

Melnick, R.L., Sills, R.C., Roycroft, J.H., Chou, B.J., Ragan, H.A., Miller, R.A. 1996. Inhalation toxicity and carcinogenicity of isoprene in rats and mice: comparisons with 1,3-butadiene. *Toxicology* 113:247-252. [cité dans CIRC, 1999].

Miesner, T., Leffler, W.L. 2006. Oil and gas pipelines in nontechnical language. Chapter 1. Tulsa (OK): PennWell, Inc.

Mugica, V., Vega, E., Chow, J., Reyes, E., Sánchez, G., Arriaga, J., Egami, R., Watson, J. 2001. Speciated non-methane organic compounds emissions from food cooking in Mexico. *Atmos. Environ.* 35:1729-1734.

Na, K., Kim, Y.P., Moon, I., Moon, K.C. 2004. Chemical composition of major VOC emission sources in the Seoul atmosphere. *Chemosphere* 55:585-594.

[NCI] National Chemical Inventories [base de données sur CD-ROM]. 2009. Columbus (OH) : American Chemical Society, Chemical Abstracts Service.

Noyes, R. 1992. Aboveground storage tanks. In: Handbook of leak, spill and accidental release prevention techniques. Chapter 5. Park Ridge (NJ): Noyes Publications.

[NTP] National Toxicology Program (États-Unis). 1985. Toxicology and carcinogenesis studies of propylene in F344/N rats and B6C3F1 mice. Research Triangle Park (NC) : US Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. Technical Report Series NTP-TR-272. NIH Publication No. 86-2528.

[NTP] National Toxicology Program (États-Unis). 1993. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of 1,3-butadiene (CAS No. 106-99-0) in B6C3F1 mice (inhalation studies). Research Triangle Park (NC) : US Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. NTP Technical Report No. 434. [cité dans Canada, 2000b; EURAR, 2002; USEPA, 2002; ATSDR, 2009].

[NTP] National Toxicology Program (États-Unis). 1998. NTP technical report on the toxicology and carcinogenesis studies of isobutene (CAS No. 115-11-7) in F344 rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Research Triangle Park (NC) : US Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. Technical Report No. 487. [consulté en octobre 2008]. Accès : http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/LT_rpts/tr487.pdf

[NTP] National Toxicology Program (États-Unis). 2011a. Substance profiles: 1,3-butadiene CAS No. 106-99-0 [en ligne]. *In*: Report on carcinogens. 12^e éd. Research Triangle Park (NC) : U.S. Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. [consulté en juin 2011]. Accès : <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/profiles/Butadiene.pdf>

[NTP] National Toxicology Program (États-Unis). 2011b. Substance profiles: isoprene CAS No. 78-79-5 [en ligne]. *In*: Report on carcinogens. 12^e éd. Research Triangle Park (NC) : US Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. [consulté en juin 2011]. Accès : <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/profiles/Isoprene.pdf>

[NTP] National Toxicology Program (États-Unis). 2011c. Substance profiles: benzene CAS No. 71-43-2 [en ligne]. *In*: Report on carcinogens. 12^e éd. Research Triangle Park (NC) : US Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. [consulté en juin 2011]. Accès : <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/profiles/Benzene.pdf>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 1998. OECD Screening Information Data Set (SIDS) : ethylene. CAS No. 74-85-1. Publications du PNUE. Accès : <http://inchem.org/documents/sids/sids/74851.pdf>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2000. Integrated HPV Database [base de données sur Internet]. Paris (France) : OCDE. [consulté en janvier 2009]. Accès : <http://webnet.oecd.org/hpv/ui/Default.aspx>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2004. La liste 2004 OCDE de substances chimiques produites en grandes quantités. Accès : <http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/33883530.pdf>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2007. SIDS Initial Assessment Report for SIAM 24: Ammonia category. Financé par l'Environmental Protection Agency des États-Unis.

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2009. Emission scenario document on transport and storage of chemicals. OECD series on emission scenario documents No. 24. [consulté en juin 2013]. Accès : [http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2009\)26&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/displaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2009)26&doclanguage=en)

[OMS] Organisation mondiale de la santé. 2000. Simple aliphatic and aromatic sulfides and thiols. *In*: Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la santé. (Food Additives Series 44). [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec09.htm>

Omura, T., Fukita, K., Sugimoto, M. 1967. The effects of liquefied petroleum gas on the living body. *Japanese J. Legal Medicine* 21(2):231-241.

[ONE] Office national de l'énergie. 2008a. Gros plan sur la sécurité et l'environnement – Analyse comparative du rendement des pipelines 2000-2006. Calgary (AB). Office national de l'énergie. Accès : <https://www.neb-one.gc.ca/sftnvrnmnt/sft/archive/sftprfrmncndctr/fcssft/2011/2000-2009fcssft-eng.pdf>

[ONE] Office national de l'énergie. 2008b. Le réseau Pipelinier du Canada – Évaluation d'un mode de transport. Calgary (AB). Office national de l'énergie. Accès : <https://www.neb-one.gc.ca/nrg/ntgrtd/trnsprtt/archiv/2008/index-eng.html>

[ONE] Office national de l'énergie. Liquides de gaz naturel – Mécanismes des marchés canadiens. Calgary (AB). Office national de l'énergie. [cité en mai 2013].

Owen, P.E. 1981. The toxicity and carcinogenicity of butadiene gas administered to rats by inhalation for approximately 24 months. Rapport final. Hazleton Laboratories Europe Ltd. Report No.: 2653-522/2.

Owen, P.E., Glaister, J.R. 1990. Inhalation toxicity and carcinogenicity of 1,3-butadiene in Sprague-Dawley rats. *Environ. Health Perspect.* 86:19-25. [cité dans Canada, 2000; EURAR, 2002; USEPA, 2002; API, 2009b].

Owen, P.E., Glaister, J.R., Gaunt, I.F., Pullinger, D.H. 1987. Inhalation toxicity studies with 1,3-butadiene: 3. Two year toxicity/carcinogenicity study in rats. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 48:407-413.

Petro-Canada Lubricants Inc. 2011. Material Safety Data Sheet: Purity™ FG spray. Mississauga, Ontario, Canada. Petro-Canada Lubricants Inc. [Date:19 décembre 2011] [consulté en octobre 2013].

Petro-Canada. 2013. Carburants de remplacement. [consulté en juin 2013].
Accès : <http://retail.petro-canada.ca/fr/fuelsavings/143.aspx>

Petro-Canada Lubricants Inc. 2011. Fiche de données de sécurité Purity^{MC} FG spray. [consulté en octobre 2013].

[Petroleum HPV] The Petroleum HPV Testing Group. 2001. Petroleum gases test plan. Présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Consortium registration no. 1100997. [consulté en août 2008].

[Petroleum HPV] The Petroleum HPV Testing Group. 2006. Re: TSCA 8(e) submission for petroleum products, liquified gas, CAS Number 68476-85-7. [consulté en juillet 2013]. Accès :
http://www.epa.gov/oppt/tsca8e/pubs/8ehq/2006/mar06/8ehq_0306_16426a.pdf

[Petroleum HPV] The Petroleum HPV Testing Group. 2009a. Petroleum hydrocarbon gases category analysis and hazard characterization. Présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Consortium registration no. 1100997. [consulté en juin 2013] Accès :
<http://www.petroleumhvp.org/~media/PetroleumHPV/Documents/Hydrocarbon%20Gases%20-%20CAD%20-%20FINAL%2010-21-09.pdf?la=en>

[Petroleum HPV] The Petroleum HPV Testing Group. 2009b. Robust summaries of studies used to characterize the petroleum gases category. Présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Consortium registration no. 1100997. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.petroleumhvp.org/petroleum-substances-and-categories/~media/2925647CA44342AE9D48A2377DB1F3A8.ashx>

[PISSC] Programme international sur la sécurité des substances chimiques. 1981. Hydrogen sulfide. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la santé. (Critère d'hygiène de l'environnement n° 19). Financé conjointement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, l'Organisation internationale du travail et l'Organisation mondiale de la santé. Accès :
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc019.htm>

[PISSC] Programme international sur la sécurité des substances chimiques. 1986. Ammonia. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la santé. (Critère d'hygiène de l'environnement n° 54). Financé conjointement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, l'Organisation internationale du travail et l'Organisation mondiale de la santé. Accès :
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc54.htm>

[PISSC] Programme international sur la sécurité des produits chimiques. 1999. Carbon monoxide. 2^e éd. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la santé. (Critère d'hygiène de l'environnement n° 213). Financé conjointement par le Programme de Nations Unies pour l'environnement, l'Organisation internationale

du travail et l'Organisation mondiale de la santé. Accès : <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc213.htm>

[PISSC] Programme international sur la sécurité des substances chimiques. 2003. Hydrogen sulfide: human health aspects. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la santé. (Résumé succinct international sur l'évaluation des risques chimiques n° 53). Financé conjointement par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, l'Organisation internationale du travail et l'Organisation mondiale de la santé, dans le cadre du Programme interorganisations pour la gestion rationnelle des produits chimiques. Accès : <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad53.pdf>

Pohanish, R.P. 2008. Sittig's handbook of toxic and hazardous chemicals and carcinogens. 5^e éd. Liquefied petroleum gas (LPG) L:0270.

Pottenger, L.H., Malley, L.A., Bogdanffy, M.S., Donner, E.M., Upton, P.B., Li, Y., Walker, V.E., Harkema, J.R., Banton, M.I., Swenberg, J.A. 2007. Evaluation of effects from repeated inhalation exposure of F344 rats to high concentrations of propylene. *Toxicol. Sci.* 97(2):336-347.

Prasad, S., Singh, R., Manocha, R., Narang, M., Sharma, B.D., Rajwanshi, P., Gupta, B. 2009. Acute massive rhabdomyolysis due to inhalation of LPG. *J. Assoc. Physicians India* 57:472-473.

Propane Facts. 2008. Ressource en ligne pour de l'information sur l'utilisation du propane. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.propanefacts.ca/>

Purchon, D.W. 1980. General hazards and necessary precautions associated with the storage, handling and use of liquefied petroleum gas fuel. *Environ. Health.* October 221-225.

[Purvin & Gertz] Purvin & Gertz Inc. 2007. Propane market study. Préparé pour l'Association canadienne du propane. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.propanefacts.ca/>

Pyatt, J.R., Gilmore, I., Mullins, P.A. 1998. Abnormal liver function tests following inadvertent inhalation of volatile hydrocarbons. *Postgrad. Med. J.* 74(878):747-748

Quest, J.A., Tomaszewski, J.E., Haseman, J.K., Boorman, G.A., Douglas, J.F., Clarke, W.J. 1984. Two-year inhalation toxicity study of propylene in F344/N rats and B6C3F1 mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 76:288-295.

Riddick, J., Bunger, W., Sakano, T. 1986. Organic solvents: physical properties and methods of purification techniques of chemistry. 4^e éd. New York (NY) : Wiley-Interscience. 1325 p.

Riggs, L.K. 1925. Anesthetic properties of the olefine hydrocarbons ethylene, propylene, butylene and amylene. *J. Am. Pharm. Assoc.* 14:380. [cité dans Sandmeyer, 1981].

Riley, S. 1996. Ethylene: induction of chromosome aberrations in cultured Chinese hamster ovary (CHO) cells. Corning Hazleton Report No. 1458/1-1050. [cité dans OCDE, 1998].

[RIVM] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu [Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)]. 2005. ConsExpo 4.0 consumer exposure and uptake models program manual. Bilthoven (Pays-Bas) : RIVM (Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement). Report No.: 320104004/2005. [consulté en juin 2013].

[RIVM] Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu [Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)]. 2009. The ConsExpo spray model: modelling and experimental validation of the inhalation exposure of consumers to aerosols from spray cans and trigger sprays. Report No.: 320104005/2009. [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320104005.pdf>

[RNSPA] Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique. 2012. RNSPA données brutes annuelles pour 2009. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada. [consulté en mai 2013]. Accès : <http://www.etc-cte.ec.gc.ca/NapsAnnualRawData/Default.aspx?ReturnUrl=%2fNapsAnnualRawData%2fMain.aspx>

Rom, W. 1992. Environmental and occupational medicine. 2^e édition. Boston (MA) : Little, Brown and Company. 536 p. [cité dans HSDB, 1983-].

Rusyn, I., Asakura, S., Li, Y., Kosyk, O., Koc, H., Nakamura, J., Upton, P.B., Swenberg, J.A. 2005. Effects of ethylene oxide and ethylene inhalation on DNA adducts, apurinic/aprimidinic sites and expression of base excision DNA repair genes in rat brain, spleen and liver. *DNA Repair* 4:1099-1110.

Sandmeyer, E.E. 1981. Aliphatic hydrocarbons. *In*: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (éd.) Patty's industrial hygiene and toxicology, 3^e éd., volume 2B. Toxicology. p. 3175-3251. New York (NY) : John Wiley & Sons.

Santé Canada. 2010a. Étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (2005-2006) : Sommaire des données d'échantillonnage des composés organiques volatils. Bureau de l'eau, de l'air et du changement climatique, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. Ottawa (Ont.) : Santé Canada. 85 p. [consulté en février 2014]. Accès : http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/sc-hc/H128-1-10-618-fra.pdf

Santé Canada. 2010b. Étude de la qualité de l'air intérieur à Regina (2007) : Sommaire des données d'échantillonnage des composés organiques volatils. Bureau de l'eau, de l'air et du changement climatique, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. Ottawa (Ont.) : Santé Canada. 164 p. [consulté en février 2014]. Accès : http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/sc-hc/H128-1-10-617-fra.pdf

Santé Canada. 2012. Étude de la qualité de l'air intérieur à Halifax (2009) : Sommaire des données d'échantillonnage des composés organiques volatils. Bureau de l'eau, de l'air et du changement climatique, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. Ottawa (Ont.) : Santé Canada. 48 p.

Santé Canada. 2013. Edmonton Indoor Air Quality Study (2010): Volatile Organic Compounds (VOC) Data Summary [rapport préliminaire]. Ottawa (Ont.) : Santé Canada, Bureau de l'eau, de l'air et du changement climatique, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. [en préparation].

Schifter, I., Díaz, L., López-Salinas, E., Rodríguez, R., Avalos, S., Guerrero, V. 2000. An evaluation of the LPG vehicles program in the metropolitan area of Mexico City. *J. Air & Waste Management Assoc.* 50:301-309.

[SCREEN3] Screening Tool Program for Windows. 1996. Version 4.10. Research Triangle Park (NC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division. [consulté en août 2008]. Accès : http://www.epa.gov/scram001/dispersion_screening.htm

[SENES] SENES Consultants Limited. 2009. Review of current and proposed regulatory and non-regulatory management tools pertaining to selected petroleum substances under the Chemical Management Plan. Ottawa (Ont.) : SENES.

Segeberback, D. 1983. Alkylation of DNA and haemoglobin in the mouse following exposure to ethane and etheneoxide. *Chem. Biol. Interact.* 45:139-151. [cité dans CIRC, 1994a; OCDE, 1998].

Shimizu, H., Suzuki, Y., Takemura, N., Goto, S., Matsushita, H. 1985. Results of microbial mutation test for forty-three industrial chemicals. *Sangyo Igaku* 27(6):400-419. [cité dans BG Chemie, 1991].

Shugaev, B.B. 1969. Concentrations of hydrocarbons in tissues as a measure of toxicity. *Arch. Environ. Health* 18:878-882. [cité dans Canada, 2000; BESC, 2000a, 2000b; API, 2001a; Petroleum HPV, 2009b; EURAR, 2002].

Simpson, B.J. 2005. Analysis of petroleum hydrocarbon streams on the Health Canada CEPA/DSL Draft Maximal List. Rapport présenté à l'Institut canadien des produits pétroliers.

Simpson, I.J., Marrero, J.E., Batterman, S., Meinardi, S., Barletta, B., Blake, D.R. 2013. Air quality in the Industrial Heartland of Alberta, Canada and potential impacts on human health. *Atmospheric Environment* 81:702-709.

Sirdah, M.M., A.I. Laham, N.A., E.I. Madhoun, R.A. 2013. Possible health effects of liquefied petroleum gas on workers at filling and distribution stations of Gaza governorates. *Eastern Mediterranean Health J.* 19(3):289-294.

Sosa, E.R., Bravo, A.H., Mugica, A.V., Sanchez, A.P., Bueno, L.E., Krupa, S. 2009. Levels and source apportionment of volatile organic compounds in southwestern area of Mexico City. *Environ. Pollution* 157:1038-1044.

Staab, R.J., Sarginson, N.J. 1984. Lack of genetic toxicity of isobutylene gas. *Mutat. Res.* 130:259-260. [résumé]. [cité dans BESC, 2000d].

Statistique Canada. 2013a. Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada. Préliminaire 2011. N° 57-003-X au catalogue. Accès : <http://www.statcan.gc.ca/pub/57-003-x/57-003-x2010000-fra.pdf>

Statistique Canada. 2013b. Approvisionnement et utilisation des produits pétroliers raffinés au Canada. Février 2013. N° 45-004-X au catalogue. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.statcan.gc.ca/pub/45-004-x/45-004-x2013002-fra.pdf>

Statistique Canada. 2013c. Base de données sur le commerce international canadien de marchandises. Disponibilité et écoulement des liquides de gaz naturel. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a26?id=1280012&pattern=LPG&p2=-1&p1=1&tabMode=dataTable&retrLang=fra&srchLan=-1&lang=fra>

Sugie, H., Sasaki, C., Hashimoto, C., Takeshita, H., Nagai, T., Nakamura, S., Furukawa, M., Nishikawa, T., Kurihara, K. 2004. Three cases of sudden death due to butane or propane gas inhalation: analysis of tissues for gas components.

Sullivan, M. 1992. Determination of usage patterns and emissions for propane/LPG in California. Préparé pour la California Environmental Protection Agency, Air Resources Board Research Division. Contract No. A032-095. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.arb.ca.gov/research/apr/past/a032-092.pdf>

Thompson, S.M., Robertson, G., Johnson, E. 2011. Liquefied Petroleum Gas. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Accès : http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14356007.a15_347.pub2/full

Tornqvist, M., Almberg, J.G., Cergmark, E.N., Nilsson, S., Osterman-Golkar, S.M. 1989. Ethylene oxide doses in ethylene-exposed fruit store workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 15:436-438. [cité dans CIRC, 1994a].

Transports Canada. 2010. Gaz de pétrole liquéfiés. [consulté en juin 2013].

[TRI] Toxics Release Inventory [base de données sur Internet]. 2013. TRI Explorer release reports. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis. [consulté en juin 2013]. Accès : http://iaspub.epa.gov/triexplorer/tri_release.chemical

Union européenne. 2008. Règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006. Accès : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2008R1272:20110419:FR:PDF>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 1986. Guidelines for mutagenicity risk assessment. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Risk Assessment Forum. *Federal Register* 51(185):34 006-34 012. Report No.: EPA/630/R-98/003. [consulté en août 2008]. Accès : <https://www.epa.gov/sites/production/files/2013-09/documents/mutagen2.pdf>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 1992. Screening procedures for estimating the air quality impact of stationary sources. Revised. Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-454/R-92-019. [consulté en août 2008]. Accès : https://www3.epa.gov/scram001/guidance/guide/EPA-454R-92-019_OCR.pdf

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 1995. Protocol for equipment leak emission estimates. Research Triangle Park (NC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Emission Standards Division, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. Report No.: EPA-453/R-95-017. [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.epa.gov/ttnchie1/efdocs/equiplks.pdf>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2002. Health assessment of 1,3-butadiene. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, National Center for Environmental Assessment. Report

No.: EPA/600/P-98/001F. [consulté en août 2008]. Accès : <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=54499>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2004a. US high production volume chemical program: category summary for propylene streams category. Document préparé par le Olefins Panel du American Chemistry Council. [consulté en août 2008].

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2004b. List of inert pesticide ingredients. List 4A: minimal risk inert ingredients; by chemical name. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pesticide Programs. [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5067226>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008a. Liquefied petroleum gas combustion. *In*: AP 42, Compilation of air pollutant emission factors, chap. 1., vol. 1., 5^e éd. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis. [consulté en juillet 2013]. Accès : <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008b. 5.2 Transportation and marketing of petroleum liquids. *In*: AP 42. 5^e éd. Compilation of air pollutant emission factors. Vol. 1. Stationary point and area sources. Research Triangle Park (NC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.epa.gov/ttn/chie/ap42/ch05/final/c05s02.pdf>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008c. Screening-level hazard characterization of high production volume chemicals. Sponsored chemical: acetylene (CAS No. 74-86-2). Supporting chemical: propyne (CAS No. 74-99-7). June 2008 interim. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics, Risk Assessment Division, High Production Volume Chemicals Branch. [consulté en octobre 2008]. Accès : http://www.epa.gov/hpvis/hazchar/74862_Acetylene_HC_INTERIM_June%202008.pdf

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008d. Integrated Risk Information System (IRIS) summary. Benzene (CAS RN 71-43-2). Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis. [consulté en octobre 2013]. Accès : <http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0276.htm#content>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2010. Hazard characterization document: Screening-level hazard characterization petroleum hydrocarbon gases category. [consulté en juillet 2013]. Accès :

<http://www.petroleumhqv.org/petroleum-substances-and-categories/~media/274FF48B799B4C688149641E6C6723E5.ashx>

[US EPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2011b. Exposure factors handbook. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recorddisplay.cfm?deid=236252>

[Valero] Valero Marketing & Supply Company and Affiliates. 2012. Material Safety Data Sheet for liquefied petroleum gas. San Antonio, TX. Valero Marketing & Supply Company and Affiliates. [après: 28 septembre 2012] [consulté en septembre 2013].

Vergnes, J.S., Pritts, I.M. 1994. Effects of ethylene on micronucleus formation in the bone marrow of rats and mice following four weeks of inhalation exposure. *Mutat. Res.* 324:87-91. [cité dans CIRC, 1994a; OCDE, 1998].

Versar. 1986. Standard scenarios for estimating exposure to chemical substances during use of consumer products. Préparé pour l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Toxic Substances Exposure Evaluation Division.

Victorin, K., Stahlberg, M. 1988. A method for studying the mutagenicity of some gaseous compounds in *Salmonella typhimurium*. *Environ. Mol. Mutagen.* 11:65-77. [cité dans CIRC, 1994a].

Virtue, R.W. 1950. Anesthetic effects in mice and dogs of some unsaturated hydrocarbons and carbon oxygen ring compounds. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 73:259-262.

Von Oettingen, W.R. 1940. Toxicity and potential dangers of aliphatic and aromatic hydrocarbons. *Publ. Health Bull.* 255. [cité dans BG Chemie, 1991; Clayton and Clayton, 1993].

Waalkens-Berendsen, D.H., Arts, J.H.E. 1992. Combined short-term inhalation and reproductive/developmental toxicity screening test with butane-2 in rats. Rapport inédit. Dow Europe SA. [cité dans BESC, 2000c].

Wagner, V.O., San, R.H.C., Zeiger, E. 1992. Desiccator methodology for *Salmonella* mutagenicity assay of vapour-phase and gas-phase test materials. *Environ. Mol. Mutagen.* 19(20):68. [résumé].

Weibrecht, K., Rhyee, S.H. 2011. Acute respiratory distress associated with inhaled hydrocarbon. *American J. Industrial Medicine* 54:911-914.

Weisel, C.P., Alimokhtari, S., Sanders, P.F. 2008. Indoor air VOC concentrations in suburban and rural New Jersey. *Environ. Sci. Technol.* 42:8231-8238.

Wheels.ca. 2013. Entrevue avec le gestionnaire du parc de véhicules de Postes Canada (Ottawa). [consulté en août 2013]. Accès : <http://www.wheels.ca/news/with-gas-prices-so-high-why-no-rush-to-propane/>

Wiley. 2007. Wiley Critical Content: Petroleum Technology Volumes 1 and 2: Petroleum Refinery Processes (chap. 7) et Liquefied Petroleum Gas (chap. 23). Publié par John Wiley & Sons.

World LP Gas Association. 2012. Autogas Incentive Policies: A country-by-country analysis of why & how governments promote Autogas & what works. [consulté en juin 2013]. Accès : <http://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/09/autogas-incentive-policies-2015-2.pdf>

Wright, N.P. 1992. Butene-2: metaphase analysis in rat lymphocytes *in vitro*. Rapport inédit. Dow Europe SA. [cité dans BESC, 2000c].

Yalkowsky, S.H., He, Y. 2003. Handbook of aqueous solubility data: an extensive compilation of aqueous solubility data for organic compounds extracted from the AQUASOL database. Boca Raton (FL) : CRC Press.

Yoshino, M., Miyasaka, S., Sato, H., Seta, S. 1984. Histological and cytological changes of the brain of the rabbit after the exposure to liquefied petroleum gas. *J. Clin. Electron. Microscopy* 17:15-29.

Zhao, C., Tyndyk, M., Eide, I., Hemminki, K. 1999. Endogenous and background DNA adducts by methylating and 2-hydroxyethylating agents. *Mutat. Res.* 424:117-125.

Zhu, J.P., Newhook, R., Marro, L., Chan, C.C. 2005. Selected volatile organic compounds in residential air in the city of Ottawa, Canada. *Environ. Sci. Technol.* 39:3964-3971.

Annexe A : Groupes de substances pétrolières

Tableau A-1. Description des neuf groupes de substances pétrolières

| Groupe^a | Description | Exemple |
|--|---|--|
| Pétroles bruts | Mélanges complexes d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques et de petites quantités de composés inorganiques, présentes naturellement sous la surface terrestre ou le plancher océanique | Pétrole brut |
| Gaz de pétrole et de raffinerie ^b | Mélanges complexes d'hydrocarbures légers comportant principalement de 1 à 5 atomes de carbone | Propane |
| Naphtes à faible point d'ébullition | Mélanges complexes d'hydrocarbures comportant principalement de 4 à 12 atomes de carbone | Essence |
| Gazoles | Mélanges complexes d'hydrocarbures comportant principalement de 9 à 25 atomes de carbone | Diesel |
| Mazouts lourds | Mélanges complexes d'hydrocarbures lourds comportant principalement de 11 à 50 atomes de carbone | Mazout n° 6 |
| Huiles de base | Mélanges complexes d'hydrocarbures comportant principalement de 15 à 50 atomes de carbone | Huiles lubrifiantes |
| Extraits aromatiques | Mélanges complexes d'hydrocarbures principalement aromatiques comportant de 15 à 50 atomes de carbone | Matières de base pour la production de benzène |
| Paraffines, gash et pétrolatum | Combinaisons complexes d'hydrocarbures principalement aliphatiques comportant de 12 à 85 atomes de carbone | Pétrolatum |
| Bitume ou résidus sous vide | Combinaisons complexes d'hydrocarbures lourds comportant plus de 25 atomes de carbone | Asphalte |

^a Groupes fondés sur les classifications élaborées par le CONCAWE et sur un rapport demandé par l'Institut canadien des produits pétroliers (Simpson, 2005).

^b On considère que les gaz de pétrole liquéfiés font partie du groupe des gaz de pétrole et de raffinerie.

Annexe B : Tableaux des données sur les propriétés physiques et chimiques des gaz de pétrole liquéfiés

Tableau B-1. Identité des substances des gaz de pétrole liquéfiés identifiés dans cette évaluation préalable

| NE CAS | 68476-85-7 | 68476-86-8 |
|---------------------------------|--|--|
| Nom dans la LIS | Gaz de pétrole liquéfiés | Gaz de pétrole liquéfiés et adoucis |
| Groupe chimique | Gaz de pétrole | Gaz de pétrole |
| Principaux composants | Hydrocarbures aliphatiques comportant entre 3 et 4 atomes de carbone | Hydrocarbures aliphatiques comportant entre 3 et 4 atomes de carbone |
| Nombre d'atomes de carbone | de 3 à 7 (NCI, 2009) de 1 à 8 (Petroleum HPV 2009a; USEPA, 2010) | de 3 à 7 (NCI, 2009) de 1 à 8 (Petroleum HPV 2009a; USEPA, 2010) |
| 1,3-butadiène (% en poids) | de 0 à 0,1 (USEPA, 2010) | de 0 à 0,1 (USEPA, 2010) |
| Contenu aromatique (% en poids) | de 0 à 1 (USEPA, 2010) | de 0 à 1 (USEPA, 2010) |

Tableau B-2. Propriétés physiques et chimiques des structures représentatives des gaz de pétrole et de raffinerie^a

| Substance | Point de fusion (°C) ^{a,b} | Point d'ébullition (°C) ^{a,b} | Pression de vapeur (Pa à 25 °C) ^a | Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol) ^a | Log K _{oe} ^a | Log K _{co} ^a | Solubilité dans l'eau (mg/L à 25 °C) ^a |
|----------------|-------------------------------------|--|--|--|----------------------------------|----------------------------------|---|
| C3 – Propane | -187,6 (exp.) | -42,1 (exp.) | 9,5 × 10 ⁴ (exp.) | 7 × 10 ⁴ (exp.) | 2,36 (exp.) | 2,05 | 62,4 (exp.) |
| C4 – Butane | -138,2 (exp.) | -0,5 (exp.) | 2,4 × 10 ⁵ (exp.) | 9,6 × 10 ⁴ (exp.) | 2,89 (exp.) | 2,5 | 61,2 (exp.) |
| C4 – Butène | -185,3 (exp.) | -6,2 (exp.) | 3 × 10 ⁵ (exp.) | 2,4 × 10 ⁴ (exp.) | 2,4 (exp.) | 2,08 | 221 |
| C4 – Isobutane | -159,6 (exp.) | -11,7 (exp.) | 3,5 × 10 ⁵ (exp.) | 1,2 × 10 ⁵ (exp.) | 2,8 (exp.) | 1,55 | 49 (exp.) |

| Substance | Point de fusion (°C) ^{a,b} | Point d'ébullition (°C) ^{a,b} | Pression de vapeur (Pa à 25 °C) ^a | Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol) ^a | Log K _{oe} ^a | Log K _{co} ^a | Solubilité dans l'eau (mg/L à 25 °C) ^a |
|--------------------|-------------------------------------|--|--|--|----------------------------------|----------------------------------|---|
| C4 – 1,3-Butadiène | -108,9 (exp.) | -4,4 (exp.) | 2,8 × 10 ⁵ (exp.) | 7,5 × 10 ³ (exp.) | 1,99 (exp.) | 1,73 | 735 |
| C5 – Pentane | -129,7 (exp.) | 36 (exp.) | 6,9 × 10 ⁴ (exp.) | 1,3 × 10 ⁵ (exp.) | 3,4 (exp.) | 2,94 | 38 (exp.) |
| C5 – Isopentane | -159,9 (exp.) | 27,8 (exp.) | 9,2 × 10 ⁴ (exp.) | 1,4 × 10 ⁵ (exp.) | 2,7 | 2,4 | 48 (exp.) |
| C6 – Hexane | -95,3 (exp.) | 68,7 (exp.) | 2 × 10 ⁴ (exp.) | 1,8 × 10 ⁵ (exp.) | 3,90 (exp.) | 3,38 | 9,5 (exp.) |
| C6 – Méthylpentane | -153,7 (exp.) | 60,2 (exp.) | 2,8 × 10 ⁴ (exp.) | 1,7 × 10 ⁵ (exp.) | 3,21 | 2,79 | 13 (exp.) |

Abréviations : K_{co}, coefficient de partage carbone organique-eau; K_{oe}, coefficient de partage octanol-eau; exp., données expérimentales

^a Toutes les données sur le point de fusion, le point d'ébullition, la pression de vapeur, la valeur du log K_{oe} et la solubilité dans l'eau sont expérimentales. Les constantes de la loi de Henry sont calculées en tenant compte des données expérimentales. Les données de la valeur du log K_{oe} sont fournies par Hansch *et al.*, (1995); celles sur le point de fusion, le point d'ébullition et la pression de vapeur sont fournies par Daubert et Danner (1994), Riddick *et al.*, (1986), Yalkowsky et He (2003) et McAuliffe (1966).

Annexe C : Modélisation de la dispersion dans l'air des rejets potentiels de gaz de pétrole liquéfiés

Tableau C-1. Entrées variables dans SCREEN3 pour la modélisation du total des rejets involontaires sur place de gaz de pétrole et de raffinerie^a

| Variabes | Paramètres d'entrée |
|--|---|
| Type de source | Superficie |
| Zone de traitement ^b | 300 m x 100 m |
| Émissions fugitives de benzène provenant des zones de transformation ^c (d'après les indicateurs LIDAR) | 1,8 kg/heure |
| Ratio de 1,3-butadiène par rapport au benzène ^d (à utiliser pour la méthode LIDAR) | 1:85 (limite supérieure) 1:216 (moyenne) |
| Aire de captation ^e | 0,8 (300 x 100) |
| Hauteur du récepteur ^f | 1,74 m |
| Hauteur de la source de rejet ^g | 15 m (80 %), 3 m (20 %) |
| Facteur d'ajustement pour le taux maximal pendant une heure à une exposition annuelle ^h | 0.2 |
| Option urbaine/rurale | Habitats urbains |
| Météorologie ⁱ | 1 (météorologie complète) |
| Distance minimale et maximale à utiliser | 50 m à 2 000 m |

Abréviations : LIDAR, absorption différentielle de détection et télémétrie par ondes lumineuses.

^a Consulter Environnement Canada, Santé Canada (2013) pour obtenir des renseignements détaillés sur l'estimation des rejets potentiels d'une installation pétrolière.

^b Photo aérienne d'analyse et jugement professionnel

^c Chambers *et al.*, 2008

^d NPRI (2000-2007) et TRI (2011).

^e Jugement professionnel

^f Curry *et al.*, (1993)

^g Les émissions ont été consignées à un niveau élevé (supérieur à 15 m) et à un niveau faible (3 m), afin de représenter les hauteurs de l'équipement dont proviennent les rejets involontaires de 1,3-butadiène. Il est estimé que 80 % des rejets involontaires surviennent à plus de 15 m, hauteur des points de rejet courants, comme le sommet d'une colonne de distillation. La concentration finale de 1,3-butadiène est le résultat de l'ensemble des émissions produites à un niveau élevé et faible.

^h USEPA (1992) et jugement professionnel

ⁱ Valeur par défaut du modèle SCREEN3

Tableau C-2. Résultats de la modélisation du profil de dispersion du 1,3-butadiène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) provenant du total des rejets involontaires sur place de gaz de pétrole et de raffinerie^a

| Distance (m) | Max. 1 heure (1:85) | Annuel (1:85) | Max. 1 heure (1:216) | Annuel (1:216) |
|--------------|------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|
| 50 | 1,74 | 0,35 | 0,68 | 0,14 |
| 100 | 2,031 | 0,41 | 0,79 | 0,16 |
| 200 | 2,18 | 0,44 | 0,85 | 0,17 |
| 300 | 1,92 | 0,38 | 0,75 | 0,15 |
| 400 | 1,48 | 0,30 | 0,58 | 0,12 |
| 500 | 1,13 | 0,23 | 0,44 | 0,088 |
| 600 | 0,88 | 0,18 | 0,34 | 0,069 |
| 700 | 0,71 | 0,14 | 0,28 | 0,055 |
| 800 | 0,58 | 0,12 | 0,23 | 0,046 |
| 900 | 0,49 | 0,098 | 0,19 | 0,038 |
| 1000 | 0,42 | 0,084 | 0,16 | 0,033 |
| 1100 | 0,37 | 0,073 | 0,14 | 0,029 |
| 1200 | 0,32 | 0,065 | 0,13 | 0,025 |
| 1300 | 0,29 | 0,058 | 0,11 | 0,023 |
| 1400 | 0,26 | 0,052 | 0,10 | 0,020 |
| 1500 | 0,24 | 0,047 | 0,092 | 0,018 |
| 1600 | 0,21 | 0,043 | 0,084 | 0,017 |
| 1700 | 0,20 | 0,039 | 0,077 | 0,015 |
| 1800 | 0,18 | 0,036 | 0,071 | 0,014 |
| 1900 | 0,17 | 0,034 | 0,066 | 0,013 |
| 2000 | 0,16 | 0,032 | 0,062 | 0,012 |

^a Hypothèses émises lors de la modélisation :

- (1) Tous les rejets involontaires de 1,3-butadiène provenant de l'industrie pétrolière sont présumés attribuables aux émissions involontaires du total des gaz de pétrole et de raffinerie et proviennent des zones de traitement plutôt que du parc de stockage en vrac.
- (2) Les deux gaz de pétrole liquéfiés désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 sont marqués comme contenant potentiellement du 1,3-butadiène et sont considérés comprendre une fraction des gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 caractérisés antérieurement.
- (3) On présume que le ratio de 1,3-butadiène et de benzène (1:85 pour la limite supérieure de la marge d'exposition et 1:216 pour la limite inférieure de la marge d'exposition) dans les rejets involontaires est constant dans les différentes unités de traitement.
- (4) Les hauteurs liées aux émissions involontaires de 1,3-butadiène sont estimées à 15 m et 3 m, dont 80 % du total des émissions se produisent à 15 m et 20 % à 3 m.
- (5) Si l'on tient compte du fait que les sources d'émissions sont en réalité des sources ponctuelles multiples réparties localement sur la zone de traitement, la zone de transformation effective utilisée pour le calcul du taux d'émission est estimée à 80 % de la surface totale de cette zone.
- (6) La surface totale de la zone de traitement est estimée à 300 m × 100 mètres.
- (7) Le facteur d'ajustement 0,2 est utilisé pour l'estimation de la concentration maximale au cours d'une année, en tenant compte de la concentration la plus élevée pendant une heure.

Tableau C-3. Entrées variables dans SCREEN3 pour la modélisation des rejets de gaz de pétrole liquéfiés provenant de stations d'approvisionnement

| Variables | Paramètres d'entrée |
|---|---|
| Type de source | Superficie |
| Aire de remplissage effective ^a | 5 m x 5 m |
| Taux de rejet ^b | 2,5 x 10 ⁻³ g/s m ² (gaz de pétrole liquéfiés) 2,5 x 10 ⁻⁶ g/s m ² (1,3-butadiène) |
| Nombre d'événements de remplissage ^c | 200/jour |
| Hauteur du récepteur ^d | 1,74 m |
| Hauteur de la source de rejet ^c | 1 m |
| Facteur d'ajustement de l'état des vents et des conditions météorologiques ^e | 0,4 pour les estimations sur 24 h, 0,2 pour les estimations annuelles |
| Option urbaine/rurale | Habitats urbains |
| Météorologie ^f | 1 (météorologie complète) |
| Distance minimale et maximale à utiliser | 1 à 2 000 m |

^a Jugement scientifique professionnel pour les stations d'approvisionnement

^b Estimation basée sur le facteur de rejet indiqué par Sullivan (1992)

^c Jugement scientifique professionnel prudent pour une station d'approvisionnement à haut rendement qui assure le remplissage de bouteilles de gaz pour barbecues.

^d Curry *et al.*, (1993)

^e USEPA (1992) et jugement professionnel

^f Valeur par défaut du modèle SCREEN3

Tableau C-4. Résultats de la modélisation par le modèle SCREEN3 du profil de dispersion des gaz de pétrole liquéfiés et du 1,3-butadiène (µg/m³) provenant d'émissions fugitives de gaz de pétrole liquéfiés pendant les événements de remplissage

| Distance (m) | Gaz de pétrole liquéfiés max. sur 1 heure | Gaz de pétrole liquéfiés max. sur 24 heures | 1,3-butadiène sur un an ^a |
|--------------|---|---|--------------------------------------|
| 1 | 171,8 | 68,72 | 0,034 |
| 10 | 4289 | 1715,6 | 0,86 |
| 20 | 2676 | 1070,4 | 0,54 |
| 30 | 1723 | 689,2 | 0,34 |
| 40 | 1150 | 460 | 0,23 |
| 50 | 805,6 | 322,24 | 0,16 |
| 60 | 591,3 | 236,52 | 0,12 |
| 70 | 451,1 | 180,44 | 0,090 |
| 80 | 355 | 142 | 0,071 |
| 90 | 286,7 | 114,68 | 0,057 |
| 100 | 236,4 | 94,56 | 0,047 |
| 120 | 169,2 | 67,68 | 0,034 |
| 160 | 99,49 | 39,796 | 0,020 |

| | | | |
|-----|-------|--------|--------|
| 180 | 80,12 | 32,048 | 0,016 |
| 200 | 66,07 | 26,428 | 0,013 |
| 250 | 44,08 | 17,632 | 0,0088 |
| 300 | 31,78 | 12,712 | 0,0064 |
| 350 | 24,18 | 9,672 | 0,0048 |
| 400 | 19,14 | 7,656 | 0,0038 |
| 450 | 15,62 | 6,248 | 0,0031 |
| 500 | 13,05 | 5,22 | 0,0026 |

^aEn supposant une concentration de 1,3-butadiène de 0,1 % en poids dans les gaz de pétrole liquéfiés; concentration amortie fondée sur 200 événements/jour pendant 365 jours (la fréquence représente une station d'approvisionnement à haut rendement qui assure le remplissage de bouteilles de gaz pour barbecues).

Tableau C-5. Entrées variables dans AERSCREEN pour la modélisation du total des rejets involontaires sur place de gaz de pétrole et de raffinerie

| Variables | Paramètres d'entrée |
|---|---|
| Type de source | Superficie |
| Aire de captation des émissions ¹ | 300 × 100 m ² |
| Émissions fugitives de benzène provenant des zones de traitement ² | 1,8 kg/h |
| Ratio de 1,3-butadiène par rapport au benzène ³ | 1:85 (limite supérieure); 1:216 (moyenne) |
| Hauteur du récepteur ⁴ | 1,74 m (taille moyenne d'un adulte) |
| Hauteur de la source d'émissions ¹ | 15 m (80 %), 3 m (20 %) ⁵ |
| 10.4.1.1.1 Dimension verticale initiale ⁵ | 15 m, 3 m |
| Taille de la population ⁶ | 100 000 |
| Température moyenne minimale/maximale (°K) ⁷ | 270,6/283,5 (Calgary) |
| Distance minimale vers l'air ambiant (m) ⁸ | 1 m |
| Chimie sélectionnée ⁸ | Pas de chimie |
| Élévation de la source (m) ⁸ | 0 |
| Vitesse minimale du vent (m/s) ⁸ | 0,5 |
| Hauteur de l'anémomètre (m) ⁸ | 10 |
| Facteur d'ajustement ⁹ | 0,2 (direction moyenne du vent pendant un an) |
| Météorologie ^{6,8} | AERMET Tableaux saisonniers, profil de la surface dominante/zone urbaine/humidité moyenne |
| Distance minimale et maximale | 0 m à 2 000 m |

¹ Analyse de photos aériennes et jugement professionnel

² Chambers *et al.*, 2008.

³ INRP (2000–2007) et TRI (2007).

⁴ Curry *et al.*, 1993.

⁵ Les émissions ont été consignées à un niveau élevé (supérieur à 15 m) et à un niveau faible (3 m), afin de représenter les hauteurs de l'équipement dont proviennent les émissions fugitives de 1,3-butadiène. Il est estimé que 80 % des émissions fugitives surviennent à plus de 15 m, hauteur des points de rejets courants, comme le sommet d'une colonne de distillation. La concentration finale de 1,3-butadiène est le résultat de l'ensemble des émissions produites à un niveau élevé et faible.

⁶ Jugement professionnel.

⁷ Données de Statistique Canada <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/phys08b-fra.htm>.

⁸ Valeur par défaut du modèle AERSCREEN

⁹ USEPA (1992) et jugement professionnel.

Tableau C-6. Résultats de la modélisation AERSCREEN du profil de dispersion du 1,3-butadiène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) provenant du total des rejets involontaires sur place de gaz de pétrole et de raffinerie¹

| Distance (m) | Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | | |
|--------------|--|-------------|-------------------------|-------------|
| | Limite supérieure | | Moyenne | |
| | Taux maximal en 1 heure | Taux annuel | Taux maximal en 1 heure | Taux annuel |
| 50 | 3,138 | 0,6276 | 1,2349 | 0,2470 |
| 100 | 3,504 | 0,7008 | 1,3785 | 0,2757 |
| 200 | 2,7614 | 0,5523 | 1,0863 | 0,2173 |
| 300 | 1,6858 | 0,3372 | 0,6633 | 0,1327 |
| 400 | 1,1697 | 0,2339 | 0,4602 | 0,0920 |
| 500 | 0,8761 | 0,1752 | 0,3447 | 0,0689 |
| 600 | 0,6905 | 0,1381 | 0,2716 | 0,0543 |
| 700 | 0,564 | 0,1128 | 0,2219 | 0,0444 |
| 800 | 0,4727 | 0,0945 | 0,1860 | 0,0372 |
| 900 | 0,4046 | 0,0809 | 0,1592 | 0,0318 |
| 1 000 | 0,3520 | 0,0704 | 0,1385 | 0,0277 |
| 1 100 | 0,3104 | 0,0621 | 0,1221 | 0,0244 |
| 1 200 | 0,2770 | 0,0554 | 0,1090 | 0,0218 |
| 1 300 | 0,2497 | 0,0499 | 0,0982 | 0,0196 |
| 1 400 | 0,2270 | 0,0454 | 0,0893 | 0,0179 |
| 1 500 | 0,2080 | 0,0416 | 0,0818 | 0,0164 |
| 1 600 | 0,1920 | 0,0384 | 0,0755 | 0,0151 |
| 1 700 | 0,1782 | 0,0356 | 0,0701 | 0,0140 |
| 1 800 | 0,1663 | 0,0333 | 0,0654 | 0,0131 |
| 1 900 | 0,1560 | 0,0312 | 0,0614 | 0,0123 |
| 2 000 | 0,1470 | 0,0294 | 0,0578 | 0,0116 |

¹Hypothèses émises lors de la modélisation :

1. Tous les rejets de 1,3-butadiène provenant de l'industrie pétrolière sont présumés attribuables aux émissions fugitives des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations et proviennent des zones de traitement plutôt que du parc de stockage.
2. Les deux GPL désignés par les NE CAS 68476-85-7 et 68476-86-8 sont marqués comme contenant potentiellement du 1,3-butadiène et sont considérés comprendre une fraction des gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1 caractérisés antérieurement.
3. On présume que le ratio de 1,3-butadiène et de benzène dans les émissions fugitives est constant dans les différentes unités de traitement.
4. Les hauteurs liées aux émissions fugitives de 1,3-butadiène sont estimées à 15 m et 3 m, dont 80 % du total des émissions se produisent à 15 m et 20 % à 3 m.
5. La surface totale de la zone de traitement est estimée à 300 m x 100 mètres.
6. Le facteur d'ajustement de 0,2 est utilisé pour l'estimation de la concentration maximale au cours d'une année, en tenant compte de la concentration la plus élevée pendant une heure.

Annexe D : Résultats de la modélisation pour l'exposition des êtres humains aux gaz de pétrole liquéfiés provenant de produits aérosols représentatifs offerts aux consommateurs^a

Tableau D-1. Estimations de l'exposition potentielle par inhalation provenant des produits aérosols offerts aux consommateurs

| Scénario | Hypothèses ^{b,c} | Estimation de la concentration atmosphérique de gaz de pétrole liquéfiés ^d |
|---|---|--|
| Assainisseur d'air ^e | Fraction massique maximale : 0,6 Fréquence : 4 événements/jour ^f Durée de l'exposition : Exposition totale de 15 minutes ^f Quantité de produit : 10 g/événement ^f Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 11,6 mg/m ³ Concentration moyenne amortie sur un an : 11,6 mg/m ³ |
| Détachant (pour gomme à mâcher et cire) | Fraction massique maximale : 1,0 Fréquence : 10 événements/an Durée de l'exposition : Exposition totale de 60 minutes ^g Quantité de produit : 7 g/événement Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 11 mg/m ³ |
| Encaustique | Fraction massique maximale : 0,3 Fréquence : 1 événement/an Durée d'exposition : 240 minutes Quantité de produit : 1,8 g/s x 0,7 minutes ^h Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 71,6 mg/m ³ |
| Produit nettoyant pour meubles ^e | Fraction massique maximale : 0,18 Fréquence : 104 événements/an Durée d'exposition : 240 minutes Quantité de produit : 1,8 g/s x 0,7 minutes ^h | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 43 mg/m ³ |

| | | |
|--|---|--|
| | Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne amortie sur un an : 12,2 mg/m ³ |
| Détachant pour moquettes | Fraction massique maximale : 0,15 Fréquence : 10 événements/an Durée de l'exposition : 60 minutes ^g Quantité de produit : 7 g pour 0,1 m ² Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 1,64 mg/m ³ |
| Produit de nettoyage pour l'acier inoxydable/le verre ^e | Fraction massique maximale : 0,3 Fréquence : 365 événements/an Durée d'exposition : 60 minutes Quantité de produit : 0,78 g/s x 0,7 minutes Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 15,5 mg/m ³ Concentration moyenne amortie sur un an : 15,5 mg/m ³ |
| Protège-tissus (p. ex. tapis de salle de bain) | Fraction massique maximale : 0,1 Fréquence : 1/an ^h Durée d'exposition : 15 minutes Quantité de produit : 480 g ^h Volume de la pièce : 10 m ³ Taux de ventilation : 2 fois/heure | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 39,3 mg/m ³ |
| Désinfectant pour les mains ^e | Fraction massique maximale : 0,05 Fréquence : 5/jour Durée d'exposition : 2 minutes ^h Quantité de produit : 2 g ^h Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 0,0344 mg/m ³ Concentration moyenne amortie sur un an : 0,0344 mg/m ³ |
| Lubrifiants tout usage (à l'intérieur) ^e | Fraction massique maximale : 0,5 Fréquence : 11/an ^g Durée d'exposition : 50 minutes ^g Quantité de produit : 28 g ^g Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 19,1 mg/m ³ |

| | | |
|---|--|---|
| | | Concentration moyenne amortie sur un an : 0,0524 mg/m ³ |
| Nettoyant pour freins de véhicules automobiles | Fraction massique maximale : 0,7 Fréquence : 2/an ⁱ Durée d'exposition : 30 minutes ^g Quantité de produit : 170 g ^g Volume de la pièce : 34 m ³ (pour le garage) Taux de ventilation : 1,5 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 51,3 mg/m ³ |
| Revêtement automobile extérieur | Fraction massique maximale : 0,4 Fréquence : 1/an ^h Durée d'exposition : 60 minutes ^g Quantité de produit : 310 g ^g Volume de la pièce : 34 m ³ (pour le garage) Taux de ventilation : 1,5 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 78,7 mg/m ³ |
| Adhésif à pulvériser ^e | Fraction massique maximale : 0,6 Fréquence : 52/an ⁱ Durée de l'exposition : 60 minutes ^g Quantité de produit : 9 g ^j Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 0,6 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 8,46 mg/m ³ Concentration moyenne amortie sur un an : 1,2 mg/m ³ |
| Peintures en pistolet (p. ex. pour les meubles, le métal, le bois, les éléments en plastique; peuvent être utilisées à l'extérieur et à l'intérieur avec une bonne ventilation) | Fraction massique maximale : 0,6 Fréquence : 2/an ^h Durée d'exposition : 20 minutes Quantité de produit : 0,33 g/s x 15 minutes Volume de la pièce : 20 m ³ Taux de ventilation : 2 (h ⁻¹) | Concentration moyenne le jour de l'exposition : 90,3 mg/m ³ |

^a Dans chaque catégorie d'utilisation, seuls les produits présentant une forte concentration, une fréquence d'utilisation élevée ou une quantité d'utilisation élevée sont sélectionnés aux fins de modélisation de la limite supérieure de l'exposition.

^b En utilisant le « mode de rejet instantané » de l'« exposition à la vapeur » dans ConsExpo (RIVM, 2005). Toutes les valeurs des paramètres d'entrée proviennent des fiches techniques de ConsExpo (RIVM, 2005), sauf mention du contraire.

^c Les valeurs de la fraction massique maximale des gaz de pétrole liquéfiés dans les produits proviennent du niveau maximal indiqué dans les fiches signalétiques de chaque produit aérosol représentatif offert aux consommateurs.

^d En supposant un niveau maximal de 1,3-butadiène dans les gaz de pétrole liquéfiés de 0,1 % en poids, les estimations de la concentration atmosphérique de 1,3-butadiène pour chaque scénario de produit sont égales à 0,1 % x estimations pour les [gaz de pétrole liquéfiés].

^e La concentration moyenne amortie sur un an est présentée pour les produits qui sont fréquemment utilisés (c.-à-d. au moins une fois par mois).

^f ECETOC (2012)

^g USEPA (2011b)

^h Jugement professionnel basé sur l'information sur le produit

ⁱ Versar (1986)

^j Environnement Canada, Santé Canada (2010)

Annexe E : Résumé des renseignements sur les effets sur la santé des gaz de pétrole liquéfiés et du 1,3-butadiène

Tableau E-1. Renseignements sur les effets critiques sur la santé de l'exposition par inhalation aux gaz de pétrole liquéfiés désignés

| Type de toxicité | NE CAS | Concentrations ou doses avec effet ^{a,b,c} /Résultats |
|--|--|--|
| Toxicité aiguë | Mélange de propane (17,1 % en volume), de <i>n</i> -butane (2,5 % en volume) et d'isobutane (80,4 % en volume) | CL₅₀ : 539 600 ppm (1 227 g/m ³) (Aviado <i>et al.</i> , 1977). |
| Toxicité subchronique à court terme | Gaz de pétrole liquéfié (assigné au NE CAS 68476-85-7 dans USEPA, 2010) | <p>CSENO : 18 230 mg/m³ pour les effets systémiques (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010)</p> <p>Des rats Sprague-Dawley (10/sexe/dose) ont été exposés à 0, 1 019, 5 009 ou 9 996 ppm (0, 1 860, 9 140 ou 18 230 mg/m³) pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 13 semaines.</p> <p>À toutes les doses, aucun changement lié à la dose n'a été observé en matière de poids corporel et de consommation alimentaire.</p> <p>5 009 ppm (9 140 mg/m³) : diminution du poids des reins et du thymus, mais non liée à la dose</p> <p>Des diminutions du nombre de globules blancs, de lymphocytes et de monocytes ont été observées chez certains rats femelles, mais elles n'étaient pas liées à la dose et n'ont pas été observées chez les rats mâles.</p> <p>Des différences significatives ont été observées dans la glycémie et les niveaux totaux de sodium, de potassium et de protéines chez certains rats, mais elles n'étaient pas liées à la dose et ne se manifestaient pas chez les deux sexes.</p> |
| Toxicité pour la reproduction et le développement | 68476-85-7 | <p>CSENO : 9 996 ppm (18 230 mg/m³) pour la toxicité pour la reproduction (Petroleum HPV, 2006; 2009b).</p> <p>Des rats Sprague-Dawley (10/sexe/dose) ont été exposés à 0, 1 019, 5 009 ou 9 996 ppm (0, 1 860, 9 140 ou 18 230 mg/m³) pendant</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | | <p>6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 13 semaines.</p> <p>9 996 ppm (18 230 mg/m³) : augmentation de l'incidence de spermatozoïdes anormaux, comme le montre l'augmentation de l'incidence des gouttelettes cytoplasmiques dans le spermatozoïde (entre 4 et 12 % des 200 spermatozoïdes évalués pour chaque mâle) chez 4 mâles sur 10 dans chaque groupe. Aucun effet n'a été observé sur la densité et la motilité du sperme. L'auteur considère ces résultats comme fortuits et non liés au traitement. Aucun examen de la densité du sperme, de sa motilité et de sa morphologie n'a été effectué sur les autres doses.</p> |
| Toxicité pour la reproduction et le développement | Gaz de pétrole liquéfié (assigné au NE CAS 68476-85-7 dans USEPA, 2010) | <p>CSENO : 10 426 ppm (19 020 mg/m³) pour les effets sur la mère et le développement (Petroleum HPV, 2009b)</p> <p>Des rates Sprague-Dawley gravides (24/dose) ont été exposées à 0, 1 013, 5 079 ou 10 426 ppm (0, 1 850, 9 260 ou 19 020 mg/m³) pendant 6 heures par jour, 7 jours par semaine du 6^e au 19^e jour de gestation.</p> <p>Aucun effet lié à la substance d'essai n'a été observé en ce qui concerne les changements de poids corporel, la consommation alimentaire, le nombre de fœtus vivants et morts, le nombre de corps jaunes, les pertes pré-implantation et post-implantation, le poids corporel des fœtus et les anomalies du squelette.</p> |
| Génotoxicité (in vitro) | Un mélange de propane, de <i>n</i> -butane et d'isobutane en des proportions différentes. | <p>Mutations inverses (test d'Ames modifié)</p> <p>Résultats négatifs : Des souches non précisées de <i>S. typhimurium</i> ont été exposées aux substances d'essai à diverses concentrations (entre 105 et 1 050 g/m³) pendant 6 heures, avec et sans activation métabolique (fraction S9 dérivée du foie des rats) (Kirwin et Thomas, 1980)</p> |
| Génotoxicité (in vivo) | Gaz de pétrole liquéfié (assigné au NE CAS 68476-85-7 dans USEPA, 2010) | <p>Essai du micronoyau :</p> <p>Résultats négatifs pour l'induction de micronoyaux : Des rats Sprague-Dawley (5/sexe/dose) ont été exposés à 0, 1 019, 5 009 ou 9 996 ppm (0, 1 860, 9 140 ou 18 230 mg/m³) pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine</p> |

| | | |
|----------------------|--|--|
| | | pendant 13 semaines. Aucune différence significative n'a été trouvée en ce qui concerne la proportion de cellules immatures et la fréquence des érythrocytes immatures à micronoyaux (Petroleum HPV, 2006, 2009b). |
| Neurotoxicité | Gaz de pétrole liquéfié (composé de 5,3 % d'éthane, 49,9 % de propane, 11,2 % de <i>n</i> -butane, 27,5 % de propène et 4,3 % d'isobutane) | <p>CMENO : 540 000 mg/m³ pour les changements dans le néocortex et les dommages cardiaques (Komura <i>et al.</i>, 1973)</p> <p>Vingt lapins mâles de 5 mois ont été exposés en continu (ensemble du corps) à un mélange de GPL et d'oxygène pendant 120 minutes.</p> <p>L'électroencéphalogramme (EEG) et l'électrocardiogramme (ECG) ont été mesurés à 30 %, puis à 60-70 % de gaz de pétrole liquéfiés dans la chambre à gaz (concentration inconnue, estimée à environ 540 000 mg/m³, 1 080 000 – 1 260 000 mg/m³) tout au long de l'insufflation de GPL.</p> <p>On a observé des lèchements, de l'agitation, des reniflements, des sauts occasionnels et des déplacements au début de l'exposition.</p> <p>Pour l'ECG : à 30 % de gaz de pétrole liquéfiés, on observait une augmentation des pulsations cardiaques et de la fréquence respiratoire, une arythmie avec extrasystole, une difficulté pour marcher et des cris occasionnels; à 70 % de gaz de pétrole liquéfiés, on observait une diminution des pulsations cardiaques et de la fréquence respiratoire en deçà du niveau de contrôle, l'apparence de nystagmus temporaires, une salivation excessive et un affaiblissement des muscles, une dépression du segment ST et une inversion de l'onde T.</p> <p>Pour les résultats de l'EEG, plus la concentration des gaz de pétrole liquéfiés augmentait, plus le néocortex montrait un changement graduel vers un état de somnolence, contrairement à l'hippocampe et au système limbique des</p> |

| | | |
|----------------------|--|---|
| | | amygdales qui passaient à un état d'éveil. |
| Neurotoxicité | Mélange d'oxygène, de nitrogène et de gaz de pétrole liquéfiés (95 % ou plus de propane, d'isobutane, de <i>n</i> -butane, de propène et d'éthane) | <p>CMENO : 1 260 000 mg/m³ pour les changements neuronaux (Yoshino <i>et al.</i>, 1984)</p> <p>Vingt-et-un lapins mâles ont été exposés dans une pièce fermée au mélange à des niveaux d'environ 720 000 mg/m³ (40 %) et 1 260 000 mg/m³ (70 %) sur une durée allant jusqu'à 4 heures, avec et sans conditions hypoxiques. Deux lapins servaient de témoins, mais le nombre de lapins testés par dose était inconnu.</p> <p>1 260 000 mg/m³ (70 %) : Une vacuolisation cytoplasmique avec une aptitude réduite à la coloration ont été observées dans la couche V du cortex cérébral. Un microscope électronique a révélé une vacuolisation élevée du réticulum endoplasmique rugueux dans la région périphérique des neurones. De tels changements étaient réversibles et disparaissaient après une période de rétablissement de 24 heures.</p> <p>1 260 000 mg/m³ (70 %) et conditions hypoxiques : un rétrécissement des neurones avec hyperchromatose du noyau et du cytoplasme éosinophile a été observé dans le globus pallidus. De tels changements étaient irréversibles, mais peuvent avoir été causés par l'hypoxie plutôt que par les GPL.</p> |
| Neurotoxicité | Gaz de pétrole liquéfié (assigné au NE CAS 68476-85-7 dans USEPA, 2010) | <p>CSENO : 18 230 mg/m³ pour les effets neurotoxiques (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010)</p> <p>Des rats Sprague-Dawley (5/sexe/dose) ont été exposés à 0, 1 019, 5 009 ou 9 996 ppm (0, 1 860, 9 140 ou 18 230 mg/m³) pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 13 semaines.</p> <p>5 009 et 9 996 ppm (9 140 et 18 230 mg/m³) : une augmentation de la préhension des pattes antérieures a été observée dans la 13^e semaine (9 140 mg/m³) et dans la 4^e semaine (18 230 mg³), mais l'auteur a estimé qu'il</p> |

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| | | était improbable que cela soit un effet nuisible. |
| Études sur les humains | Produit adhésif à pulvériser contenant 30 à 35 % de butane/propane/isobutane, 25 à 35 % de distillats de pétrole, 10 à 15 % de pentane et 1 à 5 % d'acétone (étude de cas). | <p>Un utilisateur de sexe masculin exposé à un produit à pulvériser jusqu'à 3 heures par jour, 2 à 3 fois par semaine pendant 2 ans dans un garage peu ventilé (Pyatt <i>et al.</i>, 1998).</p> <p>Le patient se plaignait de malaises et de paresthésie dans le membre supérieur gauche, avec des résultats anormaux d'essais sur la fonction hépatique indiquant des valeurs élevées de sérum de phosphatase alcaline, d'aspartate transaminase, d'alanine transaminase et de gamma-glutamyl transférase. Tous les symptômes ont disparu après l'arrêt de l'utilisation du produit.</p> |
| Études sur les humains | Mélange de gaz de propane et de butane (étude de cas) | <p>Un homme a été exposé de façon chronique à un mélange de gaz propane et butane en remplissant des bouteilles de gaz dans un espace clos (la durée d'exposition n'a pas été indiquée) (Aydin et Özçakar, 2003).</p> <p>Le patient s'est plaint de nausée, de malaises et de faiblesse des membres inférieurs. Des niveaux élevés de glutamate pyruvate transaminase et de sérum glutamo-oxalacétique transaminase ont été observés. Rétablissement au 10^e jour.</p> |
| Études sur les humains | Gaz de pétrole liquéfiés (mélange de gaz propane et butane) (étude descriptive transversale) | <p>Les données recueillies auprès de 30 travailleurs masculins (âgés de 34,4 ± 9,3 ans) dans des stations d'approvisionnement et de distribution, y compris les échantillons sanguins veineux aux fins d'analyse hématologique et biochimique, ainsi qu'un entretien par formulaire, en comparaison avec un groupe témoin comportant 30 hommes en bonne santé (Sirdah <i>et al.</i>, 2013).</p> <p>Échantillon : ≥ 3 ans de travail continu dans des stations d'approvisionnement en gaz de pétrole liquéfiés pendant 6 heures par jour ou plus, sans aucun antécédent de maladies respiratoires.</p> <p>Parmi les travailleurs en contact avec les</p> |

| | | |
|-------------------------------|--|---|
| | | <p>GPL, on a indiqué : une augmentation considérable des plaintes liées à la santé, comme les maux de tête ou la fatigue au travail, les yeux qui grattent, des rougeurs, des éternuements répétés pendant les heures de travail, etc.; des valeurs considérablement plus élevées pour le nombre de globules rouges, l'hémoglobine, l'hématocrite, la concentration corpusculaire moyenne en hémoglobine et le nombre de plaquettes; un nombre considérablement plus faible de globules blancs; des valeurs beaucoup plus élevées de sérum glutamo-oxalacétique transaminase et de glutamate pyruvate transaminase et des valeurs moyennes plus élevées pour l'urée, la créatinine et l'acide urique dans l'urée qui indiquent des répercussions sur les fonctions hépatique et rénale.</p> |
| Études sur les humains | <p>Un produit imperméabilisant pour canevass à pulvériser contenant des gaz de pétrole liquéfiés (1 à 10 % [p/v]), de l'alcool isopropylique (1 à 3 % [p/v]) et de l'éther monobutylique de l'éthylèneglycol (1 à 3 % [p/v]) (étude de cas).</p> | <p>Un homme a été exposé au produit pendant 15 minutes dans un garage clos et a développé une intoxication pulmonaire aiguë, illustrée par des vertiges, une difficulté à respirer, un état proche de la syncope, une toux, un serrement de poitrine, des vomissements, de la diarrhée, des frissons et des tremblements. Les symptômes ont disparu au 4^e jour (Weibrecht et Rhyee, 2011).</p> |

^a CL₅₀, concentration létale médiane; DL₅₀, dose létale médiane; CMENO, concentration minimale avec effet nocif observé; DMENO, dose minimale avec effet nocif observé; CSENO, concentration sans effet nocif observé; DSENO, dose sans effet nocif observé.

^b La formule suivante a été utilisée pour la conversion des valeurs fournies en mg/m³ dans l'air : (x ppm x MM)/24,45, en supposant 1 atm et 25 °C.

^c La masse molaire (MM) de la substance portant le NE CAS 68476-85-7 a été signalée comme étant de 44,6 g/mol (USEPA, 2010).

E-2 : Résumé des effets toxicologiques des classes des composants des gaz de pétrole et de raffinerie

Alcanes

Comme le propane, le *n*-butane et l'isobutane sont les principaux composants présents dans les gaz de pétrole liquéfiés, les principales observations effectuées au cours d'études toxicologiques sur l'exposition par inhalation à ces composants sont résumées ici.

Chez les humains, on a constaté que les alcanes de faible masse moléculaire (p. ex. méthane) peuvent entraîner le déplacement de l'oxygène en cas d'exposition aiguë à des concentrations élevées, ce qui peut provoquer une asphyxie. Lorsque la masse moléculaire est plus élevée, les substances comme le propane peuvent agir en tant que dépresseurs légers dans le système nerveux central (API, 2001a). Chez les animaux de laboratoire, les valeurs de CL₅₀ des alcanes varient de 658 mg/L (658 000 mg/m³) [butane, 4 heures], 570 000 ppm (isobutane, 15 minutes) à plus de 800 000 ppm (1 440 000 mg/m³) [propane, 15 minutes], en fonction de la substance, de la concentration et de la durée de l'exposition aiguë (Shugaev, 1969; Clark et Tinson, 1982). La Commission européenne a classé le butane et l'isobutane dans les cancérogènes du groupe 1A (« substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré ») et dans les mutagènes du groupe 1B (« substances à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains ») si chacun d'entre eux contient une concentration de 1,3-butadiène supérieure ou égale à 0,1 % en poids (Commission européenne, 2008b et 2009).

Pour une exposition à court terme, une CSENO/CMENO à court terme de 12 168 ppm (21 900 mg/m³) a été déterminée pour le propane, d'après le ralentissement de la prise de poids chez les rats mâles et l'augmentation de la concentration en hémoglobine, de l'hématocrite, des érythrocytes et de la numération absolue des éosinophiles chez les rats Sprague-Dawley femelles après une exposition de 4 semaines pendant 6 heures par jour, 7 jours par semaine. Une CSENO supérieure à 9 100 ppm (21 500 mg/m³) pour le butane ou l'isobutane a été rapportée dans des études distinctes à un rythme de 6 heures par jour, 7 jours par semaine pendant 4 semaines (Petroleum HPV, 2009b).

En ce qui concerne la toxicité pour la reproduction, une CMENO de 3 990 ppm (7 180 mg/m³) a été rapportée, d'après une diminution du nombre de petits viables et une augmentation du nombre de petits morts-nés lorsque des rates Sprague-Dawley étaient exposées à du propane pendant 6 heures par jour, 7 jours par semaine sur une durée de 2 semaines avant et pendant l'accouplement, ainsi que pendant les journées 0 à 19 de la gestation. De même, une CMENO de 9 148 ppm (21 700 mg/m³) pour des rates Sprague-Dawley exposées à de l'isobutane pendant 6 heures par jour, 7 jours par semaine pendant 2 semaines avant et pendant l'accouplement et pendant les journées 0 à

19 de la gestation, comme le montre une réduction de l'indice de fertilité et une augmentation des pertes post-implantation. Une méthodologie d'essai semblable a été appliquée au *n*-butane dans une étude distincte et une CSENO de 9 157 ppm (21 700 mg/m³) a été rapportée en matière de toxicité pour la reproduction (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010).

En ce qui concerne la toxicité pour le développement, une CSENO/CMENO de toxicité maternelle de 12 168 ppm (21 900 mg/m³) a été déterminée pour le propane, d'après des augmentations de la concentration en hémoglobine, de l'hématocrite, des érythrocytes et de la numération absolue des éosinophiles observés chez les rates Sprague-Dawley à la suite d'une exposition au gaz propane pendant 6 heures par jour, 7 jours par semaine sur une durée de 2 semaines avant et pendant l'accouplement, puis au cours des jours 0 à 19 de la gestation. Suivant une méthode d'essai semblable, une CSENO supérieure à 9 100 ppm (21 500 mg/m³) a été déterminée pour le *n*-butane et l'isobutane en ce qui concerne leur toxicité maternelle et pour le développement (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010).

En ce qui concerne la génotoxicité *in vitro*, des résultats négatifs ont été obtenus en matière de mutation génétique lors d'un test d'Ames pour le propane et les butanes. Aucune étude n'a été répertoriée sur la génotoxicité *in vivo* en ce qui concerne le propane et les butanes (*n*-butane et isobutane) (Petroleum HPV, 2009b; USEPA, 2010).

Quelques études sont disponibles en ce qui concerne l'inhalation d'un mélange de substances comportant entre 3 et 5 atomes de carbone. Des rats ont été exposés à des mélanges d'alcanes (50% butane/50 % pentane; 50 % isobutane/50 % isopentane) par inhalation pendant 90 jours dans le cadre d'une étude visant à déterminer les effets sur les reins; une concentration sans effet observé (CSEO) de 4 489 ppm (11 943 mg/m³)^{3,4} (la dose testée la plus élevée) a été relevée (Aranyi *et al.*, 1986). Des résultats négatifs ont été observés lors des essais de mutagénicité (test d'Ames) concernant divers alcanes (propane, *n*-butane, isobutane, *n*-pentane et isopentane), même si trois des gaz (*n*-pentane, isopentane et isobutane) se sont révélés toxiques à différentes concentrations (Kirwin et Thomas, 1980).

Alcènes

Chez les animaux de laboratoire exposés par inhalation, des concentrations pouvant aller de 25 à 70 % pour le propène et de 15 à 40 % pour le butène ont induit un état anesthésique chez les rats, les chats et les souris (Brown, 1924;

³ La formule suivante a été utilisée pour la conversion des valeurs fournies en mg/m³ :
(x ppm × MW)/24,45.

⁴ Masse moléculaire des mélanges = [0,5(58,04 g/mol) + 0,5(72,05 g/mol)] = 65,05 g/mol

Riggs, 1925; Virtue, 1950), tandis qu'un état de narcose a été observé chez les souris exposées à une concentration jusqu'à 70 % d'isobutène par inhalation (Von Oettingen, 1940). Les valeurs de toxicité aiguë (CL₅₀) relevées varient de 65 000 ppm (111 736 mg/m³)⁶ (propène; masse moléculaire relative [MW] = 42,03 g/mol) à 620 mg/L (620 000 mg/m³) [isobutène] (Shugaev, 1969; Conolly et Osimitz, 1981).

Les études de la toxicité à court terme montrent que l'exposition par voie orale à l'isobutène résulte en une dose sans effet nocif observé (DSENO) de 150 mg/kg du poids corporel (kg p.c.) par jour, en dépit d'importants changements biochimiques observés, mais comparables aux valeurs témoins historiques (Hazleton Laboratories, 1986). L'exposition à court terme par inhalation a entraîné des changements hématologiques chez des rats exposés pendant quelques jours à des concentrations d'éthène de 60 % (environ 690 000 mg/m³) [Fink, 1968] ainsi que des changements cliniques et biochimiques chez des rats exposés pendant une période de 70 jours à des concentrations d'éthène de 100 ppm (115 mg/m³; masse moléculaire de l'éthène = 28,02 g/mol) [Krasovitskaya et Malyarova, 1968]. L'exposition au propène a entraîné une plus faible valeur DSEO à 10 000 ppm (17 190 mg/m³)⁶ pendant 28 jours d'exposition à des concentrations multiples de propène (masse moléculaire = 42,03 g/mol) jusqu'à 17 190 mg/m³ (DuPont, 2002).

La concentration minimale avec effet observé (CMEO) identifiée pour la toxicité sous-chronique est de 500 ppm (1 146 mg/m³)⁶ dans le cadre d'une étude de 14 semaines, dans laquelle les rats mâles et femelles B6C3F1 et des rats F344/N ont été exposés par inhalation à l'isobutène (masse moléculaire = 56,10 g/mol) à des concentrations allant jusqu'à 8 000 ppm (18 336 mg/m³)⁶ entraînant des augmentations importantes du poids absolu et relatif du rein droit chez les souris femelles. Chez les souris mâles, le poids absolu du rein droit a augmenté aux concentrations de 1 000 et de 8 000 ppm (2 292 et 18 336 mg/m³)⁶. Chez les rats femelles, on a observé une augmentation significative du poids relatif du foie à partir de 500 ppm (1 146 mg/m³)⁶ et du poids absolu du foie à partir de 1 000 ppm (2 292 mg/m³)⁵. Chez les rats mâles, on a observé une augmentation importante du poids relatif du rein droit à partir de 500 ppm (1 146 mg/m³)⁶ avec une augmentation du poids absolu du rein droit à 4 000 ppm (9 168 mg/m³)⁶ (NTP, 1998). De plus, une étude de 90 jours consécutifs sur l'inhalation chez les rats nouveaux nés a causé des retards de développement du pelage, de la dentition et de l'ouverture de l'œil, ainsi que de l'hypertension, l'inhibition de l'activité de la cholinestérase et des modifications du comportement, à une concentration d'éthène (masse moléculaire = 28,02 g/mol) de 2,62 ppm (3 mg/m³)⁶ [Krasovitskaya et Malyarova, 1968].

En ce qui concerne la toxicité pour le développement, les valeurs de CSEO sont de 5 000 ppm (5 750 mg/m³) pour l'éthène (Mr = 28,02 g/mol), de 10 000 ppm (17 190 mg/m³)⁶ pour le propène (Mr = 42,03 g/mol) et de 5 000 ppm (11 460 mg/m³)⁶ pour le 2-butène (Mr = 54,04 g/mol) ont été identifiées chez les

rats exposés par inhalation (Waalkens-Berendsen et Arts, 1992; Aveyard, 1996). Des effets sur les organes reproducteurs ont été observés chez les rats mâles exposés à l'isobutène par inhalation sur une période de 14 semaines; parmi ces effets, on cite notamment une augmentation importante du poids du tissu adipeux épидидymal gauche et une diminution de la motilité des spermatozoïdes de l'épididyme à 8 000 ppm (18 336 mg/m³)⁶. En outre, une augmentation de la durée de l'œstrus chez les rats femelles a été signalée en conséquence de la diminution de la durée du dioestrus. Toutefois, on n'a pas observé de changement dans la durée du cycle œstral (NTP, 1998).

Le propène et l'éthène ont été classés comme étant cancérigènes du groupe 3 (inclassables quant à leur cancérigénicité pour l'homme) par le CIRC (1994a,c). En ce qui concerne le propène, une étude de deux ans sur l'exposition par inhalation à des concentrations allant jusqu'à 10 000 ppm (17 190 mg/m³; Mr = 42,03 g/mol)⁶ a révélé l'occurrence des cas d'hémangiosarcome chez les souris mâles et femelles ainsi que des tumeurs aux poumons (tendance négative avec l'augmentation de la concentration) chez les souris mâles. Aucune tumeur n'a été constatée dans le cadre du même protocole chez les rats (Quest *et al.*, 1984; NTP, 1985). Une autre étude sur l'exposition par inhalation chez les souris (78 semaines) et les rats (104 semaines), réalisée avec des concentrations de propène allant jusqu'à 5 000 ppm (à 8 600 mg/m³)⁶, n'a pas constaté d'écarts de l'incidence de tumeurs par rapport aux groupes témoins (Ciliberti *et al.*, 1988). Pour l'éthène, les résultats d'une étude de deux ans chez les rats n'a pas montré une augmentation de l'incidence de tumeurs à des concentrations allant jusqu'à 3 000 ppm (3 438 mg/m³; Mr de l'éthène = 28,02 g/mol)⁶ (Hamm *et al.*, 1984). On a observé que l'exposition chronique des rats F344 et des souris B6C3F1, mâles et femelles, à des concentrations d'isobutène allant jusqu'à 8 000 ppm (18 336 mg/m³; Mr d'isobutène = 54,04 g/mol)⁶ pendant 104 semaines entraînait une augmentation de l'incidence de carcinome dans les cellules folliculaires de thyroïde chez les rats mâles (NTP, 1998). En outre, on a observé l'incidence accrue d'une dégénérescence hyaline dans les museaux des rats et des souris (NTP, 1998).

Il a été observé que l'éthène, le propène et le 1,2-butylène causaient tous une augmentation de l'incidence des adduits à l'ADN *in vivo* (Segerback, 1983; Tornqvist *et al.*, 1989; Filser *et al.*, 1992; Eide *et al.*, 1995; Zhao *et al.*, 1999; Rusyn *et al.*, 2005; Pottenger *et al.*, 2007). Cependant, aucune formation de micronoyaux n'a été induite lorsque les rats et les souris y étaient exposés à l'éthène, au propène ou à l'isobutène (Vergnes et Pritts, 1994; NTP, 1998; Pottenger *et al.*, 2007) Lorsque l'éthène, le 1-butène, le 2-butène ou l'isobutène ont été administrés dans les essais *in vitro*, on a obtenu des résultats négatifs pour la mutagénicité chez les bactéries (Landry et Fuerst, 1968; Hamm *et al.*, 1984; Shimizu *et al.*, 1985; Victorin et Stahlberg, 1988; Wagner *et al.*, 1992; Araki *et al.*, 1994; NTP, 1998), cellules de lymphomes de souris avec et sans activation (Staab et Sarginson, 1984), à l'induction de micronoyaux sans activation (Jorritsma *et al.*, 1995), aberrations chromosomiques, avec et sans activation

(Riley, 1996; Wright, 1992) et transformation cellulaire avec et sans activation (Staab et Sarginson, 1984).

Autres composants

On a constaté que les gaz de raffinerie (dans le cadre du regroupement de l'API de regrouper des gaz de pétrole) contiennent des alcadiènes, des alcynes, des hydrocarbures aromatiques, des composés inorganiques et thioliques en plus des alcanes, des alcènes, bien que ces derniers soient en plus petite quantité dans la composition de la charge pétrolière (API, 2001b). Bon nombre de ces composants sont présentés ci-dessous.

Alcadiènes

Comme il est indiqué à la section de l'évaluation préalable consacrée aux effets sur la santé, le 1,3-butadiène, du groupe des alcadiènes, a été classé cancérigène et mutagène par de nombreux organismes nationaux et internationaux (Canada, 2000; CIRC, 2008; USEPA, 2002; NTP, 2011a; EURAR, 2002; ESIS, 2008). Un examen rigoureux des effets sur la santé humaine du 1,3-butadiène effectué précédemment dans le cadre de l'évaluation de la deuxième Liste des substances d'intérêt prioritaire (LSP2) (Canada, 2000). Le 1,3-butadiène a été par la suite ajouté à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE. Les études ont montré que, à des fortes concentrations, les alcadiènes avaient des propriétés narcotiques, mais une faible toxicité générale (Sandmeyer, 1981).

Une autre substance appartenant au groupe des alcadiènes (2-méthyl-1,3-butadiène ou isoprène) est également classé comme substance cancérigène (groupe 2B : possiblement cancérigène pour l'homme; catégorie 2 : cancérigène présumé pour l'homme, peut causer le cancer et « dont on peut raisonnablement présumer qu'elle soit cancérigène pour l'homme »), ainsi que mutagène. (CIRC, 1999; ESIS, 2008; NTP, 2011b). Il a été observé que l'isoprène a des effets sur la reproduction des souris (atrophie testiculaire semblable à celle observée après l'exposition au 1,3-butadiène) ainsi que des effets sur le développement (diminution du poids corporel des fœtus et augmentation des côtes surnuméraires) [Mast *et al.*, 1989, 1990]. En outre, une étude sur les souris a signalé que l'isoprène aurait des répercussions sur le taux de mortalité, le poids corporel, le poids des organes, l'hématologie et l'histopathologie (hyperplasie de l'estomac, dégénérescence de l'épithélium olfactif, atrophie du thymus, foyers modifiés au niveau du foie, hyperplasie alvéolaire, dégénérescence de la moelle épinière) après une exposition par inhalation à court et à long terme (Melnick *et al.*, 1990, 1994, 1996). En raison de la cancérigénicité, selon laquelle il pourrait exister une possibilité d'effets nocifs à tout niveau d'exposition, Santé Canada a conclu que l'isoprène devrait être considéré comme une substance pouvant pénétrer dans l'environnement en une quantité, à une concentration ou dans des conditions qui constituent ou peuvent constituer un danger pour la vie et la santé de la population canadienne (Environnement Canada, Santé Canada, 2008).

Alcynes

On a déclaré l'éthyne, ou acétylène, simple agent asphyxiant (HSDB, 2008) dont les effets observés chez les humains exposés par inhalation comprennent l'intoxication, l'agressivité et la perte de conscience à des concentrations élevées (USEPA, 2008c).

L'acétylène est reconnu pour accroître la mortalité chez différentes espèces d'animaux de laboratoire, ainsi que causer l'intoxication ou l'anesthésie. Ses effets sur le foie (CMENO = 266,3 mg/L (266 300 mg/m³), les reins et la rate des rats exposés par inhalation de façon répétée. Aucun effet génotoxique n'a été observé *in vitro* (USEPA, 2008c).

Aromatiques

Le benzène a été classé cancérigène par le gouvernement du Canada (cancérigène pour l'homme; Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE de 1999) [Canada, 1993]; par le CIRC (1987) [Groupe 1 : cancérigène pour les humains]; par la Commission européenne (cancérigène de catégorie 1 : peut causer le cancer) [ESIS, 2008]; par le National Toxicology Program des États-Unis (NTP, 2011c) [cancérigène humain reconnu] et l'USEPA (2008d) [groupe A]. Par ailleurs, le benzène a été classé mutagène de catégorie 1B (à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains) (Commission européenne, 2008b et 2009).

Substance inorganique

Le sulfure d'hydrogène a été évalué par le Programme international sur la sécurité des substances chimiques (PISSC) dans une monographie Critère d'hygiène de l'environnement (PISSC, 1981) et dans un Résumé succinct international sur l'évaluation des risques chimiques (PISSC, 2003). Par ailleurs, l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry des États-Unis (ATSDR, 2006) a établi un profil toxicologique sur le sulfure d'hydrogène. À l'heure actuelle, le gouvernement du Canada évalue les effets potentiels du sulfure d'hydrogène sur la santé humaine à partir de différentes utilisations et sources.

L'ammoniac a été évalué par le PISSC (1986), l'ATSDR (2004) et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) dans le cadre du programme du Screening information dataset (SIDS) [OCDE, 2007]. En outre, à la suite de l'évaluation réalisée par le gouvernement du Canada, l'ammoniac est une substance visée par la Liste des substances prioritaires pour sa présence dans le milieu aquatique. Dans ce rapport d'évaluation, « les conclusions basées sur un ensemble plus exhaustif de données sur les effets environnementaux assurent également la protection de la santé humaine » (Environnement Canada, 2001b).

L'azote et le dioxyde de carbone sont tous deux déclarés ingrédients inertes dans des pesticides par l'USEPA (2004b). La Commission européenne a classé le monoxyde de carbone agent toxique pour la reproduction de catégorie 1 (ESIS, 2008) et l'IPCS en a lui aussi fait l'analyse (1999).

Thiols

Deux substances thioliques considérées comme étant des composants des gaz de pétrole et de raffinerie ont été évaluées ou examinées par plusieurs organismes nationaux ou internationaux; toutefois, dans le cadre de la présente évaluation des risques, une évaluation de ces composants ne sera pas prise en compte.

Le méthane-thiol (ou méthylmercaptan) a été examiné par l'ATSDR (1992) et a été inclus dans un examen des sulfures aliphatiques et aromatiques et des thiols réalisé par le Comité mixte d'experts des additifs alimentaires (CMEAA) de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) [OMS, 2000]. De plus, aussi bien le méthane-thiol que l'éthane-thiol sont des substances qui devraient être évaluées dans le cadre du programme Ensemble de données de dépistage (Screening information dataset), mais un examen final n'était pas possible au moment de l'élaboration de la présente évaluation (OCDE, 2000).

Tableau E-2. Renseignements sur les effets critiques du 1,3-butadiène sur la santé

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|-----------------|---|--|------------|
| Cancérogénicité | <p>Souris B6C3F1 (70 individus par sexe et par groupe; 90 individus par sexe à la concentration la plus élevée); exposition par inhalation à des doses de 0, 6,25, 20, 62,5, 200 ou 625 ppm (0, 13,8, 44,2, 138, 442 ou 1 380 mg/m³) pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 103 semaines. Jusqu'à 10 souris de chaque sexe dans chaque groupe ont été tuées après 9 et 15 mois d'exposition.</p> <p>L'examen histopathologique d'une gamme complète de tissus différents a été réalisé chez les souris du groupe témoin; les groupes exposés aux concentrations de 200 et de 625 ppm (442 et 1 380 mg/m³) sont décédés après 9 mois; la totalité des souris sont décédées après 15 mois d'exposition, à l'exception des femelles exposées à 6,25 ou à 20 ppm (13,8 ou 44,2 mg/m³), ainsi que l'ensemble des</p> | <p>Concentration minimale à laquelle des tumeurs ont été observées = 6,25 ppm (13,8 mg/m³) d'après une augmentation importante de l'incidence des tumeurs pulmonaires malignes.</p> <p>Résumé des effets :</p> <p>Système lymphohématopoïétique L'exposition a été associée à la formation de lymphomes malins (plus particulièrement des lymphomes lymphocytiques, qui se sont déclarés dès la 23^e semaine). Les incidences ont considérablement augmenté chez les mâles exposés à 625 ppm (1 380 mg/m³) [<i>p</i> < 0,001] et chez les femelles exposées à 200 et à 625 ppm (442 et 1 380 mg/m³) [<i>p</i> < 0,001], bien que tous les cas chez les femelles eussent été dans la gamme des valeurs témoins historiques (8 à 44 %).</p> <p>Les sarcomes histiocytaires ont augmenté considérablement chez les mâles (<i>p</i> < 0,001) et les femelles (<i>p</i> 0,002) à 200 ppm (442 mg/m³), et l'incidence de ces tumeurs était marginalement plus élevée que chez les mâles témoins à 20, 62,5 et 625 ppm (44,2, 138 et 1 380 mg/m³) (<i>p</i> 0,021-0,051) et chez les femelles à 625 ppm (1 380 mg/m³) (<i>p</i> 0,038).</p> <p>Cœur L'incidence des hémangiosarcomes cardiaques a augmenté de façon significative par rapport à leur incidence chez les témoins, chez les mâles</p> | NTP, 1993 |

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|-----------------|---|--|------------|
| | souris exposées pendant deux ans. | <p>exposés à 62,5 ppm (138 mg/m³) et plus, ainsi que chez les femelles exposées à 200 ppm (442 mg/m³) et plus.</p> <p>Poumons Signes d'incidence accrue d'adénomes ou de carcinomes des alvéoles ou des bronchioles, par rapport aux témoins, chez les mâles exposés à 62,5 ppm (138 mg/m³) et plus ($p < 0,001$), et chez les femelles à toutes les concentrations ($p < 0,001-0,004$).</p> <p>Préestomac On a observé une incidence accrue de tumeurs du préestomac (papillomes ou carcinomes des cellules squameuses), chez les mâles exposés à 200 et à 625 ppm (442 et 1 380 mg/m³) ($p < 0,001$), et chez les femelles exposées à partir de 62,5 ppm (138 mg/m³) ($p < 0,001-0,044$).</p> <p>Ovaires On a signalé chez les femelles exposées à au moins 62,5 ppm (138 mg/m³) une incidence accrue des tumeurs malignes et bénignes de la granulosa ($p < 0,001$).</p> <p>Glande de Harder L'incidence des adénomes et des carcinomes de la glande de Harder a augmenté chez les deux sexes, à 62,5 et à 200 ppm (138 et 442 mg/m³) ($p < 0,001-0,016$).</p> | |
| Cancérogénicité | Souris B6C3F1 (50 mâles par groupe); exposition par inhalation pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine, à des concentrations de 200 ppm (442 | La concentration minimale à laquelle des tumeurs ont été observées était de 200 ppm (442 mg/m ³) pendant 40 semaines, d'après l'augmentation de l'incidence des hémangiosarcomes cardiaques et des adénomes ou des | NTP, 1993 |

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|------------|--|--|------------|
| | <p>mg/m³)^b pendant 40 semaines, à 312 ppm (689 mg/m³)^b, pendant 52 semaines ou à 625 ppm (1 380 mg/m³)^b pendant 13 ou 26 semaines.</p> <p>Après cessation de l'exposition, on a gardé les souris dans des chambres d'essai, jusqu'à 103 semaines, et on les a évaluées. Un examen histopathologique d'une gamme complète de tissus a été effectué sur toutes les souris.</p> | <p>carcinomes du foie.</p> <p>Résumé des effets :</p> <p>Système lymphohématopoïétique L'incidence des lymphomes malins (lymphocytaires pour la majorité) a notablement augmenté chez les deux groupes (13 et 26 semaines) exposés à 625 ppm (1 380 mg/m³) [$p < 0,001$] dès 23 semaines, chez le groupe exposé pendant 26 semaines.</p> <p>Cœur L'incidence des hémangiosarcomes cardiaques était significativement ($p < 0,001$) accrue dans tous les groupes, mais plus particulièrement chez les souris exposées à 200 ou à 312 ppm (442 ou 689 mg/m³).</p> <p>Poumons Augmentation significative ($p < 0,001$) de l'incidence des néoplasmes pulmonaires (adénomes ou carcinomes des alvéoles ou des bronchioles) dans tous les groupes exposés, particulièrement lorsque l'on a ajusté les chiffres pour tenir compte de la mortalité.</p> <p>Foie L'incidence des adénomes ou des carcinomes du foie était significativement plus grande dans le groupe exposé à 200 ppm (442 mg/m³) [$p 0,004$] que chez les témoins et chez tous les groupes exposés lorsqu'on l'a corrigée pour tenir compte de la survie ($p < 0,01-0,05$).</p> <p>Préestomac Augmentation significative</p> | |

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|-----------------|--|---|--|
| | | <p>($p < 0,001$) de l'incidence des papillomes ou carcinomes des cellules squameuses du préestomac chez les souris exposées à 312 ou à 625 ppm (689 ou 1 380 mg/m³) (les deux à 13 et à 26 semaines).</p> <p>Glande de Harder L'incidence des adénomes ou des carcinomes de cette glande a augmenté de façon significative ($p < 0,001$) par rapport aux témoins, chez tous les groupes exposés.</p> <p>Autres tumeurs L'incidence des adénomes ou des carcinomes des glandes préputiales a augmenté de façon significative ($p < 0,001-0,003$) chez les groupes exposés à 312 et à 625 ppm (689 ou 1 380 mg/m³) (13 ou 26 semaines).</p> <p>L'incidence des adénomes ou des carcinomes de la glande de Zymbal a augmenté de façon significative ($p 0,009$) chez les souris exposées à 625 ppm (1 380 mg/m³) pendant 26 semaines (1/50, 1/50, 0/50, 2/50 et 2/50).</p> | |
| Cancérogénicité | Rats Sprague-Dawley (110 par sexe et par groupe); exposition par inhalation à des doses de 0, 1 000 ou 8 000 ppm (0, 2 209 ou 17 669 mg/m ³) ^b pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 105 semaines (femelles), ou 11 semaines (mâles). Dix rats de | <p>La concentration minimale à laquelle des tumeurs ont été observées = 1 000 ppm (2 209 mg/m³) d'après l'augmentation de l'incidence des tumeurs mammaires.</p> <p>Résumé des effets :</p> <p>Glandes mammaires L'incidence des tumeurs a augmenté de façon significative chez les femelles exposées à 1 000 et 8 000 ppm (2 209 et 17 669 mg/m³) (incidence des</p> | Owen, 1981; Owen <i>et al.</i> , 1987; Owen et Glaister, 1990. |

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|---|---|---|----------------------|
| | chaque sexe dans chaque groupe ont été tués après 52 semaines d'exposition. | <p>tumeurs de toute nature : 50 %, 79 % et 81 %; incidence de tumeurs malignes : 18 %, 15 % et 26 %); par rapport au groupe témoin, on a observé la formation de tumeurs multiples des glandes mammaires dans un groupe de femelles traitées précédemment et la plupart de ces tumeurs étaient bénignes.</p> <p>Thyroïde Chez les femelles, on a observé des tendances positives significatives, reliées aux concentrations auxquelles elles ont été exposées, de la formation d'adénomes des cellules folliculaires de la thyroïde (0 %, 2 % et 10 %).</p> <p>Testicules Chez les rats mâles, il y a avait une augmentation statistiquement importante, en fonction de la concentration administrée, de la formation de tumeurs à cellules de Leydig (0 %, 3 % et 8 %), mais à la concentration la plus élevée l'incidence était plus proche des valeurs historiques (de 0 à 6 %).</p> | |
| Toxicité pour le développement et la reproduction | Souris CD-1 gravides; exposition par inhalation aux concentrations de 0, 40, 200 ou 1 000 ppm (0, 88, 442 ou 2 209 mg/m ³) ^b 6 heures par jour, du 6 ^e au 15 ^e jour. | CMENO pour les effets sur le développement (souris) = 200 ppm (88 mg/m ³) d'après la diminution importante en poids corporel des fœtus mâles et femelles (15,7 %). Ont aussi été observées des variations accrues du développement de l'ossature à 200 et à 1 000 ppm (442 et 2 209 mg/m ³). | Hackett et al., 1987 |
| Toxicité pour le développement et la reproduction | Souris B6C3F1 (70 individus par sexe et par groupe; 90 individus par sexe à la concentration la plus élevée); exposition par | CMENO entraînant une toxicité pour la reproduction (souris femelles) = 6,25 ppm (13,8 mg/m ³), d'après une incidence considérablement élevée de l'atrophie ovarienne chez tous les groupes exposés | NTP, 1993 |

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|---|---|--|--------------------------------------|
| | <p>inhalation à des doses de 0, 6,25, 20, 62,5, 200 ou 625 ppm (0, 13,8, 44,2, 138, 442 ou 1 380 mg/m³) pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 103 semaines. Jusqu'à 10 souris de chaque sexe dans chaque groupe ont été tuées après 9 et 15 mois d'exposition.</p> | <p>par rapport aux groupes témoins à 103 semaines. Fait caractéristique, les ovaires atrophiés ne renfermaient aucune trace d'ovocytes, de follicules, ou de corps jaunes. On a signalé à partir de 62,5 et de 200 ppm (≥ 138 et ≥ 442 mg/m³) l'angiectasie et l'hyperplasie de l'épithélium germinale des ovaires. Une atrophie de l'utérus a été observée après 9 mois d'exposition à des doses à partir de 200 ppm (≥ 442 mg/m³).</p> <p>CMENO entraînant une toxicité pour la reproduction (souris mâles) = 200 ppm d'après l'atrophie des testicules observée après deux ans d'exposition; des concentrations plus élevées pendant de plus courtes périodes ont aussi eu cet effet. La majorité des testicules des mâles étaient atrophiés lors des évaluations intermédiaires après 9 et à 15 mois et à la fin de l'étude de deux ans.</p> <p>Remarque : Le taux de mortalité et la formation de tumeurs ont également augmenté aux concentrations provoquant une atrophie des gonades.</p> | |
| <p>Études sur les humains (cancérogénicité)</p> | <p>Étude d'une cohorte constituée de travailleurs du caoutchouc styrène-butadiène d'usines de fabrication de polymères, dont une au Canada et sept aux États-Unis; étude réalisée à l'aide d'estimations quantitatives de l'exposition de chaque travailleur au 1,3-butadiène, au styrène et au</p> | <p>On a observé un taux de mortalité excessif dû à la leucémie chez les travailleurs qui avaient un jour été payés à l'heure; ratio standardisé de mortalité (RSM) = 143 - 436.</p> <p>Une augmentation de la leucémie 4,5 fois plus grande a également été enregistrée parmi les sujets du groupe les plus exposés comparativement à l'interne.</p> <p>On a observé un taux excessif de mortalité causée par la leucémie qui était récurrent à l'ensemble</p> | <p>Delzell et al., (1995, 1996).</p> |

| Paramètres | Protocole d'étude | Niveaux des effets ^a /résultats | Références |
|------------|---|--|------------|
| | benzène. Taille de la cohorte = 15 000 1943–1994 | des usines à l'étude. Le risque de leucémie était proportionnel au niveau d'exposition. | |

^a CMENO, concentration minimale avec effet nocif observé.

^b La formule suivante a été utilisée pour la conversion des valeurs fournies en mg/m³ :
(x ppm x MW)/24,45.