



Government of Canada
Gouvernement du Canada

Évaluation préalable

Éthylène (éthène)

**Numéro de registre du Chemical Abstracts Service
74-85-1**

**Environnement et Changement climatique Canada
Santé Canada**

Mai 2016

Canada

N° de cat. : En14-237/2015F-EPUB
ISBN 978-0-660-03473-7

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

On demande seulement :

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

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

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

Also available in English

Sommaire

Conformément à l'article 68 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* (LCPE), la ministre de l'Environnement et la ministre de la Santé ont mené une évaluation préalable de l'éthène (communément appelé l'éthylène), dont le numéro d'enregistrement du Chemical Abstracts Service est 74-85-1.

Gaz omniprésent dans l'environnement, l'éthylène est un hydrocarbure simple à double liaison qui pénètre dans l'environnement à partir de sources à la fois naturelles et anthropiques. Figurent parmi ces sources les émissions de la végétation de tout type et des micro-organismes, en tant que produit de la combustion incomplète de matières organiques (notamment les déchets du bois et de l'agriculture) et de combustibles fossiles, ainsi qu'au cours de sa production et de son utilisation industrielles. L'éthylène est également produit de façon endogène par les humains et les mammifères.

L'éthylène a été défini comme une substance chimique à haut volume de production à l'échelle internationale. Il s'agit du produit pétrochimique fabriqué dans la plus grande quantité dans le monde entier; en 2011, on a estimé que la capacité de production mondiale était de 138 millions de tonnes par année. Au cours de la même année, le Canada occupait la sixième position dans le classement de la capacité de production d'éthylène à l'échelle mondiale, celle-ci se chiffrant à près de 5,5 millions de tonnes par année, ce qui représente 4,0 % de la capacité mondiale. En 2000, la production d'éthylène au Canada était légèrement inférieure, soit de 4,3 millions de tonnes par année, d'après les résultats tirés d'une enquête effectuée en vertu de l'article 71 de la LCPE. Dans cette même enquête, les quantités importées d'éthylène étaient négligeables, en comparaison.

Au Canada et à l'échelle mondiale, l'éthylène est principalement utilisé comme monomère pour la fabrication de matières plastiques de polyéthylène, comme intermédiaire pour d'autres substances chimiques organiques et comme gaz combustible dans les installations industrielles. Des quantités relativement faibles de cette substance sont également utilisées dans les établissements commerciaux, dans le monde entier, pour la croissance ou le mûrissement contrôlé de la végétation (les fruits, les légumes et les fleurs, par exemple). Au Canada, on l'utilise pour le mûrissement des bananes et d'autres fruits tropicaux, ainsi que pour le déverdissement des agrumes après la récolte.

Au Canada, on attribue essentiellement les concentrations anthropiques d'éthylène dans l'air à la combustion de combustibles fossiles et à l'utilisation d'éthylène dans différents procédés industriels. Selon les estimations, les rejets automobiles dans l'air au Canada s'élevaient à 3 449 tonnes en 2005. On a estimé que la majorité de ces rejets provenait des véhicules antérieurs à 1992. Les véhicules fabriqués après 1992 émettent sensiblement moins d'éthylène grâce aux progrès technologiques réalisés dans la conception des moteurs automobiles ainsi qu'aux exigences et contrôles relatifs aux émissions instaurés pour l'utilisation de combustibles fossiles moins polluants aux États-Unis et au Canada.

L'éthylène figure dans l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP); les installations qui fabriquent, importent ou utilisent plus de 10 tonnes de cette substance par année doivent

faire état de leurs rejets à l'Inventaire. En 2009, les installations à l'échelle du Canada ont déclaré à l'INRP des rejets environnementaux sur place totalisant environ 1 320 tonnes. Les rejets industriels ont chuté de plus de 50 % depuis 2000, principalement grâce à la quantité d'éthylène recyclée. La majorité des rejets d'éthylène déclarés sont émis dans l'air.

L'éthylène a été mesuré dans l'air extérieur, intérieur et personnel (soit l'air se trouvant à proximité de la zone respiratoire d'une personne et prélevé par les participants à l'aide d'un échantillonneur portatif) au Canada, ainsi que dans la végétation, le sol et l'eau de mer en surface. En tant que sous-produit de combustion, on a mesuré l'éthylène dans les gaz d'échappement des véhicules et la fumée de cigarette. La présence d'éthylène n'a pas été signalée dans l'eau potable ou les produits de consommation au Canada.

Selon les données expérimentales et modélisées, l'éthène n'est ni persistant ni bioaccumulable dans l'environnement.

Les plantes terrestres sont extrêmement sensibles à l'éthylène présent dans l'air; des valeurs critiques de toxicité dans l'air ont été déterminées pour les expositions tant à long terme qu'à court terme.

Des données de surveillance de la qualité de l'air ont été utilisées afin de déterminer si les concentrations ambiantes d'éthylène dans l'air urbain et rural ou à proximité de sites industriels pouvaient être nocives pour les plantes terrestres. D'après une comparaison des concentrations susceptibles d'entraîner des effets nocifs sur les organismes avec des niveaux d'exposition estimés et d'autres renseignements, l'éthylène présente un faible risque d'effets nocifs pour les plantes terrestres en raison des émissions industrielles ou des concentrations ambiantes. On estime à une occurrence par année la fréquence des occurrences ayant une concentration suffisante pour être préoccupantes.

D'après les données présentées dans cette évaluation préalable, cette substance présente un faible risque d'effets nocifs sur les organismes et sur l'intégrité globale de l'environnement. On conclut que l'éthène ne satisfait pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) ou b) de la LCPE, car il ne pénètre pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique, ou à mettre en danger l'environnement essentiel pour la vie.

À la lumière principalement des évaluations réalisées par des organismes internationaux selon la méthode du poids de la preuve, l'éthylène a été jugé comme étant « inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme (groupe 3) », et l'Organisation de coopération et de développement économiques a conclu que les études pertinentes relatives à cette substance indiquaient une faible toxicité.

La base de données sur les animaux pour l'éthène, de même que les études épidémiologiques disponibles, n'ont pas démontré de risque de cancer, et les résultats des essais de génotoxicité généraux étaient négatifs. Selon des observations faites sur des animaux de laboratoire, l'effet critique sur la santé humaine associé à l'exposition à l'éthylène

est celui des effets sur les voix nasales. On a comparé cette concentration associée à un effet critique à la plus forte concentration d'éthylène mesurée dans l'air au Canada; cette comparaison a donné de larges marges d'exposition jugées adéquates pour tenir compte des incertitudes relevées dans les bases de données concernant les effets sur la santé et l'exposition. Compte tenu de l'adéquation des marges entre les estimations supérieures de l'exposition à l'éthène et des concentrations associées à un effet critique, on conclut que l'éthène ne satisfait pas aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE, car il ne pénètre pas l'environnement en quantités ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

Conclusion proposée

On conclut que l'éthylène (NE CAS 74-85-1) ne satisfait à aucun des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE.

Table des matières

Sommaire	2
Introduction	7
Identité de la substance	9
Propriétés physiques et chimiques	10
Sources	11
Utilisations	12
Rejets dans l'environnement	14
Devenir dans l'environnement	16
Persistence et potentiel de bioaccumulation	17
Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement	19
Évaluation de l'exposition de l'environnement	19
Évaluation des effets écologiques	23
Caractérisation des risques écologiques	30
Incertitudes dans l'évaluation des risques pour l'environnement	37
Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine	39
Évaluation de l'exposition	39
Évaluation des effets sur la santé	52
Caractérisation des risques pour la santé humaine	57
Incertitudes	57
Conclusion	58
Références	59
Annexe A. Résumé de l'information portant sur les effets de l'éthylène sur la santé	71

Introduction

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

Une évaluation préalable a été entreprise pour l'éthène (plus communément appelé éthylène, n° CAS 74-85-1), car la substance a été désignée comme étant prioritaire pour l'évaluation en raison de son plus fort risque d'exposition humaine avant la catégorisation de la Liste intérieure des substances (LIS). Toutefois, pendant la catégorisation de la LIS, on a découvert que l'éthène ne répondait à aucun des critères de catégorisation. Par conséquent, la présente évaluation préalable a été préparée conformément aux alinéas 68*b*) et c) de la LCPE.

Les évaluations préalables mettent l'accent sur les renseignements jugés essentiels pour déterminer si une substance répond aux critères définis à l'article 64 de la LCPE. Les évaluations préalables visent à étudier les renseignements scientifiques et à tirer des conclusions fondées sur la méthode du poids de la preuve et le principe de prudence¹.

La présente évaluation préalable tient compte des renseignements sur les propriétés chimiques, les dangers, les utilisations et l'exposition relatifs à l'éthylène. Les données utiles à l'évaluation préalable de cette substance sont tirées de publications originales, de rapports de synthèse et d'évaluation, ainsi que de rapports de recherche de parties intéressées et d'autres documents consultés au cours de recherches documentaires menées récemment, jusqu'en mars 2013 pour les sections traitant des aspects écologiques et jusqu'en décembre 2011 pour les sections du document traitant de la santé humaine. De plus, en 2000, une enquête auprès de l'industrie a été menée au moyen d'un avis publié dans la *Gazette du Canada*, conformément à l'article 71 de la LCPE (Canada, 2001). Cette enquête a permis de recueillir des données sur la fabrication et l'importation au Canada d'un sous-ensemble de substances inscrites sur la LIS (Environnement Canada, 2003a). Les études les plus importantes ont fait l'objet d'une évaluation critique. Par ailleurs, il est possible que les résultats de modélisation aient servi à formuler des conclusions.

¹ La détermination de la conformité à l'un ou à plusieurs des critères énoncés à l'article 64 est basée sur une évaluation des risques potentiels pour l'environnement ou la santé humaine associés aux expositions dans l'environnement en général. Pour les humains, ceci inclut notamment les expositions à l'air ambiant, à l'air intérieur, à l'eau potable, aux produits alimentaires et dues à l'utilisation de produits de consommation. Une conclusion établie en vertu de la LCPE n'est pas pertinente à une évaluation, qu'elle n'empêche pas non plus, par rapport aux critères de danger définis dans le *Règlement sur les produits contrôlés*. Ce dernier fait partie du cadre réglementaire applicable au Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) pour les produits destinés à être utilisés au travail. De la même manière, la conclusion qui s'inspire des critères contenus dans l'article 64 de la LCPE n'empêche pas les mesures prises en vertu d'autres articles de la LCPE ou d'autres lois.

L'évaluation préalable ne présente pas un examen exhaustif de toutes les données disponibles. Elle fait plutôt état des études et des éléments de preuve essentiels qui appuient les conclusions.

Dans le cas de l'évaluation des risques pour la santé humaine, ces renseignements comprennent les données utiles à l'évaluation de l'exposition de la population générale (exposition non professionnelle) et l'information sur les dangers pour la santé. Les décisions concernant 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 des renseignements les plus importants 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 et Changement climatique Canada. Elle a fait l'objet d'une étude consignée par des pairs ou d'une consultation de ces derniers. Des commentaires sur les parties techniques se rapportant à l'exposition de l'environnement ont été reçus de la part d'experts scientifiques et de l'industrie, notamment Kent Woodburn et Gary Klecka (DOW Chemicals Inc.), Laura Blair (gouvernement de l'Alberta), Tom Parkerton (ExxonMobile) et Grazyna Kalabis (ministère de l'Environnement de l'Ontario). Des experts scientifiques, notamment Cathy Petito Boyce, Leslie Beyer et Chris Long, désignés et dirigés par l'entreprise Gradient, cabinet de consultation scientifique sur les risques et l'environnement, ont soumis leurs commentaires sur les parties techniques concernant la santé humaine. De plus, une ébauche de cette évaluation préalable a fait l'objet d'une période de commentaires du public de 60 jours. Bien que les commentaires externes aient été pris en considération, Santé Canada et Environnement et Changement climatique Canada assument la responsabilité du contenu final et des résultats de l'évaluation préalable.

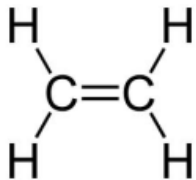
Les principales données et considérations sur lesquelles repose la présente évaluation sont résumées dans les sections suivantes.

Identité de la substance

Nom de la substance

Aux fins du présent document, la substance dont il est question ici est appelée l'éthène — bien que plus communément appelée éthylène — étant donné qu'elle est en conformité avec les plus récentes recommandations de l'IUPAC (Union internationale de chimie pure et appliquée) relatives à cette substance (IUPAC, 1993). Des renseignements relatifs à l'identité de l'éthylène figurent dans le Tableau 1.

Tableau 1. Identité de la substance – Éthylène

Numéro de registre du Chemical Abstracts Service (n° CAS) :	74-85-1
Nom dans la LIS	Éthylène
Noms relevés dans les National Chemical Inventories (NCI)^a	Ethene (<i>TSCA, AICS, ECL, SWISS, PICCS, ASIA-PAC, NZIoC</i>) Éthylène (<i>EINECS</i>) Ethylene (<i>ENCS et PICCS</i>)
Autres noms	Éthène (ethene), acétène (acetene), hydrogène bicarboné (bicarburetted hydrogen), gaz oléfiant (olefiant gas) et Elayl
Groupe chimique (groupe de la LIS)	Produits chimiques organiques définis
Principale classe chimique ou utilisation	Organiques
Formule chimique	C ₂ H ₄
Structure chimique	
SMILES^b	C=C
Masse moléculaire	28,05 g/mol

^a National Chemical Inventories (NCI), 2007 : AICS (inventaire des substances chimiques de l'Australie); ASIA-PAC (listes des substances de l'Asie-Pacifique); ECL (liste des substances chimiques existantes de la Corée); EINECS (Inventaire européen des substances chimiques commerciales existantes); ENCS (inventaire des substances chimiques existantes et nouvelles du Japon); NZIoC (inventaire des substances chimiques de la Nouvelle-Zélande); PICCS (inventaire des produits et substances chimiques des Philippines); SWISS (Liste des toxiques 1 et inventaire des nouvelles substances notifiées de la Suisse); TSCA (inventaire des substances chimiques visées par la *Toxic Substances Control Act* des États-Unis).

^b Simplified Molecular Input Line Entry System.

Propriétés physiques et chimiques

En général, l'éthène se trouve sous la forme de gaz dans des conditions environnementales normales, tel qu'il est indiqué par sa pression de vapeur, et il se répartit de préférence dans l'atmosphère à partir de plans d'eau et de la surface du sol (Mackay *et al.*, 2003). Le tableau 2 présente différentes propriétés physiques et chimiques de l'éthène qui se rapportent à son devenir dans l'environnement.

Tableau 2. Propriétés physiques et chimiques de l'éthylène

Propriété	Type	Valeur	Température (°C)	Référence
Point de fusion (°C)	Expérimental	-169,4	–	O'Neil <i>et al.</i> , 2001
Point d'ébullition (°C)	Expérimental	de -102,4 à -103,7	–	O'Neil <i>et al.</i> , 2001
Facteur de conversion ^a	Calculé	1 mg/m ³ = 0,87 ppm 1 ppm = 1,15 mg/m ³	25	CIRC, 1994
Pression de vapeur (MPa)	Expérimental	4,27	0	OCDE, 1998
	Extrapolé	6,95	25	Daubert et Danner, 1985
Densité de vapeur relative (air = 1)		0,9686		CIRC, 1994
Densité de vapeur (kg/m ³)		1,261	0	CGAI, 1999
Masse volumique		0,978	0	CGAI, 1999
Solubilité dans l'eau (mg/L)	Expérimental	280	0	IUCLID, 1995
	Expérimental	131	25	McAuliffe, 1966
Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol)	Calculé à partir de la pression de vapeur	2,17 × 10 ⁴	25	SRC, 2005
Coefficient de partage octanol-eau – log K _{oe}	Extrapolé	1,85		Schenker <i>et al.</i> , 2005

Propriété	Type	Valeur	Température (°C)	Référence
(sans dimension; log K _{oe} harmonisé de solubilité 3)				
Constantes de la vitesse de réaction dans l'air (cm ³ /molécule/s)	Calculé — OH•	7,9 × 10 ⁻¹²	25 (à 100 kPa)	Atkinson <i>et al.</i> , 2006
	Calculé —NO ₃	2,1 × 10 ⁻¹⁶	25 (à 100 kPa)	
	Calculé – O ₃	1,6 × 10 ⁻¹⁸	25 (à 100 kPa)	

^a Le facteur de conversion représente la valeur en parties par million (ppm) convertie en mg/m³ et vice versa.

Sources

L'éthylène est un gaz omniprésent dans l'environnement. Environ 74 % des émissions mondiales proviennent de sources naturelles et 26 % de sources anthropiques. La majeure partie de l'éthylène produit naturellement est rejetée par les plantes et les microorganismes du sol dans les écosystèmes terrestres (Sawada et Totsuka, 1986). L'éthylène est produit de façon endogène par les fruits, les fleurs, les feuilles, les racines et les tubercules sous forme de phytohormone importante régulant les différents processus de croissance des plantes (Altshuller, 1983). En outre, il est rejeté au cours de la décomposition de la litière dans les terres végétales des forêts (Sawada et Totsuka 1986; Derendorp *et al.*, 2011). La production endogène d'éthylène est également attribuable aux humains et à d'autres mammifères (CIRC, 1994). L'éthylène a été mesuré dans l'air exhalé (Filser *et al.*, 1992), ainsi que dans le gaz émanant de la peau humaine (Nose *et al.*, 2005). La combustion du bois (Barrefors et Petersson, 1995) pendant les incendies de forêt représente également une source naturelle d'émissions d'éthylène dans l'atmosphère. D'autres sources naturelles comprennent les émissions volcaniques et la fuite du gaz naturel, mais ces sources sont considérées comme négligeables (Sawada et Totsuka, 1986).

On estime que 77 % des rejets anthropiques à l'échelle mondiale, concentrés principalement dans les forêts tropicales, proviennent de la combustion de la biomasse dans les écosystèmes terrestres pour le défrichage au profit de l'agriculture (Sawada et Totsuka, 1986). La combustion incomplète de divers combustibles fossiles représente 21 % des rejets anthropiques (Sawada et Totsuka, 1986). Les émissions de gaz d'échappement des véhicules étaient reconnues pour contribuer de façon importante à la concentration urbaine d'éthylène dans l'air (CIRC, 1994), bien que les progrès réalisés dans le domaine de la technologie des moteurs automobiles et des carburants aient grandement réduit ces émissions. Au nombre des autres sources anthropiques figurent l'incinération des ordures et des déchets agricoles (Sawada et Totsuka, 1986) ainsi que les procédés industriels tels que le torchage dans les raffineries et les fuites provenant de la tuyauterie (CIRC, 1994).

L'éthylène a été défini à l'échelle internationale comme une substance chimique (USEPA, 2009c; OCDE, 1998) à haut volume de production. Selon le CIRC (1991), il s'avère le produit pétrochimique au volume de fabrication le plus élevé dans le monde (CIRC, 1994), bien qu'on ne sache pas exactement si cela reflète les dernières tendances. Au 1^{er} janvier 2011, la capacité de production mondiale de l'éthylène a atteint plus de 138 millions de tonnes par an, ce qui représente une augmentation par rapport à environ 119 millions de tonnes par an en 2007 (True, 2011). Cette augmentation reflète l'expansion considérable de la production des produits chimiques connue dans les régions de l'Asie-Pacifique et du Moyen-Orient. Les États-Unis sont le principal producteur avec une capacité d'environ 28 millions de tonnes par an, ce qui représente 9,9 % de la capacité mondiale; viennent ensuite la Chine (9,4 %) et l'Arabie Saoudite (8,6 %) (True, 2011).

Le Canada arrive au sixième rang pour sa capacité de production d'éthylène; il produit en effet près de 5,5 millions de tonnes par an, ce qui représente 4 % de la capacité mondiale au 1^{er} janvier 2011 (True, 2011). Le Canada occupe la sixième position dans le classement de la capacité de production d'éthène à l'échelle mondiale, celle-ci se chiffrant à près de 5,5 millions de tonnes par année, ce qui représente 4,0 % de la capacité mondiale en date du 1^{er} janvier 2011 (True, 2011). Ce nombre dénote une légère augmentation au Canada par rapport à l'année 2000 où la production représentait 4,3 millions de tonnes par an, comme l'ont signalé des fabricants canadiens (Environnement Canada, 2003a) dans une enquête menée par Environnement Canada en 2001 en vertu de l'article 71 de la LCPE (Canada, 2001). Dans cette même enquête, les quantités importées d'éthylène étaient négligeables en comparaison. Seules 15 tonnes étaient importées par une entreprise. Plusieurs changements des conditions de fabrication au Canada, concernant l'éthylène, ont été signalés ces dernières années. En 2008, un important producteur canadien de produits pétrochimiques a fermé ses usines au Québec (Baumgarten, 2008), tandis qu'en mars 2011, des projets d'expansion de la production d'éthène dans la province de l'Alberta à partir du dégagement gazeux des sables bitumineux ont été annoncés (True, 2011).

Plus de 95 % de la production commerciale annuelle d'éthylène est actuellement fondée sur le vapocraquage des hydrocarbures et effectuée par la récupération des gaz de craquage des raffineries (Zimmerman et Walzl, 2009). La production d'éthylène et son transfert vers des utilisations en aval se produit dans des systèmes fermés. Les émissions fugitives de l'éthylène issues de l'équipement servant aux procédés et de la tuyauterie dans les usines de fabrication se produisent effectivement, bien qu'on estime que ces pertes représentent un petit pourcentage de la production (environ 0,03 %) (CIRC, 1994).

On a détecté de l'éthène dans un produit de dégradation thermique du polyéthylène et du polypropylène lors de deux études de laboratoire (Hoff *et al.*, 1982; Frostling *et al.*, 1984), bien que cette source ait été jugée négligeable.

Utilisations

L'augmentation mondiale de la production d'éthylène est en grande partie le reflet de la demande accrue des utilisations en aval. L'éthylène est une matière première importante dans l'industrie des substances chimiques organiques de synthèse (CGAI, 1999). L'utilisation la plus répandue de l'éthylène est son ajout aux plastiques, principalement pour la production de polyéthylène haute densité, basse densité et basse densité linéaire, un polymère composé de monomères d'éthylène (Zimmermann et Walzl, 2009). L'estimation de la hausse de la demande mondiale d'éthylène rend compte de l'augmentation attendue de la consommation de plastique par habitant dans les marchés en expansion, tels que l'Inde et la Chine (ACML, 2010). L'éthylène est également utilisé dans la fabrication d'oxyde d'éthylène, de dichlorure d'éthylène, d'éthylbenzène, d'alcools, d'alcènes, d'acétaldéhyde et de vinylacétate (Zimmermann et Walzl, 2009), ainsi que pour le gaz combustible industriel (Environnement Canada, 2003a). En outre, des petites quantités d'éthylène sont utilisées comme frigorigène et comme combustible pour le soudage et la coupe de métaux (CGAI, 1999), et la substance a été utilisée comme gaz anesthésique (Sneader, 2005). D'après les renseignements disponibles, les utilisations au Canada sont conformes aux profils d'utilisation internationaux.

L'éthylène de synthèse est également utilisé à des fins commerciales pour faire mûrir les fruits (CGAI, 1999), bien que cette utilisation représente une faible proportion des volumes de production de l'éthylène (CIRC, 1994). En tant que régulateur de croissance des plantes, l'éthylène agit pour stimuler ou réguler la maturation du fruit, l'inhibition des tissus végétatifs, l'éclosion des fleurs et l'abscission (ou la perte) des feuilles. Au Canada, l'éthylène de synthèse est un régulateur de croissance des plantes homologué en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Il existe neuf préparations commerciales antiparasitaires, homologuées sous le nom d'Eco Sprout Guard. Il s'agit d'un gaz inhibiteur de germination des plantes utilisé pour réduire la croissance des pousses sur les tubercules des pommes de terre Russet Burbank pendant un entreposage à long terme avant leur traitement. Il existe neuf préparations commerciales antiparasitaires homologuées que l'on utilise pour réduire la croissance des pousses sur les tubercules des pommes de terre Russet Burbank pendant un entreposage à long terme avant leur transformation (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire [ARLA], 2001b) Aux États-Unis, l'éthylène de synthèse peut être utilisé dans les champs ou après la récolte de différentes cultures, comme produit de traitement du tabac, comme produit de floraison de l'ananas et comme herbicide de striga pour les cultures de maïs, de coton, d'arachide et soja (USEPA, 1992a).

L'éthylène n'est pas répertorié comme additif alimentaire approuvé au Canada au titre 16 du *Règlement sur les aliments et drogues* (Canada, 1978). De plus, il n'est inscrit ni dans la Base de données sur les produits pharmaceutiques (BDPP, 2012), ni dans la base de données sur les ingrédients non médicinaux interne de la Direction des produits thérapeutiques, ni dans la Base de données sur les ingrédients des produits de santé naturels (BDIPSN, 2012), ni dans la Base de données des produits de santé naturels homologués (BDPSNH, 2012) en tant qu'ingrédient médicinal ou non médicinal dans les produits pharmaceutiques finaux, les produits de santé naturels ou les médicaments vétérinaires (courriel de la Direction des produits thérapeutiques, de la Direction des produits de santé naturels et de la Direction des médicaments vétérinaires de Santé Canada adressé au Bureau de la gestion du risque de Santé Canada en octobre 2011, source non citée).

Rejets dans l'environnement

Tel qu'il a été mentionné précédemment, l'éthène est omniprésent dans l'environnement, étant produit naturellement par les plantes, les microbes et les algues marines. Dans le sol, il s'agit d'un sous-produit de la décomposition microbienne des matières organiques. L'éthène est donc rejeté dans l'environnement par des processus naturels.

L'éthylène est omniprésent dans l'environnement, étant produit naturellement par les plantes, les microbes et les algues marines. Dans le sol, il s'agit d'un sous-produit de la décomposition microbienne des matières organiques. Dans les plantes d'espèce supérieure, l'éthylène fonctionne comme une hormone importante : il régule plusieurs processus physiologiques et biochimiques généraux qui interviennent dans la germination des graines, la maturation des fruits, l'abscission (déclenchant la perte des feuilles), la détermination du sexe, l'initiation de racines et l'élongation des cellules (Kazama *et al.*, 2004). Les taux d'émission de l'éthylène provenant des plantes sont propres aux espèces et dépendent du type de tissu et de l'âge de la plante.

D'autres sources naturelles d'éthylène sont notamment les éruptions volcaniques et les incendies de forêt. L'éthylène est le principal hydrocarbure non méthanique dans les eaux de surface des océans. On le trouve principalement dans les zones euphotiques où des concentrations plus importantes correspondent à une productivité primaire accrue (Lee et Baker, 1992).

D'après Sawada et Totsuka (1986), l'estimation des émissions d'éthylène de la surface du globe dans l'atmosphère est comprise entre 18 et 45 millions de tonnes par an, dont 74 % de ce qui est rejeté proviennent de sources naturelles et 26 % de sources anthropiques. Au Canada, les concentrations anthropiques d'éthylène dans l'air sont en grande partie attribuées aux émissions des véhicules (Alberta Environment, 2003). Cependant, cette source a diminué au cours des 20 dernières années, en raison des progrès réalisés dans le domaine de la technologie des moteurs automobiles.

En 2003, l'éthylène était l'un des produits chimiques mesurés dans les émissions des véhicules par le programme AirCare, un programme d'essais et de réduction relatif aux émissions des véhicules dans la vallée du bas Fraser, en Colombie-Britannique (Environnement Canada, 2003). Les années modèles des véhicules soumis aux essais allaient de 1978 à 1998. Parmi ceux-ci, 50 étaient des véhicules légers et 20, des camionnettes légères. Les véhicules sélectionnés pour les essais étaient choisis pour représenter la partie supérieure des 70 % du parc de véhicules routiers de la Colombie-Britannique. La quantité d'éthylène émise par kilomètre parcouru variait énormément. Cependant, une tendance générale était observée : souvent, les véhicules antérieurs à 1992 émettaient beaucoup plus d'éthylène (96 mg/km parcouru) que les véhicules plus récents que ceux fabriqués en 1992 (4,6 mg/km parcouru). Ces émissions 20 fois moins élevées étaient en grande partie dues aux contrôles et aux exigences en matière d'émissions pour

des combustibles moins polluants aux États-Unis et au Canada (Environnement Canada, 2003b).

Ces données peuvent être utilisées pour estimer la quantité d'éthylène pouvant être rejetée au Canada, en supposant que la répartition des véhicules au pays est semblable à celle de la vallée du bas Fraser. Cette estimation sera probablement élevée, les émissions d'éthylène des véhicules plus anciens (de 1991 à 1996) étant élevées par rapport à celles de véhicules plus modernes. Les Canadiens qui conduisaient des véhicules légers (poids inférieur à 4,5 tonnes) en 2005 ont parcouru environ 287,7 milliards de kilomètres avec 17,9 à 18,2 millions de véhicules (Statistique Canada, 2005; RNCAN, 2008). Pour le Canada, ce calcul a donné une estimation totale des rejets d'éthylène par les véhicules légers de 3 449 tonnes en 2005. Pour la majorité de ces émissions, 2 396 tonnes (69 % du total) provenaient des véhicules antérieurs à 1992, même s'ils ne représentaient que 14 % du parc automobile (RNCAN, 2008). À mesure que le parc automobile canadien vieillit, la proportion de véhicules antérieurs à 1992 diminuera, ce qui donnera lieu à des diminutions importantes de la quantité d'éthylène rejeté par les véhicules canadiens.

L'éthylène figure dans l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP); les installations qui fabriquent, importent ou utilisent plus de 10 tonnes de cette substance par année doivent faire état de leurs rejets à l'Inventaire. L'INRP recense 44 installations ayant déclaré des rejets de 2 013 tonnes d'éthylène en 2009 (Environnement Canada, 2011a; Tableau 3). Les rejets industriels les plus élevés au Canada ont été signalés en Alberta, 897 tonnes ayant été rejetées et 723 tonnes ayant été recyclées (ces résultats combinés représentent 80 % du volume total déclaré). Cependant, de ce total pour 2009, quelques 120 tonnes provenaient de déversements survenus dans une installation (6 % du volume) et, comme elles ne faisaient pas partie des activités courantes de l'installation, elles ont été exclues des analyses. Les rejets en Alberta étaient suivis par ceux de l'Ontario avec 324 tonnes (16 % du volume total) déclarées, tandis que les 69 tonnes restantes (3 % du volume total) ont été rejetées au Québec, en Saskatchewan, en Nouvelle-Écosse, en Colombie-Britannique et au Nunavut (Environnement Canada, 2011a). L'éthène est aussi un composé de certains gaz de pétrole et de raffinerie (Canada, 2013a; Canada, 2013b); il peut être émis dans l'environnement avec le rejet de gaz de pétrole et de raffinerie, et il devrait faire partie du secteur de production de pétrole (8 %) [tableau 3; Environnement Canada, 2011a]. Dans le présent rapport, on considère en général que les rejets d'éthylène proviennent d'activités industrielles plutôt que d'industries précises, sauf mention contraire.

La tendance des rejets réels d'éthylène (sans compter les tonnes acheminées aux fins de recyclage ou les déversements) déclarés à l'INRP a considérablement diminué, de sorte que les rejets dans l'environnement en 2009 représentent moins de la moitié de ceux déclarés en 2000 (voir le tableau 4) (Environnement Canada, 2011a). Tous les rejets devraient donc être émis dans l'air, aucun n'ayant été relevé dans le sol, l'eau ou les sédiments.

Tableau 3. Rejets d'éthylène dans l'air déclarés à l'INRP en fonction du secteur industriel en 2009 (Environnement Canada, 2011a)

Secteur industriel	Nombre d'installations	Masse des	Pourcentage du total
--------------------	------------------------	-----------	----------------------

	déclarant les rejets	rejets (tonnes)	(fondé sur la masse des rejets)
Substances chimiques	18	1045	52
Traitement et élimination des déchets (acheminés aux fins de recyclage; non considérés comme un rejet réel)	1	603	30
Production de pétrole (tous les types)	19	169	8
Production d'énergie	3	46	2
Déversements	1	120	6
Métaux	3	29	1
TOTAL	44^a	2012	

^a Une entreprise a produit une déclaration dans deux secteurs.

Tableau 4. Rejets d'éthylène et quantités recyclées (en tonnes) déclarés à l'INRP entre 2000 et 2009 (Environnement Canada, 2011a)

Année	Rejets	Quantités recyclées	Total
2000	2710,56	0,44	2711
2001	2472	0	2472
2002	2057	781	2838
2003	1921	422	2343
2004	1881	338	2219
2005	1840	643	2483
2006	1463	1068	2531
2007	1427	894	2321
2008	1250	701	1951
2009	1320	723	2013

Devenir dans l'environnement

L'éthylène issu de sources anthropiques est presque toujours rejeté dans l'air, étant donné qu'il est un gaz à des températures ambiantes. Selon les estimations du modèle de fugacité de niveau III (modèle EQC, Mackay *et al.*, 2003), presque tous les rejets (> 99,9 %) d'éthylène dans l'air y demeureront et seules des quantités négligeables se répartiront dans le sol, l'eau et les sédiments. L'éthylène ne devrait pas être rejeté dans le sol, les sédiments ou l'eau; par conséquent, on ne prévoit aucune exposition et ces voies n'ont pas fait l'objet d'une étude. La voie d'exposition à l'éthylène la plus probable est donc l'exposition par contact avec l'air (p. ex. par inhalation ou par respiration), et les organismes qui seront le

plus vraisemblablement exposés à cette substance sont les organismes terrestres, tels que les plantes, les invertébrés, les oiseaux et les mammifères.

On considère que l'éthylène présente un potentiel de formation photochimique d'ozone de 100 et qu'il est le produit chimique standard aux fins de comparaison avec d'autres produits chimiques (Environnement Canada, 1996).

Dans un rapport établi pour le compte du California Air Resources Board, Carter (2010) a élaboré un modèle complexe fondé sur des années d'essais réalisés dans une chambre à air afin de déterminer les répercussions des produits chimiques sur la formation d'ozone (O_3) et d'ions nitrate (NO_3). Dans son rapport, les données sur la réactivité relative sont fondées sur les effets des produits chimiques sur la concentration moyenne maximale d'ozone après huit heures dans 39 villes du territoire continental des États-Unis. Dans ces conditions d'essai, il a calculé que l'éthylène produisait en moyenne 9 grammes d' O_3 pour chaque gramme ajouté dans l'atmosphère (Carter, 2010). Les rejets d'éthylène provenant des automobiles étant estimés à 3 449 tonnes, cette source produirait environ 31 041 tonnes d' O_3 à l'échelle du Canada (à 25° C et 101,3 kPa).

Un produit de décomposition courant de l'éthylène dans l'air est le formaldéhyde, une substance figurant déjà à l'annexe 1 (Liste des substances toxiques) de la LCPE.

L'élimination physique de l'éthylène dans l'atmosphère peut se produire par dépôt humide. Cependant, ce processus est négligeable en raison de la courte demi-vie de cette substance dans l'atmosphère et de sa faible hydrosolubilité. Certaines données semblent indiquer que la présence de bactéries et de champignons dans le sol facilitent l'élimination de l'éthylène. Cependant, comme pour le dépôt humide, ce processus n'est pas aussi efficace que les réactions chimiques atmosphériques qui sont 30 à 60 fois plus efficaces (Alberta Environment, 2003).

Persistance et potentiel de bioaccumulation

Les données expérimentales et modélisées concernant la biodégradation et la persistance de l'éthylène dans différents milieux naturels sont présentées dans le tableau 6. Les valeurs de biodégradation modélisées pour l'éthylène indiquent que la demi-vie est inférieure à 182 jours dans l'eau et le sol. Howard *et al.* (1991) fournissent une estimation de la demi-vie aérobie comprise entre un et 28 jours et une demi-vie anaérobie comprise entre quatre et 112 jours. L'éthylène s'oxyde facilement dans l'atmosphère, son temps de séjour global théorique dans la troposphère variant de deux à quatre jours. De nombreuses réactions chimiques sont toutefois associées à la décomposition de l'éthylène, ce qui peut ainsi réduire sa demi-vie à quelques heures à peine (Sawada et Totsuka, 1986).

L'éthylène réagit dans l'air principalement avec les radicaux hydroxyles ($OH\bullet$), mais il peut aussi réagir avec les ions nitrate (NO_3) et l'ozone (O_3). L'oxydation de l'éthylène peut produire du dioxyde d'azote (NO_2), qui peut ensuite former de l'ozone. L'éthylène est utilisé

comme critère à partir duquel d'autres produits chimiques sont mesurés pour la formation de l'ozone troposphérique. La constante de la vitesse de réaction de l'éthylène avec l'OH• est $7,9 \times 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ molécule}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (à 298 K et 101 kPa); pour le NO₃ et l'O₃, les constantes de vitesse sont beaucoup plus lentes (Atkinson *et al.*, 2006). Les calculs d'une demi-vie dans l'air dépendent fortement de la concentration d'OH• utilisée. Atkinson (2000) a constaté que la plage de concentrations de pointe de l'OH• le jour, près du niveau du sol à deux sites de l'hémisphère Nord situés à des latitudes moyennes, pendant les mois d'août et de septembre variait de 2×10^6 à 10×10^6 molécule/cm³. Prinn *et al.* (1995) ont calculé la moyenne annuelle, saisonnière et diurne après 24 heures d'une concentration d'OH• de 1×10^6 molécule/cm³. Il semble que la valeur 2×10^6 molécule/cm³ se trouverait dans la plage prévue pour le Canada.

Une demi-vie atmosphérique ($t_{1/2}$) a été calculée pour l'éthylène, en fonction de la constante de la vitesse de réaction de l'OH•, d'une concentration par défaut de l'OH• après une journée de 12 heures mentionnée ci-dessus et de l'équation suivante, développée par Leifer (1993) :

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{\text{vitesse}_{\text{réaction}} \times [\text{OH}\bullet] \times 43200 \text{ s}}$$

Cela permet d'obtenir une demi-vie atmosphérique de 1,01 jour.

D'autres estimations de la demi-vie d'oxydation atmosphérique étaient de 1,255 jour (à l'aide du modèle AOPWIN, 2000) et 1,125 jour (Alberta Environment, 2003; à l'aide des données de Prinn *et al.*, 1992). Le ministère de l'Environnement de l'Alberta (Alberta Environment, 2003) a estimé que dans des zones urbaines plus polluées où les concentrations d'OH• peuvent atteindre 10^7 molécules cm³ (Eisele et Tanner 1991), la demi-vie est seulement d'environ deux heures.

L'éthylène a une demi-vie de réaction prévue dans l'air de 1,01 jour et une demi-vie estimée dans l'eau comprise entre un et 28 jours (tableau 5). D'après un rapport d'extrapolation de 1:1:4 exprimant la demi-vie de biodégradation dans l'eau, le sol et les sédiments (Boethling *et al.*, 1995), les valeurs des demi-vies dans le sol et les sédiments peuvent être extrapolées à partir des estimations liées à la demi-vie dans l'eau. Par conséquent, la demi-vie dans le sol est comprise entre un et 28 jours, et celle dans les sédiments va de quatre à 112 jours. Toutefois, l'éthylène ne demeurera probablement pas dans le sol et les sédiments en raison de son devenir dans l'environnement. En outre, il est peu probable que cette substance soit rejetée directement dans l'eau.

Tableau 5. Demi-vies de l'éthylène dans les milieux naturels

Milieu	Demi-vie (jours)	Référence
Eau	1 à 28	Howard <i>et al.</i> , 1991; OCDE, 2005
Air	1,01	Atkinson, 2000; AOPWIN, 2000

Sol	1 à 28	Howard <i>et al.</i> , 1991
Sédiments	4 à 112 ^a	s.o.

^a Selon les calculs effectués à l'aide du rapport d'extrapolation de 1:1:4 pour la dégradation dans l'eau, le sol et les sédiments tiré de Boethling *et al.*, 1995.

Le potentiel de transport à grande distance de l'éthylène dans l'air a été estimé à l'aide de la version 3.00 du modèle TaPL3 (CEMC, 2003). La distance de transport caractéristique (DTC) de la substance ainsi obtenue est de 681 km. Selon Beyer *et al.* (2000), l'éthylène fait partie de la catégorie 3 (courte DTC inférieure à 700 km), et l'on considère que son potentiel de transport à grande distance dans l'air est faible.

Il n'existe aucune donnée empirique caractérisant les facteurs de bioconcentration (FBC) ou les facteurs de bioaccumulation (FBA) pour l'éthylène. Cependant, la bioaccumulation et la bioconcentration de l'éthylène dans les systèmes aquatiques devraient être limitées en raison de la faible valeur de son log K_{oe} , soit 1,85 (Schenker *et al.*, 2005). Puisqu'il n'existe aucune donnée expérimentale sur la bioaccumulation ou la bioconcentration de l'éthylène, on a effectué des prévisions au moyen d'un modèle de calcul du FBC et du FBA (BCFBAF, 2008). Habituellement, c'est le modèle sur le FBA qui est privilégié, car il représente l'absorption des substances chimiques à partir de l'eau et de l'alimentation. Toutefois, comme on ne prévoit aucune contribution des aliments, le FBA n'a donc pas été pris en considération. Le résultat du modèle de calcul du FBC était le suivant : 1,774 L/kg poids humide, ce qui correspond à un potentiel de bioconcentration très faible.

D'après les données ci-dessus, l'éthène n'est ni persistant ni bioaccumulable dans l'environnement.

Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement

Évaluation de l'exposition de l'environnement

Les données expérimentales sur la dispersion de l'éthylène dans les milieux naturels sont rares, de sorte que le modèle EQC de fugacité de niveau III (tableau 5; Mackay *et al.*, 2003) a été utilisé. La seule voie de rejet connue au Canada est celle des rejets dans l'air. En outre, comme l'indiquent les renseignements sur la dégradation présentés dans le tableau 6, l'éthylène ne se retrouvera probablement pas dans l'eau, les sédiments ou le sol à des concentrations supérieures à celles présentes naturellement dans l'environnement. Par conséquent, seules les concentrations atmosphériques sont déclarées dans la présente section.

Bien que les concentrations d'éthylène dans l'environnement dépendent de sources naturelles et anthropiques, des concentrations invariablement supérieures sont mesurées dans des zones urbaines, en raison de la combustion de combustibles, de carburants, du

charbon et du gaz naturel par les véhicules et les installations industrielles. Ces dernières peuvent aussi rejeter de l'éthylène dans le cadre de leurs procédés de production. Les concentrations ambiantes d'éthylène dans les régions éloignées et rurales du Canada étaient en général inférieures à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alberta Environment, 2003). Selon l'ensemble des données de dépistage de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 1998), les concentrations d'éthylène allaient de moins de 1 à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les sites ruraux.

Une concentration maximale d'éthylène de $573 \mu\text{g}/\text{m}^3$, assortie d'une valeur médiane de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a été mesurée dans plus de 800 échantillons d'air ambiant prélevés dans 39 villes américaines entre 1984 et 1986 (Seinfeld, 1989). En 1985, des concentrations moyennes géométriques d'éthylène dans l'atmosphère variant de 3,7 à $52,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été déterminées dans une banlieue industrielle de Bombay, en Inde (Rao et Pandit, 1988). Dans le Nord-ouest de l'Angleterre, les concentrations moyennes géométriques d'éthylène dans l'air ambiant, pendant l'été 1983, étaient de $23,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les échantillons d'air prélevés en milieu urbain et de $0,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans ceux recueillis en milieu rural (Colbeck et Harrison, 1985). En outre, les concentrations d'éthylène représentaient en moyenne $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1980 et $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1981 dans 258 échantillons d'air prélevés à Tokyo, au Japon (Uno *et al.*, 1985).

Pendant la période s'échelonnant entre 1980 et 1993, les concentrations d'éthylène dans les milieux urbains au Canada variaient de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à une valeur élevée de $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en situation d'inversion hivernale à Calgary (Alberta Environment, 2003; Reid et Watson, 1985). De 1995 à 2000, la surveillance des concentrations atmosphériques a été assurée par la Clean Air Strategic Alliance (CASA, 2008) à Edmonton et Calgary. La plage de concentrations à Edmonton variait de 0,29 à $71,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une moyenne de $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le centre urbain, tandis qu'à Calgary, elle était comprise entre 1,2 et $31,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une moyenne de $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans les deux villes, plus de 80 % des données de surveillance étaient inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De 2000 à 2009, les données sur les concentrations atmosphériques de 49 sites du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2011b) ont été analysées. La durée des périodes d'échantillonnage était de quatre heures ou de 24 heures, selon le site et d'autres paramètres (de nombreux sites ont été échantillonnés pendant quatre heures). Tous les sites ont été classés comme éloignés (sites de référence), ruraux ou urbains en fonction de leurs emplacements respectifs au Canada et de leur proximité par rapport aux villes et aux cantons (sites urbains), aux zones semi-aménagées et agricoles (sites ruraux), ou aux zones qui étaient considérées comme très peu touchées (sites éloignés). Les différences relevées entre ces trois types de sites ont fait l'objet d'études au moyen des valeurs moyennes de chaque site, dans le cadre d'une analyse de la variance suivie de comparaisons par paire à l'aide du test de Tukey (Minitab, 2005). Une différence statistiquement significative a été observée entre les groupes ($P < 0,001$); des différences par paires importantes ont aussi été constatées entre les sites urbains et ruraux, ainsi qu'entre les sites urbains et de référence. Le Tableau 6 présente les concentrations atmosphériques sur les trois différents types de sites pour deux périodes : de 2000 à 2003 et de 2005 à 2009.

La concentration d'éthylène dans les zones urbaines était beaucoup plus élevée que celle relevée dans les zones rurales et de référence. Cette différence était probablement attribuable aux émissions des véhicules et à la présence de sources industrielles d'éthylène. Même si deux des stations de surveillance du RNSPA sont liées à des sources industrielles de pollution, le reste des stations ne le sont pas; par conséquent, il était impossible de procéder à une analyse statistique de la cooccurrence de l'éthylène et des industries. Les responsables des quelques programmes de surveillance réalisés dans les installations pétrochimiques ont fait état de concentrations d'éthylène très variables. Une installation en Alberta a détecté une plage de concentrations variant de 2,29 à 232,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre mai et septembre de la même année, soit en l'an 2000 (la moyenne maximale après six heures pour le mois), la valeur moyenne étant de 48,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alberta Environment, 2003). Les zones à proximité de ces installations sont celles où sont enregistrées des valeurs de pointe de l'éthylène plus élevées.

La concentration quotidienne (tableau 6) la plus élevée issue de la surveillance de la qualité de l'air effectuée récemment (2009) en milieu urbain était de 32,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur signalée sur un site à Sarnia, en Ontario. Le site comporte plusieurs industries qui produisent ou utilisent de l'éthylène, et les concentrations atmosphériques de cette substance qui y sont mesurées sont extrêmement variables. La concentration d'éthylène moyenne dans les zones urbaines au Canada a diminué sur une période de 10 ans entre 2000 et 2009. La moyenne entre 2000 et 2003 était de 2,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tandis que celle pour la période entre 2005 et 2009 était de 1,70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

De 2005 à 2009, la plus forte concentration quotidienne sur les sites ruraux (tableau 6) au Canada était de 7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la ville de Quesnel, en Colombie-Britannique (Environnement Canada, 2011b). La concentration d'éthylène moyenne aux sites de surveillance ruraux a légèrement augmenté en passant de 0,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 2000 et 2003 à 0,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 2005 et 2009; on ignore s'il s'agit d'une tendance réelle ou simplement d'un écart dans les données.

La plus forte concentration quotidienne mesurée dans des sites éloignés partout au Canada entre 2005 et 2009 (tableau 6) était de 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui indique très peu de changement par rapport à la période comprise entre 2000 et 2003. La concentration moyenne d'éthylène était de 0,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 2000 et 2003 et de 0,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 2005 et 2009. On peut raisonnablement déclarer que les concentrations d'éthylène dans des régions éloignées du Canada sont très faibles, qu'elles n'ont pas sensiblement changé récemment et que cette substance n'est pas transportée sur de grandes distances à partir des sites présentant de plus fortes concentrations.

Tableau 6. Concentrations atmosphériques quotidiennes mesurées dans les différents types de sites pour les périodes allant de 2000 à 2003 et de 2005 à 2009 (Environnement Canada, 2011b)

A) 2000-2003

Type de site	Concentration minimale en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentration maximale	Concentration moyenne	Points de données (n)
Sites éloignés (n = 5)	0,01	1,80	0,23	519
Sites ruraux (n = 9)	0,03	5,57	0,34	1 653
Sites urbains (n = 35)	0,05	38,43	2,03	3 252

B) 2005-2009

Type de site	Concentration minimale en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentration maximale	Concentration moyenne	Points de données (n)
Sites éloignés (n = 5)	0,01	1,70	0,21	1 841
Sites ruraux (n = 9)	0,05	7,5	0,46	7 010
Sites urbains (n = 35)	0,102	32,9	1,70	10 521

Les données canadiennes relatives au rejet d'éthylène provenant de sites industriels ont été fournies à la fois par l'industrie et par des associations environnementales régionales; elles représentent une surveillance effectuée soit uniquement aux limites des propriétés industrielles (déclarations industrielles), soit à la fois aux limites de ces propriétés et plus loin (surveillance effectuée par des associations environnementales).

Si l'on ne tient compte que des déclarations industrielles, la fourchette des concentrations maximales sur trois jours, durant toute une année, déclarées de 2007 à 2012 par diverses installations aux limites des propriétés, était comprise entre $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$; la moyenne était de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la médiane, de $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La majorité des valeurs maximales sur trois jours étaient comprises entre 10 et $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Toutes les mesures prises en considération sont des mesures hors site situées à proximité d'industries produisant de l'éthylène (NOVA Chemicals, 2013; Dow Chemicals, 2013).

La concentration moyenne annuelle déclarée par l'industrie va de $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la moyenne à la limite de la propriété étant de $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au Canada (NOVA Chemicals, 2013; Dow Chemicals, 2013).

La surveillance régionale de l'éthène a été effectuée par une association environnementale dans la région de Sarnia-Lambton, en Ontario. Dans cette région, on trouve plusieurs sources industrielles d'éthène ainsi que des émissions automobiles et urbaines (y compris celles causées par une autoroute provinciale majeure). Les données horaires recueillies de janvier 2008 à décembre 2012 dans cette zone industrielle urbanisée ont été fournies, et des moyennes sur trois jours ont été calculées aux fins de comparaison avec les données de l'industrie. Les concentrations d'éthylène moyennes maximales sur trois jours étaient comprises entre 4 et $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$; la valeur maximale moyenne était de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la valeur médiane, de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SLEA, 2013). Les données de cinq stations de surveillance ont été

fournies. Trois d'entre elles se trouvaient aux limites de propriétés industrielles, tandis que les deux autres étaient situées plus loin. Les deux stations les plus éloignées étaient séparées par une distance d'environ 13 kilomètres.

Les données de surveillance environnementale pour la période 2008-2012 dans la région de Sarnia-Lambton indiquaient une moyenne sur trois jours anormalement élevée de $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012. Une enquête plus approfondie a révélé que cette valeur avait été causée par un événement n'ayant duré que six heures en début de matinée le 3 août 2012, lorsque les concentrations d'éthylène ont atteint un sommet aux cinq stations de surveillance de la région. La cause de cette augmentation est inconnue, mais elle était atypique. Étant donné que cet événement était isolé, qu'il était de très courte durée et que les concentrations d'éthylène sont revenues à leurs valeurs précédentes, ces données n'ont pas été prises en considération dans l'évaluation des risques.

Évaluation des effets écologiques

Plantes terrestres

L'éthylène est produit et utilisé comme une hormone chez les plantes d'espèce supérieure, de sorte qu'il agit sur de nombreux processus de croissance et de développement en fonction de la concentration, de l'étape de croissance durant l'exposition et de la durée de l'exposition. De nombreux effets de croissance sont réversibles s'ils ne perdurent pas; cependant, les processus de développement ne sont souvent pas réversibles si le processus se produit sur une courte période, comme la formation de fleurs. L'exposition à l'éthylène favorise une abscission (perte) des feuilles et une croissance épïnastique (enroulement des feuilles) précoces. Elle peut retarder la croissance des racines en plus d'avoir une incidence sur les processus de développement qui participent à la reproduction, tels que la formation et le développement de boutons à fleurs, la maturation des fruits et l'étendue de floraison (Blankenship et Kemble, 1996; Alberta Environment, 2003). Les effets sur la floraison ont comme incidence de réduire la capacité de reproduction. Quant aux effets sur les racines et les feuilles, ils peuvent freiner la croissance. Toutefois, étant donné que l'éthylène est une substance de croissance, les effets ne sont pas tous nocifs. Une concentration atmosphérique d'environ $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ favorise la croissance de nombreuses plantes si l'exposition a lieu au bon moment, et elle peut les protéger contre la perte d'eau (Reid et Watson, 1985). L'industrie agricole exploite ces effets en utilisant l'éthylène pour faire mûrir les fruits cueillis avant maturité et pour retarder l'éclosion des fleurs pendant leur transport vers les marchés.

À des concentrations atmosphériques comprises entre $5,6$ et $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, des effets positifs et négatifs commencent à apparaître chez diverses espèces végétales (voir les tableaux 7a et 7b). Certaines céréales comme l'orge et l'avoine semblent extrêmement sensibles à l'éthylène à des concentrations atmosphériques aussi faibles que $34,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; elles présentent en effet une réduction de la production des graines de 63 % (Archambault et Li, 2000). Les feuilles des tomates s'enroulent légèrement à $11,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et l'élongation de l'axe épicotylé des pois est réduite pendant la germination; toutefois, la production de graines de canola augmente à $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Blankenship et Kemble, 1996; Goeschel et Kays, 1975; Reid

et Watson, 1985). Les conifères (épinette et pin) ne présentent pas d'effets à des concentrations aussi élevées que $1,374 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant de courtes périodes d'exposition (une heure) (Archambault et Li, 2001). Goeschl et Kays (1975) laissent entendre que l'étape de développement peut influencer le type de réaction à l'éthylène, ainsi que la durée d'exposition (Dueck *et al.*, 2003), et permettre de déterminer si les plantes ont une période de rétablissement (Tonneijck *et al.*, 2000). Certains auteurs semblent indiquer que l'absence de période de rétablissement est la raison pour laquelle les plantes utilisées dans le cadre d'expériences semblent être plus sensibles à l'éthylène que celles exposées dans le monde réel, où l'exposition n'est pas constante et est souvent de courte durée (Tonneijck *et al.*, 2003).

L'augmentation des fermetures stomatiques touchait les pommes de terre (*Solanum sp.*) exposées à $515 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'éthylène pendant jusqu'à 12 heures à la lumière du jour, ce qui réduisait la photosynthèse jusqu'à trois jours consécutifs. Une exposition similaire dans l'obscurité n'a pas eu d'incidence sur la photosynthèse. Les pommes de terre pour lesquelles on a observé des réductions de la photosynthèse se sont rétablies en 48 heures (Dueck *et al.*, 2003). Lorsqu'elles étaient exposées à l'éthylène à $515 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant plus de 12 heures, des dommages irréversibles de l'appareil de photosynthèse s'ensuivaient (Dueck *et al.*, 2003; Archambault et Li, 2001; tableau 7b).

Il est difficile de prévoir la réaction d'une espèce particulière à l'éthène exogène. Des espèces étroitement apparentées peuvent réagir différemment et même parmi les espèces agronomiques, des cultivars peuvent répondre à l'éthène de manière différente. Dans le cas de l'orge (*Hordeum vulgare*), le cultivar « Harrington » était très sensible à l'éthène, contrairement au cultivar « AC Lacombe » (Archambault *et al.*, 2006). Rajala *et al.* (2002) ont constaté que l'orge et l'avoine (céréales) étaient sensibles à l'éthylène, mais que le blé et le riz ne l'étaient pas. Fiorani *et al.* (2002) ont observé que parmi les quatre espèces du genre de graminées *Poa*, deux espèces ont répondu de façon positive aux faibles concentrations d'éthylène, tandis que les deux autres ont répondu négativement. Cette réaction était davantage fondée sur le type de croissance que sur d'autres attributs apparents des plantes.

Tableau 7a. Exposition chronique à l'éthylène (plus de 14 jours) et effets sur les espèces végétales canadiennes

Espèce	Concentration atmosphérique d'éthylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Période d'exposition	Effet	Référence
Orge (<i>Hordeum vulgare</i> , cultivar [cv.] Harrington)	5,6	s.o.	CSENO/Seuil d'une baisse de 10 % du rendement en grains ¹	Archambault et Li, 2001
Mélange d'espèces végétales	6,1	28 jours	Seuil des effets épiphytiques	Tonneijck et van Dijk, 2000
Avoine (<i>Avena sativa</i> L., cv. Random)	8	100 jours	Diminution de 22 % du nombre de fleurons par plante	Reid et Watson, 1985
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) « Red Robin »	11,45	de 56 à 77 jours	Aucun effet sur la nouaison	Blankenship et Kemble, 1996
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) « Red Robin »	11,45	50 jours	38 % d'incidence de la croissance épiphytique modérée des feuilles	Blankenship et Kemble, 1996
Canola (<i>Brassica campestris</i> L.)	12	87 jours	Augmentation du rendement en grains par plante de 188 %	Reid et Watson, 1985
Orge (<i>Hordeum vulgare</i> , cv. Harrington)	34,4	14 jours	Réduction de 63 % du rendement en grains	Archambault et Li, 2001
Canola (<i>Brassica campestris</i> L.)	41	87 jours	Aucune différence par rapport au groupe témoin	Reid et Watson, 1985
Avoine (<i>Avena sativa</i> L., cv. Random)	41	100 jours	Diminution de 42 % du nombre de fleurons par plante	Reid et Watson, 1985

Espèce	Concentration atmosphérique d'éthylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Période d'exposition	Effet	Référence
Canola (<i>Brassica campestris</i> L.)	57	31 jours	Réduction de 20 % du rendement en grains	Archambault et Li, 2001
Blé (<i>Triticum aestivum</i> L.)	57	de 20 à 25 jours	Réduction de 37 % du rendement en grains	Klassen et Bugbee, 2002
Riz (<i>Oryza sativa</i> L.) « Super Dwarf »	57	49 jours	Réduction de 50 % du rendement en grains	Klassen et Bugbee, 2002
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) « Red Robin »	57,25	de 56 à 77 jours	Réduction de la nouaison jusqu'à 85 %	Blankenship et Kemble, 1996
Lis de Pâques (<i>Lilium longiflorum</i>)	58	77 jours	Retardement de la floraison, interruption de la formation de boutons et déformation de ceux-ci	Blankenship <i>et al.</i> , 1993
Orge (<i>Hordeum vulgare</i> , cv. Harrington)	70,9	s.o.	Seuil d'une baisse de 25 % du rendement en grains	Archambault et Li, 2001
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) « Red Robin »	114,5	de 56 à 77 jours	Nombre de fruits manquant à 100 %	Blankenship et Kemble, 1996
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>) « Red Robin »	114,5	50 jours	Aucun effet sur la hauteur	Blankenship et Kemble, 1996
Canola (<i>Brassica campestris</i> L.)	175	87 jours	Réduction du rendement en grains par plante de 53 %	Reid et Watson, 1985

¹ Ces données sont fondées sur une relation bilogarithmique rassemblant toutes les données à court et à long terme d'Archambault et Li (2001). Cela représente la concentration à

laquelle une baisse de 10 % du rendement en grains peut se produire et que l'on considère comme une CSENO.

Tableau 7b. Exposition aiguë à l'éthylène (moins de 3 jours) et effets sur les espèces végétales canadiennes

Espèce	Concentration atmosphérique d'éthylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Période d'exposition	Effet	Référence
Pois (<i>Pisum sativum</i> L.)	11,5	2,5 jours	8,5 \pm 2,5 % de diminution de l'élongation de l'axe épicotylé	Goeschl et Kays, 1975
Ipomée tricolore (<i>Ipomoea tricolor</i> Cav.)	12	\geq 1 heure	Augmentation de la sénescence des pétales	Hanson et Kende, 1975
Rose (<i>Rosa</i> sp., cv. Lovely Girl)	23	2 jours	Inhibition de l'éclosion des fleurs	Reid <i>et al.</i> , 1989
Orge (<i>Hordeum vulgare</i> , cv. Harrington)	57	3 jours	Réduction de 41 % du rendement en grains	Archambault et Li, 2001
Oeillet des fleuristes (<i>Dianthus caryophyllus</i>)	58	2 jours	Augmentation de la sénescence des fleurs	Woltering et Harkema, 1987
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> , cv. Mill)	58	1 jour	Inhibition partielle de l'élongation des racines	Konings et Jackson, 1979
Moutarde blanche (<i>Sinapis alba</i>)	58	1 jour	Inhibition de l'élongation des racines de 20 %	Konings et Jackson, 1979
Pois (<i>Pisum sativum</i> L.)	124	2,5 jours	Diminution de l'élongation de l'axe épicotylé de 50 %	Goeschl et Kays, 1975
Pin tordu latifolié pin (<i>Pinus contorta</i>)	1 374	12 heures	Aucun effet sur la germination, la vigueur ou la croissance	Archambault et Li, 2001
Épinette blanche (<i>Picea</i>	1 374	12 heures	Aucun effet sur la germination, la	Archambault et Li, 2001

<i>glauca</i>)			vigueur ou la croissance	
-----------------	--	--	--------------------------	--

La valeur critique de toxicité (VCT) pour les effets nocifs était fondée sur les concentrations sans effet nocif observé (CSENO) obtenues à partir de l'étude suivante. Archambault et Li (2001) ont établi une relation dose-réponse pour déterminer une concentration seuil qui se rapprocherait d'une baisse de 10 % du rendement en grains, et ce, en rassemblant toutes les données sur les effets à court terme et à long terme concernant l'orge cv. Harrington, le cultivar le plus sensible de l'étude. La diminution de 10 % du rendement en grains a été déterminée comme la limite de détection d'un changement du rendement en grains dans leurs essais biologiques. Par conséquent, il s'agirait d'une concentration sans effet nocif observé dans le cadre de leur étude. Néanmoins, les données sur les effets à court terme étaient probablement de trop courte durée pour causer un effet permanent ou irréversible; la diminution de 10 % du rendement en grains n'est donc pas réputée significative. À partir de la courbe dose-réponse, Archambault et Li (2001) ont également déterminé qu'une concentration de 70,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ serait requise pour entraîner une diminution de 25 % du rendement en grains. Par conséquent, on a choisi la valeur de 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur critique de toxicité prudente à long terme pour les espèces de plantes sensibles, selon la fonction dose-réponse de l'orge d'Archambault et Li (2000).

La valeur de 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sera utilisée comme valeur critique de toxicité à court terme, car elle reflète une diminution de 41 % du rendement en grains après trois jours d'exposition à un cultivar sensible de l'orge (tableau 8b; Archambault et Li, 2001). Toutefois, il convient de noter qu'Archambault et Li (2001) ont soumis deux cultivars de l'orge à des essais et qu'ils ont utilisé le cultivar le plus sensible (cv. Harrington), car il montrait une sensibilité accrue à l'éthylène par rapport à l'autre cultivar (cv. AC Lacombe). Par conséquent, les deux valeurs critiques de toxicité indiquent non seulement une espèce sensible, mais également un cultivar sensible au sein de cette espèce.

Hanson et Kende (1975) ont découvert que la sénescence des pétales de l'ipomée de Horsfall augmentait après une exposition pendant moins d'une heure à une concentration de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, il convient de souligner qu'il s'agissait de pétales détachés et non de plantes entières; par conséquent, on estime que cette étude n'est pas pertinente pour l'extrapolation aux plantes entières. En outre, les études qui visaient les effets de l'épinastie n'ont pas été jugées pertinentes, car on considère que l'épinastie n'est pas un effet nocif, mais simplement un indicateur de la présence de concentrations élevées d'éthylène.

Autres organismes terrestres

On n'a trouvé aucune donnée relative aux effets sur les invertébrés ou les oiseaux, à savoir les espèces qui sont les plus susceptibles d'être exposées à l'éthylène.

Les concentrations d'éthylène mises à l'essai dans les études suivantes sont réputées supérieures aux concentrations prévues dans l'environnement au Canada. L'exposition aux concentrations d'éthylène qui sont normalement mesurées dans l'environnement n'a pas entraîné d'effets toxiques au terme de l'exposition chez des rats (voir l'annexe 2 pour en

savoir plus). Une exposition à court terme de rats Fischer 344 mâles n'a entraîné aucun effet toxique après cinq heures à une concentration de 11 500 mg/m³ d'éthène (Guest *et al.*, 1981). On a observé une toxicité subchronique (apparition de lésions nasales) à l'issue d'une exposition de 65 jours de rats Wistar et Fisher 344 mâles à une concentration de 11 472 mg/m³ d'éthylène (6 heures par jour, 5 jours par semaine) (USEPA, 2009a). Une étude à long terme menée sur des rats Fischer 344 mâles et femelles exposés durant deux ans à une concentration de 3 450 mg/m³ d'éthylène (6 heures par jour, 5 jours par semaine) n'a révélé aucun effet cancérigène important (CIIT, 1979; Hamm *et al.*, 1984).

La concentration minimale avec effet nocif observé (CMENO) à court terme concernant les effets subchroniques sur les mammifères est de 11 500 mg/m³ et la concentration minimale sans effet nocif observé (CSENO) à long terme concernant la toxicité pour le développement et la reproduction est de 5 750 mg/m³, et ce, sans effet nocif observé sur la performance de reproduction, la fertilité ou la grossesse (Aveyard *et al.*, 1996; cité dans OCDE, 1998).

Organismes aquatiques

Comme l'éthylène ne devrait pas être rejeté dans l'eau, on ne prévoit donc aucune exposition dans ce milieu. En outre, aucune étude empirique appropriée sur la toxicité concernant les espèces aquatiques n'a été relevée.

Les valeurs estimées de la concentration létale médiane (CL₅₀) en milieu aquatique après 96 heures provenant des modèles de relations quantitatives structure-activité (RQSA) varient de 50 à 116 mg/L pour différentes espèces de poissons et celles de la CL₅₀ concernant les daphnies varient de 53 à 153 mg/L (OCDE, 2005). On a estimé une CSENO de 37 mg/L pour les daphnies après une exposition de 16 jours et une CSENO de 13 mg/L pour la tête-de-boule après une exposition de 28 jours (OCDE, 2005). Étant donné que l'éthylène ne devrait pas être rejeté dans l'eau, ces concentrations sont considérées comme très improbables pendant de telles périodes. C'est pourquoi les résultats des modèles ne sont pas jugés fiables.

Caractérisation des risques écologiques

La démarche suivie dans la présente évaluation a consisté à examiner les renseignements scientifiques disponibles et à tirer des conclusions en appliquant la méthode du poids de la preuve et en tenant compte du principe de prudence comme l'exige la LCPE. Sont au nombre des éléments de preuve pris en considération des renseignements sur les sources et le devenir dans l'environnement, la persistance, le potentiel de bioaccumulation, ainsi que l'écotoxicité de la substance.

Des analyses du quotient de risque intégrant les expositions connues ou potentielles ayant des effets nocifs connus ou potentiels sur l'environnement ont également été effectuées concernant l'éthylène. Seuls les scénarios d'exposition dans l'air ont été pris en compte dans la présente évaluation, en raison du faible potentiel d'exposition à l'éthylène dans l'eau, le sol et les sédiments. Les plantes terrestres ont été choisies comme étant les récepteurs écologiques les plus sensibles à l'éthylène dans ce milieu.

Sélection des scénarios d'exposition

Afin d'estimer le risque pour les écosystèmes canadiens, quatre scénarios ont été élaborés en fonction de régimes d'exposition à court terme et à long terme, lesquels étaient assortis de leurs propres concentrations environnementales estimées (CEE). En se fondant sur une analyse initiale des données de surveillance de la qualité de l'air au Canada, des sites ruraux et urbains ont été déterminés comme étant potentiellement exposés à des risques liés aux émissions d'éthylène provenant probablement de moteurs automobiles. Ces données de surveillance ont été utilisées afin d'établir la moyenne des concentrations à court terme et à long terme pour les zones rurales et urbaines. Les émissions industrielles ont également été évaluées à l'aide de deux scénarios, en fonction de régimes d'exposition à court terme et à long terme. On a utilisé des données de surveillance industrielles et régionales pour élaborer des scénarios de la pire éventualité; ces données comprenaient les données de surveillance

dans la région de Sarnia-Lambton, qui combinaient à la fois les concentrations industrielles et les concentrations ambiantes d'éthène, et un cas ordinaire utilisant la moyenne annuelle des données sur les rejets pour toutes les installations industrielles au Canada.

Scénarios d'exposition à l'air ambiant en milieu urbain et rural

Deux scénarios d'exposition ont été élaborés pour déterminer si les concentrations d'éthylène dans l'air ambiant en milieu rural et urbain au Canada représentent un risque pour la végétation, tant à court qu'à long terme. Chaque scénario repose sur des données de surveillance de l'air ambiant provenant de sites ruraux ou urbains répartis dans l'ensemble du Canada, et ces données sont comparées à des seuils à court et à long terme afin de déterminer les répercussions néfastes potentielles pour la végétation. Ces valeurs représentent les rejets d'éthylène annuels moyens enregistrés entre 2005 et 2009 à l'échelle du Canada.

D'après les concentrations atmosphériques mesurées sur les sites dans l'ensemble du Canada de 2005 à 2010, les concentrations environnementales estimées (CEE) pour les scénarios d'exposition à l'air ambiant à long terme étaient fondées sur les concentrations quotidiennes moyennes, mesurées d'avril à septembre, soit $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les zones rurales et urbaines, respectivement (tableau 8). Dans le cadre de scénarios d'exposition à l'air ambiant à court terme, les concentrations maximales de $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $32,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été utilisées en tant que CEE pour les zones rurales et urbaines, respectivement.

Scénarios d'exposition sur les sites industriels

Deux scénarios d'exposition industrielle, soit un scénario moyen (c.-à-d., représentatif d'un cas ordinaire) et un scénario de la pire éventualité, ont été mis au point à partir des données industrielles et régionales de surveillance de la qualité de l'air. On a comparé aussi bien le scénario moyen que celui de la pire éventualité aux seuils d'exposition des plantes à court et à long terme.

Pour le scénario moyen d'exposition industrielle, une CEE relative à l'exposition à court terme de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été déterminée à l'aide de la concentration maximale moyenne sur trois jours déclarée pour la région de Sarnia-Lambton, en Ontario, entre 2008 et 2012 (tableau 8; SLEA, 2013). Une CEE de $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, représentative de l'exposition à court terme, a été choisie en se basant sur la concentration moyenne annuelle déclarée par l'industrie (Dow Chemicals, 2013; NOVA Chemicals, 2013) pour des sites situés à proximité de la limite de la propriété d'industries qui rejetaient de l'éthylène entre 2007 et 2012 (tableau 8).

Quant au scénario réaliste de la pire éventualité dans les industries, les concentrations environnementales estimées ont aussi été déterminées au moyen des données de surveillance de la région de Sarnia-Lambton, en Ontario. Une CEE d'exposition à court terme de $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été déterminée en fonction de la plus forte concentration maximale mesurée sur trois jours et déclarée par l'industrie et l'association environnementale (tableau 8; Dow Chemicals, 2013; NOVA Chemicals, 2013; SLEA, 2013). En outre, une CEE d'exposition à

long terme de $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été déterminée en fonction de la plus forte concentration moyenne annuelle déclarée par l'industrie (tableau 8; Dow Chemicals, 2013; NOVA Chemicals, 2013).

Tableau 8 : Sommaire des concentrations environnementales estimées ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour les scénarios d'exposition en milieu urbain, rural et industriel

Scénario	Concentration environnementale estimée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	À court terme	À long terme
Air ambiant en milieu urbain	32,9 ^a	1,4 ^a
Air ambiant en milieu rural	3,2 ^a	0,3 ^a
Moyenne en milieu industriel	26 ^c	3,5 ^b
Pire éventualité en milieu industriel	140 ^c	5,6 ^b

^a Environnement Canada, 2011b : les concentrations à court terme reflètent les valeurs maximales quotidiennes, tandis que les concentrations à long terme représentent la moyenne des concentrations quotidiennes.

^b NOVA Chemicals, 2013; Dow Chemicals, 2013

^c SLEA, 2013

Sélection des récepteurs écologiques

En général, on détermine les concentrations estimées sans effet (CESE) en divisant une valeur critique de toxicité (VCT) par un facteur d'évaluation. Un facteur d'évaluation de 1 a été appliqué pour les plantes terrestres étant donné que les données disponibles englobaient tout un éventail d'espèces, y compris des espèces vulnérables. Les données de toxicité comprenaient des études menées en laboratoire et sur le terrain. Comme les études de laboratoire sont axées sur une exposition continue, elles présentent des résultats indiquant une sensibilité supérieure à l'éthylène que les expositions sur le terrain; par conséquent, aucun facteur d'évaluation n'a été jugé nécessaire pour représenter la variabilité entre le laboratoire et le terrain. La valeur critique de toxicité représentait généralement la valeur d'écotoxicité la plus faible sélectionnée à partir d'un ensemble de données disponibles et acceptables. Pour la présente évaluation, on a choisi deux VCT afin de représenter les plantes terrestres dans des scénarios d'exposition à court et à long terme.

On a choisi une valeur critique de toxicité de $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour représenter une concentration à laquelle on n'a observé aucun effet à long terme sur une vaste sélection de plantes (Archambault et Li, 2001). Dans le cas des expositions à court terme, une valeur critique de toxicité de $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été choisie pour traduire une diminution de 41 % du rendement en grains d'un cultivar sensible de l'orge (Archambault et Li, 2001).

Discussion concernant les résultats d'une analyse du quotient de risque

Le tableau 9 présente un sommaire des CEE, des CSENO et du quotient de risque pour les scénarios de concentrations ambiantes en milieu urbain et rural. Les quotients de risque indiquent que les concentrations ambiantes d'éthylène ne comportent aucun risque à court ou à long terme pour les plantes dans les milieux urbains ou ruraux.

Tableau 9 : Sommaire des analyses du quotient de risque (QR) pour les concentrations d'éthène dans les zones rurales et urbaines, 2005-2009

		CEE µg/m ³	VCT µg/m ³	Facteur d'évaluation	CESE µg/m ³	QR
Scénarios d'exposition des plantes en été (d'avril à septembre)						
Zones rurales	À court terme	1,4	57	0	57	0,02
	À long terme	0,3	5,6		5,9	0,05
Zones urbaines	À court terme	32,9	57	0	57	0,6
	À long terme	1,4	5,6		5,9	0,3

Le Tableau 10 présente le résumé des calculs du quotient de risque pour les rejets industriels. En ce qui concerne la pire éventualité réaliste concernant les rejets industriels, le quotient de risque est de 2,4 pour les expositions à court terme et de 1 pour les expositions à long terme. Quant au cas ordinaire des rejets industriels, le quotient de risque est de 0,5 pour les expositions à court terme et de 0,6 pour les expositions à long terme. Ces analyses du quotient de risque indiquent que l'éthylène pourrait comporter des risques à court terme pour la végétation terrestre locale en raison des rejets des installations industrielles dans le cadre du scénario de la pire éventualité, tel que l'indique le quotient de risque de 1 ou plus.

Tableau 10. Résumé des analyses du quotient de risque (QR) pour les rejets industriels d'éthylène de 2007 à 2012

		CEE µg/m ³	VCT µg/m ³	Facteur d'évaluation	CESE µg/m ³	QR
Scénarios d'exposition des plantes en été (d'avril à septembre)						
Scénario réaliste de la pire éventualité	À court terme	140	57	0	57	2,4
	À long terme ^a	5,6	5,6		5,6	1^b
Scénario moyen (cas ordinaire)	À court terme	26	57	0	57	0,5
	À long terme ^a	3,5	5,6		5,6	0,6

^a Ces valeurs reflètent les concentrations annuelles et, à ce titre, elles ne se limitent pas à la période comprise entre avril et septembre.

^b Il s'agit d'une CSENO.

À partir de la CESE de $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour un effet sur le rendement en grains d'une plante cultivée sensible (Archambault et Li, 2001), il est possible de calculer le nombre de jours où la moyenne sur trois jours dépassait ce seuil de 2008 à 2012. Seules les données soumises par le SLEA (2013) convenaient à ce calcul. Au total, 14 incidents dans tout l'ensemble de données présentaient des moyennes sur trois jours supérieures à ce seuil et, parmi ces jours, seuls sept dépassements ont eu lieu entre avril et septembre, ce qui représentait 0,002 % des jours disponibles (SLEA, 2013). Les dépassements ne se sont produits qu'aux sites se trouvant tout près de la source (c.-à-d. à la limite de la propriété); aucun d'entre eux n'a eu lieu plus loin. Cela représente une moyenne approximative d'une occurrence à court terme par année près des sites industriels rejetant de l'éthylène, d'une concentration suffisante pouvant causer des dommages aux plantes.

Pour le scénario industriel réaliste de la pire éventualité, un quotient de risque de 1 a été obtenu en utilisant une CESE de $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une diminution estimée de 10 % du rendement en grains de l'orge cv. Harrington, le cultivar le plus sensible d'une espèce sensible mise à l'essai (Archambault et Li, 2001). À cette concentration, on n'a trouvé aucun effet sur les plantes, indépendamment du temps d'exposition, comme Archambault et Li (2001) considéraient que cette valeur était équivalente à la concentration témoin, ou de référence. À cette concentration, on n'a décelé aucun effet sur les plantes, indépendamment du temps d'exposition; Archambault et Li (2001) estimaient d'ailleurs que cette valeur équivalait à la concentration témoin, ou de référence. Cela dit, la concentration de $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ était considérée comme une valeur prudente qui allait protéger les plantes de toutes les répercussions.

Dans ce scénario, on présume que les plantes seront exposées continuellement à une concentration d'éthylène, ce qui n'est pas le cas d'après les données de surveillance. Les concentrations d'éthylène varient considérablement en fonction du moment de la journée et de la période de l'année. Il est probable que ces concentrations ne demeurent pas aux niveaux les plus élevés pendant de longues périodes, ce qui permettrait le rétablissement de la plupart des plantes. En raison de ces facteurs, le scénario industriel de la pire éventualité ne devrait pas causer de répercussions à long terme sur les plantes.

L'exposition atmosphérique des plantes à l'éthylène dépend fortement de plusieurs facteurs externes. Les études de laboratoire exposent fréquemment les plantes à des sources d'éthylène continues, tandis que l'exposition environnementale est beaucoup plus variable : elle subit l'influence d'éléments comme le vent, les conditions météorologiques et la variabilité des rejets par les cheminées au cours d'une année et, bien souvent, elle n'est pas soutenue pendant de longues périodes. Étant donné que l'exposition sera discontinue, les plantes peuvent se rétablir après une exposition à l'éthylène avant d'être exposées de nouveau. La propension au rétablissement ou à la réversibilité des effets, toutefois, dépend de la concentration et de la durée d'exposition, ainsi que de la nature et la portée des effets et de l'espèce de plante, ce qui complique l'estimation des répercussions de l'éthène dans l'environnement.

Tonneijck *et al.* (2000) ont étudié les effets de l'exposition à l'éthène de la pomme de terre, une espèce connue pour sa sensibilité à l'éthène, sur une période de dix ans à proximité de cinq installations industrielles émettant de l'éthène. Dans cette étude, les niveaux d'émission étaient largement supérieurs à ceux estimés pour les zones adjacentes aux entreprises produisant de l'éthylène au Canada; en effet, les concentrations horaires maximales allaient de 307 à 7 276 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 1 000 m sous le vent à partir de la source d'émission. Malgré ces niveaux élevés, le rendement en plantes dans la zone voisine n'a pas subi les répercussions des taux d'émission de l'éthylène. Tonneijck *et al.* (2003) ont également utilisé le même site et le même plan pour leur étude sur le pétunia et la tagète, des plantes plus sensibles à l'éthylène, mais ils ont constaté que le nombre de fleurs ne changeait pas par rapport aux plantes témoins à des distances comprises entre 400 et 460 mètres sous le vent, et qu'il augmentait par rapport aux plantes témoins à une distance allant jusqu'à 1 000 mètres. Les plantes se trouvant plus près de la source des émissions perdaient leurs fleurs et leur taux de croissance moyen diminuait.

Dueck *et al.* (2003) ont utilisé de fortes concentrations d'éthylène (portée : de 230 à 920 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) qu'ils ont injectées au niveau du sol dans des chambres à toit ouvert sur des pommes de terre cultivées dans le champ. Ils ont constaté que les feuilles de pomme de terre se rétablissaient complètement après 12 heures d'exposition et trois jours de temps de rétablissement. Globalement, il y avait une diminution du nombre de grappes de fleurs; toutefois, le rendement en pommes de terre (y compris la taille ou la fréquence des pommes de terre malformées) n'était pas touché, indépendamment de la concentration ou de la fréquence du traitement avec l'éthylène.

D'autres études ont révélé que si l'exposition à l'éthylène se terminait avant que ne surviennent des effets irréversibles (la chute des feuilles, par exemple), les plantes étaient en mesure de se rétablir après l'exposition (Klassen et Bugbee, 2002). Archambault et Li (2001) ont trouvé que le pois de grande culture pouvait se rétablir après une exposition à long terme à 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une période de 16 jours, si on attendait suffisamment. De plus, ces auteurs ont découvert que l'exposition des plants d'orge à des concentrations d'éthylène imitant les données de surveillance de cette substance recueillies pour le pire mois à une installation pétrochimique voisine (portée d'environ 11,5 à 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'avait pas d'effet nocif sur les plantes, probablement en raison de la nature intermittente de l'exposition.

Compte tenu de ces types de données d'émission, il est très peu probable que les plantes soient exposées à l'éthylène pendant des périodes suffisamment continues pour avoir des répercussions à long terme. Bien que les rejets individuels puissent entraîner de très fortes concentrations d'éthylène pendant une brève période, ces expositions sont limitées dans le temps en raison de la dispersion rapide de l'éthylène dans l'environnement et de l'absence d'exposition à long terme ou prolongée. L'exposition à long terme dépasse la CESE environ une fois par année, et les valeurs de l'exposition à long terme reflètent la concentration annuelle la plus élevée pour toutes les années, y compris les concentrations mesurées pendant les mois d'hiver.

Certaines espèces de plantes exposées à de fortes concentrations d'éthylène peuvent présenter une augmentation de l'épinastie, une diminution de la longueur des racines, une

abscission des fleurs et une maturation de la fleur ou du fruit. Toutefois, il s'est aussi avéré que ces concentrations favorisaient la maturation des fruits et augmentaient le rendement en grains. De plus, les plantes exposées dans l'environnement ont tendance à résister davantage à l'exposition à l'éthylène par rapport aux plantes étudiées en laboratoire; dans les deux cas, lorsque les plantes bénéficient d'une période de rétablissement, on peut souvent observer ce rétablissement, surtout en ce qui concerne l'enroulement des feuilles et l'inhibition de la croissance.

Examen des éléments de preuve et conclusion

L'éthylène est une substance présente à l'état naturel, qui est produite et utilisée en grandes quantités au Canada. Les rejets anthropiques devraient avoir lieu exclusivement dans l'air et provenir surtout de la combustion de combustibles fossiles (émissions des véhicules) et des procédés industriels.

L'éthène n'est pas persistant dans l'air et le potentiel relatif à son transport à grande distance est faible. De plus, il n'est pas bioaccumulable.

L'éthylène est un précurseur de l'ozone troposphérique. On considère qu'il présente un potentiel de formation photochimique d'ozone de 100 et qu'il est le produit chimique standard aux fins de comparaison avec d'autres produits chimiques. De même, le formaldéhyde s'avère un produit de dégradation courant de l'éthylène dans l'air. L'éthylène est un précurseur du formaldéhyde en basse atmosphère. Tant l'ozone que le formaldéhyde sont des substances qui figurent à l'annexe 1 de la LCPE.

Les plantes terrestres sont extrêmement sensibles à l'éthylène dans l'air. Toutefois, les quotients de risque indiquaient que les concentrations ambiantes n'avaient probablement pas de répercussions dans les zones urbaines ou rurales lors d'expositions à court ou à long terme. Une analyse du quotient de risque utilisant des données de surveillance des concentrations industrielles d'éthène pour les années 2008 à 2012 indiquait qu'en moyenne, il y a une occurrence par année qui présente un risque d'effets nocifs sur les plantes terrestres en raison des émissions industrielles d'éthène. Aucune analyse du quotient de risque n'a été menée pour les mammifères terrestres, car les valeurs de toxicité pour les mammifères étaient bien supérieures aux concentrations atmosphériques prévues au Canada.

Le moteur à combustion interne constitue une importante source anthropique d'éthylène, ce qui explique en partie pourquoi que les concentrations atmosphériques d'éthylène dans les villes canadiennes peuvent être beaucoup plus élevées que celles dans les zones rurales et éloignées. Des progrès ont été réalisés au cours des 20 dernières années dans la réduction des polluants, dont l'éthylène, des gaz d'échappement des moteurs à combustion interne. Les concentrations atmosphériques d'éthylène en milieu urbain au Canada, à partir des années 1980 et 1990, ont varié de 4 à 113 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Alberta Environment, 2003), tandis que les activités récentes de surveillance de la qualité de l'air (2005-2009) ont permis d'obtenir une plage de concentrations allant de 0,1 à 32,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Environnement Canada, 2011b). Il semble que les concentrations atmosphériques tendent à être plus faibles dans les villes

canadiennes, et ce, même au cours des dix dernières années, ce qui est conforme aux réductions d'autres polluants provenant des gaz d'échappement des automobiles. D'autres réductions, résultant d'exigences plus rigoureuses concernant les oxydes d'azote, les oxydes de soufre et les composés organiques volatils, présents dans les gaz d'échappement des automobiles, ainsi que du retrait continu des véhicules plus anciens, sont prévues.

Les installations qui fabriquent, importent, ou utilisent plus de 10 tonnes de la substance par année doivent déclarer leurs rejets à l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP). En 2009, les installations à l'échelle du Canada ont déclaré à l'INRP des rejets sur place d'éthylène dans l'environnement totalisant environ 1 320 tonnes. Les rejets industriels ont chuté de plus de 50 % depuis 2000, principalement grâce à la quantité d'éthylène recyclée.

D'après les données mentionnées précédemment, l'éthylène présente un faible risque d'effets nocifs sur les organismes ou sur l'intégrité globale de l'environnement. On conclut donc que l'éthène ne satisfait pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) ou 64b) de la LCPE, car il ne pénètre 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.

Incertitudes dans l'évaluation des risques pour l'environnement

Les réactions de plantes particulières à l'éthylène sont difficiles à prévoir, étant donné que même les réponses d'espèces étroitement apparentées peuvent varier lorsqu'elles sont testées simultanément. La durée et la concentration de l'exposition à l'éthène sont deux variables importantes lorsqu'on prend en considération les effets de l'éthène sur les plantes; toutefois, de nombreuses études ne tenaient compte que d'une seule de ces variables à la fois.. De plus, il existe peu de tests qui tiennent précisément compte des étapes sensibles de la vie des plantes, comme la plupart des études sont axées sur des préoccupations horticoles telles que l'apparence des fleurs aux fins du transport des fleurs coupées.

L'espèce la plus sensible disponible, en plus du cultivar le plus sensible de cette espèce, a été utilisée pour conserver une approche prudente à l'égard de la détermination des répercussions potentielles sur les plantes. Le paramètre choisi pour l'exposition à court terme représentait un effet significatif, et il est possible que les concentrations inférieures puissent encore avoir un effet significatif sur l'orge. Le scénario d'exposition à long terme pour l'éthylène supposait que la valeur modélisée de $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est une concentration sans effet, qui est considérée comme une valeur prudente. Toutefois, dans leur étude, Archambault et Li (2001) ont utilisé la valeur de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme concentration de base, car elle était en accord avec les données de surveillance à ce moment-là et constituait une estimation raisonnable des concentrations de fond. Selon les données de surveillance, il est probable que les concentrations de fond soient inférieures à celles supposées dans l'étude d'Archambault et Li.

La présente évaluation comporte aussi des incertitudes en rapport avec la caractérisation de l'exposition à l'éthylène, laquelle est fondée sur des données de surveillance qui mettent en évidence un écart considérable aussi bien entre les sites qu'au fil du temps. D'après les données de surveillance disponibles, les concentrations d'éthylène peuvent varier sur une base quotidienne en raison de la façon dont la substance est rejetée et de la manière dont elle se disperse dans l'environnement. Par opposition aux concentrations variables auxquelles les plantes sont exposées dans l'environnement, la plupart des études étaient axées sur l'exposition continue à l'éthylène. Cette incertitude a été levée en mettant au point des scénarios d'exposition prudents utilisant à la fois le cas réaliste de la pire éventualité et le cas ordinaire.

Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine

Évaluation de l'exposition

Compte tenu de ses propriétés physiques et chimiques, l'éthylène devrait se volatiliser dans l'air et il est peu probable de le trouver en quantités importantes dans le sol ou dans l'eau potable. À ce titre, on s'attend à ce que l'inhalation soit la principale voie d'exposition humaine. En tant que composé organique volatil (COV) courant, l'éthylène a été bien documenté dans les études de surveillance de la qualité de l'air au Canada (p. ex. Santé Canada, 2010a; Santé Canada, 2010b) et ailleurs (p. ex. Altuzar *et al.*, 2005; Badol *et al.*, 2008; Olson *et al.*, 2009; Lai et Peng, 2011). L'éthylène a été étudié dans l'air en milieu urbain exposé à la circulation automobile (Cheng *et al.*, 1994; Weichenthal *et al.* 2011; Environnement Canada, 2011b), ainsi que dans l'air autour des installations industrielles au Canada (Cheng *et al.* 1997; Environnement Canada, 2011b). L'éthylène n'est pas ajouté aux produits alimentaires ou aux boissons; toutefois, les fruits et les autres produits végétaux en produisent naturellement. L'éthène peut être utilisé comme gaz de soudage, fluide frigorigène et agent de mûrissement commercial pour les fruits et légumes. On trouve l'éthène sous forme de produit de combustion incomplète dans les gaz d'échappement des véhicules (p. ex. Tosaka *et al.*, 1989; Taylor *et al.*, 1994; Cheung *et al.*, 2008) et dans la fumée de cigarette (Löfroth *et al.*, 1989; Barrefors et Petersson, 1993; Baren *et al.*, 2004).

Santé Canada a récemment élucidé l'exposition individuelle à l'éthylène en surveillant les concentrations dans l'air extérieur, l'air intérieur et l'air individuel mesurées dans des zones résidentielles dans le cadre de trois études canadiennes : l'étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (Ontario) (Santé Canada, 2010a), l'étude de la qualité de l'air intérieur à Regina (Santé Canada, 2010b), et l'étude de la qualité de l'air intérieur à Halifax (Santé Canada, 2011). Dans le cadre d'une campagne de surveillance de la qualité de l'air résidentiel, ces études permettent de déterminer l'exposition individuelle aux COV de l'ensemble de la population du Canada. Avant cela, les renseignements disponibles sur l'éthylène en ce qui a trait à l'air intérieur et à l'air individuel en particulier étaient limités. Ces études, de concert avec d'autres études considérées comme étant applicables à l'évaluation de l'exposition à l'éthylène de l'ensemble de la population canadienne, sont présentées et résumées ci-après au tableau 11.

Air extérieur

Le programme du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA), dont il est question à la section Évaluation de l'exposition écologique, représente la source la plus complète de données sur la surveillance de la qualité de l'air extérieur au Canada. Au total, 64 sites de surveillance répartis à la grandeur du Canada ont permis de recueillir des concentrations d'éthylène pour la période évaluée de 2005 à 2009. Les types de sites de surveillance pour cette période de cinq ans étaient dominés par des sites résidentiels (28) et commerciaux (18), suivis par des sites ruraux inexploités (8), agricoles (6), ruraux forestiers (2) et industriels (2). Les concentrations d'éthylène ont été mesurées sur une période de

24 heures ou de 4 heures pour un site donné. Les valeurs individuelles enregistrées sur l'ensemble des sites variaient de 0,03 à 74,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tandis que les valeurs du 95^e centile variaient de 0,39 à 14,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration médiane d'éthène la plus faible (0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a été observée sur le site d'Alert, un site rural inexploité situé à Alert, au Nunavut. Toutefois, ce site a été en ligne pendant 2 ans (en 2005 et 2006) seulement. Le site du parc national et lieu historique national du Canada Kemjimbujik, qui est situé en Nouvelle-Écosse et a été en ligne pendant la totalité des cinq ans, affichait la deuxième concentration d'éthylène parmi les plus faibles, avec une valeur médiane de 0,132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et un 95^e centile de 0,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration médiane d'éthylène la plus élevée (2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a été enregistrée sur le site d'Aamjiwnaang, site résidentiel situé à Sarnia, en Ontario. Les concentrations sur ce site variaient de 0,4 à 25,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et correspondaient à un 95^e centile de 11,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le 95^e centile le plus élevé pour l'ensemble des sites, 14,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a été enregistré sur le site de surveillance du Parc du centenaire, site résidentiel situé également à Sarnia, en Ontario (Environnement Canada, 2011b).

Tel qu'il est décrit à la section de l'évaluation écologique, de janvier 2008 à décembre 2012, l'association environnementale de la région de Sarnia-Lambton [Sarnia-Lambton Environmental Association (SLEA), 2013] a réalisé une surveillance régionale de l'éthène dans la région de Sarnia-Lambton, en Ontario. Cette région abrite plusieurs sources industrielles d'éthène ainsi que des émissions automobiles et urbaines (y compris celles causées par une autoroute provinciale majeure). Les données horaires de cinq stations de surveillance ont été fournies. Des moyennes sur 24 heures ont été calculées pour chaque année de 2008 à 2012 pour le site de River Bend, soit le site qui se situe le plus près d'une zone résidentielle. Les valeurs globales pour ce site allaient de la limite de détection jusqu'à 30,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [26,1 ppb], et on a observé la valeur la plus élevée du 95^e centile de 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [5,4 ppb] au cours de l'année 2009 (SLEA, 2013).

L'Alberta est la plus grande province productrice de combustibles fossiles au Canada (Cheng *et al.*, 1997). À Edmonton, outre les émissions des véhicules, les composés organiques volatils (COV) sont émis par les installations industrielles à proximité de la ville. Afin d'étudier les émissions produites par les sources industrielles ainsi que par les transports, Cheng *et al.* (1997) ont mesuré les concentrations de COV dans l'air à deux endroits entre 1991 et 1993 : au cœur du centre-ville d'Edmonton (Alberta) et dans un complexe industriel à la périphérie de la ville. Les deux sites se trouvaient à une distance d'environ 9 km. Le site du centre-ville était situé sur le toit d'un bâtiment sans étage. Le site situé dans le complexe industriel, pour sa part, a fait l'objet d'un échantillonnage au moyen d'une remorque placée sur un terrain ouvert à une distance comprise entre 200 m et 2,5 km de réservoirs de stockage d'hydrocarbures, de raffineries de pétrole, de fonderies et d'usines de fabrication de bardeaux et de produits chimiques. Sur le site du centre-ville, l'éthylène représentait 3,9 % du carbone total enregistré, ce qui correspondait à une concentration médiane de 4,99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux sur le site industriel étaient plus faibles, affichant une concentration médiane de 4,53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit 2,2 % du carbone total. L'éthylène était la 7^e espèce la plus abondante sur le site du centre-ville, tandis que sur le site industriel, il a été classé 10^e parmi les 20 espèces les plus abondantes qui représentent la grande partie (c.-à-d. environ 80 %) des COV totaux. On s'attendait à ce que les émissions des véhicules soient les principales sources de ces composés au centre-ville. Les différents profils de concentration de COV sur

les deux sites ont mis en évidence les émissions limitées à la région avoisinante. À ce titre, les auteurs ont noté que la réduction des émissions sur un site n'aurait pas d'incidence importante sur les concentrations de COV sur l'autre site (Cheng *et al.*, 1997).

En 2010, Santé Canada a publié l'étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (WOAES), sur l'exposition à 188 COV dans des échantillons d'air extérieur, intérieur et individuel prélevés à proximité de Windsor, en Ontario (Santé Canada, 2010a). Cent personnes ont participé à cette étude. Cinq échantillons consécutifs ont été prélevés sur 24 heures durant les périodes d'hiver et d'été en 2005 et 2006. Les statistiques sommaires ont été calculées pour les deux saisons de chaque année. Les concentrations d'éthylène dans l'air extérieur se situaient entre 0,2 et 11,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans toutes les mesures. La concentration médiane d'éthylène la plus élevée dans l'air extérieur, soit 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a été déclarée au cours de l'hiver 2005, avec un 95^e centile de 6,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations enregistrées au cours de l'hiver suivant (2006) étaient plus faibles, affichant une concentration médiane de 1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et un 95^e centile de 3,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations médianes pendant la saison estivale pour 2005 et 2006 étaient de 1,2 et 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement; les valeurs du 95^e centile, de 3,6 et 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En 2010, Santé Canada a également publié l'Étude de la qualité de l'air intérieur à Regina sur l'exposition à 194 COV dans des échantillons d'air extérieur et d'air intérieur prélevés dans des zones résidentielles de Regina, en Saskatchewan, afin de fournir des renseignements sur l'exposition (Santé Canada, 2010b). Cette ville en particulier a été choisie en raison de la rareté des données sur l'exposition et la qualité de l'air dans les provinces des Prairies. Des échantillons d'air intérieur et extérieur ont été recueillis lors d'une des deux séances d'échantillonnage de 10 semaines (ou lors des deux séances) au cours de l'hiver et de l'été 2007, et ce, auprès d'un total de 146 foyers participants. Les statistiques sommaires pour chaque COV ont été calculées pour chaque saison. Tout au long de l'étude, les concentrations d'éthylène dans l'air extérieur se situaient entre 0,2 et 8,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations d'éthylène les plus élevées correspondaient aux échantillons prélevés en hiver (sur 24 h uniquement), affichant une concentration médiane de 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et une valeur du 95^e centile de 4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour ce qui est de la saison estivale, la concentration médiane d'éthylène pour les échantillons appariés sur 24 heures se situait à 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la valeur du 95^e centile étant de 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les échantillons sur 5 jours qui ont également été recueillis au cours de la période d'échantillonnage estivale étaient seulement comparables aux échantillons prélevés en été sur 24 heures, affichant une concentration médiane de 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et un 95^e centile de 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'étude la plus récente de Santé Canada, l'Étude de la qualité de l'air intérieur à Halifax, a également permis de mesurer 193 COV dans des échantillons d'air extérieur et intérieur provenant de zones résidentielles de Halifax, en Nouvelle-Écosse (Santé Canada, 2011). Les échantillons ont été prélevés pour 7 périodes consécutives sur 24 heures durant l'hiver et l'été 2009, auprès d'un total de 50 foyers participants, et les statistiques sommaires ont également été calculées par saison. Les concentrations d'éthylène mesurées dans l'air extérieur au cours de l'étude variaient de 0,1 à 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration médiane

d'éthylène la plus élevée ($0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été enregistrée durant la période hivernale, affichant une concentration du 95^e centile presque trois fois supérieure ($2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentration médiane d'éthylène pendant la saison estivale se situait à $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et la concentration du 95^e centile s'établissait à $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Une tendance courante a été observée dans les trois études menées par Santé Canada sur l'air intérieur, soit l'enregistrement de concentrations plus élevées d'éthylène en hiver qu'en été. Plusieurs études de surveillance de la qualité de l'air dans les milieux urbains ont également mis en évidence cette même tendance saisonnière (Chang *et al.*, 2005; Curren *et al.*, 2006; Olson *et al.*, 2009; Matsunaga *et al.*, 2010; Lai et Peng, 2011). L'augmentation des concentrations de COV en hiver peut être due à la réduction de la hauteur de la couche de mélange au niveau du sol, ce qui limite le transport vertical des polluants atmosphériques et favorise l'accumulation (Cheng *et al.*, 1997; Badol *et al.*, 2008). Les concentrations plus élevées de certains COV en hiver, comparativement à l'été, peuvent également être attribuées à la diminution de la réactivité atmosphérique (Curren *et al.*, 2006).

Bien que l'éthylène ne soit pas un composant combustible, il est présent dans les gaz d'échappement des véhicules à moteur du fait de la combustion incomplète des combustibles fossiles (CIRC, 1994), ce qui constitue une source majeure d'exposition à l'éthylène pour les navetteurs. Weichenthal *et al.* (2011) ont récemment mesuré les concentrations de COV dans des échantillons d'air extérieur à Ottawa, en Ontario, afin d'examiner la relation entre la pollution causée par la circulation et les répercussions sur la variabilité de la fréquence cardiaque et la fonction respiratoire des cyclistes. Les échantillons d'air extérieur ont été prélevés au cœur du centre-ville (voie de forte circulation) et le long d'une piste cyclable (voie de faible circulation). La concentration médiane d'éthylène le long de la voie de forte circulation était de $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, qui, comme on s'y attendait, était supérieure à la concentration médiane de $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée le long de la voie de faible circulation. Une étude semblable a été menée parmi les navetteurs à Dublin, en Irlande, en février 2003 (O'Donoghue *et al.*, 2007). Des échantillons d'air ont été prélevés à l'intérieur d'un autobus au niveau des voies respiratoires et à l'aide d'un sac de transport adapté pour renfermer l'équipement d'échantillonnage placé sur une bicyclette. L'autobus et la bicyclette ont suivi la même voie. Les concentrations atmosphériques moyennes d'éthylène pour les passagers de l'autobus et à bicyclette ont été enregistrées à 11,92 et 7,77 ppb ($10,37$ et $6,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivement. D'autres études internationales ont signalé des concentrations d'éthylène semblables dans l'air extérieur dans des zones de forte circulation (Chang *et al.*, 2005; Franco *et al.*, 2010; Matsunaga *et al.*, 2010).

Plusieurs études internationales récentes ont également permis de mesurer l'éthylène dans l'air extérieur. Par exemple, aux États-Unis, Olson *et al.* (2009) ont rapporté les concentrations de 55 composés organiques volatils dans des échantillons recueillis à proximité de l'autoroute de Raleigh, en Caroline du Nord. La concentration moyenne d'éthylène la plus élevée était de 3,10 parties par milliard en volume (ou ppbv ou p.p. 10^9 en volume) [$2,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$]. Au Mexique, Altuzar *et al.* (2005) ont recueilli des échantillons en mars 1999 et en novembre 2001. Ils ont rapporté la concentration moyenne d'éthylène la plus élevée de 40,3 ppbv ($35,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$), prélevée sur leur site d'échantillonnage industriel en novembre 2001. En Europe, Badol *et al.* (2008) ont mesuré 53 COV pendant un an de

septembre 2002 à août 2003 dans une zone urbaine de la France. Ils ont signalé des concentrations d'éthylène comprises entre 0,02 et 231 ppb (moyenne de 3,06 ppb) (de 0,017 à 201, moyenne de 2,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En Asie, Lai et Peng (2011) ont mesuré les concentrations de 56 hydrocarbures présents dans un tunnel où circulent des véhicules, pendant 12 jours, en 2007 et 2008. Ils ont fait état de moyennes oscillant entre 15,2 et 118,3 ppb (de 13,2 à 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Matsunaga *et al.* (2010) ont fait état de concentrations moyennes d'éthylène variant de 1,1 à 14,4 ppbv (de 0,96 à 12,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mesurées sur cinq sites situés dans la région métropolitaine de Tokyo, au Japon, pendant l'été et l'hiver 2008. Enfin, dans l'Arctique, Hopkins *et al.* (2002) ont rapporté que les concentrations moyennes de trois sites d'échantillonnage s'élevaient à 412,6, 21,7 et 17,1 parties par billion en volume (ou p.p. 10^{12}) [0,3589, 0,0189 et 0,0149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$] pour les échantillons prélevés au cours de l'été 1999.

Air intérieur

Une bonne partie des renseignements sur la surveillance de l'éthylène présentés plus tôt étaient axés sur l'environnement extérieur, en particulier près des zones de forte circulation. Cependant, il est bien connu que les concentrations intérieures de COV entraînent parfois une plus grande exposition individuelle, compte tenu des sources intérieures importantes de certains de ces composés (Stocco *et al.*, 2008). Cette affirmation s'applique particulièrement à la population canadienne, étant donné que les Canadiens passent près de 90 % de leur temps à l'intérieur (Santé Canada, 1998).

Dans l'étude réalisée à Windsor, en Ontario, les concentrations d'éthylène dans l'air intérieur de tous les échantillons recueillis en 2005 et 2006 dans les foyers de la ville se situaient entre 0,3 et 133,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Santé Canada, 2010a). La concentration médiane d'éthylène la plus élevée (3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a été enregistrée pendant l'hiver 2005 et correspondait à la valeur la plus élevée du 95^e centile, soit 23,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration médiane d'éthylène mesurée à l'intérieur pendant l'hiver de l'année suivante (2006) était légèrement inférieure, soit 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une concentration du 95^e centile de 11,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les motifs et l'importance de cette différence d'une année à l'autre n'ont pas été abordés. Pour ce qui est de la saison estivale, les concentrations médianes d'éthylène en 2005 et 2006 étaient de 3,2 et 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement, tandis que les valeurs du 95^e centile étaient considérablement plus élevées et s'établissaient à 16,8 et 16,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement (Santé Canada, 2010a).

L'étude menée à Regina, en Saskatchewan, a permis d'enregistrer les concentrations d'éthylène dans des échantillons d'air prélevés dans des foyers de la ville, au cours de l'hiver et de l'été 2007 (Santé Canada, 2010b). En raison des différents effets que la fumée de tabac ambiante peut avoir sur les concentrations de COV, les résultats des concentrations de COV dans l'air intérieur concernaient les foyers de non-fumeurs et ils ont été séparés de ceux concernant les foyers de fumeurs. Seuls les foyers de non-fumeurs sont abordés dans la présente section aux fins de comparabilité par rapport aux études menées à Windsor et Halifax, qui ne comprenaient pas les foyers de fumeurs. Les concentrations d'éthylène dans les foyers de Regina (non-fumeurs) variaient de 0,4 à 21,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'ensemble des échantillons. Les échantillons sur 24 heures et ceux sur 5 jours étaient généralement semblables pour la même saison. La concentration médiane d'éthylène la plus élevée, soit

2,8 µg/m³, a été enregistrée en hiver (sur 24 heures et sur cinq jours), même si la valeur la plus élevée du 95^e centile (10,9 µg/m³) pour les échantillons prélevés sur cinq jours se situait légèrement au-dessus pour les échantillons prélevés sur 24 heures, soit 10,5 µg/m³. Les valeurs médianes à l'intérieur en été pour cette étude s'établissaient à 1,6 et 2,0 µg/m³ pour les échantillons sur 24 heures et sur 5 jours, respectivement, tandis que les valeurs du 95^e centile s'établissaient à 7,6 et 7,2 µg/m³, respectivement.

Quant à l'étude menée à Halifax, en Nouvelle-Écosse, elle a permis de rapporter les concentrations intérieures d'éthylène dans des échantillons prélevés en 2009 dans des foyers de la ville (Santé Canada, 2011). Les concentrations de cette substance mesurées dans l'air intérieur de tous les foyers participants à Halifax variaient entre 0,3 et 80,9 µg/m³ pour l'ensemble des échantillons. La concentration médiane d'éthylène dans l'air intérieur pour la saison hivernale a été enregistrée à 1,7 µg/m³, avec une valeur maximale saisonnière du 95^e centile correspondante de 7,4 µg/m³. La concentration médiane en saison estivale était de 0,9 µg/m³, et la valeur correspondante du 95^e centile s'établissait à 3,5 µg/m³.

En plus des études de surveillance de la qualité de l'air menées par Santé Canada, Weichenthal *et al.*, 2011 ont rapporté récemment des concentrations intérieures d'éthylène dans des échantillons prélevés dans un immeuble de bureaux à Ottawa, en Ontario. L'objectif de l'étude consistait à déterminer le degré d'exposition des cyclistes aux polluants atmosphériques comme il est décrit précédemment. La concentration médiane d'éthène dans l'immeuble de bureaux était de 1,56 µg/m³, une valeur inférieure à la concentration extérieure en période de forte circulation (2,6 µg/m³), mais supérieure à la concentration en période de faible circulation (0,8 µg/m³) mesurée dans le cadre de cette étude.

Les études de Santé Canada (Santé Canada, 2010a; Santé Canada, 2010b; Santé Canada, 2011) ainsi que celle de Weichenthal *et al.* (2011) montrent que les concentrations intérieures d'éthylène peuvent être supérieures aux concentrations extérieures. Par exemple, dans l'étude menée à Windsor pendant l'hiver 2006, la concentration du 95^e centile dans l'air intérieur (23,9 µg/m³) était environ 3,5 fois supérieure à cette concentration mesurée dans l'air extérieur (6,8 µg/m³). La présence d'éthylène dans les environnements intérieurs peut provenir de sources extérieures et intérieures. En tant que produit de combustion incomplète, l'éthylène, de même qu'un grand nombre de COV en général, peuvent être présents dans les foyers en raison de la fumée de cigarette (Löfroth *et al.*, 1989; Barrefors et Petersson, 1993; Baren *et al.*, 2004), des gaz d'échappement des véhicules s'infiltrant à partir des garages attenants (Stocco *et al.*, 2008), de la combustion de bois (Barrefors et Petersson, 1995), de la présence d'une cuisinière à gaz (Stocco *et al.*, 2008), ainsi que d'autres activités de combustion (p. ex. la cuisson et la combustion de bougies).

La production endogène d'éthylène par les fruits et les légumes (voir la section Évaluation des effets écologiques et la section Aliments et boissons de la partie de présente évaluation consacrée à la santé humaine) représente également une source d'éthylène dans l'air intérieur même si sa contribution relative devrait être négligeable dans les milieux résidentiels. L'éthylène a été mesuré dans les gaz émanant de la peau humaine, à une quantité moyenne de 20 ± 11 pg/cm² (moyenne ± ET) sur une période de 30 minutes (Nose

et al., 2005); cependant, les gaz émanant de la peau devraient également représenter une source négligeable d'éthylène dans les foyers.

Air individuel

L'Étude d'évaluation de l'exposition à Windsor réalisée par Santé Canada incluait les concentrations dans l'air individuel pendant l'hiver et l'été 2005 (Santé Canada, 2010a). L'air individuel correspond à l'air contenu dans les échantillons prélevés à l'aide d'un sac de transport adapté pour renfermer l'équipement d'échantillonnage que les participants adultes emportent partout avec eux tout au long de la journée. Par opposition à l'échantillonnage à partir d'une source fixe, cette technique d'échantillonnage prend en compte les types d'activité (à la fois intérieurs et extérieurs) des participants, ce qui représente une amélioration des estimations de l'exposition. Les recherches ont démontré que les concentrations de COV sont souvent supérieures dans l'air individuel par rapport à celles dans l'air extérieur correspondant (Wallace *et al.*, 1985; Sexton *et al.*, 2007); les concentrations d'éthylène dans l'air individuel, rapportées dans l'étude menée par Santé Canada à Windsor, ne faisaient pas exception. Pour les participants à cette étude, les concentrations d'éthylène dans l'air individuel se situaient entre 1,1 et 120,5 µg/m³. Les concentrations médianes d'éthylène dans l'air individuel en hiver et en été s'établissaient à 3,8 et 3,4 µg/m³, respectivement, soit des concentrations supérieures aux concentrations correspondantes dans l'air extérieur établies à 3,0 et 1,2 µg/m³, respectivement. Cependant, les concentrations médianes dans l'air individuel étaient légèrement plus faibles que celles établies dans l'air intérieur (3,5 et 3,2 µg/m³) en hiver et en été, respectivement. Les concentrations d'éthylène dans les échantillons d'air individuel prélevés en hiver variaient entre 1,1 et 66,1 µg/m³, tandis que celles mesurées pendant la saison estivale allaient de 1,3 à 120,5 µg/m³. La valeur la plus élevée du 95^e centile pour les concentrations saisonnières dans l'air individuel a été mesurée en été et établie à 16,9 µg/m³.

Tableau 11. Concentrations d'éthylène dans l'air extérieur, intérieur et individuel au Canada

Tableau 11-A.

Lieu	Période d'échantillonnage	Durée	n	Moyenne (plage) [µg/m ³]	Médiane (µg/m ³)	P95 (µg/m ³)	Référence
AIR EXTÉRIEUR							
Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique, de 2005 à 2009 – sites de surveillance sélectionnésⁱ						Environnement Canada, 2011b	
Site résidentiel							
Parc du centenaire – Sarnia	2005-2009	24 h	182	3,9 (0,2-32,9)	1,8	14,2	Valeur la plus élevée correspondant

Lieu	Période d'échantillonnage	Durée	n	Moyenne (plage) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Médiane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence
(Ontario)							au 95 ^e centile de tous les sites
Aamjiwnaang – Sarnia (Ontario)	2005-2009	24 h	40	4,0 (0,4-25,0)	2,9	11,0	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)
Site industriel							
Est d'Edmonton – Edmonton (Alberta)	2005-2009	24 h	294	3,0 (0,2-31,6)	1,9	8,7	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)
Site commercial							
Prg Plaza – Prince George (Colombie-Britannique)	2005-2009	24 h	217	2,1 (0,2-14,2)	1,4	6,2	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)
Site rural agricole							
Rivière-des-Prairies – Montréal (Québec)	2005-2009	24 h	284	1,7 (0,2-39,4)	1,1	4,7	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)
Site rural forestier							
Syncrude UE1 – Fort Mackay (Alberta)	2005-2009	24 h	89	0,5 (0,1-2,3)	0,3	1,5	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)
Sites ruraux inexploités							
Aéroport de Hope – Metro Van-Hope (Colombie-Britannique)	2005-2009	24 h	33	0,7 (0,2-1,7)	0,6	1,6	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)
Alert (Nunavut)	2005-2009	4 h	98	0,1 (0,0-1,0)	0,0	0,4	Environnement Canada, 2011b (RNSPA)

Lieu	Période d'échantillonnage	Durée	n	Moyenne (plage) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Médiane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence
Étude d'évaluation de l'exposition à Windsor							Santé Canada, 2010a
Windsor (Ontario)	Hiver 2005	24 h	126	3,2 (0,8-11,7)	3,0	6,8	
Windsor (Ontario)	Été	24 h	216	1,5 (0,2-4,7)	1,2	3,6	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Windsor (Ontario)	Hiver 2006	24 h	215	1,7 (0,5-3,8)	1,6	3,1	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Windsor (Ontario)	Été	24 h	214	1,2 (0,3-3,6)	1,1	2,4	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Étude de la qualité de l'air intérieur à Regina							Santé Canada, 2010b
Regina (Saskatchewan)	Hiver 2007	24 h	94	1,5 (0,4-8,1)	1,0	4,0	
Regina (Saskatchewan)	Été	24 h	108	0,7 (0,2-3,1)	0,6	1,4	Santé Canada, 2010b (RIAQS)
Regina (Saskatchewan)		5 j	97	0,8 (0,4 - 2,2)	0,7	1,2	Santé Canada, 2010b (RIAQS)
Étude de la qualité de l'air intérieur à Halifax							Santé Canada, 2011
Halifax (Nouvelle-Écosse)	Hiver 2009	24 h	287	0,9 (0,2-6,0)	0,7	2,1	
Halifax (Nouvelle-Écosse)	Été	24 h	324	0,5 (0,1-3,5)	0,4	0,9	Santé Canada, 2011 (HIAQS)
Autres études							
Ottawa (Ontario)	Forte circulation 2010	1 h	39	2,8 (0,5-6,5)	2,6	5,7	Weichenthal <i>et al.</i> , 2011
Ottawa (Ontario)	Faible circulation	1 h	39	0,9 (0,4-2,8)	0,8	2,5	Weichenthal <i>et al.</i> , 2011
Edmonton (Alberta)	1991-1994	24 h	212	4,5	5,0		Cheng <i>et al.</i> , 1997
Sarnia-Lambton (Ontario)	2008	24 h	362	1,5 (0-13,9)		5,3	SLEA, 2013
Sarnia-Lambton (Ontario)	2009	24 h	360	1,8 (0-30,0)		6,2	SLEA, 2013
Sarnia-Lambton (Ontario)	2010	24 h	357	1,2 (0-18,4)		3,8	SLEA, 2013

Lieu	Période d'échantillonnage	Durée	n	Moyenne (plage) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Médiane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence
Sarnia-Lambton (Ontario)	2011	24 h	358	1,4 (0-28,8)		5,7	SLEA, 2013
Sarnia-Lambton (Ontario)	2012	24 h	357	0,9 (0-11,5)		3,8	SLEA, 2013
AIR INTÉRIEUR							
Étude d'évaluation de l'exposition à Windsor							Santé Canada, 2010aⁱⁱ

Abréviations : P95, 95^e centile; RNSPA, Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique; WOAES, étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (Ontario); RIAQS, étude de la qualité de l'air intérieur à Regina; HIAQS, étude sur la qualité de l'air intérieur de Halifax.

¹ Données pour les années 2005 à 2009; les sites indiqués représentent les sites enregistrant la concentration la plus élevée au 95^e centile pour le type de site en question (p. ex. les sites résidentiels), sauf avis contraire.

¹ Valeur la plus élevée correspondant au 95^e centile de tous les sites

Tableau 11-B.

Lieu	Période d'échantillonnage	Durée	n	Moyenne (plage) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Médiane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence
Windsor (Ontario)	Hiver 2005	24 h	91	6,0 (0,3-72,4)	3,5	23,9	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Windsor (Ontario)	Été	24 h	217	5,8 (0,9-133,7)	3,2	16,8	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Windsor (Ontario)	Hiver 2006	24 h	224	3,6 (0,8-16,7)	2,7	11,4	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Windsor (Ontario)	Été	24 h	205	4,5 (0,6-45,8)	2,5	16,3	Santé Canada, 2010a (WOAES)
Étude de la qualité de l'air intérieur à Regina							Santé Canada, 2010bⁱⁱⁱ
Regina (Saskatchewan)	Hiver 2007	24 h	83	3,8 (0,8-21,0)	2,8	10,5	Santé Canada, 2010b (RIAQS)
Regina (Saskatchewan)		5 j	70	4,1 (1,1 - 20,6)	2,8	10,9	Santé Canada, 2010b (RIAQS)
Regina (Saskatchewan)	Été	24 h	91	2,6 (0,4-12,4)	1,6	7,6	Santé Canada, 2010b (RIAQS)
Regina (Saskatchewan)		5 j	88	2,8 (0,6 - 16,5)	2,0	7,2	Santé Canada, 2010b (RIAQS)

Étude de la qualité de l'air intérieur à Halifax							Santé Canada, 2011^{iv}
Halifax (Nouvelle-Écosse)	Hiver 2009	24 h	312	2,8 (0,4-60,7)	1,7	7,4	
Halifax (Nouvelle-Écosse)	Été	24 h	331	1,5 (0,3-80,9)	0,9	3,5	Santé Canada, 2011 (HIAQS)
Autres études							
Ottawa (Ontario)	Été 2010			1,8(0,7-3,1)	1,6	2,7	Weichenthal <i>et al.</i> , 2011 ^v
AIR INDIVIDUEL							
Étude d'évaluation de l'exposition à Windsor, Ontario (WOAES)							Santé Canada, 2010a

Abréviations : P95, 95^e centile; WOAES, étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (Ontario); RIAQS, étude de la qualité de l'air intérieur à Regina; HIAQS, étude sur la qualité de l'air intérieur de Halifax.

Tableau 11-C.

Lieu	Période d'échantillonnage	Durée	n	Moyenne (plage) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Médiane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Référence
Windsor (Ontario)	Hiver 2005	24 h	119	6,6 (1,1-66,1)	3,8	13,4	
Windsor (Ontario)	Été	24 h	207	5,7 (1,3-120,5)	3,4	16,9	Santé Canada, 2010a (WOAES)

ⁱ Les sites indiqués représentent les sites enregistrant la concentration la plus élevée au 95^e centile pour le type de site en question (p. ex. les sites résidentiels), sauf avis contraire.

ⁱⁱ Foyers (uniquement de non-fumeurs)

ⁱⁱⁱ Foyer

^{iv} Foyer

^v Immeuble de bureaux

Abréviations : P95, 95^e centile; WOAES, étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (Ontario).

Eau potable

Compte tenu de ses propriétés physiques et chimiques, l'éthène ne devrait pas être présent dans l'eau potable; par conséquent, aucune donnée n'a été relevée concernant les concentrations d'éthène dans l'eau potable au Canada ou ailleurs.

Aliments et boissons

L'éthylène n'est pas ajouté aux produits alimentaires ou aux boissons; toutefois, les fruits et les autres produits végétaux en produisent naturellement. La production endogène d'éthylène dans les tissus végétaux augmente généralement vite au cours du mûrissement (CIRC, 1994). Bien que les plantes produisent normalement de 0,6 à 6 µg/kg de poids frais par heure, les taux de production peuvent augmenter jusqu'à 120 µg/kg de poids par heure pendant la maturation (Dörffling, 1982; Tille *et al.*, 1985). Néanmoins, comme l'exposition potentielle à l'éthylène provenant de la consommation de fruits et de légumes devrait être négligeable, elle n'est donc pas caractérisée ici.

En outre, en raison de la forte volatilité de la substance, l'éthylène a reçu une exemption concernant l'établissement d'une tolérance pour les résidus ou d'une dose journalière acceptable pour son utilisation en tant que régulateur de croissance des plantes dans les cultures agricoles aux États-Unis et au Canada (USEPA, 1992a; ARLA, 2001a). Par conséquent, aucune exposition par voie alimentaire à l'éthylène ne devrait se produire chez les Canadiens qui consomment des produits dérivés des pommes de terre « Russet Burbank », pour lesquelles de l'éthylène est utilisé à des fins d'entreposage commercial au Canada (ARLA, 2001a).

Sol et poussière

La couche de surface du sol constituée de litière génère des quantités considérables d'éthylène, qui est produit par les plantes et les microorganismes vivant dans les sols, en conditions aérobies (Sawada et Totsuka, 1986). Smith et Restall (1971) ont mesuré la production d'éthylène par les sols dans des conditions anaérobies, dont les concentrations étaient supérieures à 20 ppm (17,4 mg/m³) dans plusieurs sols après 10 jours à 20 °C. Ces concentrations dépassaient celles dont on sait qu'elles freinent de façon considérable la croissance des racines de certaines espèces de plantes. En outre, les auteurs ont montré que de l'éthylène était produit par l'activité enzymatique et non par l'action chimique, d'après les expériences comparatives entre les sols stérilisés et non stérilisés (Smith et Restall, 1971). Même si la couche de surface du sol devrait rejeter de l'éthylène dans l'atmosphère, des couches de sol peu profondes peuvent dégrader activement l'éthylène, et ce, dans des conditions aérobies ou en présence de concentrations élevées d'éthylène (Sawada et Totsuka, 1986).

L'éthylène ne devrait pas être présent dans la poussière étant donné ses propriétés physiques et chimiques; par conséquent, aucune donnée n'a été relevée concernant les concentrations d'éthylène dans la poussière au Canada ou ailleurs.

Produits de consommation

On ne connaît aucune utilisation de l'éthylène comme produit de consommation (Dow Chemical Company, 2007). De plus, l'enquête menée conformément à l'article 71 de la LCPE n'a révélé aucune utilisation de cette substance dans les produits de consommation (Environnement Canada, 2003a). À ce titre, il ne devrait pas y avoir d'exposition à l'éthène par l'intermédiaire de produits de consommation.

Fumée du tabac

Il existe des preuves solides indiquant que la fumée de cigarette constitue une source importante d'exposition à l'éthylène. Dans l'étude de Santé Canada menée à Regina, les foyers de fumeurs étaient la source de concentrations plus élevées d'éthylène que les foyers de non-fumeurs (Santé Canada, 2010b). La concentration médiane d'éthylène dans les foyers de fumeurs durant l'hiver ($6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, échantillons sur cinq jours) était presque le double de celle présente dans les foyers de non-fumeurs ($2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, échantillons sur cinq jours). La valeur correspondante du 95^e centile dans les foyers de fumeurs ($23,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) était aussi presque le double de celle mesurée dans les foyers de non-fumeurs ($10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Barrefors et Petersson (1993) ont mesuré les concentrations d'éthylène dans un petit café (d'une superficie d'environ 150 m^3) en Suède où se trouvaient 10 clients fumeurs et 10 clients non-fumeurs; les concentrations obtenues étaient de $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. À titre de comparaison, les auteurs ont ultérieurement mis une cigarette allumée dans un flacon, puis ils ont mesuré les concentrations d'éthylène dans le café vide; celles-ci se situaient à $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'éthylène était un composant majeur de la fumée dans les deux cas : de tous les hydrocarbures mesurés, l'éthylène était classé au troisième rang (8,9 %) lorsque les clients étaient présents, et au deuxième rang (11 %) lorsque la cigarette était allumée. Les concentrations correspondantes dans une voiture circulant en ville mesurées dans le cadre de la même étude étaient plus faibles (de 18 à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que celles décelées dans le café enfumé; toutefois, les concentrations d'éthylène mesurées près d'un tunnel en ville ($280 \mu\text{g}/\text{m}^3$) étaient bien plus élevées.

La masse totale d'éthylène produite par cigarette a également fait l'objet de plusieurs études. Löfroth *et al.* (1989) ont déterminé que $1\ 200 \mu\text{g}$ d'éthylène étaient rejetés par cigarette dans la fumée secondaire (fumée rejetée à l'extrémité en combustion lors de la bouffée). Dans une étude expérimentale, Baren *et al.* (2004) ont mesuré l'éthylène dans la fumée principale (produite lors d'une bouffée lorsque l'air est tiré depuis l'extrémité en combustion) ainsi que dans la fumée secondaire où les deux types de fumée ont été échantillonnés simultanément, plutôt que séparément. La masse totale d'éthylène produite par cigarette dans la fumée principale de trois types de cigarettes différentes variait de 140 à $190 \mu\text{g}$, tandis que la concentration d'éthylène contenue dans la fumée secondaire était inférieure à la limite de détection de $1\ 600 \mu\text{g}$ par cigarette, selon la méthode utilisée pour la fumée secondaire (Baren *et al.*, 2004). Les niveaux d'éthylène dans la fumée principale et la fumée secondaire recueillies séparément ont été mesurés précédemment par Shi *et al.* (2003). Les productions d'éthylène pour une seule marque de cigarettes, dans ce cas, étaient de $140 \mu\text{g}$ pour la fumée principale et de $700 \mu\text{g}$ pour la fumée secondaire (Shi *et al.*, 2003).

Estimation de l'exposition

Étant donné les propriétés physiques et chimiques de l'éthylène, la source d'exposition prédominante pour le grand public serait l'air. Les valeurs au 95^e centile pour les concentrations dans l'air ambiant étaient, en moyenne, inférieures à celles dans l'air intérieur

pour l'ensemble des études. À partir des données de surveillance disponibles, les concentrations d'éthylène dans l'air intérieur étaient soit plus élevées, soit semblables par rapport à celles dans l'air individuel. Les données relatives à l'air individuel sont considérées comme plus représentatives des concentrations dans l'air présentes dans la zone de respiration, car elles proviennent d'échantillons prélevés dans l'air entourant la personne, plutôt que dans l'air de sites fixes à l'intérieur ou à l'extérieur. On considère que les concentrations les plus élevées au 95^e centile pour l'air individuel et intérieur, soit 16,9 µg/m³ et 23,9 µg/m³, respectivement, définies dans l'étude menée à Windsor (Santé Canada, 2010a), sont des concentrations atmosphériques de la limite supérieure auxquelles l'ensemble de la population canadienne est exposé.

Confiance à l'égard de la base de données sur l'exposition

On considère que le niveau de confiance dans les données sur l'exposition à l'éthène dans les milieux naturels est élevé. Des données de surveillance de la qualité de l'air ambiant, intérieur et individuel étaient disponibles, et elles étaient à la fois récentes et représentatives des foyers canadiens. Malgré le manque de données pour certains milieux naturels, par exemple l'eau potable, les propriétés physiques et chimiques de l'éthylène semblent indiquer la présence de quantités minimales. La confiance par rapport aux concentrations d'éthylène dans l'air est élevée, étant donné la nature prudente de l'évaluation.

Évaluation des effets sur la santé

L'annexe A présente un résumé des renseignements disponibles sur les effets de l'éthène sur la santé.

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a conclu que les indications de cancérogénicité de l'éthylène sont insuffisantes chez l'homme et les animaux de laboratoire. Par conséquent, l'éthylène a été évalué comme une substance inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme (substance cancérogène du groupe 3) (CIRC, 1994). L'OCDE a également conclu à peu près en ces termes que des études pertinentes sur l'éthylène ont indiqué une faible toxicité et aucun risque pour la santé humaine (OCDE, 1998). La classification et les conclusions ci-dessus étaient surtout fondées sur les résultats d'expériences menées sur des animaux de laboratoire.

On n'a observé aucune tumeur chez les animaux de laboratoire exposés à l'éthylène au cours d'une étude de deux ans sur la cancérogénicité. Pour cette étude, 120 rats Fischer 344 (par sexe et par dose) ont été exposés à des concentrations de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm d'éthylène par inhalation pendant une période allant jusqu'à 24 mois. Des animaux choisis de façon aléatoire ont été autopsiés et examinés après 6, 12 et 18 mois d'exposition. Tous les rats survivants ont été autopsiés à 24 mois. Il n'y avait aucune différence statistiquement significative entre les groupes exposés en ce qui avait trait à l'hématologie, la chimie du sang ou d'autres paramètres étudiés. Aucun changement macroscopique ou histopathologique dans les tissus attribuables aux effets du matériel d'examen n'a été observé chez les rats exposés (CIIT, 1979). D'après les observations mises en évidence par cette étude, Hamm et

al. ont conclu que les résultats (de l'étude) ne fournissaient aucune preuve indiquant que l'éthylène à ces concentrations provoque une toxicité chronique ou est oncogène chez les rats Fischer 344 (Hamm *et al.*, 1984).

L'éthène peut être métabolisé en oxyde d'éthylène *in vivo* chez les rongeurs et les humains (Ehrenberg *et al.*, 1977; Törnqvist *et al.* 1988; Törnqvist *et al.*, 1989; Walker *et al.*, 1990). Contrairement à l'éthylène, l'oxyde d'éthylène est un puissant agent alkylé et un cancérigène génotoxique tant chez les animaux de laboratoire que chez les humains (CIRC, 2008; Ehrenberg *et al.*, 1977). Il s'est avéré que l'oxyde d'éthylène entraînait l'alkylation (2-hydroxyéthylate) de l'ARN, de l'ADN et des protéines, et on pense que les dommages génétiques causés jouent un rôle essentiel dans le déclenchement de mutations et de cancers chez les rongeurs (CIRC, 2008). On a aussi observé des produits de l'alkylation identiques après une exposition des rongeurs à l'éthylène; on a attribué cette observation à la conversion de l'éthylène en oxyde d'éthylène (Ehrenberg *et al.*, 1977; Segerbäck, 1983; Eide *et al.*, 1995).

De nombreuses études relatives au taux de métabolisation de l'éthène en oxyde d'éthylène ont été menées sur des animaux de laboratoire et des humains. Les résultats de ces études ont montré que l'inhalation de l'éthylène à de faibles concentrations, à savoir 5 à 10 %, pourrait convertir la substance en oxyde d'éthylène chez les souris, les rats et les hamsters exposés (Segerbäck, 1983; Törnqvist, 1988). La conversion maximale de l'éthylène en oxyde d'éthylène chez les humains a été estimée à 4 %, tandis qu'on a mesuré environ 1 %. De plus, il s'est avéré que le taux d'éthylène endogène chez les humains était inférieur à celui trouvé chez les rongeurs, car le taux de production endogène est inférieur chez les humains lorsqu'il est normalisé en fonction du poids corporel (Törnqvist, 1989; Törnqvist, 1994; Filser *et al.*, 1992; Csanády *et al.*, 2000; OCDE, 1998).

Afin d'évaluer plus précisément le potentiel de risque de cancer causé par l'exposition à l'éthène, Walker *et al.* ont étudié l'utilisation potentielle de la fréquence de mutation de la *N*-(2-hydroxyéthyl)-valine (HEV), de la *N*7-(2-hydroxyéthyl)-guanine (N7-HEG) et de l'hypoxanthine phosphoribosyltransférase (Hprt) à titre d'indicateurs quantitatifs ou de biomarqueurs de la conversion *in vivo* de l'éthène en oxyde d'éthylène chez les animaux de laboratoire. Dans l'étude de Walker *et al.*, des groupes de rats F344 mâles et de souris B6C3F1 mâles ont été exposés à des concentrations de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm d'éthylène, par inhalation, pendant quatre semaines. Les fréquences de mutation de l'HEV, de la N7-HEG et de l'HGPRT ont été évaluées afin de déterminer la dose d'oxyde d'éthylène résultant d'expositions exogènes à l'éthylène; les valeurs de ces biomarqueurs ont ensuite été comparées aux valeurs des mêmes biomarqueurs de référence. Les résultats de l'étude ont montré que la courbe dose-réponse pour la N7-HEG et l'HEV étaient superlinéaires chez les rats et souris exposés, ce qui indiquait que l'activation métabolique de l'éthylène était saturée à des expositions supérieures ou égales à 1 000 ppm (Walker *et al.*, 2000). Ce résultat coïncidait avec les résultats d'une étude précédente réalisée par Bolt et Filser, au cours de laquelle ils ont utilisé un modèle pharmacocinétique à deux compartiments pour l'élimination de l'éthylène chez des rats Sprague-Dawley. Les résultats de l'étude de Bolt et Filser indiquaient qu'au-delà d'une concentration de 1 000 ppm, l'éthylène atteignait une vitesse de métabolisation maximale (V_{max}). Par conséquent, des expositions plus fortes à

l'éthylène n'entraîneraient pas une conversion supérieure en oxyde d'éthylène. L'exposition des rats à des concentrations d'éthylène supérieures ou égales à 1 000 ppm correspond à une exposition théorique à environ 6 ppm d'oxyde d'éthylène (Bolt et Filser, 1987).

La saturation du métabolisme de l'éthylène en oxyde d'éthylène peut expliquer le phénomène selon lequel l'éthylène ne parvenait pas à provoquer des mutations ou des cancers chez les animaux de laboratoire, malgré le fait que la substance puisse être convertie en oxyde d'éthylène *in vivo*. Lors d'un essai biologique sur le cancer mené par Snellings *et al.*, l'exposition de rats F344 à de l'oxyde d'éthylène a considérablement augmenté l'incidence de la leucémie des cellules mononucléaires et des tumeurs au cerveau à des seuils d'exposition supérieurs ou égaux à 10 et 30 ppm, respectivement (Snellings *et al.*, 1984); pourtant, l'exposition de rats F344 à 3 000 ppm d'éthylène pendant deux ans n'a pas causé ces tumeurs (Hamm *et al.*, 1984). En outre, on n'a observé aucune réponse mutagène significative dans le gène HGPRT des animaux exposés à l'éthylène, tandis que l'exposition des rats et des souris à 200 ppm d'oxyde d'éthylène, en tant que témoin positif, a entraîné une hausse importante de la fréquence de mutation HGPRT dans les cellules T spléniques. Par conséquent, Walker *et al.* ont laissé entendre que l'exposition à l'éthylène produisait trop peu d'oxyde d'éthylène pour provoquer des réponses mutagènes et cancérigènes chez les animaux de laboratoire exposés dans les conditions actuelles des essais biologiques standard (Walker *et al.*, 2000). Cette constatation est conforme à l'évaluation de l'ensemble des données préalables de l'OCDE : « Dans le cas de l'éthylène (éthène), un mécanisme possible relatif à un potentiel toxique chez les humains a été déterminé, mais on a observé peu de signes de toxicité. Cela est lié au fait que l'éthylène ne crée que d'infimes doses d'oxyde d'éthylène » [traduction] (OCDE, 1998).

On a aussi soumis l'éthène à des essais de génotoxicité *in vivo* et *in vitro*. L'annexe A présente un aperçu des études de génotoxicité disponibles; celles-ci sont résumées brièvement ci-après.

Les résultats généraux des essais de génotoxicité pour l'éthylène sont négatifs. L'éthylène n'a pas provoqué de mutations génétiques dans la souche TA100 du *Salmonella typhimurium* ou chez l'*Escherichia coli* avec ou sans activation métabolique. Il n'a pas provoqué d'aberration chromosomique dans les cellules ovariennes du hamster de Chine. Aucune hausse de la fréquence de l'HGPRT dans les cellules T spléniques n'a été observée chez les rats et les souris exposés à de l'éthylène par inhalation pendant quatre semaines. Lors d'un test du micronoyau *in vivo*, l'éthylène n'a pas beaucoup fait augmenter la fréquence des érythrocytes polychromatiques micronucléés dans la moelle osseuse des rats et des souris exposés à cette substance par inhalation pendant quatre semaines. Toutefois, il a montré des résultats positifs avec l'alkylation de l'ADN chez les souris et rats exposés, en raison de son métabolite, l'oxyde d'éthylène (CIRC, 1994). Tel qu'il a été mentionné précédemment dans le présent document, on n'a observé aucune tumeur chez les animaux exposés à l'éthylène lors d'une étude sur deux ans, bien qu'on ait trouvé des résultats d'alkylation positifs. Cette constatation est peut-être liée au fait que l'éthylène n'engendre que d'infimes doses d'oxyde d'éthylène.

L'exposition à l'éthylène a montré des effets non cancérigènes très limités chez des animaux de laboratoire. On n'a observé aucune toxicité significative chez les rats mâles et femelles Fischer 344 exposés à l'éthylène, à des concentrations allant de 0 à 3 000 ppm, par inhalation, pendant une période allant jusqu'à 24 mois (CIIT, 1979). Au cours d'une étude de 13 semaines, des rats albinos mâles et femelles ont été exposés à des concentrations allant de 0 à 10 000 ppm d'éthylène par inhalation. Aucune différence n'a été relevée entre les groupes témoins et les rats exposés à l'égard du changement de poids hebdomadaire moyen, du gain de poids total, de la consommation de nourriture, de l'hématologie, de la chimie clinique, de la pathologie clinique ou de l'histopathologie. Comparativement aux groupes témoins, le poids du foie chez plusieurs groupes de rats exposés était considérablement moins élevé. Toutefois, aucune relation dose-réponse n'a été établie à l'égard de cette perte de poids des organes, et la cause était inconnue (Rhudy *et al.*, 1978; OCDE, 1998). Lors de deux autres études récentes sur 13 semaines, on a toutefois observé des effets nocifs chez les animaux exposés. Lors de la première de ces études, on a exposé des rats F344 mâles et femelles à des concentrations comprises entre 0 et 10 000 ppm d'éthylène par inhalation; on a observé une hyperplasie ou une hypertrophie multifocale très légère à modérée des cellules sécrétoires dans la muqueuse nasale, accompagnée d'accumulations multifocales d'éosinophiles très légères à légères (USEPA, 2007). Au cours de la seconde étude de 13 semaines, des rats Wistar et Fischer 344 mâles et femelles ont été exposés à des concentrations de 0 ou de 10 000 ppm d'éthylène par inhalation. Des lésions nasales ont été observées dans les deux souches de rats traités, mais les effets observés chez les rats Wistar étaient moindres que ceux observés chez les rats Fisher 344 (USEPA, 2009a). On a également fait état de lésions nasales chez des rats traités au cours d'une étude de quatre semaines pendant laquelle on a exposé des rats F344 mâles à des concentrations de 0 ou 10 000 ppm d'éthylène par inhalation. Des lésions liées à l'exposition ont été observées dans les voies respiratoires nasales proximales et distales des rats traités (USEPA, 2009b). Lors d'une autre étude de quatre semaines où des rats Fisher 344 mâles et des souris B6C3F1 mâles ont été exposés à des concentrations de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm d'éthylène par inhalation, on a observé la formation d'hémoglobine et d'adduits de l'ADN tant chez les rats que chez les souris à 40 ppm et à des concentrations supérieures (Walker *et al.*, 2000). On a également observé une alkylation de l'ADN lors d'une étude de 20 jours chez des rats F344 mâles exposés à des concentrations allant de 0 à 3 000 ppm d'éthylène par inhalation (Rusyn *et al.*, 2005). Étant donné qu'on n'a observé aucun effet génotoxique ni cancérigène chez les animaux exposés à l'éthylène (à des concentrations beaucoup plus élevées), il serait plus approprié de considérer l'hémoglobine et les adduits à l'ADN en tant que biomarqueurs d'exposition plutôt que comme des effets toxicologiques.

Par ailleurs, on a étudié les effets potentiels sur le plan de la reproduction sur des rats mâles et femelles ainsi que sur celui du développement pour la progéniture. Pour ce faire, des rats mâles et femelles ont été exposés à des concentrations de 0, 200, 1 000 ou 5 000 ppm d'éthylène par inhalation. De l'éthylène a été administré aux animaux parents pendant deux semaines avant l'accouplement, pendant la période d'accouplement, jusqu'à la veille de l'autopsie pour les mâles (minimum de 28 jours) et jusqu'au 20^e jour de la gestation pour les femelles. Les femelles et la progéniture ont été sacrifiées quatre jours après la mise bas. Aucun effet sur le gain de poids corporel, la fertilité ou la fécondité n'a été observé. En outre, le traitement n'a pas eu d'effet néfaste sur la taille de la portée, la proportion des sexes, le

poids moyen des rats, leur croissance et la condition clinique. L'autopsie n'a révélé aucun effet macroscopique, soit une indication de toxicité en raison du traitement. Enfin, on n'a observé aucun effet toxique sur les testicules, et aucun décès n'a été attribué à l'exposition (OCDE, 1998).

Plusieurs études épidémiologiques ont été recensées. Une étude a été réalisée auprès d'ouvriers travaillant dans une usine pétrochimique aux États-Unis. Elle a révélé un risque accru de développement du cancer du cerveau associé à l'exposition (à des niveaux non précisés) à un certain nombre de produits chimiques dont l'éthylène. Cependant, les chercheurs n'étaient pas convaincus du lien de causalité démontré par l'association. Plus précisément, on considérait que l'éthylène n'était probablement pas associé aux effets; en effet, on n'a trouvé aucune tumeur chez les rats au cours d'une étude de deux ans par inhalation, et on n'a observé aucun effet mutagène lors des tests d'Ames (Leffingwell, 1983). Une étude a été menée parmi les travailleurs d'une usine pétrochimique suédoise à l'aide des mesures des adduits à l'hémoglobine formés à partir d'oxyde d'éthylène pour assurer la surveillance de l'exposition à l'éthylène. L'étude a été menée en deux volets, l'un en 1989 et l'autre en 1993. Lors du premier volet, huit travailleurs exposés à des niveaux élevés d'éthylène (4 mg/m^3) et trois travailleurs exposés à de faibles niveaux ($0,1$ à $0,3 \text{ mg/m}^3$) ont été comparés à neuf groupes témoins exposés à $0,01 \text{ mg/m}^3$. Tous les travailleurs exposés présentaient des niveaux élevés d'adduits à l'hémoglobine, et la formation d'adduits était liée à la dose administrée. Les résultats ont indiqué que 1 % environ de l'éthylène inhalé était métabolisé en oxyde d'éthylène. Le second volet de l'étude, qui visait quatre travailleurs, avait pour but de déterminer plus précisément les niveaux d'exposition. Les résultats du deuxième volet confirmaient ceux du premier, indiquant que 1 % environ de l'éthylène inhalé était métabolisé en oxyde d'éthylène et que la fraction maximale à convertir était estimée à 4 % (OCDE, 1998). On n'a relevé aucune augmentation de l'incidence du cancer chez 31 travailleurs exposés à l'éthylène (à des niveaux non précisés) lors d'une étude de cas-témoins sur le cancer du poumon chez les travailleurs d'une usine pétrochimique aux États-Unis (Bond *et al.*, 1986).

En bref, l'éthylène ne causait pas de tumeurs chez les rats au cours d'une étude de deux ans par inhalation. Il ne présentait pas d'effets génotoxiques dans des essais *in vivo* ou *in vitro*. Bien que l'éthylène puisse être métabolisé en oxyde d'éthylène, des études pharmacocinétiques ont montré que la saturation du métabolisme de l'éthylène en oxyde d'éthylène a lieu à la fois chez les animaux de laboratoire et chez les humains, et que la quantité d'oxyde d'éthylène métabolisée à partir de l'éthylène était insuffisante pour produire des effets mutagènes ou cancérogènes chez les animaux de laboratoire. Les études ont aussi démontré que la vitesse de métabolisation de l'éthylène en oxyde d'éthylène est inférieure chez les humains par rapport aux animaux de laboratoire; par conséquent, la possibilité de causer le cancer chez les humains est encore moins plausible que chez les rongeurs. En outre, on n'a trouvé aucune preuve de cancérogénicité dans les études épidémiologiques.

En ce qui concerne les effets non cancérogènes, l'éthylène causait de légers effets sur les fosses nasales des rats exposés, par inhalation, à une concentration de $11\ 500 \text{ mg/m}^3$ ($10\ 000 \text{ ppm}$), ce qui représente la plus faible concentration minimale avec effet nocif

observé (CMENO) pour l'exposition par inhalation. Aucun effet sur la reproduction et le développement n'a été observé, ni chez les rats mâles et femelles exposés, ni chez leur progéniture.

Le niveau de confiance accordé à la base de données sur la toxicité de l'éthène est jugé modéré à élevé, car on disposait d'un ensemble de données exhaustif comprenant la cancérogénicité, la génotoxicité, la toxicité pour la reproduction et le développement, ainsi que la toxicité après une exposition à doses répétées, ainsi que de données sur le mode d'action, permettant de déterminer des paramètres essentiels pour la caractérisation du risque. Néanmoins, seul un nombre limité d'études épidémiologiques ciblant l'éthylène était disponible.

Caractérisation des risques pour la santé humaine

Selon le CIRC, l'éthylène « est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme (groupe 3) », car les indications de sa cancérogénicité sont insuffisantes chez les êtres humains et chez les animaux de laboratoire (CIRC, 1994). En outre, l'OCDE a notamment conclu que l'éthylène présente une faible toxicité d'après des études pertinentes sur cette substance (OCDE, 1998).

L'éthylène n'a pas produit de mutation génétique dans les essais *in vitro* ou *in vivo*. La substance n'était pas cancérogène chez les rats lors d'une étude de deux ans sur l'exposition par inhalation; en outre, les quelques études épidémiologiques disponibles n'ont pas permis non plus de révéler des cas de cancer chez les travailleurs exposés. Pour ce qui était des effets non cancérogènes, la plus faible CMENO pour l'exposition par inhalation (la principale voie d'exposition de la population générale) était de 11 500 mg/m³ (10 000 ppm), d'après l'observation de légers effets nasaux chez les rats lors d'une étude de 13 semaines sur l'exposition par inhalation. Les comparaisons de ce niveau d'effet avec les concentrations d'éthène les plus élevées au 95^e centile mesurées dans l'air intérieur et l'air individuel au Canada (23,9 µg/m³ et 16,9 µg/m³) ont donné des marges d'exposition d'environ 481 200 et 680 500.

Compte tenu de l'adéquation des marges entre les estimations supérieures de l'exposition à l'éthène et des concentrations associées à un effet critique, on conclut que l'éthène ne satisfait pas aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE, car il ne pénètre pas l'environnement en quantités ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

Incertitudes

La présente évaluation préalable finale ne présente pas d'analyse complète du mode d'induction des effets qui sont associés à l'exposition à l'éthène. Elle ne prend pas non plus en compte les différences possibles entre l'homme et les espèces examinées en ce qui concerne la sensibilité aux effets provoqués par cette substance. Cependant, les marges

d'exposition sont jugées suffisamment larges pour tenir compte adéquatement des écarts. Les données disponibles concernant les êtres humains étaient limitées en raison de la petite taille des échantillons, de l'exposition à un mélange de produits chimiques, du manque de détails relativement aux protocoles d'étude et aux conditions d'exposition, ainsi que des facteurs de confusion propres aux études épidémiologiques.

Les incertitudes relatives à l'exposition à l'éthylène sont mineures étant donné la grande confiance accordée à la base de données sur cette substance. En effet, cette base de données est fondée sur des études valables, récentes et bien menées de Santé Canada portant sur l'air extérieur, intérieur et individuel, soit les sources les plus pertinentes d'exposition à l'éthylène par l'environnement.

Conclusion

D'après les renseignements contenus dans la présente évaluation préalable au sujet de la concentration d'éthylène dans l'environnement, il existe un faible risque d'effets nocifs de cette substance pour les organismes ou l'intégrité de l'environnement dans son ensemble. On conclut que l'éthène ne satisfait pas aux critères énoncés aux alinéas 64a) ou b) de la LCPE, car il ne pénètre 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.

Compte tenu de l'adéquation des marges entre les estimations prudentes de l'exposition à l'éthène et des concentrations associées à un effet critique, on conclut que l'éthène ne satisfait pas aux critères énoncés à l'alinéa 64c) de la LCPE, car il ne pénètre pas l'environnement en quantités ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaines.

On conclut que l'éthène ne satisfait à aucun des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE.

Références

- [ACML] Alpen Capital ME Limited. 2010. The Gulf Petrochemicals Industry – March 7, 2010. Accès : <http://www.alpencapital.com/includes/The-Gulf-Petrochemicals-Industry-Report-7Mar10%20%282%29.pdf>
- Alberta Environment. 2003. Assessment report on ethylene for developing ambient air quality objectives. Accès : <http://environment.alberta.ca/01034.html>
- Altshuller, A.P. 1983. Review: natural volatile organic substances and their effect on air quality in the United States. *Atmos. Environ.* 17:2131-2165.
- Altuzar, V., Tomas, S.A., Zelaya-Angel, O., Sánchez-Sinencio, F., Arriaga, J.L. 2005. *Atmos. Environ.* 39:5219-5225.
- Anlauf, K., Bottenheim, J., Brice, K., Fellin, P., Wiebe, H., Schiff, H., Mackay, G., Braman, R., Gilbert, R. 1985. Measurement of atmospheric aerosols and photochemical products at a rural site in SW Ontario. *Atmos. Environ.* 19:1859-1870.
- [AOPWIN] Atmospheric Oxidation Program for Microsoft Windows. 2000. Version 1.91. Composante de l'Estimation Programs Interface (EPI) Suite. Washington (DC) : U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics.
- Archambault, D., Li, X. 2001. Response of barley, field pea, canola and tree seedlings to ethylene exposure. Alberta Research Council. Alberta's ethylene/crop research project, report III. [cité dans Alberta Environment, 2003].
- Archambault, D., Li, X. Foster, K., Jack, T. 2006. A screening test for the determination of ethylene sensitivity. *Environ. Monit. Assess.* 115:509-530.
- [ARLA] Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. 2001a. Projet de décision d'homologation PRDD2001-04 – Éthylène Eco Sprout Guard.
- [ARLA] Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. 2001b. Document des décisions réglementaires RDD2001-07 – Éthylène – Eco Sprout Guard.
- Atkinson, R. 2000. Atmospheric chemistry of VOCs and NO_x. *Atmos. Environ.* 34:2063-2101.
- Atkinson, R., Cox, R., Crowley, J., Hampson, R. Jr, Hynes, R., Jenkin, M., Kerr, J., Rossi, M., Troe, J. 2006. Summary of Evaluated Kinetic and Photochemical Data for Atmospheric Chemistry. Section II – Organic Reactions. IUPAC Subcommittee on Gas Kinetic Data Evaluation for Atmospheric Chemistry [en ligne]. Février 2006. Accès : <http://www.iupac-kinetic.ch.cam.ac.uk/>
- Badol, C., Locoge, N., Léonardis, T., Galloo, J.-C. 2008. Using a source-receptor approach to characterise VOC behaviour in a French urban area influenced by industrial emissions. Part I: Study area description, data set acquisition and qualitative data analysis of the data set. *Sci. Total. Environ.* 389:441-452.

- Baren, R.E., Panisha, M.E., Shafer, K.H., Harward, C.N., Shi, Q., Nelson, D.D., McManus, B., Zahniser, M.S. 2004. Quad quantum cascade laser spectrometer with dual gas cells for the simultaneous analysis of mainstream and sidestream cigarette smoke. *Spectrochimic Acta AMol Biomol Spectrosc* 60:3437-3447.
- Barrefors, G., Petersson, G. 1993. Assessment of ambient volatile hydrocarbons from tobacco smoke and from vehicle emissions. *J. Chromatogr.* 643:71-76.
- Barrefors, G., Petersson, G. 1995. Volatile hydrocarbons from domestic wood burning. *Chemosphere* 30:1551-1556.
- Baumgarten S. 2008. Canada Petromont closure "a major loss". ICIS News. 13 février 2008. Accès : <http://www.icis.com/Articles/2008/02/13/9100564/canada-petromont-closure-a-major-loss.html>
- [BCFBAF] BioConcentration Factor Program for Windows [modèle d'estimation]. 2008. Version 3.00. Washington (DC) : U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : <http://www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm>
- [BDIPSN] Base de données sur les ingrédients des produits de santé naturels. 2012. Santé Canada. Accès : <http://webprod.hc-sc.gc.ca/nhpid-bdipns/search-rechercheReq.do>
- [BDPP] Base de données sur les produits pharmaceutiques (Santé Canada) [recherche en ligne]. 2012. Accès : <http://webprod.hc-sc.gc.ca/dpd-bdpp/language-language.do?url=t.search.recherche&lang=fra>
- [BDPSNH] Base de données des produits de santé naturels homologués (Santé Canada). 2012. Accès : <http://webprod3.hc-sc.gc.ca/dpd-bdpp/start-debuter.do?lang=fra>
- Beyer, A., Mackay, D., Matthies, M., Wania, F., Webster, E. 2000. Assessing long-range transport potential of persistent organic pollutants. *Environ. Sci. Technol.* 34:699-703.
- Bibra. 1993. Toxicity Profile for Ethylene. Bibra Information Services Ltd. Accès : <http://www.bibra-information.co.uk/profile-162.html>
- Blankenship, S., Bailey, D., Miller, J. 1993. Effects of continuous, low levels of ethylene on growth and flowering of Easter lily. *Sci. Hortic.* 53:311-317.
- Blankenship, S., Kemble, J. 1996. Growth, fruiting and ethylene binding of tomato plants in response to chronic ethylene exposure. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 71:65-69.
- Boethling, R., Howard, P., Beauman, J., Larosche, M. 1995. Factors for intermedia extrapolations in biodegradability assessment. *Chemosphere* 30:741-752.
- Bolt, H.M., Filser, J.H. 1987. Kinetics and disposition in toxicology. Example: carcinogenic risk estimate for ethylene. *Arch. Toxicol.* 60:73-76.
- Bond, G.G., Flores, G.H., Shellenberger, R.J., Cartmill, J.B., Fishbeck, W.A., Cook, R.R. 1986. Nested case-control study of lung cancer among chemical workers. *Am. J. Epidemiol.* 124:53-66.

- Canada. 1978. *Règlement sur les aliments et drogues*. C.R.C., ch. 870. Accès : <http://laws.justice.gc.ca/fra/C.R.C.-ch.870/index.html>
- Canada. 2000. *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. Accès : <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2000-107/>
- Canada 2013a. Évaluation préalable finale – Gaz de pétrole et de raffinerie [restreints aux industries].
- Canada 2013b. Évaluation préalable finale – Gaz de pétrole et de raffinerie [restreints aux installations].
- Canada. Ministère de l'Environnement. 2001. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Avis concernant certaines substances inscrites sur la Liste intérieure des substances (LIS)*. *Gazette du Canada*, Partie I, vol. 135, n° 46, p. 4194-4210. Accès : <http://www.gazette.gc.ca/archives/p1/2001/index-fra.html>
- Carter, W. 2010. Updated maximum incremental reactivity scale and hydrocarbon bin reactivities for regulatory applications. Préparé pour le California Air Resources Board. Contrat 07-339. Riverside (CA) : College of Engineering, Center for Environmental Research and Technology, Université de la Californie.
- [CASA] Clean Air Strategic Alliance. 2008. Data Warehouse. Accès : <http://www.casadata.org/>
- [CEMC] Canadian Environmental Modeling Center. 2003. Modèle TaPI3. Version 3.00. Peterborough (Ont.) : Université Trent. Accès : <http://www.trentu.ca/cemc/models/TP300.html>
- [CGAI] Compressed Gas Association, Inc. 1999. Handbook of compressed gases–Ethylene. 4^e éd. Springer.
- Chang, C.-C., Sree, U., Lin, Y.-S., Lo, J.-G. 2005. An examination of 7:00-9:00 PM ambient air volatile organics in different seasons of Kaohsiung city, southern Taiwan. *Atmos. Environ.* 39:867-884.
- Cheng, L., Fu, L., Angle, R.P., Sandhu, H.S. 1997. Seasonal variations of volatile organic compounds in Edmonton, Alberta. *Atmos. Environ.* 31:239-246.
- Cheung, C.S., Di, Y., Huang, Z. 2008. Experimental investigation of regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with ultralow-sulfur diesel fuel blended with ethanol and dodecanol. *Atmos. Environ.* 42:8843-8851.
- [CIIT] Chemical Industry Institute of Toxicology. 1979. CIIT report, two year chronic inhalation toxicology study with ethylene in F 344 rats. Research Triangle Park (NC).
- [CIRC] Centre International de Recherche sur le Cancer. 1994. Some industrial chemicals. *IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum* 60:45-71.

[CIRC] Centre International de Recherche sur le Cancer. 2008. 1,3-Butadiene, Ethylene Oxide and Vinyl Halides (Vinyl Fluoride, Vinyl Chloride and Vinyl Bromide). *IARC Monogr Eval Carcinog Risk Chem Hum* 97.

Colbeck I, Harrison R. 1985. The concentrations of specific C2-C6 hydrocarbons in the air of NW England. *Atmos. Environ.*, 19, 1899-190.

Csanády, G.A., Denk, B., Pütz, C., Kreuzer, P.E., Kessler, W., Baur, C., Gargas, M.L., Filser, J.G. 2000. A physiological toxicokinetic model for exogenous and endogenous ethylene and ethylene oxide in rat, mouse, and human: Formation of 2-hydroxyethyl adducts with hemoglobin and DNA. *Toxicology and Applied Pharmacology* 165:1-26.

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.* 40:5905-5912.

Daubert, T., Danner, R. 1985. Données obtenues de la Syracuse Research Corporation en 2005. Accès : <http://esc.syrres.com/scripts/CHFcgi.exe>

Davidson, C., Lin, S., Osborn, I., Pandey, M., Rasmussen, R., Khalil, M. 1986 Indoor and outdoor air pollution in the Himalayas. *Environ. Sci Technol.* 20:561-567.

Decisioneering. 2006. Crystal Ball [logiciel]. Decisioneering Inc., 1515 Arapahoe St., Suite 1311, Denver, CO, États-Unis.

Derendorp, L., Holzinger, R., Wishkerman, A., Keppler, F., Röckmann, T. 2011. Methyl chloride and C2-C5 hydrocarbon emissions from dry leaf litter and their dependence on temperature. *Atmos. Environ.* 45:3112-3119.

Dörffling, K. 1982. Das Hormonsystem der Pflanzen [Le système hormonal des plantes], Stuttgart (Allemagne) : Thieme. p. 72-90, 115-129, 170-175. [cité dans CIRC, 1994].

Dow. 2007. The Dow Chemical Company – Product Safety Assessment: Ethylene. Accès : http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_00bf/0901b803800bfd21.pdf?filepath=productsafety/pdfs/noreg/233-00280.pdf&fromPage=GetDoc

Dow Chemicals [soumission par courriel]. 2013. Dow Chemical Ambient Ethylene Monitoring Data 2009 to 2012. Données inédites soumises par Dow Chemical Canada ULC à Environnement Canada dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques. Gatineau (Québec) : Environnement Canada, Division des évaluations écologiques. 31 janvier 2013.

Dueck, T., Van Dijk, C., Grashoff, C., Groenworld, J., Schapendonk, A., Tonneijck, A. 2003. Response of potato to discontinuous exposures of atmospheric ethylene: results of a long-term experiment in open-top chambers and crop growth modeling. *Atmos. Environ.* 37:1645-1654.

Ehrenberg, L., Osterman-Galkar, S., Segerbäck, D., Svensson, K., Calleman, C.J. 1977. Evaluation of genetic risks of alkylating agents. iii. Alkylation of haemoglobin after metabolic conversion of ethene to ethene oxide *in vivo*. *Mutat. Res.* 45:175-84.

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

Eisele, F., Tanner, D. 1991. Ion-assisted tropospheric OH measurements. *J. Geophys. Res.* 96:9295-9308. [cité dans Alberta Environment, 2003].

Environnement Canada. 1996. Évaluations des risques écologiques des substances d'intérêt prioritaire en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Document de référence. Ottawa : Division de l'évaluation des produits chimiques, Direction des produits chimiques commerciaux, Environnement Canada.

Environnement Canada. 2003a. Données recueillies conformément à l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* et à l'*Avis concernant certaines substances inscrites sur la Liste intérieure de substances (LIS)*. *Gazette du Canada*, vol. 135, n° 46. Données préparées par Environnement Canada, Santé Canada, Programme des substances existantes.

Environnement Canada. 2003b. Gaseous and Particulate Matter Emissions from In-Use Light Duty Gasoline Motor Vehicles. Centre de technologie environnementale, Division de la recherche et de la mesure des émissions, Environnement Canada. Rapport de la DRME n° 99-67. [mis à jour en octobre 2003].

Environnement Canada. 2011a. Inventaire national des rejets de polluants [base de données sur Internet]. Gatineau (Qc) : Environnement Canada. [consulté le 4 mars 2011]
Accès : http://www.ec.gc.ca/pdb/querysite/query_f.cfm

Environnement Canada. 2011b. NSPA données brutes annuelles [en ligne]. Gatineau (Qc) : Environnement Canada, Centre de technologie environnementale. [consulté en juin 2011].
Accès : <http://www.ec.gc.ca/rnsa-naps/default.asp?lang=Fr&n=8BA86647-1> [protégé par mot de passe].

Environnement Canada et Santé Canada. 2001. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*, Liste des substances d'intérêt prioritaire – Rapport d'évaluation : Oxyde d'éthylène. Travaux publics et Services gouvernementaux Canada. TD196.E86P74.

Erbach, E., Csanády, G.A., Filser, J.G. 2007. Mutual kinetic interactions of ethylene and ethylene oxide in ethylene exposed rats. 48th Spring Meeting Deutsche Gesellschaft für Experimentelle und Klinische Pharmakologie und Toxikologie Mainz, March 13-15, 2007. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 375(Suppl. 1):74.

[ESUTC] Enquête de surveillance de l'usage du tabac au Canada. 2008. Tableaux supplémentaires, Enquête de surveillance de l'usage du tabac au Canada, annuelle, 2008 [en ligne]. [consulté en janvier 2011]. Accès : http://www.hc-sc.gc.ca/hc-ps/tobac-tabac/research-recherche/stat/_ctums-esutc_2008/ann-table1-fra.php

Fennell, T.R., Snyder, R.W., Parkinson, C., Murphy, J., James, R.A. 2004. The Effect of Ethylene Exposure on Ethylene Oxide in Blood and on Hepatic Cytochrome P450 in Fischer Rats. *Toxicological Sciences* 81:7-13.

- Filser, J.G., Denk, B., Törnqvist, M., Kessler, W., Ehrenberg, L. 1992. Pharmacokinetics of ethylene in man; body burden with ethylene oxide and hydroxyethylation of haemoglobin due to endogenous and environmental ethylene. *Arch Toxicol.* 66:157-63.
- Fiorani, F., Bögemann, G., Visser, E., Lambers, H., Voeselek, L. 2002. Ethylene emission and responsiveness to applied ethylene among *Poa* species that inherently differ in leaf elongation rates. *Plant Physiol.* 129:1382-1390.
- Franco, J.F., Pacheco, J., Behrentz, E., Belalcazar, L.C. 2010. VOC Concentrations in the ambient air of Bogota City: Source identification and apportionment. Résumé n° 989, AWMA 103rd ACE, Calgary (Alb.), 24 juin 2010.
- Frostling, H., Hoff, A., Jacobsson, S., Pfäffli, P., Vainiotalo, S., Zitting, A. 1984. Analytical, occupational and toxicological aspects of the degradation products of polypropylene plastics. *Scand. J. Work Environ. Health* 1:163-169.
- Goeschl, J., Kays, S. 1975. Concentration dependencies of some effects of ethylene on etiolated pea, peanut, bean and cotton seedlings. *Plant Physiol.* 55:670-677.
- Google. 2009. Google Earth [logiciel d'imagerie satellitaire]. [conçu le 12 novembre 2009; consulté en avril 2010].
- Guest, D., Barrow, C.S., Popp, J.A., Dent, J.G.. 1981. Effects of Aroclor 1254 on disposition and hepatotoxicity of ethylene in the rat. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 57(3):325-334.
- Hamm, T.E. Jr., Guest, D., Dent, J.G. 1984. Chronic toxicity and oncogenicity bioassay of inhaled ethylene in Fisher-344 rats. *Fundamental and Appl. Toxicol.* 4:473-478.
- Hanson, A., Kende, H. 1975. Ethylene-enhanced ion and sucrose efflux in morning glory flower tissue. *Plant Physiol.* 55:663-669.
- Hoff, A., Jacobsson, S., Pfäffli, P., Zitting, A., Frostling, H. 1982. Degradation products of plastics. Polyethylene and styrene-containing thermoplastics – analytical, occupational and toxicologic aspects. *Scand. J. Work Environ. Health* 8 (Suppl. 2):1-60.
- Hopkins, J.R., Jones, I.D., Lewis, A.C., McQuaid, J.B., Seakins, P.W. 2002. Non-methane hydrocarbons in the Arctic boundary layer. *Atmos. Environ.* 36:3217-3229.
- Hov, O., Schmidbauer, N., Oehme, M. 1991. C2-C5 hydrocarbons in rural south Norway. *Atmos. Environ.* 25A:1981-1999.
- Howard, P., Boethling, R., Jarvis, W., Meylan, W., Michalenko, E.M. 1991. Handbook of Environmental Degradation Rates. New York (NY) : Lewis Publishers. p. 126-127.
- [IUCALID] International Uniform Chemical Information Database. 1995. Data Sheet Ethylene EINECS # 200-815-3. [modifié le 23 octobre 1995]. Bureau Européen des Substances Chimiques.
- Kanakidou, M., Bonsang, B., Lambert, G. 1989. Light hydrocarbons vertical profiles and fluxes in a French rural area. *Atmos. Environ.* 23:921-927.

- Kazama, H., Dan, H., Imaseki, H., Wasteneys, G. 2004. Transient exposure to ethylene stimulates cell division and alters the fate and polarity of hypocotyl epidermal cells. *Plant Physiol.* 134:1614-1623.
- Konings, H., Jackson, M. 1979. A relationship between rates of ethylene production by roots and the promoting or inhibiting effects of exogenous ethylene and water on root elongation. *Z. Pflanzenphysiol. Bd.* 92:385-397.
- Lai, C.-H., Peng, Y.-P. 2011. Emissions of C₂-C₁₂ hydrocarbons in the Hsuehshan tunnel, Taiwan. *J. Environ. Sci.* 23:941-948.
- Lee, R., Baker, H. 1992. Ethylene and ethane production in an estuarine river: formation from the decomposition of polyunsaturated fatty acids. *Mar. Chem.* 38:25-36.
- Leffingwell, S.S., Waxweiler, R., Alexander, V., Ludwig, H.R., Halperin, W. 1983. Case-control study of gliomas of the brain among workers employed by a Texas city, Texas chemical plant. *Neuroepidemiology* 2:179-195.
- Leifer, A. 1993. Determination of Rates of Reaction in the Gas-Phase in the Troposphere. Theory and Practice. 5. Rate of Indirect Photoreaction. EPA/744/R-93/001 (NTIS PB93-149334). Washington (DC) : U.S. Environmental Protection, Office of Pollution Prevention and Toxics.
- Lightman, P., Kallend, A., Marsh, A., Jones, B., Penkett, S. 1990. Seasonal variation of hydrocarbons in the free troposphere at mid-latitudes. *Tellus* 42B:408-422.
- Löfroth, G., Burton, R.M., Forehand, L., Hammond, S.K., Sella, R.L., Zweldinger, R.B., Lewtas, J. 1989. Characterization of Environmental Tobacco Smoke. *Environ. Sci. Tech.* 23:610-614.
- Mackay, D., DiGuardo, A., Paterson, S., Cowan, C. 2003. EQC Model. Version 2.02. Environmental Modeling Center, Université Trent, Canada. Accès : <http://www.trentu.ca/cemc/models/EQC2.html>
- Matsunaga, S.N., Chatani, S., Morikawa, T., Nakatsuka, S., Suthawaree, J., Tajima, Y., Kato, S., Kajii, Y., Minoura, H. 2010. Evaluation of non-methane hydrocarbon (NMHC) emissions based on an ambient air measurement in Tokyo area, Japan. *Atmos. Environ.* 44:4982-4993.
- McAuliffe, A. 1966. Solubility in water of paraffin, cycloparaffin, olefin, acetylene, cycloolefin, and aromatic hydrocarbons. *J. Phys. Chem.* 70:1267-1275.
- Minitab® [logiciel statistique]. 2005. Version 14.20. Minitab® Inc.
- Mowrer, J., Lindskog, A. 1991. Automatic unattended sampling and analysis of background levels of C₂-C₅ hydrocarbons. *Atmos. Environ.* 25A:1971-1979.
- Nose, K., Nunome, Y., Kondo, T., Araki, S., Tsuda, T. 2005. Identification of gas emanated from human skin: methane, ethylene, and ethane. *Analytical Sciences* 21:625-628.
- NOVA Chemicals [soumission par courriel]. 2013. NOVA Chemicals Ambient Ethylene Monitoring Data 2007 to 2011—130132Rev01.pdf. Données inédites soumises par NOVA

Chemicals Corporation à Environnement Canada dans le cadre du Plan de gestion des produits chimiques. Gatineau (Qc) : Environnement Canada, Division des évaluations écologiques. 31 janvier 2013.

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 1998. Ethylene. CAS No. 74-85-1. SIDS initial assessment report for 8th SIAM; du 28 au 30 octobre 1998. Publications du PNUE. Accès : <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDSEIDS/74851.pdf>

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2005. Ethylene. CAS No. 74-85-1. SIAPXXXXX. Accès : <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECDSEIDS/74851.pdf>

O'Donoghue, R.T., Gill, L.W., McKeivitt, R.J., Broderick, B. 2007. Exposure to hydrocarbon concentrations while commuting or exercising in Dublin. *Environment International* 33:1-8.

Olson, D.A., Hammond, D.M., Selia, R.L., Burke, J.M., Norris, G.A. 2009. Spatial gradients and source apportionment of volatile organic compounds near roadways. *Atmos. Environ.* 43:5647-5643.

O'Neil, M., Smith, A., Heckelman, P., Obenchain, J. Jr, Gallipeau, J., D'Arecca, M., Budavari, S. (éd.) 2001. The Merck Index: An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals. 13^e éd. Whitehouse Station (NJ) : Merck & Co., Inc. p. 674.

Prinn, R., Cunnold, D., Simmonds, P., Alyea, F., Boldi, R., Crawford, A., Fraser, P., Gutzler, D., Hartley, R., Rosen, R., *et al.* 1992. Global average concentration and trend for hydroxyl radicals deduced from ALE/GAGE trichloroethane (methyl chloroform) data for 1978-1990. *Sci. J.* 97:2445-2461. [cité dans Alberta Environment, 2003].

Prinn, R., Weiss, R., Miller, B., Huang, J., Alyea, F., Cunnold, D., Fraser, P., Hartley, D., Simmonds, P. 1995. Atmospheric trends and lifetime of CH₃CCl₃ and global OH concentrations. *Science* 269:187-192. [cité dans Atkinson, 2000].

Rajala, A., Peltonen-Sainio, M., Onnela, M., Jackson, M. 2002. Effects of applying stem-shortening plant growth regulators to leaves on root elongation by seedlings of wheat, oat and barley: mediation by ethylene. *Plant Growth Regul.* 38:51-59.

Rao, A., Pandit, G. 1988. Concentrations of C₂-C₅ hydrocarbons in atmospheric air at Deonar, Bombay, in relation to possible sources. *Atmos. Environ.* 22:395-401.

Reid, D., Watson, K. 1985. Ethylene as an air pollutant. In : Roberts, J.A., Tucker, G.A. (éd.) Ethylene and Plant Development. Londres (Royaume-Uni) : Butterworths. p. 277-286.

Reid, M., Dodge, L., Mor, Y., Evans, R. 1989. Effects of ethylene on rose opening. *Acta Hort.* 261:215-220.

Rhudy, R., Lindberg, D., Goode, L., Sullivan, D., Oralla, E. 1978. Ninety-day subacute inhalation study with ethylene in albino rats (Abstract No. 151). *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 45:285.

[RNCAN] Ressources naturelles Canada. 2008. Enquête sur les véhicules au Canada, rapport d'étape 2008. [consulté en janvier 2012]. Accès : <http://publications.gc.ca/site/fra/376928/publication.html>

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.

Santé Canada. 1998. Exposure factors for assessing total daily intake of priority substances by the general population of Canada. Rapport inédit. Ottawa (Ont.) : Santé Canada, Direction de l'hygiène du milieu. [disponible sur demande].

Santé Canada. 2010a. Étude d'évaluation de l'exposition à Windsor (2005-2006) : Sommaire des données d'échantillonnage des composés organiques volatils. Ottawa (Ont.) : ministre de la Santé, Santé Canada. 75 p. Accès : www.hc-sc.gc.ca

Santé Canada. 2010b. Étude de la qualité de l'air intérieur à Regina (2007) : Sommaire des données d'échantillonnage des composés organiques volatils. Ottawa (Ont.) : ministre de la Santé, Santé Canada. 48 p. Accès : www.hc-sc.gc.ca

Santé Canada. 2011. Étude de la qualité de l'air intérieur à Halifax (2009) : Sommaire des données d'échantillonnage des composés organiques volatils. Ottawa (Ontario) : ministre Santé Canada, p.1-48.

Satsumabayashi, H., Kurita, H., Chang, Y., Carmichael, G., Ueda, H. 1992. Diurnal variation of OH radical and hydrocarbons in a polluted air mass during long-range transport in central Japan. *Atmos. Environ.* 26A:2835-2844.

Sawada, S., Totsuka, T. 1986. Natural and anthropogenic sources and fate of atmospheric ethylene. *Atmos. Environ.* 20:821-832.

Schenker, U., MacLeod, M., Scheringer, M., Hungerbühler, K. 2005. Improving data quality for environmental fate models: A least-squares adjustment procedure for harmonizing physicochemical properties of organic compounds. *Environ. Sci. Technol.* 39:8434-8441.

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

Segerbäck, D. 1983. Alkylation of DNA and haemoglobin in the mouse following exposure to ethene and ethene oxide. *Chem. Biol. Interact.* 45:139-151.

Seinfeld, J. 1989. Urban air pollution: state of the science. *Science* 243:745-752.

Sexton, K., Mongin, S.J., Adgate, J.L., Pratt, G.C., Ramachandran, G., Stock, T.H., Morandi, M.T. 2007. Estimating volatile organic compound concentrations in selected microenvironments using time-activity and personal exposure data. *J. Tox. Environ. Health A* 70:465-476.

Shi, Q., Nelson, D.D., McManus, J.B., Zahniser, M.S., Parrish, M.E., Baren, R.E., Shafer, K.H., Harward, C.N. 2003. Quantum cascade infrared laser spectroscopy for real-time cigarette smoke analysis. *Anal. Chem.* 75:5180-5190.

SLEA [Sarnia-Lambton Environmental Association]. 2013. Ethene monitoring data 2008-2012.

Smith, K.A., Restall, S.W.F. 1971. The occurrence of ethylene in anaerobic soil. *J. Soil Sci.* 42:430-443.

Sneader, W. 2005. Drug Discovery, A History. West Sussex (Royaume-Uni) : John Wiley and Sons Ltd.

Snellings, W.M., Weil, C.S., Maronpot, R.R. 1984. A two-year inhalation study of the carcinogenic potential of ethylene oxide in Fischer 344 rat. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 75:105-117.

[SRC] Syracuse Research Corporation. 2005. Fichier de données Chemfate extrait de l'Environmental Fate Database en 2005. Accès : <http://esc.syrres.com/scripts/CHFcgi.exe>

Statistique Canada. 2005. Enquête sur les véhicules au Canada : annuelle, 2005 (révisée). N° au catalogue : 53-223-XIF. Ottawa (Ont.) : Statistique Canada.

Statistique Canada. 2008. Produits chimiques industriels et résines synthétiques. Rapports de ventes pour l'année 2007. Accès : <http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=46-002-XWF&lang=fra>

Stocco, C., MacNeil, M., Wang, D., Xu, X. Guay, M., Brook, J., Wheeler, A.J. 2008. Predicting personal exposure of Windsor, Ontario residents to volatile organic compounds using indoor measurements and survey data. *Atmos. Environ.* 42:5905-5912.

Tates, A.D., van Dam, F.J., Natarajan, A.T., van Teylingen, C.M.M., de Zwart, F.A., Zwinderman, A.H., van Sitter, N.J., Nilson, A., Nilson, O.G., Zahlsen, K., *et al.* 1999. Measurement of HPRT mutations in splenic lymphocytes and haemoglobin adducts in erythrocytes of lewis rats exposed to ethylene oxide. *Mutat. Res.* 431:397-415.

Taylor, P.H., Shanbhag, S., Dellinger, B. 1994. The high-temperature pyrolysis and oxidation of methanol and ethanol: experimental results and comparison with vehicle emission tests. SAE 941904. [cité dans Cheung *et al.*, 2008].

Tille, K.J.W., Savelsberg, M., Bachmann, K. 1985. Airborne measurements of nonmethane hydrocarbons over western Europe; vertical distributions, seasonal cycles of mixing ratios and source strengths. *Atmos. Environ.* 19:1751-1760.

Tonneijck, A., Jansen, B., Bakker, C. 2000. Assessing the effects of atmospheric ethylene on epinasty and tuber yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) near polyethylene manufacturing plants. *Environ. Monit. Assess.* 60:57-69.

Tonneijck, A., ten Berge, W., Jansen, B. 2003. Monitoring the effects of atmospheric ethylene near polyethylene manufacturing plants with two sensitive plant species. *Environ. Pollut.* 123:275-279.

Tonneijck, A., van Dijk, C. 2000. Effecten van etheen op planten rond locale bronnen. Een risico-evaluatie. Plant Research International. Nota 42. Wageningen (Pays-Bas). [en néerlandais].

Törnqvist, M. 1994. Is ambient ethene a cancer risk factor? *Environ. Health Perspectives* 102(suppl. 4):157-160.

Törnqvist, M., Almqvist, J.G., Bergmark, E.N., Nilsson, S., Osterman-Golkar, S.M. 1989. Ethylene oxide doses in ethene-exposed fruit store workers. *Scand. J. Work Environ. Health* 15:436-438.

Törnqvist, M., Kautiainen, A., Gatz, R.N., Ehrenberg, L. 1988. Haemoglobin adducts in animals exposed to gasoline and diesel exhausts. 1. Alkene. *J. Appl. Toxicol.* 8:159-170.

Tosaka, S., Fujiwara, Y., Murayama, T. 1989. The effect of fuel properties on diesel engine exhaust particulate formation. SAE 890421. [cité dans Cheung *et al.*, 2008].

True, W.R. 2011. Global ethylene producers add record capacity in 2010. *Oil & Gas J.* 109.

[IUPAC] Union internationale de chimie pure et appliquée. 1993. Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds (Recommendations 1993). Blackwell Scientific Publications.

Uno, L., Wakamatsu, S., Wadden, R., Konno, S., Koshio, H. 1985. Evaluation of hydrocarbon reactivity in urban air. *Atmos. Environ.* 19:1283-1293.

[USEPA] U.S. Environmental Protection Agency. 1992a. Reregistration Eligibility Document (RED) – Ethylene. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances.

[USEPA] U.S. Environmental Protection Agency. 1992b. Screening procedures for estimating the air quality impact of stationary sources, revised. Office of Air Quality Planning and Standards. EPA-454/R-92-019.

[[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2003. Estimation Program Interface (EPI) Suite (EPISuite™). Version 3.11. 10 juin 2003. Modèles développés par l'Office of Pollution Prevention and Toxics de l'Environmental Protection Agency des États-Unis et la Syracuse Research Corporation. Accès : <http://www.epa.gov/opptintr/exposure/docs/episuite.htm>

[USEPA] U.S. Environmental Protection Agency. 2007. TSCA Section 8(e) – Olefins Panel of the American Chemistry Council Letter. Ethylene (or Ethene) CAS RN 74-85-1. Ref Code: 8EHQ-07-16929. Daté du 22 août 2007.

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2009a. TSCA Section 8(e) – Olefins Panel of the American Chemistry Council Letter. TSCA Section 8(e) Number 8EHQ-0807- 16929A: Supplemental Information for Ethylene (or Ethene) CAS RN 74-85-1. Ref Code: 8EHQ-0709-16929C. Daté du 28 juillet 2009.

[USEPA] U.S. Environmental Protection Agency. 2009b. TSCA Section 8(e) – Olefins Panel of the American Chemistry Council Letter. TSCA Section 8(e) Number 8EHQ-0807- 16929A:

Supplemental Information for Ethylene (or Ethene) CAS RN 74-85-1. Ref Code: 8EHQ-0409-16929B. Daté du 20 avril 2009.

[USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2009c. Screening-level Hazard Characterization. Accès : http://www.epa.gov/hpvis/hazchar/74851_Ethylene_December2009.pdf

Van Valin, E., Luria, M. 1988. O₃, CO, hydrocarbons and dimethyl sulfide over the western Atlantic Ocean. *Atmos. Environ.* 22:2401-2409.

Vergenes, 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.

Victorin, K., Stålberg, M. 1988. A method for studying the mutagenicity of some gaseous compounds in *Salmonella typhimurium*. *Environ. Mol. Mutag.* 11:65-79.

Walker, V.E., Fennell, T.R., Boucheron, J.A., Fedtke, N., Ciroussel, F., Swenberg, J.A. 1990. Macromolecular adducts of ethylene oxide: a literature review and a time-course study on the formation of 7-(2 hydroxyethyl) guanine following exposures of rats by inhalation. *Mutat. Res.* 233:151-164.

Walker, V.E., Wu, K.Y., Upton, P.B., Ranasinghe, A., Scheller, N., Cho, M.H., Vergnes, J.S., Skopek, T.R., Swenberg, J.A. 2000. Biomarkers of exposure and effect as indicators of potential carcinogenic risk arising from *in vivo* metabolism of ethylene to ethylene oxide. *Carcinogenesis* 21:1661-1669.

Wallace, L.A., Pellizzari, E.D., Hartwell, T.D. 1985. Personal exposures, indoor-outdoor relationships, and breath levels of toxic air pollutants measured for 335 persons in New Jersey. *Atmos. Environ.* 19:1651-1661.

Weichenthal, S., Kulka, R., Dubeau, A., Martin, C., Wang, D., Dales, R. 2011. Traffic-related air pollution and acute changes in heart rate variability and respiratory function in urban cyclists. *Environ. Health Perspect.* 119:1373-1378.

Woltering, E., Harkema, H. 1987. Effect of exposure time and temperature on response of carnation cut flowers to ethylene. *Acta Horticulturae* 216:255-259.

Zimmermann, H., Walzl, R. 2009. Ethylene. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. doi: 10.1002/14356007.a10_045.pub3.

Annexe A. Résumé de l'information portant sur les effets de l'éthylène sur la santé

Tableau A-1. Essais sur des animaux de laboratoire et *in vitro*

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet ¹ /Résultats
Essais sur des animaux de laboratoire et <i>in vitro</i>	
Toxicité aiguë	<p>CL₅₀ par inhalation (souris) = 1 093 000 mg/m³ (950 000 ppm) (OCDE, 1998).</p> <p>Plus faible CME0 par inhalation (rats) = 344 mg/m³ (300 ppm) d'après une inhibition de l'activité des enzymes (diverses monooxygénases et cytochromes P450) chez les rats mâles Fisher 344 exposés à l'éthylène par inhalation par voie nasale uniquement à 300, 600 et 1 000 ppm pendant une période allant jusqu'à 6 heures (Fennell <i>et al.</i>, 2004).</p> <p>Autres études : CME0 (rats) = 1 147 mg/m³ (1 000 ppm) d'après une inhibition de l'activité des cytochromes P450 2E1 dans le foie des rats exposés à l'éthylène par inhalation globale pendant 2 heures (Erbach <i>et al.</i>, 2007).</p> <p>DSENO (rats) = 10 000 ppm d'après l'absence d'augmentation de l'activité enzymatique sérique et l'absence de tissu nécrotique chez les rats Fisher exposés à l'éthylène pendant 5 heures (Guest <i>et al.</i>, 1981).</p> <p>L'éthylène est en général utilisé comme anesthésique depuis de nombreuses années. Les symptômes immédiats des effets des gaz asphyxiants se traduisent par une respiration rapide et une respiration de Kussmaul, une diminution de la vivacité d'esprit et une altération de la coordination musculaire. Le manque constant d'oxygène entraîne un jugement erroné, un apragmatisme, une fatigue rapide, une instabilité émotionnelle, des nausées, des vomissements, une prostration, de l'inconscience et, enfin, des convulsions, le coma ou la mort (Bibra, 1993).</p> <p>Aucune étude par voie orale et cutanée n'a été recensée.</p>

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet ¹ /Résultats
Toxicité à court terme	<p>Plus faible CMENO par inhalation (rats) = 11 472 mg/m³ d'après des lésions liées à l'exposition dans les portions distales et proximales des voies respiratoires nasales chez les rats mâles F344 exposés à des concentrations d'éthylène à 0 (air filtré) ou 10 000 ppm (soit l'équivalent de 11 472 mg/m³) par inhalation globale pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines (USEPA, 2009b).</p> <p>Autres études sur l'exposition par inhalation : CMEO (rats) = 46 mg/m³ d'après la formation d'hémoglobine et d'adduits de l'ADN observée chez les rats mâles F344 exposés à l'éthylène par inhalation globale à des concentrations de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm (soit l'équivalent de 0, 46, 1 147 ou 3 442 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines (Walker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>CMEO (souris) = 46 mg/m³ d'après la formation d'hémoglobine et d'adduits de l'ADN observée chez les souris mâles B6C3F1 exposés à l'éthylène par inhalation globale à des concentrations de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm (soit l'équivalent de 0, 46, 1 147 ou 3 442 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines (Walker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>CMEO (rats) = 3 442 mg/m³ d'après une augmentation importante ($p < 0,05$) du nombre des adduits 7-HEV observée chez les rats mâles F344 exposés à l'éthylène par inhalation globale à des concentrations de 0 (air pur), 40 ou 3 000 ppm (soit l'équivalent de 0, 46 ou 3 442 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période allant jusqu'à 20 jours (Rusyn <i>et al.</i>, 2005)</p> <p>Aucune étude par voie orale et cutanée n'a été recensée.</p>

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet ¹ /Résultats
Toxicité subchronique	<p>CMENO par inhalation (rats) = 11 472 mg/m³ d'après les lésions nasales observées chez les rats mâles Wistar et Fisher 344 (10 par groupe) exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation globale à des doses de 0 ou 10 000 ppm (soit l'équivalent de 0 ou 11 472 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de 13 semaines. Des lésions nasales ont été observées dans les deux souches de rats traités, mais les effets observés chez les rats Wistar étaient moindres que ceux observés chez les rats Fisher 344 (USEPA, 2009a).</p> <p>Autres études sur l'exposition par inhalation : Des rats albinos (15 par groupe par sexe) ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation à des doses de 0, 300, 1 000, 3 000 ou 10 000 ppm (soit l'équivalent de 0, 345, 1 150, 3 450 ou 11 500 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de 13 semaines. Aucune différence n'a été relevée entre les groupes témoins et les rats traités à l'égard du poids total, du changement de poids, de l'alimentation, de l'hématologie, de la chimie clinique, de la pathologie clinique ou de l'histopathologie. Comparativement aux groupes témoins, le poids du foie chez plusieurs groupes de rats exposés était considérablement moins élevé. Toutefois, aucune relation dose-réponse n'a été déterminée à l'égard de cette perte de poids et la cause était inconnue (CIIT, 1977, cité dans OCDE, 1998).</p> <p>Des rats mâles Fisher 344 (10 par groupe par sexe) ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation globale à des doses de 0, 300, 1 000, 3 000 ou 10 000 ppm (soit l'équivalent de 0, 345, 1 150, 3 450 ou 11 500 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de 13 semaines. Une hyperplasie et une hypertrophie multifocale très légères à modérées des cellules sécrétoires dans la muqueuse nasale, accompagnées de très légères accumulations multifocales d'éosinophiles ont été observées, et il semble que cela soit lié au traitement; cependant, aucune relation dose-réponse n'a été rapportée (USEPA, 2007).</p> <p>Aucune étude par voie orale et cutanée n'a été recensée.</p>
Toxicité chronique et cancérogénicité	<p>Cancérogénicité par inhalation chez les rats : Des rats Fisher 344, 120 par groupe par sexe, ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation globale, pendant six heures par jour et cinq jours par semaine, à des doses de 0, 300, 1 000 ou 3 000 ppm (soit l'équivalent de 0, 345, 1 150 ou 3 450 mg/m³) sur une période allant jusqu'à 24 mois. Une perte de</p>

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet ¹ /Résultats
	<p>poils, des dépôts secs et foncés sur les yeux et le nez et autour des yeux et du nez ainsi que des anomalies macroscopiques dans les yeux ont été observés; toutefois, aucune différence évidente n'a été détectée parmi les différents groupes de traitement. Le nombre d'animaux présentant des masses de tissus macroscopiques a augmenté de façon générale dans les groupes d'essai par rapport au groupe témoin, mais cette tendance n'était pas statistiquement significative. La mortalité spontanée (15,7 %) était à peu près égale pour tous les groupes traités. Le poids corporel final et les changements de poids total des mâles traités étaient plus élevés que ceux des groupes témoins, mais aucune tendance liée à la dose n'a été observée. Il n'y avait aucune différence statistiquement significative entre les groupes de traitement en ce qui concerne les paramètres liés à l'hématologie, à la chimie du sang ou les autres paramètres étudiés. Aucun changement macroscopique ou histopathologique dans les tissus attribuable aux effets des matières d'essai n'a été observé chez les rats traités (CIIT, 1979, Hamm <i>et al.</i>, 1984).</p> <p>Aucune étude par voie orale et cutanée n'a été recensée.</p>
Toxicité pour le développement et la reproduction	<p>CSEO = 5 750 mg/m³ (5 000 ppm). Des rats (10 par sexe par groupe) ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation au niveau de la tête uniquement, pendant six heures par jour, à des doses de 0 (air seulement), 200, 1 000 ou 5 000 ppm (correspondant à 0, 230, 1 150 ou 5 750 mg/m³). De l'éthylène a été administré aux animaux parents pendant deux semaines avant l'accouplement, pendant la période d'accouplement, jusqu'à la veille de l'autopsie pour les mâles (minimum de 28 jours) et jusqu'au 20^e jour de la gestation pour les femelles. Celles-ci ont pu prendre soin de leur progéniture jusqu'au 4^e jour après leur naissance, alors qu'elles, tout comme leur progéniture ont été sacrifiées. Aucun décès n'a été attribué à l'exposition. Aucun effet sur le gain de poids corporel, la fertilité ou la fécondité n'a été observé. Le traitement n'a pas eu d'effet néfaste sur la taille de la portée, la proportion des sexes, le poids moyen des ratons, leur croissance et la condition clinique. L'autopsie n'a révélé aucun effet macroscopique, soit une indication de toxicité en raison du traitement. Aucun effet toxique sur les testicules n'a en outre été observé (Aveyard <i>et al.</i>, 1996; cité dans OCDE, 1998).</p> <p>Aucune étude par voie orale et cutanée n'a été recensée.</p>
Génotoxicité et paramètres	<p>Mutagénicité Résultats négatifs : Des rats mâles Fisher 344, sept par groupe, ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation</p>

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet¹/Résultats
connexes <i>in vivo</i>	<p>globale à des doses de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm, pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines. Aucune augmentation de la fréquence du gène HGPRT dans les cellules T spléniques n'a été observée chez les souris exposées (Walker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>Résultats négatifs : Des souris mâles B6C3F1, sept par groupe, ont été exposées à des concentrations d'éthylène par inhalation globale à des doses de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm, pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines. Aucune augmentation de la fréquence du gène HGPRT dans les cellules T spléniques n'a été observée chez les souris exposées (Walker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>Micronoyaux</p> <p>Résultats négatifs : Des rats mâles Fisher 344 (10 par groupe) ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation à des doses de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm, pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de 4 semaines. Un groupe témoin positif a été traité avec de l'oxyde d'éthylène à une dose de 200 ppm et soumis à des conditions d'exposition identiques. De la moelle osseuse a été prélevée environ 24 heures après l'exposition finale. L'éthylène n'a pas entraîné d'augmentation de la fréquence des érythrocytes polychromatiques micronucléés, liée à une exposition statistiquement significative, dans la moelle osseuse des rats. Par contre, l'exposition à l'oxyde d'éthylène a provoqué une augmentation importante de cette même fréquence chez les rats (Vergnes et Pritts, 1994).</p> <p>Résultats négatifs : Des souris mâles B6C3F1 (10 par groupe) ont été exposées à des concentrations d'éthylène par inhalation à des doses de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm, pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines. Un groupe témoin positif a été traité avec de l'oxyde d'éthylène à une dose de 200 ppm et soumis à des conditions d'exposition identiques. De la moelle osseuse a été prélevée environ 24 heures après l'exposition finale. L'éthylène n'a pas entraîné d'augmentation de la fréquence des érythrocytes polychromatiques micronucléés, liée à une exposition statistiquement significative, dans la moelle osseuse des souris. Par contre, l'exposition à l'oxyde d'éthylène a provoqué une augmentation importante de cette même fréquence chez les souris (Vergnes et Pritts, 1994).</p>

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet ¹ /Résultats
	<p>Alkylation de l'ADN</p> <p>Résultats positifs : Des rats mâles Fisher 344, sept par groupe, ont été exposés à des concentrations d'éthylène par inhalation globale à des doses de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm, pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines. Une augmentation importante ($p < 0,05$) de la N7-(2-hydroxyéthyl)-guanine (N7-HEG) (principal adduit dans l'ADN de l'oxyde d'éthylène) a été observée dans l'ensemble les tissus examinés chez les rats (le foie, la rate, le cerveau et les poumons). La plus grande augmentation de N7-HEG a eu lieu au cours de la première semaine d'exposition et l'adduit s'est accumulé plus lentement pour atteindre un état d'équilibre entre la première et la quatrième semaines d'exposition, la plus grande augmentation de concentration s'étant produite dans le foie (Walker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>Résultats positifs : Des souris mâles B6C3F1, sept par groupe, ont été exposées à des concentrations d'éthylène par inhalation globale à des doses de 0, 40, 1 000 ou 3 000 ppm, pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période de quatre semaines. Une augmentation importante ($p < 0,05$) de la N7-(2-hydroxyéthyl)-guanine (N7-HEG) (principal adduit dans l'ADN de l'oxyde d'éthylène) a été observée dans l'ensemble les tissus examinés chez les souris (le foie, la rate, le cerveau et les poumons). La plus grande augmentation de N7-HEG a eu lieu au cours de la première semaine d'exposition et l'adduit s'est accumulé plus lentement pour atteindre un état d'équilibre entre la première et la quatrième semaines d'exposition, la plus grande augmentation de concentration s'étant produite dans le foie (Walker <i>et al.</i>, 2000).</p> <p>Résultats positifs : Des rats mâles F344, huit par groupe, ont été exposés par inhalation globale à des concentrations d'éthylène de 40 ou 3 000 ppm (soit l'équivalent de 46 ou 3 442 mg/m³), ou encore d'oxyde d'éthylène à des concentrations de 100 ppm (soit l'équivalent de 115 mg/m³), pendant six heures par jour, cinq jours par semaine, sur une période allant jusqu'à 20 jours. Une augmentation des adduits N7-HEG a été observée chez les rats exposés à l'éthylène, mais beaucoup plus faible que pour les rats exposés à l'oxyde d'éthylène (Rusyn <i>et al.</i>, 2005).</p>
Génotoxicité et	<p>Mutagénicité chez les bactéries</p> <p>Résultats négatifs dans la souche TA100 de la <i>Salmonella</i></p>

Paramètres	Doses ou concentrations minimales avec effet ¹ /Résultats
paramètres connexes : <i>in vitro</i>	<p><i>typhimurium</i> avec ou sans activation métabolique (Victorin et Stålborg, 1988).</p> <p>Résultats négatifs dans la souche de <i>Escherichia coli</i> (Landry et Fuerst, 1968, cités dans OCDE, 1998).</p> <p>Aberrations chromosomiques</p> <p>Résultats négatifs dans les cellules d'ovaire de hamster de Chine (CHO) avec ou sans activation métabolique (Riley, 1996, cité dans OCDE, 1998).</p>

Tableau B-2 : Études chez les humains

Paramètres	Résultats
Études épidémiologiques	<p>Plusieurs études sur les êtres humains ont été recensées.</p> <p>Une étude a été menée parmi les travailleurs d'une usine de traitement pétrochimique suédoise à l'aide des mesures des adduits à l'hémoglobine formés à partir de l'oxyde d'éthylène pour assurer la surveillance de l'exposition à l'éthylène. L'étude a été réalisée en deux volets, l'un en 1989 et l'autre en 1993. Huit travailleurs exposés à des niveaux élevés d'éthylène (4 mg/m^3) et trois travailleurs exposés à de faibles niveaux ($0,1$ à $0,3 \text{ mg/m}^3$) ont été comparés à neuf groupes témoins exposés à une concentration de $0,01 \text{ mg/m}^3$. Tous les travailleurs exposés présentaient des niveaux élevés d'adduits à l'hémoglobine, et la formation d'adduits était liée à la dose administrée. Les résultats ont indiqué que 1 % environ de l'éthylène inhalé était métabolisé en oxyde d'éthylène. Le second volet de l'étude, qui portait sur quatre travailleurs, a été conçu pour déterminer de manière plus précise les niveaux d'exposition, dont la moyenne s'est établie à $4,5 \text{ mg/m}^3$. Les résultats appuyaient ceux du premier volet, indiquant que 1 % environ de l'éthylène inhalé était métabolisé en oxyde d'éthylène et la fraction maximale à convertir était estimée à 4 % (Tornqvist, 1994, cité dans OCDE, 1998).</p> <p>Une étude de cas-témoins emboîtés a révélé qu'il n'y avait aucune augmentation de l'incidence des cancers du poumon chez les 31 travailleurs exposés à l'éthylène (à des niveaux non précisés) dans une usine de traitement pétrochimique des États-Unis (Bond <i>et al.</i>, 1986).</p> <p>Une étude de cas-témoins emboîtés a révélé qu'il n'y avait aucune augmentation de l'incidence des cancers du poumon chez les 31 travailleurs exposés à l'éthène (à des niveaux non</p>

	précisés) dans une usine de traitement pétrochimique des États-Unis (Bond <i>et al.</i> , 1986).
--	--

¹ CL₅₀, concentration létale médiane; DL₅₀, dose létale médiane; CMENO, concentration minimale avec effet nocif observé; DMENO, dose minimale avec effet nocif observé; CMEO, concentration minimale avec effet observé, DMEO, dose minimale avec effet observé.