



Government
of Canada

Gouvernement
du Canada

Évaluation préalable finale Approche pour le secteur pétrolier

**Gaz de pétrole et de raffinerie
[restreints aux industries]**

Numéros de registre du Chemical Abstracts Service

68131-75-9

68477-33-8

68477-85-0

68527-19-5

**Environnement Canada
Santé Canada**

Janvier 2014

Canada 

No de cat. En14-106/2013F-PDF
ISBN 978-0-660-21278-4

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 sont interdites, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de l'Environnement, 2013

Sommaire

Les ministres de l'Environnement et de la Santé ont procédé à une évaluation préalable des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries suivants :

N° CAS ^a	Nom dans la LIS ^b
68131-75-9	Gaz en C ₃₋₄ (pétrole)
68477-33-8	Gaz en C ₃₋₄ (pétrole), riches en isobutane
68477-85-0	Gaz (pétrole), riches en C ₄
68527-19-5	Hydrocarbures en C ₁₋₄ , fraction débutanisée ^c

^a Le numéro de registre du Chemical Abstracts Service (n° CAS) est la propriété de l'American Chemical Society. Toute utilisation ou redistribution, sauf si elle sert à répondre aux besoins législatifs ou est nécessaire pour les rapports au gouvernement du Canada lorsque des renseignements ou des rapports sont exigés par la loi ou une politique administrative, est interdite sans l'autorisation écrite préalable de l'American Chemical Society.

^b LIS = Liste intérieure des substances

^c D'après les derniers renseignements reçus, il n'y a plus d'indication que la substance portant le n° CAS 68527-19-5 est transportée vers d'autres installations industrielles. Par conséquent, cette mise à jour définit cette substance comme étant un gaz de pétrole et de raffinerie restreint aux installations du Groupe 1.

Une priorité élevée a été accordée à la prise de mesures à l'égard de ces substances durant la catégorisation visant la Liste intérieure (LI), car il a été établi qu'elles présentent un risque d'exposition intermédiaire pour les particuliers au Canada et que leur risque pour la santé humaine est élevé. Elles ne satisfont pas aux critères de catégorisation écologique relatifs à la persistance, au potentiel de bioaccumulation et à la toxicité intrinsèque pour les organismes non humains. 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 combinaisons complexes d'hydrocarbures pétroliers.

Les gaz de pétrole et de raffinerie, produits par les installations pétrolières (c.-à-d. les raffineries, les usines de valorisation ou les usines de traitement du gaz naturel), sont une catégorie d'hydrocarbures légers, saturés et non saturés. La composition des gaz de pétrole et de raffinerie varie en fonction de la source de pétrole brut, du bitume ou du gaz naturel, ainsi que des conditions du processus de transformation et des unités de traitement utilisées. De ce fait, ces gaz de pétrole et de raffinerie sont considérés comme des substances de composition inconnue ou variable, des produits de réaction complexes ou des matières biologiques (UVCB). Des structures représentatives de chaque classe chimique des substances ont été choisies pour prévoir le comportement général de ces substances complexes et évaluer les effets potentiels sur l'environnement.

Trois gaz de pétrole et de raffinerie (n°s CAS 68131-75-9, 68477-33-8 et 68477-85-0) faisant l'objet de la présente évaluation préalable sont restreints aux industries, c'est-à-dire qu'ils constituent un sous-ensemble de gaz de pétrole et de raffinerie qui peuvent quitter une installation du secteur pétrolier et être transportés dans d'autres installations industrielles. Les gaz de pétrole et de raffinerie peuvent être utilisés sur place ou

transportés vers d'autres installations industrielles pour utilisation comme matière première ou combustible, ou mélangés à d'autres substances qui quittent le site avec des n^{os} CAS différents. Les renseignements mis à jour du secteur industriel indiquent que la substance portant le n^o CAS 68527-19-5 n'est pas transportée vers d'autres installations industrielles actuellement. Malgré cela, ce n^o CAS a été inclus dans la présente évaluation, puisqu'il a été établi que son inclusion ne modifiait pas les conclusions de l'évaluation, que ce soit pour les gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations ou pour ceux restreints aux industries.

Selon les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE (1999)] et d'autres sources d'information, les gaz de pétrole et de raffinerie sont transportés à partir des raffineries, des usines de valorisation et des usines de traitement du gaz naturel à d'autres installations par pipeline ou dans des contenants sous pression par train. Compte tenu des propriétés physiques et chimiques de ces gaz (p. ex. la forte pression de vapeur), les rejets de gaz de pétrole et de raffinerie dans l'atmosphère sont possibles.

D'après les renseignements disponibles, on considère qu'il est peu probable que ces gaz de pétrole et de raffinerie causent des effets écologiques nocifs au Canada. L'un des composants des gaz de pétrole et de raffinerie, l'éthène, est actuellement étudié dans une évaluation préalable, et ses effets nocifs potentiels ne sont pas pris en compte dans la présente évaluation. Il sera ainsi possible d'étudier les rejets d'éthène des activités industrielles dans leur ensemble au lieu d'essayer de relier ces rejets aux substances précises considérées dans la présente évaluation.

D'après les renseignements contenus dans le présent rapport, on conclut que ces gaz de pétrole et de raffinerie (n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-19-5) ne satisfont pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) et b) de la LCPE (1999) 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.

Il est reconnu qu'une petite partie de la population générale peut être exposée à ces gaz de pétrole et de raffinerie dans les environs des installations pétrolières. L'exposition de la population générale durant la manutention (chargement et déchargement) et le transport de ces gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries est peu probable, compte tenu de la nature des systèmes de transport et des règlements adoptés afin de prévenir ou limiter les rejets liés aux activités de manutention et de transport.

Un effet critique constituant un risque pour la santé identifié par la catégorisation initiale des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries est leur cancérogénicité, selon la classification des organismes internationaux. L'Union européenne a défini les gaz de pétrole et de raffinerie contenant plus de 0,1 % en poids de 1,3-butadiène comme des substances cancérogènes. De plus, 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 LCPE (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. 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 génétique.

Sur la base des renseignements disponibles, le 1,3-butadiène est considéré présent dans les gaz de pétrole et de raffinerie du Groupe 2. Par conséquent, et conformément à l'approche utilisée pour évaluer les gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations (Groupe 1), le 1,3-butadiène a été choisi comme un composant très dangereux afin de définir l'exposition potentielle de la population générale. Il est reconnu que les émissions de gaz de pétrole et de raffinerie du Groupe 2 contribuent à une partie des rejets précédemment attribués aux gaz du Groupe 1. Dans cette évaluation, il a été déterminé que les marges entre la tranche supérieure des estimations de l'exposition au 1,3-butadiène et les estimations du potentiel cancérogène établies pour l'exposition au 1,3-butadiène par inhalation sont considérées comme potentiellement inadéquates pour tenir compte des incertitudes relatives aux effets sur la santé et à l'exposition. Les marges d'exposition pour les paramètres finaux des effets autres que le cancer sont jugées adéquates.

À la lumière de la contribution de ces quatre gaz de pétrole ou de raffinerie aux rejets totaux des installations, on conclut que ces substances satisfont aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE (1999) 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.

D'après les renseignements disponibles, on conclut que les quatre gaz de pétrole et de raffinerie portant les n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-19-5 satisfont à un ou plusieurs critères de l'article 64 de la LCPE (1999).

Introduction

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE (1999)] (Canada, 1999) exige que les ministres de l'Environnement et de la Santé procèdent à une évaluation préalable des substances qui satisfont aux critères de la catégorisation énoncés dans la Loi afin de déterminer si elles présentent ou sont susceptibles de présenter un risque pour l'environnement ou la santé humaine.

En se fondant sur l'information obtenue dans le cadre de la catégorisation, les ministres ont jugé qu'une attention prioritaire devait être accordée à un certain nombre de substances :

- celles qui satisfont à tous les critères environnementaux de la catégorisation, notamment la persistance (P), le potentiel de bioaccumulation (B) et la toxicité intrinsèque pour les organismes aquatiques (Ti), et que l'on croit être commercialisées au Canada;
- celles qui satisfont aux critères de la catégorisation pour le plus fort risque d'exposition (PFRE) ou qui présentent un risque d'exposition intermédiaire (REI) et qui ont été jugées particulièrement dangereuses pour la santé humaine, compte tenu des classifications qui ont été établies par d'autres organismes nationaux ou internationaux concernant leur cancérogénicité, leur génotoxicité ou leur toxicité pour le développement ou la reproduction.

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 évaluations préalables mettent l'accent sur les renseignements jugés essentiels pour déterminer si une substance satisfait aux critères de toxicité des substances chimiques au sens de l'article 64 de la LCPE (1999). Les évaluations préalables visent à examiner des renseignements scientifiques et à tirer des conclusions fondées sur la méthode du poids de la preuve et le principe de prudence¹.

¹ La détermination de la conformité à l'un ou plusieurs des critères énoncés à l'article 64 est basée sur une évaluation des risques pour l'environnement ou la santé humaine associés aux expositions dans l'environnement en général. Pour les humains, cela inclut, sans toutefois s'y limiter, 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) portant sur les substances pétrolières énumérées dans le Plan de gestion des produits chimiques 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*, qui fait partie du cadre réglementaire pour le Système d'information sur les matières dangereuses au travail (SIMDUT) pour les produits destinés à être utilisés au travail. De la même manière, la 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.

Groupes de substances pétrolières

Les substances pétrolières hautement prioritaires sont divisées en neuf groupes de substances en fonction des similitudes qui existent quant à leur production, leur toxicité et leurs propriétés physicochimiques (tableau A1.1 de l'annexe 1). 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, qui sont 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 naturel².

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 principalement utilisées comme carburant par les industries et les consommateurs;

Groupe 4 : les substances qui peuvent être présentes dans les produits offerts aux consommateurs.

Une analyse des données disponibles a permis de déterminer que 16 substances pétrolières sont évaluées comme des carburants en vertu du groupe 2³. Ces substances

² 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;

³ Selon les renseignements recueillis par l'entremise de l'Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée (Environnement Canada, 2008) et de l'Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée pouvant être limitées à l'industrie (Environnement Canada, 2009), publiée en vertu de l'article 71 de la LCPE 1999, les gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de la présente évaluation préalable et portant les n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-19-5 sont utilisés sur place ou transportés vers d'autres installations industrielles où ils sont utilisés comme matière première ou combustible, ou mélangés à d'autres substances qui quittent le site avec des n^{os} CAS différents.

Selon des renseignements reçus le 7 février 2011 d'un déclarant industriel, il existe une erreur dans les données figurant sur sa déclaration de septembre 2009 en réponse à l'article 71 de l'Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée pouvant être limitées à l'industrie (Environnement Canada, 2009). Les données déclarées sur la substance portant le n^o CAS 68527-19-5 « hydrocarbures en C₁₋₄, fraction débutanisée » étaient incorrectes, et, par conséquent, il n'existe plus de données démontrant que la substance portant le n^o CAS 68527-19-5 est transportée vers d'autres installations industrielles. Par conséquent, cette correction apportée aux données déclarées en 2009 définit cette substance comme étant des gaz de pétrole et de raffinerie du Groupe 1 (restreints aux installations).

Par conséquent, la substance portant le n^o CAS 68527-19-5 a fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de la présente évaluation des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations, en utilisant des facteurs conformes aux substances restreintes aux installations pour l'évaluation des risques pour l'environnement et

sont présentes dans cinq des neuf groupes suivants : pétrole brut, gaz de pétrole et de raffinerie et naphtes à faible point d'ébullition, gazoles et mazouts lourds.

La présente évaluation préalable porte sur quatre gaz de pétrole et de raffinerie portant les numéros de registre du Chemical Abstracts Service (CAS) 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-19-5. Ces substances ont été identifiées comme risques d'exposition intermédiaire (REI) durant l'exercice de catégorisation. Elles n'ont pas été jugées comme étant hautement prioritaires pour l'évaluation des risques écologiques, car on estime qu'elles ne contiennent pas des composants qui satisfont aux critères de persistance, de bioaccumulation ou de toxicité intrinsèque. Selon les renseignements fournis en application de l'article 71 de la LCPE (1999), les déclarations industrielles volontaires, un examen complet des documents et l'étude des fiches signalétiques, ces substances peuvent être transportées vers une autre installation pétrolière ou un autre secteur industriel, mais ne sont pas vendues directement aux consommateurs. Elles ont été incluses dans l'approche pour le secteur pétrolier parce qu'elles sont liées au secteur pétrolier et qu'il s'agit de combinaisons complexes d'hydrocarbures pétroliers.

Quarante gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations ont été évalués précédemment en tant que substances du groupe 1, quatre font l'objet de la présente évaluation en tant que substances du groupe 2 et deux sont évaluées en tant que substances du groupe 4 (voir ci-dessus).

La présente évaluation préalable prend en considération les renseignements sur les propriétés chimiques des substances, leurs utilisations, l'exposition à celles-ci ainsi que leurs effets sur la santé et l'écologie, y compris l'information supplémentaire fournie en application de l'article 71 de la LCPE (1999). Les données pertinentes pour l'évaluation préalable de ces substances sont tirées de publications originales, des rapports de synthèse et d'évaluation de rapports de recherche de parties intéressées et d'autres documents consultés au cours de recherches documentaires menées récemment jusqu'en avril 2010 (sections du document concernant l'exposition humaine et la nature écologique) et jusqu'en septembre 2011 (sections concernant les effets sur la santé). Les études les plus importantes ont fait l'objet d'une évaluation critique et les résultats de modélisation ont servi à formuler des conclusions.

La caractérisation des risques pour l'environnement tient compte des données pertinentes au comportement environnemental, à la persistance, à la bioaccumulation et à la toxicité combinées à une estimation de l'exposition des organismes non humains pouvant être touchés à partir d'importantes sources de rejets dans l'environnement. Les conclusions sur les risques pour l'environnement se basent sur une estimation des concentrations dans l'environnement provenant des rejets dans l'environnement ainsi que du potentiel de ces

la santé humaine, et des révisions ont été intégrées, le cas échéant, dans le rapport d'évaluation. Un examen approfondi des données, considérant la substance portant le n° CAS 68527-19-5 comme étant une substance restreinte aux installations, et celles portant les n°s CAS 68131-75-9, 68477-33-8 et 68477-85-0 comme étant des substances restreintes aux industries, n'a révélé aucun impact sur les conclusions en vertu de l'article 64 de la LCPE (1999), pour les gaz de pétrole et de raffinerie évalués en vertu des groupes 1 ou 2 de l'approche pour le secteur pétrolier.

concentrations d'avoir un effet négatif sur les organismes non humains. De plus, on prend en compte d'autres éléments de preuve, notamment le devenir ainsi que la présence temporelle et spatiale dans l'environnement, et les propriétés dangereuses de la substance. Le but de la section écologique de l'évaluation préalable est de résumer les données les plus pertinentes sur le comportement dans l'environnement et les effets environnementaux, et ne constitue pas un examen exhaustif ou critique de toutes les données disponibles. Des modèles environnementaux et des comparaisons avec des substances pétrolières semblables peuvent avoir aidé à l'évaluation.

L'évaluation des risques pour la santé humaine suppose la prise en compte des données pertinentes à l'évaluation de l'exposition (non professionnelle) de la population dans son ensemble et de l'information sur les effets sur la santé (obtenus principalement grâce aux évaluations s'appuyant sur la méthode du poids de la preuve effectuées par d'autres organismes, lesquelles ont servi à déterminer le caractère prioritaire des substances). Les décisions concernant les risques pour la santé humaine reposent sur la nature de l'effet critique retenu ou sur la marge entre les valeurs prudentes de concentration donnant lieu à des effets et les estimations de l'exposition, en tenant compte de la confiance accordée au caractère exhaustif des bases de données sur l'exposition et les effets, et ce, dans le contexte d'une évaluation préalable. L'évaluation préalable n'est pas un examen exhaustif ou critique de toutes les données disponibles. Il s'agit plutôt d'un sommaire de l'information la plus importante afin d'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 commentaires sur les parties techniques concernant la santé humaine ont été reçus de la part d'experts scientifiques désignés et dirigés par la Toxicology Excellence for Risk Assessment (TERA), notamment Michael Dourson, Ph. D. (TERA), Stephen Embso-Mattingly, Ph. D. (NewFields Environmental Forensics Practice, LLC), Michael Jayjock, Ph. D. (The Lifeline Group) et Bob Benson, Ph. D. (Environmental Protection Agency des États-Unis [USEPA]). De plus, une version provisoire de la présente évaluation préalable a fait l'objet d'une consultation publique de 60 jours. Cela dit, Santé Canada et Environnement Canada assument la responsabilité du contenu final et des résultats de l'évaluation préalable.

Les principales données et considérations sur lesquelles repose la présente évaluation préalable finale sont résumées ci-après.

Identité de la substance

Les gaz de pétrole et de raffinerie représentent une catégorie d'hydrocarbures pétroliers légers produits dans les usines de raffinage, de valorisation et de traitement du gaz naturel, (API, 2001a). La composition des gaz de pétrole et des gaz de raffinerie varie en

fonction de la source de pétrole brut, du bitume ou du gaz naturel, ainsi que des conditions du processus de transformation et des unités de traitement concernées. Selon les descriptions associées aux n^{os} CAS, ces quatre substances sont composées d'un nombre limité d'alcanes et d'alcènes, notamment le C₁ (méthane), C₂ (éthane, éthène), C₃ (propane, propène), C₄ (butane, isobutane, butène, butadiène) et C₅ (pentane, isopentane).

Ces substances UVCB sont des combinaisons complexes de molécules d'hydrocarbure, d'origine naturelle ou résultant de réactions chimiques et de processus qui ont lieu pendant le procédé de valorisation et de raffinage du pétrole ou de traitement du gaz naturel. Étant donné leurs compositions complexes et variables, dans la pratique, elles ne pourraient pas se former par le simple mélange des constituants.

Le 1,3-butadiène est un composant d'un intérêt particulier en raison de ses propriétés physiques et chimiques (p. ex. volatilité) et de ses propriétés toxicologiques (p. ex. cancérogénicité). Même s'il existe très peu de données sur la teneur des gaz de pétrole et de raffinerie du 1,3-butadiène, l'American Petroleum Institute (API, 2009a) a fourni des données analytiques sur la teneur du 1,3-butadiène dans certains gaz de pétrole et de raffinerie précis, d'après quelques données historiques provenant de plusieurs raffineries américaines, entre 1992 et 2002. Le 1,3-butadiène est présent dans chacune des quatre substances, à une concentration allant jusqu'à 3 % par poids pour la substance portant le n^o CAS 68527-19-5; par conséquent, les gaz de pétrole et de raffinerie de la présente évaluation sont réputés contenir du 1,3-butadiène. Les limites de détection de cette étude n'ont pas été déclarées. La composition des composantes propres aux gaz peut varier de manière considérable en fonction de la source de pétrole brut, du bitume ou du gaz naturel, des conditions opérationnelles, des enjeux relatifs aux processus saisonniers et des cycles économiques (API, 2009a).

Une description générale des quatre gaz de pétrole et de raffinerie est présentée dans le tableau A2.1 de l'annexe 2.

Propriétés physiques et chimiques

Le tableau 1 présente les propriétés physiques et chimiques des gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de la présente évaluation. À partir de l'information disponible sur la composition et la chaîne carbonée des gaz de pétrole et de raffinerie, dix structures représentatives ont été sélectionnées et sont présentées au tableau A2.2 de l'annexe 2. Les gaz de pétrole et de raffinerie sont principalement composés d'hydrocarbures de la gamme C₁–C₅, comme les alcanes, les isoalcanes, les alcènes, les cycloalcanes, les cycloalkènes, les diènes et les cyclodiènes. La proportion de la composition d'une substance portant un n^o CAS 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 mélanges inexacte. Les propriétés physiques et chimiques des structures représentatives sélectionnées sont présentées en détail dans le tableau A2.2 de l'annexe 2.

Tableau 1. Propriétés physiques et chimiques générales des gaz de pétrole et de raffinerie (BESC, 2000a, b, c, d)

Propriété	Plage de valeurs
Point de fusion (°C)	-108,9 à -187,6
Point d'ébullition (°C)	-162 à 36
Pression de vapeur (Pa à 25 °C)	$6,9 \times 10^4$ à 6×10^7
Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol)	$7,5 \times 10^3$ à $1,4 \times 10^5$
Log K _{oe}	1,1 à 3,4
Log K _{co}	1,55 à 2,9
Solubilité dans l'eau (mg/L à 25 °C)	22 à 735

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

Les substances portant les n^{os} CAS 68131-75-9 et 68477-33-8 sont principalement composées d'hydrocarbures en C₃₋₄, soit le propane, le propène, le butane, le méthyl propane (isobutane), le butène et le butadiène. La substance portant le n^o CAS 68477-85-0 est composée d'alcanes C₁₋₅, et celle portant le n^o CAS 68527-19-5 est composée d'alcanes C₁₋₄ (BESC, 2000a, b, c, d; NCI, 2006). La teneur en 1,3-butadiène a également été évaluée dans les substances portant les n^{os} CAS 68477-85-0 et 68527-19-5 (API, 2009a). La plupart des composants de ces quatre gaz de pétrole et de raffinerie sont à l'état gazeux à des températures pertinentes sur le plan environnemental, et conservées à l'état liquide sous pression. Même s'ils sont conservés à l'état liquide à des températures pertinentes sur le plan environnemental, le pentane et l'isopentane sont très volatils et s'évaporent facilement en cas de rejet. Dans ce cas, les restrictions liées à la prévision du comportement des mélanges complexes d'après les propriétés de leurs composantes dans leur forme pure ne s'appliquent pas, puisque leurs points d'ébullition auront une influence sur leur comportement dans l'environnement. Lorsque ces composés gazeux sont rejetés dans l'environnement, ils se dispersent et se séparent rapidement. Les composés de la gamme C₅ (alcanes, alcènes et les composés cycliques) qui sont liquides à température ambiante ont toujours une forte pression de vapeur; ils devraient donc quitter le sol ou l'eau pour se volatiliser facilement.

Les valeurs du coefficient de partage octanol-eau (log K_{oe}) et du coefficient de partage carbone organique-eau (log K_{co}) sont faibles, voire modérées, indiquant que ces quatre gaz de pétrole et de raffinerie ne sont pas facilement absorbés par les sédiments.

Sources

Au Canada, les gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations mentionnés dans cette évaluation sont produits dans les raffineries, les usines de valorisation et de traitement du gaz naturel. Les descriptions des n^{os} CAS (NCI, 2006), les diagrammes des procédés de traitement (Hopkinson, 2008), les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999) (Environnement Canada, 2008, 2009), et les soumissions volontaires de renseignements provenant de l'industrie indiquent que ces gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries peuvent être des flux intermédiaires utilisés dans une installation, ou peuvent être transportés vers d'autres installations industrielles pour

être utilisés comme matières premières, carburant ou pour être mélangés en une substance qui quitte l'installation sous un n° CAS différent⁴.

Le n° CAS 68131-75-9 est une description générale d'un mélange gazeux appartenant principalement à la chaîne carbonée C₃₋₄. Il correspond à une substance provenant d'une unité de séparation de gaz d'une raffinerie ou d'une usine de valorisation ou de traitement du gaz naturel, où des hydrocarbures légers sont divisés en substances dont la chaîne carbonée correspond à C₂ au plus, C₃₋₄, et C₅ au moins. L'American Petroleum Institute (2009a) indique une composition de 1,3-butadiène allant jusqu'à 0,1 % environ en poids pour la substance portant ce n° CAS.

La substance portant le n° CAS 68477-33-8 représente une combinaison gazeuse d'hydrocarbures appartenant principalement à la chaîne carbonée C₃₋₆ avec de l'isobutane (i-C₄). Il s'agit normalement d'une substance provenant d'une unité d'isomérisation d'une raffinerie ou d'une usine de valorisation où la substance i-C₄ est produite, et utilisée ensuite dans une unité d'alkylation comme matière première. L'American Petroleum Institute (2009a) indique une composition de 1,3-butadiène allant jusqu'à 1 % environ en poids pour la substance portant ce n° CAS.

La substance portant le n° CAS 68477-85-0 renvoie à un flux gazeux appartenant à la chaîne carbonée C₃₋₅ et qui provient d'un procédé de craquage catalytique dans une raffinerie ou usine de valorisation. Cette substance est transportée vers une unité de séparation de gaz pour un raffinage supplémentaire. L'American Petroleum Institute (2009a) indique une composition de 1,3-butadiène allant jusqu'à 0,5 % environ en poids pour la substance portant ce n° CAS.

Le n° CAS 68527-19-5 est une description générale d'une combinaison gazeuse d'hydrocarbures appartenant à la chaîne carbonée C₁₋₄ à partir d'une colonne de distillation dans une raffinerie, une usine de valorisation ou une usine de traitement du gaz naturel pour éliminer les composés légers (C₁₋₄). La substance nécessite souvent un rétablissement supplémentaire des produits gazeux individuels (p. ex. gaz de combustion, propane, butane). L'American Petroleum Institute (2009a) indique une composition de 1,3-butadiène de 0,1 % à 0,3 % environ en poids pour la substance portant ce n° CAS.

Utilisations

Selon les renseignements recueillis au moyen de l'Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée, publié en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999) (Environnement Canada, 2008), et de l'Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée pouvant être limitées à l'industrie (Environnement Canada, 2009), les gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de la présente évaluation sont utilisés sur place ou transportés vers d'autres installations industrielles pour être utilisés comme matières premières ou combustibles, ou mélangés à d'autres substances qui quittent le site

⁴ Les dernières données provenant de l'industrie indiquent la substance portant le n° CAS 68527-19-5 comme une substance restreinte aux installations.

avec des n^{os} CAS différents. Même si plusieurs codes d'utilisation de la Liste intérieure des substances (LIS) ont été relevés pour ces substances, il a été déterminé à la suite des renseignements fournis en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999), des déclarations volontaires de la part de l'industrie, d'un examen approfondi de la littérature et de l'étude des fiches signalétiques que ces gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries ne quittent pas les installations pétrolières ou ne sont pas transportés vers d'autres installations industrielles, où ils seront raffinés davantage ou utilisés sous des n^{os} CAS différents faisant l'objet de cette évaluation.

Dans les rares cas où ces gaz sont transportés à l'extérieur des installations pétrolières en tant que mélanges, ces mélanges d'hydrocarbures sont généralement envoyés dans une usine de fractionnement où les gaz sont séparés afin d'être commercialisés sous forme de gaz individuels (p. ex. propane et butane). Par ailleurs, les mélanges peuvent être transportés vers une installation de produits pétrochimiques où les composants sont séparés puis utilisés à l'interne comme matière de base pétrochimique, voire vendus comme des produits séparés, notamment le propane et le butane (Cheminform, 2009).

Rejets dans l'environnement

Les rejets potentiels de ces gaz de pétrole et de raffinerie comprennent les rejets dans les installations associées au traitement de ces substances, ainsi que les rejets liés à leur transport entre des installations industrielles (pour les substances portant les n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8 et 68477-85-0).

En raison de la nature complexe de l'industrie pétrolière et de l'industrie de transport, ainsi que de l'ambiguïté de la documentation en ce qui concerne la terminologie essentielle à la compréhension des évaluations du groupe 2, il est important que les définitions propres à l'évaluation des substances pétrolières restreintes aux industries soient bien comprises. Le tableau 2 présente la terminologie propre à la présente évaluation.

Tableau 2. Définition des termes propres aux évaluations de substances pétrolières restreintes aux industries dans le cadre de l'ASP

Terminologie	Définition
Rejet	Terme générique pour définir une fuite, un déversement, un événement ou tout autre rejet d'une substance gazeuse ou liquide, y compris les rejets contrôlés et involontaires, comme il est défini ci-dessous, mais excluant les événements catastrophiques.
Rejet contrôlé	Tout rejet prévu , que ce soit par mesure de sécurité ou au cours d'activités d'entretien, qui est considéré comme une opération de routine et réalisé dans un environnement contrôlé.
Rejet involontaire	Tout rejet imprévu d'une substance pétrolière. Les causes peuvent comprendre la défaillance de l'équipement, des pratiques d'entretien inappropriées, un manque de pratiques opérationnelles adéquates, des conditions météorologiques défavorables ou d'autres facteurs imprévus, mais il peut également s'agir d'une activité régulière des opérations normales. Les deux catégories suivantes sont comprises dans les rejets involontaires : (1) les déversements ou fuites

Terminologie	Définition
	involontaires résultant du traitement, de la manutention et du transport d'une substance pétrolière (les industries sont en mesure de contrôler ces déversements ou fuites); (2) les rejets accidentels qui peuvent ne pas être contrôlés par les industries. Seuls les déversements ou fuites involontaires (catégorie 1 définie ci-dessus) sont pris en compte dans l'évaluation du potentiel des substances pétrolières restreintes aux industries à causer des dommages écologiques.
Rejet fugitif	Un type précis de rejet involontaire. Cela correspond à un rejet involontaire, qui a lieu dans des conditions normales d'exploitation, d'une substance gazeuse dans l'air ambiant. Ce rejet peut se produire de manière régulière. Les émissions fugitives peuvent être réduites, mais ne peuvent pas être entièrement évitables, en raison des propriétés physiques et chimiques de la substance, de la conception de l'équipement et des conditions d'exploitation. Les émissions de gaz d'évaporation pendant le transport des substances pétrolières sont considérées comme un rejet fugitif et pris en compte dans l'analyse de l'exposition humaine afin d'évaluer le potentiel de la substance à causer des effets nocifs pour la santé humaine.

Rejets potentiels sur place

Les rejets de gaz de pétrole et de raffinerie provenant des installations pétrolières peuvent se produire de façon contrôlée ou involontaire. Les rejets contrôlés sont des rejets prévus provenant des valves de surpression et des soupapes d'évent, que ce soit par mesure de sécurité ou au cours d'activités d'entretien. Les rejets involontaires prennent habituellement la forme de déversements ou de fuites liés à divers équipements, valves, canalisations, brides, etc. Les installations pétrolières sont fortement réglementées par diverses autorités, et des mesures volontaires non réglementaires, adoptées par l'industrie pétrolière, visent à prendre en charge ces rejets potentiels (SENES, 2009).

Rejets contrôlés

Les gaz de pétrole et de raffinerie qui font l'objet de la présente évaluation préalable résultent des émissions de distillats de tête des colonnes de distillation d'installations pétrolières. Les endroits potentiels pour les rejets contrôlés de ces gaz sont les valves de sécurité ou les systèmes de ventilation situés sur les tuyauteries ou les cuves (p. ex. colonnes, cuves de reflux) où les flux gazeux sont générés.

Dans les conditions d'exploitation habituelles, les rejets des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries sont captés dans un système fermé,⁵ conformément aux procédures établies, puis utilisés dans un dispositif de torche comme combustible. Toutefois, dans certains cas (p. ex. pour faire chuter la pression), ces rejets peuvent faire

⁵ Aux fins de l'évaluation préalable des substances inscrites dans l'approche pour le secteur pétrolier, un système fermé est défini comme un système à l'intérieur d'une installation qui ne rejette aucune substance dans l'environnement, et dont les gaz d'évaporation sont récupérés pour être redistribués, réutilisés ou détruits.

l'objet d'une évacuation directe dans l'atmosphère. L'exposition de l'ensemble de la population ou de l'environnement à ces rejets contrôlés, lesquels ne se produisent que dans des conditions opérationnelles précises telles que susmentionnées, devrait être minimale pour les gaz de pétrole et de raffinerie portant les n^{os} CAS faisant l'objet de la présente évaluation préalable.

Rejets involontaires

Les rejets involontaires (y compris les rejets fugitifs et les déversements) proviennent de l'équipement (p. ex. compresseurs et réservoirs de stockage), des valves, des canalisations, des brides ou des joints d'étanchéité des soupapes de surpression pendant le traitement et la manipulation des substances pétrolières (p. ex. durant les opérations de chargement), des raccords d'échantillonnage et des conduites ouvertes. 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; ACPP, 2007).

Malgré la mise en place de mesures et de pratiques visant à limiter les rejets de substances pétrolières dans l'installation, on reconnaît que des rejets fugitifs des gaz de pétrole et de raffinerie dans l'atmosphère sont possibles en raison de leur volatilité supérieure (point d'ébullition inférieur) et de leur mobilité supérieure comparativement aux substances liquides (USEPA, 1995; ACPP, 2007; ICPP, 2007). Une fois rejetés, les gaz se dispersent plus rapidement dans l'air et occupent un plus grand volume que les liquides.

Bien que l'ensemble de la population et l'environnement ne soient généralement pas exposés aux substances pétrolières restreintes aux industries, les propriétés physiques et chimiques des gaz de pétrole et de raffinerie (p. ex. volatilité et pression de vapeur plus importantes) indiquent un potentiel limité d'exposition aux substances portant les n^{os} CAS faisant l'objet de la présente évaluation préalable, à proximité des installations pétrolières. Par conséquent, il convient de caractériser l'exposition potentielle de la population générale à partir des rejets involontaires de gaz de pétrole et de raffinerie sur place identifiés par les quatre n^{os} CAS étudiés dans la présente évaluation préalable. Une analyse détaillée de l'exposition des humains a été effectuée à l'aide des modèles de dispersion des gaz (voir « Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine »).

Les rejets potentiels durant le transport

En plus du potentiel de rejets involontaires sur place, les rejets peuvent également survenir pendant le transport de ces gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries 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 et de raffinerie restreints aux industries 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, 2009) ou dans des contenants sous pression (Noyes, 1992; Kraus, 1998; Miesner et Leffler, 2006; Environnement Canada, 2009). 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 dans des récipients sous pression. Les facteurs d'émission AP-42 de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (USEPA, 2008a) 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. 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, 2008a; OCDE, 2009). Par conséquent, seuls les rejets des pipelines sont pris en compte dans le cadre de cette évaluation préalable. Les sources potentielles de rejets dans l'environnement proviennent des fuites involontaires qui surviennent pendant le traitement, la manutention et le transport. On trouve ces substances à l'état gazeux à des températures adaptées à l'environnement; ainsi, l'air ambiant est considéré comme étant le principal milieu récepteur pour tous les rejets de gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries.

En règle générale, l'industrie pétrolière considère trois scénarios comme des situations de défaillance de pipelines (ERCB, 2009) :

1. Pipeline endommagé : en général, il s'agit d'un choc sur un pipeline causé par un véhicule, avec ou sans rejet de substances transportées (pas pris en compte ici).
2. Fuite de pipelines : il s'agit d'une fissure de pipeline, causant un rejet de substances transportées, sans interrompre l'exploitation du pipeline.

3. Rupture de pipeline : il s'agit d'un craquage ou d'une cassure de pipeline causant des rejets relativement importants des substances transportées, et l'arrêt de certains segments du pipeline est souvent nécessaire.

Dans le cas des pipelines réglementés par l'Energy Resources Conservation Board de l'Alberta (ERCB), incluant les pipelines transportant du pétrole brut, du gaz naturel et des condensats, les fuites représentent plus de 88 % des défaillances déclarées (ERCB, 2009).

Tel qu'il a été mentionné précédemment, en plus des règlements mis en place pour limiter les rejets involontaires dans une installation (voir l'annexe 3), différentes dispositions fédérales et provinciales réglementent la manipulation des substances pétrolières sur site, notamment le transport des gaz de pétrole et de raffinerie. Ces dispositions portent sur le chargement et le déchargement et sont expliquées plus en détail dans l'évaluation des risques pour la santé humaine. Collectivement, ces règlements créent un ensemble d'exigences pour le maniement sécuritaire des substances pétrolières, et elles sont destinées à réduire ou à prévenir les rejets potentiels pendant les opérations de chargement, de transport et de déchargement.

Estimation des rejets

Selon les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999 [Environnement Canada, 2009]), les gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries (n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8 et 68477-85-0) sont transportés par pipelines, ou par train dans des contenants sous pression. La substance portant le n^o CAS 68527-19-5 n'est pas transportée au Canada et n'est pas incluse dans cette estimation des rejets. Les usines de raffinage et de la valorisation ont publié une masse totale pour les trois substances transportées au Canada allant jusqu'à 1 million de tonnes en 2006 (Environnement Canada, 2009).

Voici les sources de données utilisées pour estimer les rejets :

- Statistique Canada (2001, 2009) :
 - Distances des pipelines;
 - Données sur les « pertes en lignes et les pertes non comptabilisées ou ajustées ».
- Office national de l'énergie (ONE, 2008a, b) :
 - Le nombre et le volume des rejets liquides des pipelines (à partir du corps de la canalisation et autres qu'à partir du corps de la canalisation) de 2000 à 2006;
 - Quantités de transport annuelles des grands pipelines (liquides et gaz) de 2004 à 2007.
- Energy Resources Conservation Board de l'Alberta (ERCB), 2009 :
 - Nombre de défaillances de pipeline (pipelines endommagés, fuites et ruptures) en 2005;

- Nombre annuel de rejets de pétrole brut, de gaz naturel et de condensats dans chaque catégorie de volume de rejets (plus faible, secondaire, élevé et très élevé) entre 1995 et 2005.

Le nombre de rejets annuels estimés provenant des pipelines en Alberta a été déterminé à partir de données historiques de l'ERCB (2009). On a enregistré 311 rejets d'hydrocarbures liquides en 2005 provenant de pipelines. Cependant, ces données sont propres à la province de l'Alberta. Afin de tenir compte des fuites de pipelines partout au Canada, le nombre total de rejets de pipeline en Alberta a été ajusté proportionnellement en fonction des mouvements d'oléoducs de chaque province (Statistique Canada, 2001, 2009). Les rejets autres qu'à partir du corps de la canalisation devraient être plus fréquents que ceux provenant du corps de la canalisation. Par conséquent, il a été estimé que 40 % des déversements ont été attribués au chargement, 20 % au transport et 40 % au déchargement. Les déversements annuels estimés de gaz de pétrole et de raffinerie à partir du chargement, du transport et du déchargement sont présentés dans le tableau A4.1 à l'annexe 4. Ces estimations sont très prudentes, puisqu'elles ont été calculées à partir de tous les types de pipeline et ne se limitent pas aux gaz de pétrole et de raffinerie.

Les quantités estimées (limite supérieure) de rejet dans le sol et dans l'air par événement pour chaque mode de transport (pipeline et train) sont présentées au tableau 3. Ces valeurs sont utilisées pour déterminer la concentration environnementale estimée dans le cadre de l'évaluation de l'exposition environnementale. Il n'y a aucun rejet estimé dans l'atmosphère attribuable aux pertes par évaporation.

Tableau 3. Quantités estimées (limite supérieure) de trois gaz de pétrole et de raffinerie restreints à l'industrie (rejets involontaires et pertes par évaporation) rejetés dans différents milieux pendant le transport

Mode de transport	Rejets involontaires liés à des fuites, par milieu ^a					
	Eaux usées ou eau de mer		Sol		Atmosphère	
	(tonnes/fuite)	(tonnes/an) ^c	(tonnes/fuite)	(tonnes/an)	(tonnes/fuite)	(tonnes/an)
Pipeline						
Chargement	s.o.	s.o.	4	1 018	43	10 048
Transport	s.o.	s.o.	15	1 782	148	17 582
Déchargement	s.o.	s.o.	4	1 018	43	10 048
Navire	Non concerné					
Camion	Non concerné					
Train	Négligeable					

^a Le processus de calcul générique pour les rejets involontaires est présenté à l'annexe 4.

^b Seules les pertes par évaporation sous des conditions normales d'exploitation sont prises en compte. Rejets par évaporation négligeables pour les pipelines ou les réservoirs sous haute pression pendant le chargement, le transport et le déchargement (USEPA, 2008a).

^c Les rejets estimés en tonnes par an sont basés sur un nombre de rejets par fuite, multiplié par le nombre de rejets par an, selon le tableau A4.1 de l'annexe 4.

La plus forte quantité estimée de rejets involontaires dans l'atmosphère par évaporation des gaz de pétrole et de raffinerie provient du transport par pipeline, avec 148 tonnes par rejet. Les rejets par événement pour les phases de chargement et de déchargement sont estimés à 43 tonnes dans chacun des cas (tableau 3). Les pertes involontaires dans le sol lors du transport par pipeline, ont été estimées à 15 tonnes par événement. On estime au

maximum à 22 132 tonnes par an les substances qui pourraient être perdues dans le sol et l'atmosphère pendant le chargement et le déchargement de pipelines, et à 19 364 tonnes par année les pertes durant le transport par pipeline (tableau 3). Le nombre estimé de fuites par année est présenté dans le tableau A4.1 (annexe 4). Il s'agit d'une estimation très prudente, en raison des hypothèses énoncées ci-dessus, et on considère qu'il s'agit d'une limite supérieure.

Devenir dans l'environnement

Une modélisation de la fugacité a été menée sur les gaz qui composent l'essentiel des quatre substances désignées par ces quatre n^{os} CAS. Les éléments de ces n^{os} CAS sont à l'état gazeux sous des températures adaptées à l'environnement. Lorsqu'ils sont rejetés dans l'environnement, ils se volatilisent et se dissipent dans l'air ambiant.

Les alcanes appartenant à la chaîne carbonée C₁₋₅ ont un point d'ébullition compris entre -162 et 36 °C. Chacun des composants des gaz de pétrole et de raffinerie se caractérise par une solubilité modérée dans l'eau (22–735 mg/L), une pression de vapeur très élevée ($6,9 \times 10^4$ à 6×10^7 Pa), une constante de la loi de Henry très élevée ($7,5 \times 10^3$ à $1,4 \times 10^5$ Pa m³/mol), une valeur faible de log K_{oe} (1,1 à 3,4), et une valeur faible à modérée de log K_{co} (1,6 à 3,3) (voir le tableau A2.2 de l'annexe 2).

En cas de rejet dans l'air, tous les composants des gaz de pétrole et de raffinerie devraient rester dans l'atmosphère puisqu'ils sont très volatils (pression de vapeur de $6,9 \times 10^4$ à 6×10^7 Pa) (voir le tableau A2.2 de l'annexe 2).

En cas de rejet dans l'eau, tous les composants resteront principalement dans l'eau (80 à 99 %), étant donné que leur solubilité est modérée (22 à 735 mg/L), avec probablement des pertes par évaporation importantes dans l'air (7 à 20 %) (voir le tableau A5.1 de l'annexe 5). La volatilisation à partir des surfaces de l'eau devrait être un processus de devenir relativement important, en raison de la solubilité dans l'eau modérée, des pressions de vapeur généralement très élevées et des constantes de la loi de Henry élevées (de $7,5 \times 10^3$ à $1,4 \times 10^5$ Pa m³/mol). Les rejets dans l'air chutent avec l'augmentation de la taille et de la complexité des molécules. Les alcènes et diènes ont moins tendance à s'évaporer à partir de la surface de l'eau, mais ces substances resteront dans l'eau. Les gaz de pétrole et de raffinerie ne devraient pas s'adsorber fortement sur les matières en suspension et les sédiments ni être absorbées par eux, étant donné les estimations faibles à modérées de leur log K_{co} (voir le tableau A2.2 à l'annexe 2; (EQC, 2003). Cependant, comme il n'y a aucune voie de rejet connue dans les environnements aquatiques, ce scénario est peu probable.

En cas de rejet dans le sol, les alcanes et les alcènes se volatiliseront en grande partie, de 82 à 98 % de ces substances se dissipant dans l'air. Une partie importante des diènes restera dans le sol (environ 57 %) et le reste s'évaporerait (tableau A5.1 de l'annexe 5). La plupart des composants des gaz de pétrole et de raffinerie devraient avoir un taux d'adsorption 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_{co} et les pressions de vapeur élevées. La volatilisation à partir des surfaces de sol humides devrait être un processus important dans le devenir de ces substances, puisqu'elles présentent des constantes de la loi de Henry et des pressions de vapeur élevées à très élevées.

Persistance et potentiel de bioaccumulation

Persistance dans l'environnement

Les alcanes de C_1 - C_5 sont des substances relativement inertes, non polaires et hydrophobes qui ne réagissent pas avec l'eau ou des hydroxydes (Lyman *et al.*, 1990). Les données empiriques sur la biodégradation aérobie (API, 2001a) montrent que 66 % à 76 % de la biodégradation se produit sur une période de 35 jours pour le méthane et l'éthane dans l'eau.

Dans la mesure où il existe peu de données expérimentales sur la dégradation d'autres gaz de pétrole et de raffinerie, une méthode du poids de la preuve reposant sur les modèles de relations quantitatives structure-activité (RQSA) a été appliquée à l'aide du modèle AOPWIN (2008); se reporter au tableau A5.2 de l'annexe 5.

Les demi-vies prévues par oxydation atmosphérique des composants des gaz de pétrole et de raffinerie vont de 0,2 à 1 559 jours (tableau A5.2 de l'annexe 5). Les structures d'alcanes dans les gaz de pétrole et de raffinerie s'oxydent lentement, alors que les alkènes et le 1,3-butadiène devraient s'oxyder rapidement. Cette hypothèse est appuyée par le calcul des valeurs de photodégradation des alcanes fondé sur les équations de Atkinson (1990) qui montrent des demi-vies de dégradation de 3,2 à 960 jours pour certains composés d'alcane lorsqu'ils sont en contact avec les radicaux hydroxyles exposés à la lumière du soleil. Ces substances ne devraient pas réagir avec d'autres espèces photooxydantes dans l'atmosphère, comme l'ozone. Par conséquent, on s'attend à ce que les réactions avec des radicaux hydroxyles soient le processus majeur régissant le devenir dans l'atmosphère des gaz de pétrole et de raffinerie.

Étant donné qu'il n'y avait pas de données empiriques sur la dégradation des gaz de pétrole et de raffinerie comme mélanges complexes, une méthode du poids de la preuve reposant sur des relations quantitatives structure-activité (RQSA) [Environnement Canada, 2007] a été utilisée avec les modèles de dégradation BioHCWin (2008), BIOWIN 3, 4, 5, 6 (2009), CATABOL (c2004-2008) et TOPKAT (2004) (voir le tableau A5.3 à l'annexe 5).

La biodégradation primaire (d'après les estimations effectuées à l'aide des modèles BioHCWin et BioWin 4) est la transformation d'un composé d'origine en un métabolite initial. La biodégradation ultime (selon les estimations effectuées à l'aide des modèles BIOWIN 3, 5 et 6, CATABOL et TOPKAT) est la transformation d'un composé d'origine en dioxyde de carbone et en eau, en minéraux d'oxyde d'autres éléments présents dans le composé d'essai et en nouveaux matériaux de cellules (EPI Suite, 2008). Le modèle

BioHCWin (2008) est un modèle de biodégradation propre aux hydrocarbures pétroliers. Les résultats de tous les modèles basés sur MITI (BIOWIN 5 et 6) se situent dans les domaines d'applicabilité. Le méthane n'est pas inclus, puisqu'il ne se dégrade pas.

Pour l'ensemble des composants, les modèles de biodégradation primaire et ultime dans BIOWIN (2009) et BIOHCWIN indiquent tous deux que ces composés se dégradent rapidement et ne devraient pas être persistants (demi-vie inférieure à 182 jours dans l'eau; voir le tableau A5.3 à l'annexe 5).

Selon un ratio d'extrapolation de 1:1:4 pour la demi-vie associée à la biodégradation dans l'eau, le sol et les sédiments (Boethling *et al.*, 1995), la demi-vie dans le sol de l'ensemble des structures représentatives est également inférieure à 182 jours et la demi-vie dans les sédiments est inférieure à 365 jours.

La demi-vie atmosphérique de la plupart des composants de ces gaz de pétrole et de raffinerie est supérieure ou égale à 2 jours, sous l'effet des réactions avec des radicaux hydroxyles, et on considère qu'elle atteint ou dépasse les critères de persistance dans l'air (demi-vie atmosphérique supérieure ou égale à 2 jours), définis dans le *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* de la LCPE (1999) [Canada, 2000a]. En contraste, leur demi-vie dans l'eau, le sol ou les sédiments n'atteint pas les critères de persistance dans ces milieux définis dans le *Règlement* [Canada, 2000a].

Potentiel de bioaccumulation

Faute de données expérimentales sur le facteur de bioaccumulation (FBA) ou le facteur de bioconcentration (FBC) des gaz de pétrole et de raffinerie, une méthode prédictive a été appliquée au moyen des modèles du FBA et du FBC disponibles. Le modèle modifié du FBA de Gobas pour le niveau trophique intermédiaire chez les poissons (BCFBAF, 2008) a estimé le facteur de bioaccumulation (FBA) entre 2 et 126 L/kg, ce qui indique qu'aucun des composants des gaz de pétrole et de raffinerie n'a un potentiel de bioaccumulation dans les tissus des poissons et de bioamplification dans les réseaux trophiques (tableau A5.4 de l'annexe 5).

D'après les valeurs disponibles obtenues par modélisation cinétique, aucun des composants des gaz de pétrole et de raffinerie ne satisfait au critère de la bioaccumulation ($FBA/FBC \geq 5\,000$) énoncé dans le *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* [Canada, 2000a].

Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement

Évaluation des effets écologiques

Milieu aquatique

Compte tenu de l'absence d'une voie de rejet dans les milieux aquatiques, aucune donnée sur la toxicité aquatique n'a été incluse dans la présente évaluation.

Milieu terrestre

Il existe une voie d'exposition à partir de l'air pour les organismes terrestres. Les données sur la toxicité sur les petits mammifères ont été incluses dans la présente évaluation. L'éthène a été exclu de cette évaluation, car une autre évaluation portant sur sa signification toxicologique dans l'environnement est actuellement en cours de préparation. Environnement Canada a évalué auparavant les risques écologiques associés à la production et à l'utilisation de 1,3-butadiène (Canada, 2000b) et conclu que la substance présentait un risque écologique faible pour les plantes terrestres, les invertébrés du sol et la faune. Aucune donnée écotoxicologique suggérant que cette conclusion devrait être modifiée n'a été portée à l'attention d'Environnement Canada depuis cette évaluation.

Les données expérimentales disponibles concernant l'exposition par inhalation des animaux de laboratoire indiquent que peu de structures représentatives comportent une réelle toxicité aiguë pour les organismes non humains (Canada 2000b; ACGIH 2001, 2005). Le méthane est biologiquement inerte (Rom, 1992); l'isobutane est toxique pour les rats à une concentration de 570 000 ppm (1 458 000 mg/m³) sur 15 minutes (BESC, 2007); et on a constaté une concentration létale médiane CL₅₀ de 620 000 mg/m³ chez les rats pour l'isobutylène (Shugaev, 1969). Le propène à 112 000 mg/m³ sur 4 heures n'a produit aucun décès chez les rats (Conolly et Osimitz, 1981), et à 40 % (688 000 mg/m³) a produit seulement une légère anesthésie chez les rats (Bingham *et al.*, 2001).

Les petits mammifères ne sont pas non plus particulièrement sensibles à ces composants à long terme. Aucun effet de toxicité sublétales sur le développement n'a été constaté à des concentrations relativement élevées, en ce qui concerne le propène (17 190 mg/m³) ou le 2-butène (11 460 mg/m³), chez les rats gravides exposés par inhalation (Waalkens-Berendsen et Arts, 1992; Aveyard, 1996; BASF, 2002).

Il a été établi dans le passé que l'éthène, qui entre dans la composition de certains de ces gaz de pétrole et de raffinerie, était une substance potentiellement dangereuse pour les plantes terrestres. Une évaluation détaillée des risques posés par l'éthène est en cours et, par conséquent, il n'est pas pris en compte ici.

Évaluation de l'exposition de l'environnement

Compte tenu de l'absence d'une voie de rejet apparente dans les milieux aquatiques, aucun scénario d'exposition n'a été élaboré. De même, en raison de l'absence de toxicité par inhalation démontrée pour les petits mammifères, aucun scénario d'exposition n'a été élaboré pour les animaux terrestres. Comme l'éthène fera l'objet d'une évaluation distincte, aucun scénario d'exposition n'a été élaboré pour les plantes terrestres.

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 (1999).

Les principaux composants des gaz de pétrole et de raffinerie présentent une toxicité aiguë très faible pour les mammifères (de plus de 600 000 mg/m³); par conséquent, il est fortement improbable que les animaux sauvages soient exposés à des concentrations toxiques aiguës. Il n'y a pas eu d'effets de toxicité sublétales graves sur les rats exposés par inhalation à deux composants, entre 11 000 et 17 000 mg/m³. Ces concentrations dépassent largement celles auxquelles on s'attend dans l'environnement, même autour de déversements de grande envergure. Il n'y avait aucun autre scénario d'exposition, étant donné que ces substances sont composées de gaz, et que l'exposition des organismes aquatiques était très peu probable, car les substances ne sont pas transportées par l'eau.

Dans un scénario où les gaz de pétrole et de raffinerie sont rejetés dans le sol par le transport par pipelines, ces substances ne resteront probablement pas dans le sol, mais se dissiperont plutôt rapidement dans l'air (voir le tableau A5.1 dans l'annexe 5). Par conséquent, aucun scénario d'exposition impliquant le rejet de gaz de pétrole et de raffinerie dans le sol n'a été pris en compte.

Un autre composant, l'éthène, fait actuellement l'objet d'une évaluation préalable distincte et n'a pas été pris en compte ici.

Il n'y avait aucune preuve indiquant que ces gaz de pétrole et de raffinerie constitueraient une menace pour les organismes terrestres.

On considère que ces gaz de pétrole et de raffinerie contiennent des composants qui atteignent les critères de persistance dans l'air, au sens du *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* de la LCPE (1999) [Canada, 2000a], mais aucun qui atteint ou dépasse les critères de bioaccumulation.

Par conséquent, d'après les renseignements présentés dans la présente évaluation préalable, on conclut que ces gaz de pétrole et de raffinerie sont peu susceptibles de causer des effets écologiques nocifs aux organismes ou à l'intégrité globale de l'environnement. On conclut que les quatre gaz de pétrole et de raffinerie inclus dans la présente évaluation préalable (n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-

19-5) ne satisfont pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) ou 64b) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE (1999)] 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 à la vie.

Incertitudes dans l'évaluation des risques pour l'environnement

Les proportions de chaque composant de chaque gaz de pétrole et de raffinerie portant un n° CAS précis ne sont généralement pas connues. Toutefois, étant donné la faible écotoxicité de la plupart des composantes, la quantité insuffisante de ces données ne revêt pas un caractère trop important pour l'évaluation des risques écotoxicologiques.

Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine

Évaluation de l'exposition

Les propriétés physiques et chimiques générales de ces gaz de pétrole et de raffinerie indiquent que, lorsque ces substances gazeuses sont rejetées, elles se dispersent rapidement dans les environs des raffineries, des usines de valorisation et des usines de traitement du gaz naturel. Par ailleurs, si ces substances gazeuses sont rejetées dans l'air, les produits chimiques individuels constituant les gaz de pétrole et de raffinerie se sépareront et se diviseront selon leurs propres propriétés physiques et chimiques (API, 2009a). Ainsi, étant donné que l'exposition par inhalation serait la principale voie d'exposition, elle représente, par conséquent, l'objectif principal de la présente évaluation de l'exposition.

Les gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de la présente évaluation préalable peuvent se disperser dans l'atmosphère aux abords d'une installation sous forme de rejets involontaires provenant notamment de l'équipement, de valves et de brides de transformation. En raison du nombre limité des renseignements concernant les émissions associées à ces combinaisons complexes d'hydrocarbures dans leur ensemble, on a jugé qu'il était pertinent de caractériser les émissions par un composant précis de ces mélanges. Le 1,3-butadiène a été choisi à partir de la liste des composants (d'après la description dans la section sur les propriétés physiques et chimiques) qui causent un large éventail d'effets toxiques potentiels, étant donné qu'il s'agit d'un composant très dangereux des gaz de pétrole et de raffinerie qui représenterait des risques pour la santé humaine. De plus, il s'agit d'un composant présent dans les quatre gaz de pétrole et de raffinerie qui a servi de base à la classification de ces substances comme cancérogènes par l'Union européenne (Commission européenne, 2004; ESIS, 2008).

Tel qu'il a été discuté à la section précédente (Rejets dans l'environnement), les sources potentielles de rejet de ces quatre gaz de pétrole et de raffinerie sont des rejets involontaires sur place provenant des unités de traitement, ainsi que tout rejet pouvant se

produire pendant le transport des substances portant les n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8 et 68477-85-0 (y compris le chargement, le transport et le déchargement).

Exposition potentielle aux rejets involontaires sur place

Comme on l'a décrit en détail dans la précédente évaluation du groupe 1 de gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations (Canada, 2013), les rejets involontaires sur le site peuvent être estimés en utilisant les données sur les émissions de benzène et le ratio du 1,3-butadiène au benzène provenant des émissions des raffineries.

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, 2000b). 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 2007 ont été recueillies à partir de l'entrepôt de données de la Clean Air Strategic Alliance en Alberta (CASA, 2007), et indiquaient que les concentrations annuelles moyennes dans l'est et le centre d'Edmonton et le centre de Calgary étaient de 0,34 µg/m³, 0,18 µg/m³ et 0,32 µg/m³, respectivement. Les concentrations annuelles moyennes de 1,3-butadiène dans l'air ambiant variaient entre moins de 0,05 µg/m³ et de 0,05 à 0,2 µg/m³ en 2005, selon les données recueillies dans 49 sites de surveillance à travers le Canada (RNSPA, 2008) et entre 0,05 µg/m³ et 0,1 µg/m³ en 2006, pour 47 sites de surveillance (RNSPA, 2008); enfin, elles variaient entre 0,01 et 0,4 µg/m³ en 2008-2009, selon les données recueillies cette fois dans 58 sites de surveillance à travers le Canada (RNSPA, 2010). Aux fins de cette évaluation, la valeur de 0,22 µg/m³ a été choisie pour représenter les concentrations dans l'air ambiant pour comparaison avec les émissions modélisées.

En raison de la disponibilité limitée des données quantitatives concernant les émissions (données mesurées ou estimées) de 1,3-butadiène provenant d'installations pétrolières, le potentiel d'exposition humaine aux gaz de pétrole et de raffinerie a été estimé en se basant sur les données d'émissions de benzène mesurées et sur le ratio de 1,3-butadiène et de benzène dans les rejets totaux de raffineries (INRP, 2000-2007; TRI, 2007), comme le décrit l'évaluation portant sur les gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1.

Des données de surveillance des émissions de benzène provenant des raffineries canadiennes ont été signalées par Chambers *et al.* (2008) à l'aide d'une méthode d'absorption différentielle de détection et télémétrie par ondes lumineuses (LIDAR). La technologie LIDAR est reconnue par la Commission européenne comme l'une des meilleures méthodes disponibles pour l'évaluation quantitative sur site du benzène dans les raffineries et les installations de stockage (BEPRIP, 2003, 2006). La technologie LIDAR a été citée comme étant une méthode capable de fournir des estimations fiables des émissions à court terme (CONCAWE, 2008; USEPA 2010). Lorsque les estimations

des émissions à court terme sont extrapolées afin de refléter les valeurs de l'inventaire annuel, ces estimations peuvent être élevées par rapport aux algorithmes d'émissions fournis par l'API et fondés sur des hypothèses normalisées (CONCAWE, 2008). Indépendamment des différences entre les estimations fournies par la méthode LIDAR et par l'API, les indicateurs LIDAR, fondés sur des mesures quantitatives, sont considérés comme étant une méthode d'estimation prudente qui est utilisée pour évaluer les émissions fugitives des raffineries européennes depuis plus de 20 ans, et sont validés par la USEPA (CONCAWE, 2008; USEPA, 2006, 2010).

Un fois la quantité des émissions de 1,3-butadiène estimée à partir des données fournies par la méthode LIDAR sur les émissions de benzène (Chambers *et al.*, 2008), et à l'aide du ratio de 1,3-butadiène et de benzène dans les émissions fugitives d'une installation (estimations de la moyenne et de la limite supérieure) (INRP, 2000-2007; TRI, 2007)⁶, la dispersion du 1,3-butadiène dans l'atmosphère à des distances croissantes de la source de rejet a été modélisée à l'aide de SCREEN3 (1996), mis au point par l'Environmental Protection Agency des États-Unis.

SCREEN3 est un modèle de dispersion atmosphérique gaussien au niveau de l'évaluation qui se fonde sur le modèle Industrial Source Complex (ISC) (pour évaluer les concentrations d'agents polluants provenant de diverses sources dans un complexe industriel). Le facteur déterminant de la dispersion de l'air dans le modèle SCREEN3 est le vent. La concentration d'exposition calculée maximale est choisie en fonction d'une matrice de données météorologiques intégrée de différentes combinaisons de conditions météorologiques, y compris la vitesse du vent, la turbulence et l'humidité. Ce modèle prédit directement les concentrations qui résultent des rejets de source ponctuelle, diffuse ou liée à un volume. SCREEN3 donne les concentrations maximales d'une substance à une hauteur choisie des points de réception et à diverses distances d'une source de rejet dans la direction du vent en provenance du vent dominant une heure après un rejet donné. Au cours d'une période de 24 heures, pour les émissions provenant de sources ponctuelles, la concentration maximale pendant une heure (évaluée par la version 3 de ISC) est multipliée par un facteur de 0,4 pour tenir compte des orientations variables du vent. Il en ressort une estimation de la concentration dans l'air pour une exposition de 24 heures (USEPA, 1992). De même, en ce qui concerne les expositions qui se sont produites pendant une année, on peut s'attendre à ce que la direction des vents courants varie davantage et diffère de la direction du vent pour un seul événement. Par conséquent, la concentration d'exposition maximale répartie sur une année est calculée en multipliant la concentration maximale d'une heure d'exposition par un facteur de 0,08. De tels

⁶ Les données provenant de l'Inventaire national des rejets de polluants du Canada (INRP, 2000-2007) et du Toxics Release Inventory des États-Unis (TRI, 2007) ont servi à déterminer le ratio de 1,3-butadiène et de benzène dans les émissions fugitives provenant des installations pétrolières. Pour estimer une moyenne, on a utilisé le ratio médian (50^e centile de l'ensemble des données) des données de l'INRP concernant la période de 2000 à 2007 (1:216). Or, seulement trois des six raffineries et usines de traitement canadiennes ont déclaré des émissions fugitives de 1,3-butadiène entre 2000 et 2007. Pour cette raison, c'est le ratio médian (1:85) des données du TRI pour l'année 2007 qui a servi à estimer la limite supérieure, puisque ces données tiennent compte de 65 raffineries aux États-Unis et qu'elles sont donc jugées plus représentatives (Canada 2012).

facteurs d'échelle ne sont pas utilisés pour les émissions provenant de sources non ponctuelles. Toutefois, pour éviter la surestimation des expositions de sources diffuses, un facteur de mise à l'échelle de 0,2 a été utilisé pour obtenir les concentrations d'exposition annuelles à partir de la valeur maximale d'une heure d'exposition, obtenue avec le modèle SCREEN3. La liste des paramètres d'entrée est présentée dans le tableau A6.1 de l'annexe 6.

Les résultats de la modélisation de cette approche sont présentés dans le tableau A6.2 de l'annexe 6.

Les résultats de modélisation de la dispersion dans l'air selon SCREEN3 montrent que la concentration de 1,3-butadiène dans l'air ambiant près des raffineries, des usines de valorisation et des usines de traitement du gaz naturel est favorisée par les rejets involontaires de ces quatre gaz de pétrole et de raffinerie. Il est reconnu que les gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 2 comprennent une fraction des rejets des installations pétrolières caractérisés dans l'évaluation des gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 1. Les rejets estimés totaux de l'évaluation du groupe 1 étaient basés sur l'ensemble des gaz de pétrole et de raffinerie dans une installation. Il n'est pas possible de déterminer quelle proportion de ces rejets est attribuable aux gaz de pétrole et de raffinerie du groupe 2. Cependant, pour un établissement donné, ces substances contribueraient aux rejets totaux. Les rejets estimés totaux sont présentés ci-après.

Le profil de dispersion modélisé pour le 1,3-butadiène, d'après la distance à partir de la source de rejet, indique que la concentration annuelle moyenne de gaz de pétrole et de raffinerie dans l'air ambiant à 200 m (pour les substances du groupe 1 et du groupe 2) provenant de ces installations est d'environ 0,44 microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour la limite supérieure et d'environ 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la limite inférieure (tableau A6.2 de l'annexe 6). On estime que, pour la limite supérieure (1:85), la concentration de 1,3-butadiène dans l'air associée aux rejets involontaires 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 la limite inférieure de la plage (0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, selon un ratio d'émissions de 1:216), la concentration 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.

Des résultats semblables ont été obtenus à l'aide d'une méthode de rechange pour la caractérisation de l'exposition, selon l'application de facteurs d'émissions normalisés et des composants décrits par l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques et l'Institut canadien des produits pétroliers (ACFPC, 2008; ICPP, 2007). Dans l'ensemble, les renseignements disponibles indiquent qu'il existe une contribution de 1,3-butadiène aux niveaux naturels dans l'air ambiant associés aux rejets involontaires de gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries. En conséquence, le potentiel d'exposition du grand public à ces gaz de pétrole et de raffinerie dans les environs des raffineries, des usines de valorisation et les usines de traitement du gaz naturel est limité. La dégradation du 1,3-butadiène dans l'atmosphère n'est pas prise en compte dans la modélisation de l'exposition. Même si la demi-vie estimative moyenne du 1,3-butadiène

dans l'atmosphère, due à la photo-oxydation, va de 14 minutes à 10 h, les demi-vies réelles du 1,3-butadiène peuvent connaître de fortes fluctuations, passant de quelques heures à quelques mois dans différentes conditions (p. ex. différentes saisons, ciel clair ou nuageux, etc.) [Canada, 2000b]. Par conséquent, à titre d'approche prudente, les pertes liées à la photodégradation du 1,3-butadiène ne sont pas prises en compte dans l'estimation du profil de concentration de 1,3-butadiène dans la présente évaluation préalable.

Exposition potentielle découlant du transport

Selon les derniers renseignements transmis par l'industrie, la substance portant le n° CAS 68527-19-5 n'est pas actuellement transportée vers d'autres installations industrielles. Par conséquent, le scénario de transport n'est pertinent que pour les gaz de pétrole et de raffinerie portant les n°s CAS 68131-75-9, 68477-33-8 et 68477-85-0.

Normalement, les hydrocarbures sont transportés dans des systèmes sous pression. En raison des exigences rigoureuses pour la conception et l'exploitation des systèmes sous pression, le risque de pertes par évaporation des substances gazeuses pendant les activités de chargement, de transport et de déchargement a été réduit de manière considérable (OCDE, 2009).

Le transport des gaz de pétrole 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 a dû faire appel à un ensemble de normes, élaborées par l'Association canadienne de normalisation ou l'Office des normes générales du Canada, pour la conception, la fabrication, les dispositifs de sécurité, l'inspection et les activités qui entrent en compte dans le transport des gaz de pétrole, par voies ferroviaires, routière et maritime. Ainsi, les équipements pour la manipulation des substances, 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, 2001b).

Le chargement et le déchargement de substances pétrolières sont effectués dans un système fermé (Commission européenne, 2006). Cependant, lorsqu'un raccordement fileté est utilisé entre un bras de chargement et un réservoir sous pression, les fuites fugitives peuvent toujours survenir en raison d'un mauvais entretien (Hendler *et al.*, 2006). Ces fuites ne sont pas considérées comme rejets typiques dans des conditions normales d'exploitation et peuvent être évitées (p. ex. en remplaçant le raccordement fileté par une bride de raccordement). Par conséquent, on ne s'attend pas à ce que ces gaz soient rejetés dans l'environnement dans des conditions normales de manipulation.

Dans le cas du stockage de gaz de pétrole liquéfiés, on utilise souvent l'enfouissement des gaz inertes (azote) autour des réservoirs de stockage, ainsi que les programmes de détection des fuites, afin de prévenir toute réaction inflammable avec l'oxygène (Kraus, 1998).

En outre, 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, et indiquent que chacun de ces éléments doit satisfaire à certaines normes de conception et de sécurité. Ces mesures sont les suivantes : un certificat et une licence sont généralement nécessaires pour la manipulation de gaz comprimés; des inspections fréquentes par du personnel professionnel des navires et des systèmes de tuyauterie sous pression sont nécessaires et seront consignées; et un plan d'intervention en cas d'urgence doit être élaboré et approuvé avant de manipuler ou de transporter des substances gazeuses. Dans le cas de toute présence accidentelle réelle ou prévue, le personnel désigné doit signaler dans les plus brefs délais et prendre toutes les mesures raisonnables pour réduire tout danger lié au rejet des substances pour la population générale. Un inspecteur peut, à toute heure convenable, vérifier toute matière liée à la manutention ou au transport de ces substances (Alberta, 2010).

Dans l'ensemble, d'après la discussion précédente, on ne s'attend pas à des émissions régulières par évaporation des systèmes sous pression, liées à la manipulation ou au transport. Par conséquent, on ne s'attend pas à une exposition de la population générale aux rejets réguliers de ces gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries pendant le chargement, le transport et le déchargement.

Évaluation des effets sur la santé

Aucun renseignement sur les effets sur la santé de ces quatre substances de gaz de pétrole et de raffinerie n'est disponible. 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 comparables tant sur le plan du procédé que sur le plan physique et chimique. Par conséquent, pour caractériser la toxicité de ces substances restreintes aux installations, on a pris en considération les substances analogues du système High Production Volume Information System (HPVIS) de l'Environmental Protection Agency des États-Unis et les catégories de constituants des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries, dont les alcanes, les alcènes (ou oléfines), les alcadiènes, les alcynes, les hydrocarbures aromatiques, les composés thioliques et les composés inorganiques. Toute la documentation disponible touchant les gaz de pétrole et de raffinerie et leurs constituants a été prise en compte dans la préparation de l'évaluation préalable. Toutefois, seul un résumé des données essentielles sur lesquelles s'appuie la conclusion est présenté ici.

Les gaz (pétrole), vapeur légère obtenue par craquage, le concentré de butadiène (n° CAS 68955-28-2) a été défini comme une substance apparentée aux hydrocarbures, riches en C₃-C₄, distillats de pétrole (n° CAS 68512-91-4), un gaz de pétrole et de raffinerie restreint aux installations, selon les paramètres de toxicité aiguë et de toxicité génétique. Une valeur de CL₅₀ égale ou supérieure à 5 300 mg/m³ a été relevée chez les

rats pour les substances portant le n° CAS 68955-28-2. Une fréquence accrue de micronoyaux dans les érythrocytes a été observée dans la moelle osseuse des souris mâles et femelles CD1 exposées par inhalation aux substances portant le n° CAS 68955-28-2 pendant deux jours. Les résultats de génotoxicité *in vitro* de n°s CAS 68955-28-2 étaient divers : une fréquence accrue de la mutation a été observée dans les cellules de lymphomes des souris sans activation, et une augmentation non prévue de la synthèse de l'acide désoxyribonucléique (ADN) a été relevée dans les cellules de mammifères, mais les résultats négatifs ont été signalés en raison de leur mutation inverse (Test d'Ames) et la transformation cellulaire (USEPA, 2008b).

La substance portant le n° CAS 68476-52-8 (hydrocarbures C₄), dérivée d'éthylène de fabrication (butadiène brut C₄; composé de butadiène à 10 %), a aussi été identifiée à partir d'analogues du système HPVIS, comme une substance similaire au n° CAS 68512-91-4 en raison des paramètres de sa toxicité à doses répétées, pour la reproduction et pour le développement. D'après une étude dans laquelle les rats mâles et femelles Sprague-Dawley ont été exposés par inhalation à des quantités pouvant atteindre 20 000 mg/m³ avant la reproduction, pendant et jusqu'au 19^e jour de gestation, pour arriver à un total d'environ 36 à 37 jours (USEPA, 2008b), une concentration sans effet nocif observé (CSENO) de 20 000 mg/m³ a été obtenue précisément pour connaître sa toxicité pour la reproduction et le développement, alors qu'une concentration sans effet observé (CSEO) de 20 000 mg/m³ a été obtenue pour déterminer la toxicité à doses répétées en raison de l'insuffisance des effets relevés au moyen d'une série de paramètres.

Comme il est indiqué ci-dessus, les publications sur les études toxicologiques ne présentaient aucun rapport sur l'une ou l'autre des substances composant les gaz de pétrole et de raffinerie. 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 des substances gazeuses (API, 2001a; API, 2009a, b; CONCAWE, 2005). Les résultats de l'évaluation des composants servent à la caractérisation des risques potentiels associés à ces mélanges. En règle générale, il existe plusieurs composants potentiellement dangereux dans un gaz de pétrole et de raffinerie (énumérés dans la section Identité de la substance); par conséquent, le composant le plus dangereux pour un paramètre particulier est utilisé pour caractériser le risque associé à un mélange (API, 2009a, b). Les agences et les organisations internationales ont défini des profils toxicologiques pour les différents composants des gaz de pétrole et de raffinerie (API, 2001a, b; API, 2009a, c; CONCAWE, 2005).

Un résumé des effets sur la santé des classes de composants est présenté à l'annexe 7; toutefois, aucune analyse critique de l'ensemble des données relatives aux effets sur la santé des nombreux composants n'a été réalisée. La présente évaluation préalable de ces gaz de pétrole et de raffinerie est plutôt axée sur un composant précis, pris en compte pour représenter avec prudence le plus grand danger posé par ces substances sur la santé humaine en tant que groupe. Le 1,3-butadiène alcadiène a été retenu comme composant très dangereux afin de représenter les effets critiques des gaz de pétrole et de raffinerie sur la santé, puisqu'il se trouve dans les quatre gaz de pétrole et de raffinerie faisant

l'objet de la présente évaluation préalable et que ses effets critiques sur la santé sont bien documentés (Canada, 2000b).

On trouve une somme importante de documents portant sur les toxicocinétiques et les effets du 1,3-butadiène à la suite d'expositions aiguës à court et à long terme, principalement par voie d'inhalation. Les récentes évaluations effectuées par le gouvernement du Canada et d'autres organismes ont permis d'évaluer en détail toutes les données relatives aux effets sur la santé (Canada, 2000b; EURAR, 2002; USEPA, 2002; Grant, 2008; ATSDR, 2009). Pertinentes pour la présente évaluation préalable, les publications critiques pour la caractérisation des effets sur la santé humaine du 1,3-butadiène, comme composante très dangereuse des gaz de pétrole et de raffinerie, sont ainsi résumées.

L'annexe 8 comporte un résumé des renseignements sur les effets critiques du 1,3-butadiène sur la santé. Un examen des effets sur la santé humaine du 1,3-butadiène a été réalisé précédemment dans le cadre de la deuxième évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire (Canada, 2000b). Cette substance a été par la suite ajoutée à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE (1999).

Les gaz de pétrole et de raffinerie sont classés par la Commission européenne comme substances cancérigènes lorsque la concentration de 1,3-butadiène présent dans ces substances est supérieure à 0,1 % en poids (Commission européenne, 2004; ESIS, 2008). Le 1,3-butadiène a été classé cancérigène par de nombreux organismes nationaux et internationaux. En vertu du Programme d'évaluation des substances d'intérêt prioritaire, le gouvernement du Canada a conclu que le 1,3-butadiène satisfaisait aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE (1999), compte tenu de la plausibilité de son mode d'action dans l'induction de tumeurs par l'interaction directe avec le matériel génétique (Canada, 2000b). 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. 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. Enfin, la Commission européenne a classé le 1,3-butadiène comme substance cancérigène (Catégorie 1 : peut causer le cancer; substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme), mais également classé mutagène (Catégorie 2 : peut causer des altérations génétiques héréditaires; substances devant être assimilées à des substances mutagènes chez l'humain (EURAR, 2002; ESIS, 2008).

Le potentiel cancérigène 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).

La 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. Contrairement à ce que l'on observe chez les souris, les types et l'apparition de tumeurs observées chez les rats laissent entendre un mécanisme non génotoxique qui se produit indirectement par le système endocrinien plutôt que par l'action directe des métabolites réactifs (Owen, 1981; Owen *et al.*, 1987; Owen et Glaister, 1990).

Bien que la sensibilité aux propriétés cancérigènes du 1,3-butadiène varie de façon marquée d'une espèce à l'autre, les données disponibles prouvent sans équivoque que le 1,3-butadiène est un cancérigène multiple chez les rongeurs (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, 2000b; EURAR, 2002; USEPA, 2002). L'étude menée par Delzell *et al.*, (1995, 1996), une étude de cohorte sur la mortalité de grande ampleur et de bonne qualité, montre une relation évidente entre l'exposition au 1,3-butadiène présent dans le butadiène-styrène (caoutchouc industriel) et la leucémie chez les humains. En s'appuyant sur cette preuve, de nombreux organismes nationaux et internationaux ont conclu qu'il existait « une preuve suffisante pour reconnaître le pouvoir cancérigène du 1,3-butadiène chez les travailleurs exposés » (USEPA, 2002) et qu'ainsi le « butadiène devait être considéré comme étant cancérigène pour les humains » (EURAR, 2002).

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, 2000b; 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 déterminée à partir de l'étude épidémiologique de Delzell *et al.*, (1995) et l'estimation quantitative de la toxicité cancérigène (TC₀₅) dérivée des données des animaux expérimentaux a été de 2,3 mg/m³ pour l'organe le plus sensible aux tumeurs chez les souris (Canada, 2000b).

L'Environmental Protection Agency des États-Unis (2002) a calculé un facteur de risque de cancer lié à l'exposition par inhalation à l'aide du modèle linéaire de débit relatif d'absorption fondé sur les données déclarées par le gouvernement du Canada. Un facteur

de risque par inhalation de $3 \times 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ a été calculé d'après l'étude rétrospective de cohorte menée par Delzell *et al.*, 1995) [USEPA, 2002]. Plus récemment, un facteur de risque par inhalation de $5 \times 10^{-7} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ a été calculé par la Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ) d'après les données actualisées sur la leucémie chez l'homme (Grant, 2008). Les valeurs déduites d'après l'étude de Grant (2008) ont été calculées selon les estimations actuelles de l'exposition de la même population qui a fait l'objet de l'étude; ces estimations ont été retenues parce qu'elles étaient considérées comme les meilleures estimations de l'exposition jamais publiées par l'Environmental Protection Agency des États-Unis (2002) visant à évaluer les risques de cancer pour les humains.

Il existe une vaste base de données comptant plus de 600 publications sur la génotoxicité du 1,3-butadiène qui a fait l'objet de recherches dans une série d'études *in vitro* et *in vivo* sur une variété de systèmes biologiques, allant des bactéries aux humains (EURAR, 2002). On peut trouver des analyses détaillées de cette base de données dans des évaluations effectuées récemment par le gouvernement du Canada (Canada, 2000b), l'Environmental Protection Agency des États-Unis (2002), la Commission européenne (EURAR, 2002) et l'ATSDR (2009). Par conséquent, ces données ne sont pas présentées à l'annexe 8.

Jusqu'à présent, les études visant à évaluer le potentiel génotoxique du 1,3-butadiène chez les humains ont donné des résultats équivoques, mais le 1,3-butadiène est manifestement génotoxique chez les souris. Les données relatives aux humains sont trop limitées pour écarter le potentiel génotoxique du 1,3-butadiène chez les humains exposés (EURAR, 2002; ATSDR, 2009). En général, le 1,3-butadiène est considéré comme une substance potentiellement toxique pour les cellules somatiques et germinales humaines (Canada, 2000b). De plus, d'après les données des recherches menées sur les animaux de laboratoire, le 1,3-butadiène est classé dans la plus haute catégorie décrite dans le plan du poids de la preuve présenté dans le document « Guidelines for Mutagenicity Risk Assessment » (USEPA, 1986).

Les organes reproducteurs ont été reconnus comme étant des cibles non cancérogènes critiques des effets d'induction du 1,3-butadiène chez les souris et les rats (Canada, 2000b; EURAR, 2002; USEPA, 2002; Grant, 2008). Les effets génétiques les plus perceptibles découverts de façon constante dans diverses analyses du 1,3-butadiène ont été observés dans une étude de deux ans sur l'exposition chronique par inhalation chez les souris B6C3F1; elles ont été exposées à des concentrations de 0 à 625 ppm (de 0 à 1 380 mg/m^3). On a observé une atrophie des ovaires à la suite d'une exposition à la plus basse concentration de 1,3-butadiène expérimentée, 6,25 ppm (13,8 mg/m^3), alors qu'on a observé une atrophie des testicules à la suite d'une exposition à une concentration de 200 ppm (442 mg/m^3) (NTP, 1993; EURAR, 2002; USEPA, 2002; Grant, 2008; ATSDR, 2009). D'après le mode d'action présumé, nommément l'intervention des métabolites époxydiques dans l'induction de l'atrophie ovarienne et une chute des taux de progestérone dans le sérum, on estime que les effets observés chez les souris ont un seuil critique et dépendent des concentrations et de la durée d'exposition (USEPA, 2002; Grant, 2008).

Aucune donnée n'a été relevée dans la littérature scientifique sur les effets de l'exposition au 1,3-butadiène par inhalation sur la reproduction ou le développement chez les humains. Toutefois, on a constaté que, lorsqu'on tient compte des effets observés sur les gonades des souris et des conséquences pour la santé humaine, il n'y a aucune indication montrant que les humains réagissent de la même manière sur le plan quantitatif (EURAR, 2002).

Caractérisation des risques pour la santé humaine

Les gaz de pétrole et de raffinerie restreints à l'industrie ont été établis comme étant hautement prioritaires aux fins d'intervention lors de la catégorisation de la Liste intérieure des substances (LIS), car on estime qu'ils présentent un potentiel intermédiaire d'exposition pour les particuliers au Canada et un risque élevé pour la santé humaine. Un effet critique identifié par la catégorisation initiale des substances des gaz de pétrole et de raffinerie restreints à l'industrie est leur cancérogénicité, selon principalement les classifications établies par des organismes internationaux. L'Union européenne considère les gaz de pétrole et de raffinerie contenant plus de 0,1 % de 1,3-butadiène par poids comme des substances cancérogènes. Les concentrations mesurées de 1,3-butadiène présent dans les substances gazeuses faisant l'objet de la présente évaluation varient entre une valeur non détectable et 3 % en poids (API, 2009b). De plus, 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 génétique.

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, des usines de valorisation et des usines de traitement du gaz naturel est favorisée par les rejets involontaires des 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 partir des estimations du potentiel cancérogène élaborées précédemment par le gouvernement du Canada (Canada, 2000a), et des valeurs estimatives des limites d'exposition supérieure et inférieure déduites de la modélisation de la dispersion du 1,3-butadiène – en tant que composant très dangereux des gaz de pétrole et de raffinerie –, on a obtenu des marges d'exposition en fonction de l'accroissement des distances de la source de rejets (le tableau 4 illustre une distance de

200 m). L'analyse cartographique a démontré que la population générale pouvait résider à environ 200 m d'une source de rejets potentielle. C'est donc cette distance qui a été choisie pour la caractérisation du risque pour la population en général.

Tableau 4. Marges d'exposition d'après la modélisation de la dispersion du 1,3-butadiène dans l'atmosphère – en tant que composant très dangereux des gaz de pétrole et de raffinerie (Groupes 1 et 2)

Scénario	Distance de la source de rejet (m)	Exposition annuelle estimée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Marge d'exposition fondée sur la concentration tumorigène (CT_{05}) de $2,3 \text{ mg}/\text{m}^3$ (Canada, 2000a)
Limite inférieure de la marge d'exposition	200	0,17	13 500
Limite supérieure de la marge d'exposition	200	0,44	5 300

La marge d'exposition est de 5 300 pour la limite supérieure de la plage d'exposition, à une distance de 200 m du centre de la source de rejet. À une distance de 500 m de la source d'émissions, la marge d'exposition est de 10 500, ce qui correspond à une concentration d'exposition égale à la concentration moyenne annuelle canadienne dans l'air ambiant dans les centres urbains, qui est de $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bien que l'ampleur du risque doive varier en fonction des paramètres choisis pour le calcul du facteur de risque de cancer (p. ex. CT_{05} ; les coefficients de cancérogénicité 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 restreints aux installations.

Les quatre gaz de pétrole et de raffinerie pris en compte dans cette évaluation sont considérés contribuer aux émissions globales du site estimées ci-dessus, et contribuent par conséquent aux marges d'exposition potentiellement inadéquates.

En ce qui concerne les effets autres que cancérogènes du 1,3-butadiène, la toxicité reproductive a été choisie comme critère d'effet critique sur la santé. La valeur la plus faible liée à la concentration minimale avec effet nocif observé (CMENO) en matière d'exposition par inhalation était de 6,25 ppm ($13,8 \text{ mg}/\text{m}^3$), fondée sur l'atrophie des ovaires, caractérisée par l'absence d'ovocytes, de follicules et de corps jaunes chez les souris femelles lors d'un essai biologique chronique pendant deux ans. La comparaison de cette CMENO avec la limite supérieure de la concentration annuelle maximale et la concentration moyenne de 1,3-butadiène à 200 m de la source de rejet indique une marge d'exposition de 31 000 et 81 000, respectivement. Ces marges sont jugées adéquates pour tenir compte des incertitudes liées aux bases de données concernant l'exposition et les

effets non cancérogènes des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations sur la santé.

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

L'exposition de l'ensemble de la population et de l'environnement aux gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries comporte des incertitudes. Actuellement, on ne dispose pas de données de surveillance de l'ensemble des gaz de pétrole et de raffinerie au Canada. Par conséquent, le 1,3-butadiène a été choisi comme composant très dangereux. En outre, les effets potentiels des rejets involontaires de ces gaz ont été estimés au moyen de la modélisation de la contribution des émissions de 1,3-butadiène provenant des raffineries, des usines de valorisation et des usines de traitement du gaz naturel aux concentrations 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 quatre gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de cette évaluation. On ne dispose pas des renseignements quantitatifs sur chacun des n^{os} CAS de gaz de pétrole et de raffinerie présents à une installation pétrolière qui permettraient de déterminer leur contribution relative aux émissions.

Il existe des incertitudes quant à l'exposition potentielle au 1,3-butadiène à partir des usines de traitement du gaz naturel, puisque les expositions ont été modélisées en fonction des données provenant des raffineries de pétrole. Des incertitudes subsistent quant aux différences potentielles dans la composition des gaz de pétrole et de raffinerie entre des raffineries ou des usines de valorisation et des usines de traitement du gaz naturel provenant des différences d'équipement entre les installations.

Il existe une incertitude quant à la modélisation du profil de concentration de 1,3-butadiène au moyen de SCREEN3 (1996). Le modèle SCREEN3 exige peu de paramètres d'entrée et des données météorologiques non spécifiques à une installation, ce qui introduit des incertitudes dans les deux cas. Les hypothèses formulées dans l'analyse de l'exposition sont énumérées à l'annexe 6.

Chacun des gaz de pétrole et de raffinerie évalués pourrait contenir plusieurs composants inorganiques et organiques qui contribuent à l'ensemble des risques liés aux substances d'une catégorie donnée. La composition des composantes propres aux gaz peut varier de manière considérable en fonction de la source de pétrole brut, du bitume ou du gaz naturel, des conditions opérationnelles, des enjeux relatifs aux processus saisonniers et des cycles économiques. Les effets sur la santé ont été caractérisés par les effets sur la santé associés au 1,3-butadiène émis ou rejeté dans l'atmosphère. Toutefois, il existe des incertitudes au sujet de la concentration de ce constituant dans chaque substance composant les gaz de pétrole et de raffinerie définie par un n^o CAS.

L'utilisation d'un seul élément de risque élevé pour caractériser la toxicité des gaz de pétrole et de raffinerie peut ne pas refléter tous les effets sur la santé les risques associés à ces mélanges de substances. Les risques potentiels associés à d'autres composants

potentiellement dangereux des gaz de pétrole et de raffinerie ne sont pas examinés de façon spécifique dans la caractérisation des risques, mais sont jugés couverts par l'utilisation d'une approche prudente et la concentration sur le composant présentant le degré de danger le plus élevé.

D'autres incertitudes touchant l'évaluation des effets sur la santé du 1,3-butadiène sont décrites dans l'évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire du gouvernement du Canada pour cette substance (Canada, 2000b).

Conclusion

D'après les renseignements présentés dans la présente évaluation préalable, on conclut que ces gaz de pétrole et de raffinerie sont peu susceptibles de causer des effets écologiques nocifs aux organismes ou à l'intégrité globale de l'environnement. Par conséquent, on conclut que les gaz de pétrole et de raffinerie inclus dans la présente évaluation préalable (n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-19-5) ne satisfont pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) ou 64b) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE (1999)] 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 à la vie.

D'après les données disponibles, on conclut que ces quatre gaz de pétrole et de raffinerie satisfont aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE (1999) 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.

Par conséquent, on conclut que ces quatre gaz de pétrole et de raffinerie (portant les n^{os} CAS 68131-75-9, 68477-33-8, 68477-85-0 et 68527-19-5) satisfont à un ou plusieurs critères énoncés à l'article 64 de la LCPE (1999).

Références

- [ACFPC] Association canadienne des fabricants de produits chimiques. 2008. Guideline for quantifying emissions from chemical facilities. Février 2008. Ottawa (Ont.) : Association canadienne des fabricants de produits chimiques. Accès : <http://www.ccpa.ca/LinkClick.aspx?fileticket=89hX6bmfOpw%3D&tabid=88>
- [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. 2005. A National Inventory of Greenhouse Gas (GHG), Criteria Air Contaminant (CAC) and Hydrogen Sulphide (H₂S) Emissions by the Upstream Oil and Gas Industry. Vol. 4, Methodology for CAC and H₂S Emissions. Accès : <http://www.capp.ca/getdoc.aspx?DocId=86224&DT=NTV>
- [ACPP] Association canadienne des producteurs pétroliers. 2007. Best management practices: management of fugitive emissions at upstream oil and gas facilities. Accès : <http://www.capp.ca/getdoc.aspx?DocId=116116&DT=PDF>
- [Alberta] Province de l'Alberta. 2010. *Dangerous Goods Transportation and Handling Act*. Lois révisées de l'Alberta 2000, chapitre D-4, article 7(1). Accès : <http://www.gp.alberta.ca/documents/Acts/d04.pdf>
- [AOPWIN] Atmospheric Oxidation Program for Microsoft Windows. 2008. Version 1.92a. 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>
- [API] American Petroleum Institute. 2001a. Robust summaries for petroleum gases. [consulté le 14 août 2008]. Accès : <http://www.epa.gov/HPV/pubs/summaries/ptlrgas/c13224rr.pdf>
- [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 le 14 août 2008]. Accès : <http://www.epa.gov/HPV/pubs/summaries/ptlrgas/c13224rt.pdf>
- [API] American Petroleum Institute. 2009a. Petroleum hydrocarbon gases category analysis and hazard characterization. Document présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC), par le Petroleum HPV Testing Group. Accès : http://www.petroleumhvp.org/docs/pet_gases/Hydrocarbon%20Gases%20-%20CAD%20-%20FINAL%2010-21-09.pdf
- [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. Accès : http://www.petroleumhvp.org/docs/pet_gases/2009_aug03_refinerygases_catanalysis_final_epasubmission_CAD%20FINAL%207-14-09.pdf
- [API] American Petroleum Institute. 2009c. Robust summaries of studies used to characterize the refinery gases category. Document présenté à l'Environmental Protection Agency des États-Unis, Washington (DC), par le Petroleum HPV Testing Group. Accès :

http://www.petroleumhvp.org/docs/pet_gases/2009_aug03_refinerygases_catanalysis_final_epasubmission_RSS%20FINAL%206-10-09.pdf

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, 2001b].

Arnot, J., Gobas, F. 2004. A food web bioaccumulation model for organic chemicals in aquatic ecosystems. *Environ. Toxicol. Chem.* 23:2343-2355.

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) : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp139.pdf>

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004. Toxicological profile for ammonia. Washington (DC) : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 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) : U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 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. 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].

[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>

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000a. IUCLID dataset, gases (petroleum), C3-4. N° CAS 68131-75-9. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68131759.pdf

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000b. IUCLID dataset, gases (petroleum), C3-4, isobutane-rich. N° CAS 68477-33-8. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68477338.pdf

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000c. IUCLID dataset, gases (petroleum), C4-rich. N° CAS 68477-85-0. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68477850.pdf

- [BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000d. IUCLID dataset, hydrocarbons, C1-4, debutanizer fraction. N° CAS 68527-19-5. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68527195.pdf
- [BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000e. IUCLID dataset, butene, mixed -1- and -2- isomers. N° CAS 107-01-7. [consulté le 17 novembre 2008]. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/107017.pdf
- [BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000f. IUCLID dataset, 2-methylpropene. N° CAS 115-11-7. [consulté en novembre 2008]. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/115117.pdf
- [BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000g. IUCLID dataset, fuel gases, refinery. N° CAS 68308-27-0. [consulté le 11 août 2008]. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68308270.pdf
- [BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000h. IUCLID dataset, gases (petroleum), catalytic cracker, C1-5-rich. N° CAS 68477-75-8. [consulté le 11 août 2008]. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68477758.pdf
- [BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2007. IUCLID dataset, isobutane. N° CAS 75-28-5. p. 27. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/75285.pdf
- BG Chemie. 1991. 2-Methylpropene. In: Toxicological evaluations 2: potential health hazards of existing chemicals. [version anglaise]. Berlin (Allemagne) : Springer-Verlag. p. 153-160.
- [BioHCWin] Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 1.01a. 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>
- 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-].
- [BIOWIN] Biodegradation Probability Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2009. Version 4.10. 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>
- Boethling, R.S., Howard, P.H., Bauman, J.A., Larosche, M.E. 1995. Factors for intermedia extrapolations in biodegradability assessment. *Chemosphere* 30(4):741-752.
- Brown, W. 1924. Experiments with anaesthetic gases propylene, methane, dimethyl-ether. *J. Pharm. Exp. Ther.* 23:485-496. [cité dans USEPA, 2004a].
- [BST] Bureau de la sécurité des transports du Canada. 2006. Sommaire statistique des événements ferroviaires 2006. Gatineau (Qc) : Bureau de la sécurité des transports du Canada. Accès : <http://www.tsb.gc.ca/eng/stats/rail/2006/index.asp#cont>
- Canada. 1993. Benzène. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada; Santé Canada. (Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation). 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 canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. L.C., 1999, ch. 33. *Gazette du Canada*, Partie III, vol. 22, n° 3. Accès : <http://www.gazette.gc.ca/archives/p3/1999/g3-02203.pdf>

Canada. 2000a. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Règlement sur la persistance et la bioaccumulation*, C.P. 2000-348, 23 mars 2000, DORS/2000-107. *Gazette du Canada*, Partie II, vol. 134, n° 7, p. 607-612. Accès : <http://gazette.gc.ca/archives/p2/2000/2000-03-29/pdf/g2-13407.pdf>

Canada. 2000b. 1,3-Butadiène. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada; Santé Canada. (Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation). 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. Ammoniac dans le milieu aquatique. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada; Santé Canada. (Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation). Accès : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl2-lsp2/ammonia/ammonia-fra.pdf

Canada. 2001b. *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. 2007. *Loi de 2001 sur la marine marchande du Canada : Règlement sur la prévention de la pollution par les navires et sur les produits chimiques dangereux*. DORS/2007-86. Accès : <http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2007-86/index.html>

Canada. 2008. Isoprène. Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 78-79-5. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada; Santé Canada. (Évaluation préalable pour le Défi). Accès : http://www.ec.gc.ca/ese-ees/07560A9B-C36D-4860-AF86-8D3945615E2B/batch2_78-79-5_fr.pdf

Canada. 2010. *Loi sur les pêches : Règlement sur les effluents des raffineries de pétrole*. C.R.C., ch. 828. Accès : http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/C.R.C.%2C_ch._828/index.html

Canada. 2013. Gaz de pétrole et de raffinerie [restreints aux installations]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada; Santé Canada. (Évaluation préalable). Accès : http://www.ec.gc.ca/ese-ees/08D395AD-07E1-4CD2-9503-EC72D721C64F/PRGs_fr.pdf

[CanLII] Institut canadien d'information juridique [base de données sur Internet]. 2001-. [consulté le 1^{er} décembre 2009]. Accès : <http://www.canlii.org/fr/index.html>

[CASA] Clean Air Strategic Alliance. 2007. CASA data warehouse. Edmonton (Alb.) : Clean Air Strategic Alliance. [consulté en novembre 2009]. Accès : <http://www.casadata.org>

[CATABOL] Probabilistic assessment of biodegradability and metabolic pathways [modèle informatique]. ©2004-2008. Version 5.10.3. Bourgas (Bulgarie) : Bourgas Prof. Assen Zlatarov University, Laboratory of Mathematical Chemistry. Accès : <http://oasis-lmc.org/?section=software&swid=1>

[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. Accès : http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1107_fr.pdf

[CCRIS] Chemical Carcinogenesis Research Information System [base de données sur Internet]. 2005. Bethesda (MD) : National Library of Medicine (États-Unis). Accès : <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?CCRIS>

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. 2009. Background technical study on the use, exposure and release potential of certain high priority petroleum substances under the Chemicals Management Plan, in sectors other than the petroleum sector. Liquefied Petroleum Gases, Final Report. Document préparé par ChemInfo Services, Inc. pour 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] Centre international de recherche sur le cancer, Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1987. Benzene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum. Suppl.* 7:120-122.

[CIRC] Centre international de recherche sur le cancer, Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1994a. Propylene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 60:161-180.

[CIRC] Centre international de recherche sur le cancer, Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1994b. Ethylene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 60:45-71.

[CIRC] Centre international de recherche sur le cancer, Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1994c. Isoprene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 60:215-232.

[CIRC] Centre international de recherche sur le cancer, Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1999. Isoprene. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 71:1015-1025. Accès : <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol71/mono71-44.pdf>

[CIRC] Centre international de recherche sur le cancer, 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 API, 2001b].

Commission européenne. 2001. Butane. Directive 2001/59/CE de la Commission du 6 août 2001 portant vingt-huitième 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 1B. Journal officiel de l'Union européenne. 21.08.2001. L 225/24. Commission européenne. 28^e adaptation aux progrès techniques. Accès : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:225:0001:0333:FR:PDF>

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 : ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/esb_bref_0706.pdf

[CONCAWE] Conservation of Clean Air and Water in Europe. 2005. Classification and labelling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive (CONCAWE recommendations – juillet 2005). [consulté en août 2008]. Accès : <http://www.concawe.org/DocShareNoFrame/Common/GetFile.asp?PortalSource=156&DocID=364&mfd=off&pdoc=1>

[CONCAWE] Conservation of Clean Air and Water in Europe, Air Quality Management Group. 2008. Optical methods for remote measurement of diffuse VOCs: their role in the quantification of annual refinery emissions. Bruxelles (Belgique) : Conservation of Clean Air and Water in Europe. Report No. 6/08. Accès : <http://www.concawe.org/Content/Default.asp?PageID=31>

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

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. Document rédigé en 1988 par le groupe de travail sur les valeurs de référence de la Direction de l'hygiène du milieu de Santé Canada [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, 2000b; USEPA, 2002].

Delzell, E., Sathikumar, 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, 2000b; USEPA, 2002].

[DuPont] DuPont Haskell Laboratory. 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].

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

[EIPPCB] European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau. 2003. Integrated Pollution Prevention and Control (IPCC) reference document on best available techniques for mineral oil and gas refineries. Séville (Espagne) : Commission européenne. [consulté en octobre 2009]. Accès : http://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/ref_bref_0203.pdf

[EIPPCB] European Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Bureau. 2006. Integrated Pollution Prevention and Control reference document on best available techniques for emissions from storage. Séville (Espagne) : Commission européenne. [consulté en octobre 2009]. Accès : http://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/esb_bref_0706.pdf

Environnement Canada. 2008. 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. Données préparées par Environnement Canada, Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement.

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. Accès : <http://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p1/2009/2009-07-25/pdf/g1-14330.pdf>

[EPI Suite] Estimation Programs Interface Suite for Microsoft Windows [modèle d'évaluation]. 2011. Version 4.10. 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>

[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>

[ERCB] Energy Resources Conservation Board of Alberta. 2009. FIS release incident, external release report. Data report for releases of petroleum products in Alberta. Report No.: RX1000. 12 002 p.

[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]. Accès : <http://esis.jrc.ec.europa.eu/>

[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 no EUR 20420. En page couverture, Centre commun de recherche de la Commission européenne. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/existing-chemicals/risk_assessment/REPORT/butadienereport019.pdf

Exxon Biomedical Sciences Inc. 1990. In vivo mammalian bone marrow micronucleus assay. Exxon Reference No. 90MRL110. [cité dans BESC, 2000f; OCDE, 2005].

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, 1994b].

Fink, B.R. 1968. Toxicity of anaesthetics. Baltimore (MD) : Williams & Wilkins Co. [cité dans OCDE, 1998].

Grant, R.L. 2008. Development support document – Final, August 7, 2008. 1,3-Butadiene. CAS Registry Number: 106-99-0. Texas Commission on Environmental Quality. Accès : http://tceq.com/assets/public/implementation/tox/dsd/final/butadiene_1-3-106-99-0_final.pdf

Hackett, P.L., Sikov, M.R., Mast, T.J., Brown, M.G., Buschbom, R.L., Clark, M.L., Decker, J.R., Evanoff, J.J., Rommereim, R.L., Rowe, S.E., *et al.* 1987. Inhalation developmental toxicology studies: teratology study of 1,3-butadiene in mice. Richland (WA) : Pacific Northwest Laboratory. Report No.: PNL-6412/UC-48. [cité dans EURAR, 2002; USEPA, 2002; Grant, 2008].

Hamm, T.E., Guest, D., Dent, J.G. 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.

Hazleton Laboratories. 1986. Isobutylene; 4-week oral (gavage) toxicity study in the rat. Hazleton Laboratories Europe Ltd. Report No.: 4298-13-21. [cité dans OCDE 2005; également cité au nom d'Essochem, 1986 dans BG Chemie, 1991].

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>

Hopkinson, R. 2008. Priority substances under Environment Canada's Chemical Management Plan for the Petroleum Sector. Richmond (C.-B.) : Levelton Consultants Ltd.

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

[HSDB] Hazardous Substances Data Bank. 2008. Acetylene. CAS RN 74-86-2. [consulté le 1^{er} octobre 2008]. Accès : <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>

Hughes, T.J., Sparacino, C., Frazier, S. 1984. Validation of chemical and biological techniques for evaluation of vapors in ambient air/mutagenicity testing of twelve (12) vapour-phase compounds. *Chem. Abstr.* 101:85417t. [cité dans BESC, 2000e].

[ICPP] Institut canadien des produits pétroliers. 2007. Code of practice for developing an emission inventory for refineries and terminals. 9^e rév. Décembre 2005. Accès : <http://www.cppei.ca/pdf/COPREI.pdf>

[INRP] Inventaire national des rejets de polluants [base de données sur Internet]. 2000-2007. Gatineau (Qc) : Environnement Canada. [consulté le 3 décembre 2009]. Accès : <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/Default.asp?lang=Fr&n=4A577BB9-1>

[JETOC] Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology and Information Center. 2000. Mutagenicity test data of existing chemical substances based on the toxicity investigation system of the industrial safety and health law. (Suppl. 2). Tokyo (Japon) : Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology and Information Center. [cité dans CCRIS, 2005].

Jorritsma, U., Cornet, M., Van Hummelen, P., Bolt, H.M., Vercruysse, 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.* 31:367-370. [cité dans API, 2001b].

[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>

[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.

La, D.K., Swenberg, J.A. 1996. DNA adducts: biological markers of exposure and potential applications to risk assessment. *Mutat. Res.* 365:129-146.

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

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

- 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: final report. Govt Rep. Announce Index Issue 14:255. [résumé n° 9393174]. [cité dans CIRC, 1994c].
- 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, 1994c].
- 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. Chapitre 1. Tulsa (OK) : PennWell, Inc.
- [NCI] National Chemical Inventories [base de données sur CD-ROM]. 2006. Columbus (OH) : American Chemical Society, Chemical Abstracts Service. Accès : <http://www.cas.org/products/other-cas-products/nci-on-cd>
- Noyes, R. 1992. Aboveground storage tanks. In: Handbook of leak, spill and accidental release prevention techniques. Chapitre 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) : U.S. 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/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). Research Triangle Park (NC) : U.S. Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. NTP Technical Report No. 487; NIH Publication No. 99-3977. [consulté le 28 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 le 21 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) : U.S. Department of Health and

Human Services, National Toxicology Program. [consulté le 21 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) : U.S. Department of Health and Human Services, National Toxicology Program. [consulté le 20 juin 2011]. Accès : <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/profiles/Benzene.pdf>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 1998. OECD SIDS [screening information data set]: ethylene. CAS No. 74-85-1. [consulté le 7 novembre 2008]. Accès : <http://incchem.org/documents/sids/sids/74851.pdf>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2000. Integrated HPV Database [base de données sur Internet]. [consulté le 12 janvier 2009].

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2005. OECD SIDS [screening information data set]: isobutylene. CAS No. 115-11-7. [consulté le 17 novembre 2008]. Accès : <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/115117.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. 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, No. 44). Accès : <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec09.htm>

[ONE] Office national de l'énergie. 2008a. Gros plan sur la sécurité et l'environnement – Analyse comparative du rendement des pipelines 2000-2006. Accès : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rsftyndthnvrnmnt/sfty/sftyprfrmnendctr/fcsnsfty/2008/fctsht0825-fra.html>

[ONE] Office national de l'énergie. 2008b. Le réseau Pipelinier du Canada – Évaluation d'un mode de transport. Accès : <http://www.neb.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmitn/nrgyrprt/trnsprtn/trnsprtnsssmnt2008/trnsprtnsssmnt2008-fra.html>

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, 2000b; 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.

[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 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/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.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad53.htm>

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.

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.* 14:380-387. [cité dans Sandmeyer, 1982].

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].

[RNSPA] Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique. 2008. Sommaire des données annuelles pour 2005 et 2006. Ottawa (Ont) : Environnement Canada. [consulté en novembre 2009]. Accès : <http://www.ec.gc.ca/rnspa-naps/Default.asp?lang=Fr&n=5C0D33CF-1>

[RNSPA] Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique. 2010. Sommaire des données concernant le 1,3-butadiène pour 2008 et 2009. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada. [communication personnelle].

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/apyrimidinic sites and expression of base excision DNA repair genes in rat brain, spleen and liver. *DNA Repair* 4:1099-1110.

Sandmeyer, E.E. 1982. Aliphatic hydrocarbons. In: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (éd.) Patty's industrial hygiene and toxicology. 3^e éd. Vol. 2B. Toxicology. New York (NY) : John Wiley & Sons. p. 3175-3251.

[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. Accès : http://www.epa.gov/scram001/dispersion_screening.htm

Segerback, 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, 1994b; OCDE, 1998].

[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.

Shimizu, H., Suzuki, Y., Takemura, N., Goto, S., Matsushita, H. 1985. Results of microbial mutation test for forty-three industrial chemicals. *Sangyo Igaku (Jpn. J. Ind. Health)* 27(6):400-419. [cité dans BG Chemie, 1991; CCRIS, 2005].

Shugaev, B.B. 1969. Concentrations of hydrocarbons in tissues as a measure of toxicity. *Arch. Environ. Health* 18:878-882. [cité dans BG Chemie, 1991; BESC, 2000f,g,h; API, 2001a; OCDE, 2005].

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.

Staab, R.J., Sarginson, N.J. 1984. Lack of genetic toxicity of isobutylene gas. *Mutat. Res.* 130:259-260. [résumé]. [cité dans BG Chemie, 1991; BESC, 2000f].

Statistique Canada. 2001. Transport du pétrole brut et des produits pétroliers raffinés par pipeline. N° 55-201-XIB au catalogue. [consulté le 21 octobre 2009]. Accès : <http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/Collection-R/Statcan/55-201-XIB/0000155-201-XIB.pdf>

Statistique Canada. 2009. Tableau 133-0003 : Sommaire du transport, par pipe-lines, mensuel (mètres cubes). CANSIM [base de données sur Internet]. [consulté le 21 octobre 2009]. Accès : <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/home-accueil?lang=fra>

Thompson, P.W. 1992. Butene-2: reverse mutation assay "Ames Test" using *Salmonella typhimurium*. Rapport inédit de Dow Europe SA. [cité dans BESC, 2000e].

[TOPKAT] TOxicity Prediction by Komputer Assisted Technology [en ligne]. 2004. Version 6.1. San Diego (CA) : Accelrys Software Inc. Accès : <http://accelrys.com/mini/toxicology/predictive-functionality.html> [par abonnement seulement].

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, 1994b].

[TRI] Toxics Release Inventory [base de données sur Internet]. 2007. TRI Explorer 4.7. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis. [consulté le 2 décembre 2009]. Accès : <http://www.epa.gov/tri/>

[USEPA] 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. Accès : <http://www.epa.gov/osa/mmoaframework/pdfs/MUTAGEN2.PDF> [cité (incorrectement) sous le nom de Guidelines for carcinogen risk assessment dans USEPA, 2002].

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 1992. Screening procedures for estimating the air quality impact of stationary sources. Revised. Research Triangle Park (NC) : Environmental Protection

Agency des États-Unis, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards. Report No.: EPA-454/R-92-019. Accès : http://www.maine.gov/dep/air/meteorology/screening_guidance.pdf

[USEPA] 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. Accès : <http://www.epa.gov/ttnchie1/efdocs/equiplks.pdf>

[USEPA] 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. Accès : <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=54499>

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2004a. U.S. high production volume chemical program: category summary for propylene streams category. Document préparé par le Olefins Panel du American Chemistry Council. Accès : <http://www.epa.gov/HPV/pubs/summaries/prplstrm/c13281rt.pdf>

[USEPA] 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. Accès : http://www.epa.gov/opprd001/inerts/inerts_list4Aname.pdf

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2006. VOC fugitive losses: new monitors, emission losses, and potential policy gaps. 2006 international workshop. Research Triangle Park (NC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Air Quality Planning and Standards; Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Solid Waste and Emergency Response. Accès : http://www.epa.gov/ttnchie1/efpac/documents/wrkshop_fugvocemissions.pdf

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008a. 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. Accès : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/final/c05s02.pdf>

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008b. High production volume information system (HPVIS). Detailed chemical results. Hydrocarbons, C3-4-rich, petroleum distillates. 68512-91-4. [consulté le 15 octobre 2008]. Accès : <http://iaspub.epa.gov/opphpv/quicksearch.display?pChem=100148>

[USEPA] 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). Interim. Juin 2008. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, High Production Volume Chemicals Branch, Risk Assessment Division, Office of Pollution Prevention and Toxics. [consulté le 3 octobre 2008]. Accès : http://www.epa.gov/hpvis/hazchar/74862_Acetylene_HC_INTERIM_June%202008.pdf

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008d. Integrated risk information system (IRIS) summary. Benzene (CASRN 71-43-2). Accès : <http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0276.htm#content>

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2010. Critical review of DIAL emission test data for BP Petroleum refinery in Texas City, Texas. Document préparé par D. Randall et J. Coburn, RTI International. Research Triangle Park (NC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Air Quality Planning and Standards. Accès : http://www.epa.gov/ttn/atw/bp_dial_review_report_12-3-10.pdf

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, 1994b; OCDE, 1998].

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, 1994b].

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. [cité dans OCDE, 2005].

Von Oettingen, W.R. 1940. Toxicity and potential dangers of aliphatic and aromatic hydrocarbons. *Publ. Health Bull.* 255. [cité dans Clayton, G.D., Clayton, F.E. (éd.), 1982. *Patty's industrial hygiene and toxicology*. 3^e éd. Vol. 2B. New York (NY) : John Wiley]. [cité dans BG Chemie, 1991; BESC, 2000f].

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 de Dow Europe SA. [cité dans BESC, 2000e].

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].

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

Wu, K.Y., Scheller, N., Cho, M., Ranasinghe, A., Upton, P., Walker, V.E., Swenberg, J.A. 1995. Molecular dosimetry of hydroxyethyl adducts in DNA and haemoglobin following exposure of rats to ethylene and low doses of ethylene oxide. *Int. Toxicol.* 7(6):6. [résumé]. [cité dans La et Swenberg, 1996].

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.

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.

Annexe 1. Groupes de substances pétrolières

Tableau A1.1. Description des neuf groupes de substances pétrolières

Groupe ^a	Description	Exemple
Pétroles bruts	Combinaisons 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	Combinaisons complexes d'hydrocarbures légers, principalement de C ₁ à C ₅	Propane
Naphtes à faible point d'ébullition	Combinaisons complexes d'hydrocarbures, principalement de C ₄ à C ₁₂	Essence
Gazoles	Combinaisons complexes d'hydrocarbures, principalement de C ₉ à C ₂₅	Diesel
Mazouts lourds	Combinaisons complexes d'hydrocarbures, principalement de C ₁₁ à C ₅₀	Mazout n° 6
Huiles de base	Combinaisons complexes d'hydrocarbures, principalement de C ₁₅ à C ₅₀	Huiles lubrifiantes
Extraits aromatiques	Combinaisons complexes d'hydrocarbures, principalement de C ₁₅ à C ₅₀	Matières de base pour la production de benzène
Paraffines, gash et pétrolatum	Combinaisons complexes d'hydrocarbures aliphatiques de C ₁₂ à C ₈₅	Pétrolatum
Bitume ou résidus sous vide	Combinaisons complexes d'hydrocarbures lourds comportant plus de 25 atomes de carbone	Asphalte

^a Ces groupes sont fondés sur les classifications élaborées par l'Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité (CONCAWE) et sur un rapport indépendant présenté à l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP) [Simpson, 2005].

Annexe 2. Identification des substances et propriétés physiques et chimiques des structures représentatives des gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de la présente évaluation préalable

Tableau A2.1 Identification des substances des quatre des gaz de pétrole et de raffinerie

NUMÉRO CAS	Noms dans la LIS (NCI) ^a
68131-75-9	Gaz en C ₃₋₄ (pétrole)
68477-33-8	Gaz en C ₃₋₄ (pétrole), riches en isobutane
68477-85-0	Gaz en C ₄ (pétrole)
68527-19-5	Hydrocarbures en C ₁₋₄ , fraction débutanisée
Autres noms^b	Mélanges de méthane, éthane, propane, butane, isobutane, mélange de butylène, mélanges de substances riches en C ₃ -C ₄ (pétrole), gaz de pétrole liquéfiés, gaz naturel, butane - butylène de craquage catalytique (pétrole), fraction C ₄
Groupe chimique (Groupe de la LIS)	Gaz de pétrole
Principale classe chimique ou utilisation	Combinaisons de gaz de pétrole léger
Principale sous-classe chimique^c	Combinaisons complexes de gaz d'hydrocarbures légers (p. ex. UVCB)

Abréviations : N° CAS, numéro de registre du Chemical Abstracts Service; LIS, liste intérieure des substances; NCI, National Chemical Inventories; UVCB, substances de composition inconnue ou variable, produits de réaction complexes ou matières biologiques

^a CI (2006) : ASIA-PAC (listes des substances de l'Asie-Pacifique); AICS (inventaire australien des substances chimiques); EINECS (inventaire européen des substances chimiques commerciales existantes); NZIoC (inventaire des substances chimiques de la Nouvelle-Zélande); TSCA (inventaire des substances chimiques visées par la Toxic Substances Control Act).

^b API (2001b); NCI (2006).

^c Ces substances appartiennent à un groupe des UVCB (c'est-à-dire que ce ne sont pas des composés chimiques définis et elles peuvent donc être représentées par différentes structures).

Tableau A2.2 Propriétés physicochimiques 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	Hydrosolubilité (mg/L à 25 °C) ^a
méthane	-182,5	-162	6×10^7	$6,7 \times 10^4$ (calc.) ^c	1,1	3,34	22
éthane	-182,8	-88,6	$4,2 \times 10^6$	$5,1 \times 10^4$ (calc.)	1,81	1,57	60,2
éthène	-169,0	-103,7	$7,0 \times 10^6$	$2,3 \times 10^4$ (calc.)	1,13	0,98	131

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	Hydrosolubilité (mg/L à 25 °C) ^a
propane	-187,6	-42,1	9,5 10 ⁴	7 × 10 ⁴ (calc.)	2,36	2,05	62,4
butane	-138,2	-0,5	2,4 × 10 ⁵	9,6 × 10 ⁴ (calc.)	2,89	2,5	61,2
butène	-185,3	-6,2	3,0 × 10 ⁵	2,4 × 10 ⁴ (calc.)	2,4	2,08	221
isobutane	-159,6	-11,7	3,5 × 10 ⁵	1,2 × 10 ⁵ (calc.)	2,8	1,55	49
1,3-butadiène	-108,9	-4,4	2,8 × 10 ⁵	7,5 × 10 ³ (calc.)	1,99	1,73	735
pentane	-129,7	36	6,9 × 10 ⁴	1,3 × 10 ⁵	3,4	2,94	38
isopentane	-159,9	27,8	9,2 × 10 ⁴	1,4 × 10 ⁵	2,7	2,4	48

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

^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 valeur du log K_{oe} proviennent de Hansch *et al.*, (1995); celles sur le point de fusion, le point d'ébullition et la pression de vapeur proviennent de Daubert et Danner (1994), Riddick *et al.*, (1986), Yalkowsky et He (2003) et McAuliffe (1966).

^b Les plages du point d'ébullition et de la pression de vapeur pour la substance portant le n° CAS 68477-85-0 (alcane de C₁₋₅) présentées dans BESC (2000c) indiquent que cette substance ne contient que des molécules C₁₋₄, même si de nombreuses descriptions indiquent qu'elle contient du pentane et de l'isopentane.

^c (calc.) correspond aux données calculées en fonction d'autres données expérimentales. Toutes les autres données sont modélisées par KOWWIN (2008) et KOCWIN (2009).

Annexe 3. Mesures visant à prévenir, réduire ou gérer les rejets involontaires

Pour l'industrie canadienne du pétrole, les exigences provinciales et territoriales existent généralement pour prévenir et gérer les rejets involontaires des substances et des charges pétrolières dans une installation au moyen de permis d'exploitation (SENES, 2009).

De plus, la législation actuelle sur la santé et la sécurité au travail prévoit des mesures pour minimiser l'exposition professionnelle des employés. Certaines de ces mesures visent également à limiter les rejets involontaires (CanLII, 2009).

Des mesures non réglementaires (p. ex. les lignes directrices, les pratiques exemplaires) sont également prises dans les installations du secteur pétrolier pour réduire les rejets exceptionnels. Ces mesures de contrôle comprennent la sélection du matériel approprié durant l'établissement et la conception des procédés; des inspections et des entretiens réguliers des réservoirs de stockage, des canalisations et des autres équipements liés aux procédés; la mise en place de mesures de détection et de colmatage des fuites, ou d'autres programmes équivalents; l'utilisation de toits flottants dans les réservoirs hors sol afin de réduire la zone gazeuse interne ainsi que la plus faible utilisation possible des réservoirs souterrains, qui peuvent donner lieu à des fuites ou déversements non détectés (SENES, 2009).

Pour les substances contenant des composants hautement volatils (p. ex. naphtes à faible point d'ébullition, essence), un système de récupération de la vapeur est généralement mis en place ou recommandé pour les terminaux de chargement des installations pétrolières canadiennes (SENES, 2009). Un tel système vise à réduire les émissions de gaz d'évaporation pendant les procédures de manipulation.

Annexe 4. Estimation des rejets des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux industries pendant le transport

Tableau A4.1. Estimation du nombre d'événements de fuites involontaires par an par mode de transport.

Mode de transport	Chargement	Transport	Déchargement
Train ^a	35	19	35
Pipeline ^b	235	119	235

^a Événements en cas de transport par voie ferrée pour tous les produits pétroliers signalés par le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST, 2006).

^b Statistiques historiques des incidents de rejet pour tous les produits pétroliers, d'après les statistiques de l'Alberta fournies par l'ERCB (2009) et projetées à l'ensemble du Canada.

Processus de calcul générique des quantités de rejet (fuites seulement) du tableau 3 de la présente évaluation :

Pour les rejets involontaires liés à des fuites (kg par fuite) :

$$M_G = \text{PERTE}_F \times M_T \times \text{VPP}_G$$

$$\text{VPP}_G = (P/P_{\text{ATM}}) / (1 + P/P_{\text{ATM}})$$

$$M_{\text{SL}} = M_G / \text{NUM}_S$$

où :

M_G = émissions évaporatives dans l'air en raison de fuites (kg/an)

LOSS_F = fraction de perte, obtenue à partir de données historiques sur les fuites déclarées par rapport aux quantités transportées provenant de Statistique Canada et de Transports Canada

M_T = quantités transportées, provenant des renseignements fournis en vertu de l'article 71 de la LCPE (1999) [Environnement Canada, 2009]

VPP_G = pourcentage réparti dans l'air, estimé à partir de la pression de vapeur seulement (en supposant que les lois de Raoult et de Dalton sont valides)

P = pression de vapeur de la substance à la température de rejet (Pa)

P_{ATM} = pression atmosphérique ambiante (Pa)

M_{SL} = émission évaporatives par fuite (kg/an)

NUM_S = nombre maximum de fuites par an, selon le tableau A4.1

Comme il a été mentionné dans le texte, le nombre de fuites des pipelines en Alberta a été extrapolé au Canada, en fonction d'une analyse proportionnelle du nombre de fuites par kilomètre de pipelines de l'Alberta, et les kilomètres de pipelines dans chaque province et territoire, peu importe la substance qu'ils transportaient. Les pipelines interprovinciaux n'ont pas été pris en considération, car ils ont un taux de fuite par kilomètre très différent par rapport aux pipelines en Alberta. Les fuites prises en compte ici sont toutes liées à des substances pétrolières et ne sont pas propres aux gaz de pétrole et de raffinerie, car il n'existe aucune donnée propre à ces substances, ni à d'autres substances semblables.

Annexe 5. Résultats de la modélisation des caractéristiques environnementales des gaz de pétrole et de raffinerie

Tableau A5.1. Résultats de la modélisation de la fugacité de niveau III pour les composants des gaz de pétrole et de raffinerie (EQC, 2003)

Rejet de la substance dans chaque milieu (100 %)	Pourcentage de la substance répartie dans chaque milieu			
Méthane	Air	Eau	Sol	Sédiment
Air	100	0	0	0
Eau	19,9	79,9	0	0,2
Sol	98	0	2,0	0
éthane				
Air	100	0	0	0
Eau	18,9	81,0	0	0,1
Sol	97,9	0	2,1	0
éthène				
Air	100	0	0	0
Eau	4,3	95,6	0	0,1
Sol	89,9	0	10,1	0
propane				
Air	100	0	0	0
Eau	12,9	87	0	0,2
Sol	96,6	0	3,4	0
butane				
Air	100	0	0	0
Eau	9,3	90,4	0	0,3
Sol	93,5	0	6,5	0
butène				
Air	100	0	0	0
Eau	5,8	94,0	0	0,2
Sol	89,5	0	10,4	0
isobutane				
Air	100,0	0,0	0,0	0,0
Eau	11,4	87,2	0,0	1,4
Sol	95,7	0,0	4,3	0,0
1,3-butadiène				
Air	100	0	0	0
Eau	0,7	99,2	0	0,1
Sol	42,9	0,4	56,7	0
pentane				
Air	100	0	0	0
Eau	7,2	92,2	0	0,6
Sol	82,4	0,01	17,6	0
isopentane				
Air	100	0	0	0
Eau	7,3	92,5	0	0,25
Sol	91,3	0,01	8,7	0

Tableau A5.2. Données modélisées sur la dégradation des gaz de pétrole et de raffinerie dans l'atmosphère lorsqu'ils sont en contact avec les radicaux hydroxyles (AOPWIN, 2008)

Substance	Demi-vie de la réaction d'oxydation avec les radicaux hydroxyles (jours)	Demi-vie de la réaction avec l'ozone (jours)	Demi-vie extrapolée (jours)
méthane	1 559	s.o.	≥ 2
éthane	39,3	s.o.	≥ 2
éthène	1,3	6,5	< 2
propane	8,4	s.o.	≥ 2
butane	4	s.o.	≥ 2
butène	0,4	1,0	< 2
isobutane	4,4	s.o.	≥ 2
pentane/isopentane	2,6	s.o.	≥ 2
1,3-butadiène	0,2	1,4	≥ 2

Abréviation : s.o., sans objet.

Tableau A5.3. Données modélisées sur la biodégradation primaire et ultime des structures représentatives des gaz de pétrole et de raffinerie.

	Dégradation primaire	
	BioHCWin (2008) ^a (jours)	BIOWIN 4 (BIOWIN, 2009) Enquête d'experts ^b
Alcanes		
C ₂ : éthane	2,6	3,8
C ₃ : propane	3,0	3,8
C ₄ : butane	4	4,0
C ₅ : pentane	4,0	4,0
Isoalcanes		
C ₄ : méthylpropane	3	3,8
C ₅ : isopentane	3,6	3,7
Alcènes		
C ₂ : éthène	2,9	3,8
C ₄ : butène	2,8	4,0
Diènes		
C ₄ : 1,3-butadiène	2,8	3,8

Tableau A5.3. (suite) Données modélisées sur la biodégradation primaire et ultime des structures représentatives des gaz de pétrole et de raffinerie

	Dégradation ultime					Demi-vie extrapolée par rapport au critère ^d (jours)
	BIOWIN 3 (BIOWIN, 2009) Enquête d'experts ^b	BIOWIN 5 (BIOWIN, 2009) Probabilité linéaire MITI ^c	BIOWIN 6 (BIOWIN, 2009) Probabilité non linéaire MITI ^c	CATABOL (©2004-2008) % DBO	TOPKAT (2004) Probabilité de biodégradabilité	
Alcanes						
C ₂ : éthane	3,13	0,62	0,85	98	0,009	< 182

	Dégradation ultime					
	BIOWIN 3 (BIOWIN, 2009) Enquête d'experts ^b	BIOWIN 5 (BIOWIN, 2009) Probabilité linéaire MITI ^c	BIOWIN 6 (BIOWIN, 2009) Probabilité non linéaire MITI ^c	CATABOL (©2004-2008) % DBO	TOPKAT (2004) Probabilité de biodégradabilité	Demi-vie extrapolée par rapport au critère ^d (jours)
C ₃ : propane	3,10	0,63	0,85	98	1	< 182
C ₄ : butane	3,4	0,64	0,85	98	1	< 182
C ₅ : pentane	3,34	0,65	0,85	98	1	< 182
Isoalcane s						
C ₄ : méthylpropane	3,07	0,49	0,69	10,6	0,98	< 182
C ₅ : isopentane	3,04	0,50	0,70	6,1	1	< 182
Alcène s						
C ₂ : éthène	3,14	0,65	0,86	11,4	0,61	< 182
C ₄ : butène	3,37	0,61	0,81	0,83	1	< 182
Diène s						
C ₄ : 1,3-butadiène	3,1	0,6	0,76	Aucune donnée	Aucune donnée	< 182

Abréviations : DBO, demande biochimique en oxygène; MITI, Ministère du Commerce international et de l'Industrie, Japon

^a Les estimations de demi-vie ne sont pas propres à un milieu (c.-à-d. l'eau, le sol et les sédiments).

^b Le résultat s'exprime par une valeur numérique de 0 à 5.

^c Le résultat s'exprime par un taux de probabilité.

^d D'après les valeurs modélisées concernant la biodégradation primaire et ultime.

Tableau A5.4. Prédictions des FBA et des FBC chez les poissons^a pour les structures représentatives des gaz de pétrole et de raffinerie à l'aide du modèle BCFBAF (2008) en tenant compte du métabolisme

Alcanes	Log K _{oe}	Constante du taux métabolique ^a (k _M /jour) normalisée en fonction du poids de poissons de 184 g à 15 °C	FBC (L/kg, poids humide) ^b	FBA (L/kg, poids humide) ^b
C ₁ : méthane	1,1	3,3	2	2
C ₂ : éthane	1,8	1,2	5	5
C ₂ : éthène	1,1	2,5	2	2
C ₃ : propane	2,4	0,9	17	17
C ₄ : butane	2,9 (expt)	0,6	47	47
C ₄ : butène	2,4	0,7	17	17
C ₄ isobutane	2,8	0,7	38	38
C ₄ : 1,3-butadiène	2,0	1,0	7	7
C ₅ : pentane	3,4	0,4	126	126
C ₅ : isopentane	2,7	0,7	31	31

Abréviations : FBA, facteur de bioaccumulation; FBC, facteur de bioconcentration; K_{oe}, coefficient de partage octanol-eau; k_M, constante du taux métabolique.

^a Constante du taux métabolique normalisée en fonction du poids (184 g), de la température (15 °C) et de la concentration lipidique (6,8 %) des poissons de niveau trophique intermédiaire, dans le modèle d'Arnot-Gobas à trois niveaux (Arnot et Gobas, 2004), selon les données cinétiques expérimentales disponibles pour le FBA ou le FBC.

^b Prévisions du FBC et du FBA chez le poisson du niveau trophique intermédiaire, dans le modèle d'Arnot-Gobas à trois niveaux (Arnot et Gobas, 2004) fondées sur une constante du taux normalisé et corrigeant l'efficacité d'assimilation alimentaire observée ou estimée.

Annexe 6. Résultats de la modélisation de l'exposition humaine aux rejets potentiels des quatre gaz de pétrole et de raffinerie faisant l'objet de la présente évaluation préalable

Tableau A6.1. Paramètres d'entrée utilisés dans le modèle SCREEN3 pour la modélisation des rejets involontaires sur place

Variables	Paramètres d'entrée
Type de source	Étendue
Zone de transformation ^a	300 m × 100 m
Émissions fugitives de benzène provenant des zones de transformation ^b (collectées à l'aide de la méthode LIDAR)	1,8 kg/heure
Ratio de 1,3-butadiène et de benzène ^c (aux fins d'utilisation dans la méthode LIDAR)	1:85 (limite supérieure) 1:216 (limite inférieure)
Aire de captation ^d	0,8 (300 × 100)
Hauteur du récepteur ^e	1,74 m
Hauteur de la source d'émissions ^f	15 m (80 %), 3 m (20 %)
Facteur d'ajustement pour le taux maximal d'une heure à une exposition annuelle ^g	0,2
Option urbaine/rurale	Urbain
Météorologie ^h	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; COV, composés organiques volatils

^a Analyse d'une photo aérienne et jugement professionnel.

^b Chambers *et al.*, (2008).

^c NPRI (2000-2007) et TRI (2007)

^d Jugement professionnel.

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

^f 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.

^g USEPA (1992) et jugement professionnel.

^h Valeur par défaut du modèle SCREEN3.

Tableau A6.2. Résultats de la modélisation du profil de dispersion du 1,3-butadiène provenant de rejets involontaires de gaz de pétrole et de raffinerie (restreints aux installations et restreints à l'industrie)^a

Distance (m)	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Limite supérieure de la marge d'exposition 1:85		Limite inférieure de la marge d'exposition (1:216)	
	Maximum 1 heure	Annuelle	Maximum 1 heure	Annuelle
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 des gaz de pétrole et de raffinerie restreints aux installations et proviennent des zones de traitement plutôt que du parc de stockage en vrac.
- (2) Les quatre gaz de pétrole et de raffinerie 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 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.

Annexe 7. Résumé des effets toxicologiques des classes des composants des gaz de pétrole et de raffinerie¹

Alcanes

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] à plus de 800 000 ppm (1 440 000 mg/m³) [propane], en fonction de la substance, de la concentration et de la durée de l'exposition aiguë (Shugaev, 1969; Clark et Tinson, 1982). 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)², (la concentration 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). La Commission européenne a classé le butane et l'isobutane d'après leur cancérogénicité, lorsque ces substances contiennent du 1,3-butadiène (comme sous-produit du raffinage) à une concentration supérieure ou égale à 0,1 % en poids (Commission européenne, 2001; ESIS, 2008).

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; 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 plus de 65 000 ppm (111 736 mg/m³) (propène; masse moléculaire = 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 de 150 mg/kg du poids corporel par jour, en dépit d'importants changements biochimiques observés, mais comparables aux valeurs témoins historiques (Hazleton Laboratories, 1986). L'exposition à court terme

¹ La formule suivante a été utilisée pour la conversion des valeurs fournies de ppm en mg/m³ :
 $x \text{ ppm (MW)}/24,45$.

² Masse moléculaire des mélanges = $[0,5(58,04 \text{ g/mol}) + 0,5(72,05 \text{ g/mol})] = 65,05 \text{ g/mol}$.

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 CSEO à 10 000 ppm (17 190 mg/m³) 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 identifiée pour la toxicité sous-chronique est de 500 ppm (1 146 mg/m³) 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) 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 (2292 et 18 336 mg/m³). Chez les rats femelles, on a observé une augmentation significative du poids relatif du foie à partir de 500 ppm (1 146 mg/m³) et du poids absolu du foie à partir de 1 000 ppm (2 292 mg/m³). 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) avec une augmentation du poids absolu du rein droit à 4 000 ppm (9 168 mg/m³) (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) [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 (masse moléculaire = 28,02 g/mol), de 10 000 ppm (17 190 mg/m³) pour le propène (masse moléculaire = 42,03 g/mol) et de 5 000 ppm (11 460 mg/m³) pour le 2-butène (masse moléculaire = 54,04 g/mol) ont été identifiées chez les rats exposés par inhalation (Waalkens-Berendsen et Arts, 1992; Aveyard, 1996; BASF, 2002). 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). 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 cancérogènes du groupe 3 (inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'homme) par le CIRC (1994a,b). 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; masse moléculaire = 42,03 g/mol) 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 propylène allant jusqu'à 5 000 ppm (à 8 600 mg/m³), 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; masse moléculaire de l'éthène = 28,02 g/mol) [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; masse moléculaire de l'isobutène = 54,04 g/mol) 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; Wu *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 (Exxon Biomedical Sciences Inc. 1990; 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; Hughes *et al.*, 1984; Staab et Sarginson, 1984; Shimizu *et al.*, 1985; Victorin et Stahlberg, 1988; Thompson *et al.*, 1992; Wagner *et al.*, 1992; Araki *et al.*, 1994; NTP, 1998; Japan Chemical Industry Ecology-Toxicology and Information Centre, 2000), 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'American Petroleum Institute de regrouper des gaz de pétrole) contiennent des alcadiènes, des alcynes, des hydrocarbures aromatiques, des composés inorganiques et thioliques en plus des alcanes et des alcènes, bien que ces derniers soient en plus petite quantité dans la composition de la charge pétrolière (API, 2001a). 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 plusieurs organismes nationaux et internationaux (Canada, 2000b; EURAR, 2002; USEPA, 2002; CIRC, 2008; NTP, 2011a). Un examen complet des effets sur la santé humaine du 1,3-butadiène a été réalisé précédemment dans le cadre de la deuxième évaluation de la Liste des substances d'intérêt prioritaire (Canada, 2000b). Le 1,3-butadiène a été par la suite ajoutée à la Liste des substances toxiques de l'annexe 1 de la LCPE (1999). 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 classée comme substance cancérigène (groupe 2B : possiblement cancérigène pour l'homme [CIRC, 1999]; catégorie 2 : cancérigène présumé pour l'homme, peut causer le cancer [Commission européenne, 2004] et « dont on peut raisonnablement présumer qu'elle soit cancérigène pour l'homme » [NTP, 2011b], et comme mutagène (Commission européenne, 2004; ESIS, 2008). 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, le gouvernement 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 (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 NTP des États-Unis (2011c) [cancérigène humain reconnu] et

l'USEPA (2008d) [groupe A]. De plus, le benzène a été classé comme substance mutagène (catégorie 2 : peut causer des dommages génétiques héréditaires) [Commission européenne, 2004; ESIS, 2008].

Inorganiques

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 le Programme d'évaluation des substances d'intérêt prioritaire 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, 2001a).

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, 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 du Screening information dataset, mais un examen final n'était pas possible au moment de l'élaboration de la présente évaluation (OCDE, 2000).

Annexe 8. Résumé des renseignements sur les effets critiques du 1,3-butadiène sur la santé

Tableau A8.1. Renseignements sur les effets critiques du 1,3-butadiène sur la santé

Critères d'effet	Protocole d'étude	Doses ou concentrations avec effets ^a /résultats	Références
Cancérogénicité	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 sont décédées après 9 et 15 mois d'exposition. 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 souris exposées pendant deux ans.	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. Résumé des effets : 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) ($p < 0,001$] et chez les femelles exposées à 200 et à 625 ppm (442 et 1 380 mg/m³) ($p < 0,001$], bien que tous les cas chez les femelles eussent été dans la gamme des valeurs témoins historiques (8 à 44 %). Les sarcomes histiocytaires ont augmenté considérablement chez les mâles ($p < 0,001$) et les femelles ($p = 0,002$) à 200 ppm (442 mg/m³), tandis que leur incidence a été plus grande, mais de façon marginale, dans les groupes témoin de mâles exposés à 20, 62,5 et à 625 ppm (44,2, 138 et 1 380 mg/m³) [$p = 0,021-0,051$] et de femelles exposées à 625 ppm (1 380 mg/m³) [$p = 0,038$]. Cœur L'incidence des hémangiosarcomes cardiaques a augmenté de façon significative par rapport à leur incidence chez les témoins, chez les mâles exposés à 62,5 ppm	NTP, 1993

Critères d'effet	Protocole d'étude	Doses ou concentrations avec effets ^a /résultats	Références
		(138 mg/m³) et plus, ainsi que chez les femelles exposées à 200 ppm (442 mg/m³) et plus. Poumons On a relevé des signes d'incidences accrues des adénomes ou carcinomes bronchiolo-alvéolaires par rapport aux témoins chez les mâles à 62,5 ppm (138 mg/m³) et plus ($p < 0,001$) et chez les femelles à toutes les concentrations ($p < 0,001$ à 0,004). 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). 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 ($p < 0,001$). 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).	
	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 mg/m ³) ^b pendant 40 semaines, à 312 ppm (689 mg/m ³) ^b , pendant 52 semaines	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 carcinomes du foie.	NTP, 1993

Critères d'effet	Protocole d'étude	Doses ou concentrations avec effets ^a /résultats	Références
	ou à 625 ppm (1 380 mg/m³)^b pendant 13 ou 26 semaines. 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.	Résumé des effets : 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. 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). 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. 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 ($p < 0,01-0,05$). Préestomac Augmentation significative ($p < 0,001$) 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).	

Critères d'effet	Protocole d'étude	Doses ou concentrations avec effets ^a /résultats	Références
		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. 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). 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).	
	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/m³)^b pendant 6 heures par jour, 5 jours par semaine, pendant 105 semaines (femelles), ou 11 semaines (mâles). Dix rats de chaque sexe dans chaque groupe ont été tués après 52 semaines d'exposition.	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. Résumé des effets : 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 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.	Owen, 1981; Owen <i>et al.</i>, 1987; Owen et Glaister, 1990).

Critères d'effet	Protocole d'étude	Doses ou concentrations avec effets ^a /résultats	Références
		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 %). 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 %).	
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 %). Des variations accrues du développement de l'ossature ont aussi été observées à 200 et à 1 000 ppm (442 et 2 209 mg/m ³).	Hackett <i>et al.</i> , (1987).
	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/m ³) 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.	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 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/m ³) l'angiectasie et l'hyperplasie de l'épithélium germinal 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/m ³).	NTP, 1993

Critères d'effet	Protocole d'étude	Doses ou concentrations avec effets ^a /résultats	Références
		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. Remarque : Le taux de mortalité et la formation de tumeurs ont également augmenté aux concentrations provoquant une atrophie des gonades.	
Études sur les humains (cancérogénicité)	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 benzène. Taille de la cohorte = 15 000 1943–1994	On a observé un taux de mortalité excessif dû à la leucémie chez les travailleurs payés à l'heure; ratio standardisé de mortalité (RSM) = 143- 436. 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. On a observé un taux excessif de mortalité causée par la leucémie qui était récurrent à l'ensemble des usines à l'étude. Le risque de leucémie était proportionnel au niveau d'exposition.	Delzell <i>et al.</i> , (1995, 1996).

^a CMENO = concentration minimale avec effet nocif observé.

^b La conversion de la valeur fournie en mg/m³ a été calculée selon la formule suivante : x ppm (masse moléculaire)/24,45.