

**Évaluation préalable
Approche pour le secteur pétrolier**

**Mazouts lourds
[Groupe 4]**

**Numéros dans le registre
du Chemical Abstracts Service**

64741-57-7

64741-62-4

64741-67-9

64741-81-7

64742-59-2

64742-90-1

68955-27-1

**Environnement et Changement Climatique
Canada
Santé Canada**

Avril 2016

Canada 

N° de cat. : En14-238/2015F-EPUB
ISBN 978-0-660-03475-1

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

On demande seulement :

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

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

Les ministres de l'Environnement et Changement Climatique et de la Santé ont procédé à une évaluation préalable des mazouts lourds suivants :

N° CAS ^a	Nom sur la LIS ^b
64741-57-7	Gazoles lourds (pétrole), distillation sous vide
64741-62-4	Huiles clarifiées (pétrole), craquage catalytique
64741-67-9	Résidus de fractionnement (pétrole), reformage catalytique
64741-81-7	Distillats lourds (pétrole), craquage thermique
64742-59-2	Gazoles sous vide (pétrole), hydrotraités
64742-90-1	Résidus (pétrole), vapocraquage
68955-27-1	Distillats sous vide (pétrole), résidus de pétrole

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

^b LIS : Liste intérieure des substances

Ces substances ont été identifiées comme d'intérêt prioritaire pour une évaluation, car elles satisfont aux critères de catégorisation du paragraphe 73 (1) de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement 1999 (LCPE) et/ou ont été considérées comme d'intérêt prioritaire en se basant sur d'autres inquiétudes ayant trait à la santé humaine. Ces substances ont été incluses dans l'approche pour le secteur pétrolier (ASP) parce qu'elles ont trait au secteur pétrolier et sont des mélanges complexes d'hydrocarbures.

Ces mazouts lourds font partie de la catégorie des substances de composition inconnue ou variable, produits de réactions complexes ou matières biologiques (UVCB). Les mazouts lourds sont composés d'hydrocarbures aromatiques et aliphatiques ainsi que de cycloalcanes dont la chaîne carbonée comporte généralement de 20 à 50 atomes de carbone. Les mazouts lourds du groupe 4 ont des chaînes carbonées comportant de 10 à 50 atomes de carbones et ont une gamme de températures d'ébullition typique allant de 160 à 600 °C. D'après les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la LCPE, ces substances sont soit utilisées sur place soit transportées des raffineries ou des usines de valorisation vers d'autres installations industrielles. Ce sont des produits intermédiaires de distillation ou des résidus provenant de la distillation en raffinerie ou d'unités de craquage, et peuvent servir de matière première pour des mélanges finaux de mazouts lourds. Elles ont été identifiées comme étant utilisées pour le traitement de la potasse et comme ajusteurs de viscosité pour des produits d'entretien de la chaussée à base d'émulsion de bitume. En se basant sur les résultats d'enquêtes menées en vertu de l'article 71 et sur d'autres sources de renseignements, ces mazouts lourds avaient été initialement identifiés comme ingrédients de produits de consommation proposés à la population générale. Cependant, une analyse plus approfondie a permis de déterminer que, au Canada, ces produits sont exclusivement utilisés à des fins industrielles ou commerciales.

Les mazouts lourds sont transportés en grands volumes par oléoduc, navire, train ou camion depuis les raffineries et les usines de valorisation vers d'autres installations industrielles. Une

comparaison a été faite entre les niveaux susceptibles d'avoir des effets nocifs sur les organismes et les niveaux d'exposition estimés pour les opérations de transport pour les années 2002 à 2012. Cette comparaison, combinée à la fréquence relativement faible de déversements dans l'eau et le sol prévue, laisse entendre que les risques d'effets nocifs pour les organismes aquatiques ou du sol posés par le transport de ces mazouts lourds sont faibles. Une analyse de l'utilisation des mazouts lourds dans le traitement de la potasse et les produits d'entretien de la chaussée a également établi que le risque d'effets nocifs pour les organismes du sol ou aquatiques est faible.

En tenant compte de tous les éléments de preuve disponibles présentés dans la présente évaluation préalable, le risque est faible pour ces substances d'être nocives pour les organismes ou de compromettre l'intégrité globale de l'environnement. Il est conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont pas aux critères des paragraphes 64*a*) ou *b*) de la LCPE, car ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir ou pouvant avoir un effet nocif immédiat ou à long terme sur l'environnement ou sur sa diversité biologique, ou constituant ou pouvant constituer un danger l'environnement essentiel à la vie.

La cancérogénicité constituait un effet critique pris en considération lors de la catégorisation initiale de ces mazouts lourds, en se fondant principalement sur des classifications établies par des organismes internationaux. Plusieurs études de badigeonnage de peau menées sur des animaux de laboratoire ont révélé la formation de tumeurs cutanées après l'application répétée de mazouts lourds sur la peau de ces animaux. De plus, les mazouts lourds se sont avérés génotoxiques lors d'épreuves *in vivo* et *in vitro*, et ont exhibé des effets sur la reproduction et le développement des animaux de laboratoire.

La population générale ne devrait pas être exposée aux mazouts lourds du groupe 4, aucun produit de grande consommation contenant de telles substances n'ayant pu être identifié.

En se basant sur les renseignements présentés dans la présente évaluation préalable, il est conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont pas aux critères du paragraphe 64 *c*) de la LCPE, car ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer ou pouvant constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaine.

Il est donc conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont à aucun des critères de l'article 64 de la LCPE.

Table des matières

1. Introduction	1
1.1 Groupes de substances pétrolières	2
2. Identité des substances	5
3. Propriétés physiques et chimiques	8
4. Sources	11
5. Utilisations	13
6. Rejets dans l'environnement	14
6.1 Estimation des rejets	15
7. Devenir dans l'environnement	19
8. Persistance et bioaccumulation	22
8.1 Persistance dans l'environnement.....	22
8.2 Potentiel de bioaccumulation.....	22
9. Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement	24
9.1 Évaluation des effets sur l'environnement	24
9.1.1 Milieu aquatique	24
9.1.2 Effets sur les espèces aviaires	24
9.1.3 Milieu terrestre.....	24
9.2 Évaluation de l'exposition dans l'environnement	25
9.2.1 Milieu aquatique	25
9.2.2 Milieu terrestre.....	27
9.2.3 Air	28
9.3 Caractérisation du risque écologique	28
9.4 Incertitudes dans l'évaluation des risques pour l'environnement.....	33
10. Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine	35
10.1 Évaluation de l'exposition	35
10.2 Évaluation des effets sur la santé.....	36
10.3 Caractérisation des risques pour la santé humaine.....	39
10.4 Incertitudes liées à l'évaluation des risques pour la santé humaine	39
11. Conclusion	40
Références	41
Annexes	49
Annexe A : Groupes de substances pétrolières.....	49
Annexe B : Tableaux des données sur les propriétés physiques et chimiques des mazouts lourds	50
Annexe C. Estimation des rejets.....	69
Annexe D. Potentiel de persistance ou de bioaccumulation élevé dans l'environnement des composants des mazouts lourds.....	72
Annexe E. Résumé des données concernant les effets sur la santé humaine	75

Tableaux

Tableau 2-1. Données analytiques disponibles pour deux mazouts lourds du groupe 4 et le mazout n° 6.....	6
Tableau 2-2. Données sur la composition des trois échantillons de mazout n° 6 (Fuhr, 2008)	7
Tableau 2-3. Contenu en HAP (en mg/kg) des deux mazouts lourds du groupe 4	8
Tableau 3-1. Propriétés physiques et chimiques générales des mazouts lourds du groupe 4	8
Tableau 3-2. Propriétés physiques et chimiques de cinq mazouts lourds du groupe 4...	9
Tableau 4-1. Quantités de mazouts lourds produites au Canada en 2006 (Environnement Canada 2009).....	11
Tableau 4-2. Quantités déclarées de mazouts lourds produites, utilisées et transportées au Canada en 2010 (Environnement Canada, 2011a)	11
Tableau 6-1. Quantités moyennes de mazouts lourds rejetées par déversement dans divers milieux (kg/déversement et L/déversement) d'après les données historiques sur le mazout C, 2002-2012, Environnement Canada (2013) ...	16
Tableau 9-1. Quotients de risque calculés pour le transport aquatique des mazouts lourds du groupe 4.....	29
Tableau 9-2. Volumes de déversement nécessaires pour créer des conditions dangereuses pour les organismes aquatiques et proportion des déversements de mazouts lourds déclarés au-dessus de ce volume seuil, basée sur les données sur les déversements de la base de données NEMISIS, 2002-2012 (Environnement Canada, 2013a).....	30

1. Introduction

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement 1999* [LCPE] (Canada, 1999) requiert que les ministres de l'Environnement et Changement Climatique et de la Santé procèdent à des évaluations préalables des substances satisfaisant aux critères de la catégorisation stipulés dans la *Loi* afin de déterminer si elles présentent ou sont susceptibles de présenter un risque pour l'environnement ou la santé humaine.

En se basant sur les renseignements recueillis lors du processus de catégorisation, les ministres ont identifié un certain nombre de substances comme d'intérêt hautement prioritaire pour la prise de mesures. Ces substances comprennent :

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

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

Les évaluations préalables mettent l'accent sur les renseignements critiques pour déterminer si une substance satisfait aux critères de l'article 64 de la LCPE. Pour les évaluations préalables, on étudie les renseignements scientifiques et on en tire des conclusions fondées sur une approche basée sur le poids de la preuve et le principe de précaution¹.

¹ La détermination de la conformité à l'un ou à plusieurs des critères de l'article 64 est basée sur une évaluation des risques potentiels pour l'environnement ou la santé humaine associés aux expositions dans l'environnement en général. Pour les humains, cela inclut, sans toutefois s'y limiter, les expositions à l'air ambiant et intérieur, à l'eau potable, aux produits alimentaires et aux produits de consommation. Une conclusion établie en vertu de la LCPE 1999 portant sur les substances du PGPC n'est pas pertinente, ni n'empêche une évaluation en fonction des critères de risque du Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) précisés dans le *Règlement sur les produits contrôlés*. De la même manière, une conclusion basée sur des critères de l'article 64 de la LCPE 1999 n'empêche pas la prise de mesures en vertu d'autres articles de la LCPE ou d'autres lois.

1.1 Groupes de substances pétrolières

Les substances pétrolières d'intérêt hautement prioritaire sont divisées en neuf groupes en fonction des similitudes qui existent quant à leur production, leur toxicité et leurs propriétés physicochimiques (tableau A-1 de l'annexe A). Afin de réaliser les évaluations préalables, chaque substance pétrolière d'intérêt hautement prioritaire a été placée dans une de cinq catégories (ou « groupes »), selon sa production et ses utilisations au Canada :

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

Groupe 1 : substances restreintes aux installations, soit des substances qui ne sont pas censées être transportées à l'extérieur des raffineries, des usines de valorisation ou des usines de traitement du gaz naturel².

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

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

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

Une analyse des données disponibles a permis de déterminer que 67 substances pétrolières d'intérêt hautement prioritaire peuvent être présentes dans des produits offerts aux consommateurs et être classées dans le groupe 4 susmentionné. De plus, ces 67 substances ont été regroupées dans des sous-groupes en fonction de leurs propriétés physiques et chimiques et de leurs utilisations potentielles : extraits aromatiques, gazoles, mazouts lourds, naphtes à bas point d'ébullition, condensats de gaz naturel, solvants, gaz de pétrole et de raffinerie (gaz de pétrole liquéfiés), huiles de base, pétrolatum et cires, et bitume.

La présente évaluation préalable porte sur les sept mazouts lourds ayant les numéros de registre du Chemical Abstracts Service (CAS) 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1. Ces substances ont été identifiées comme prioritaires pour une évaluation, car elles satisfont aux critères de catégorisation du paragraphe 73 (1) de la LCPE et/ou ont été jugées prioritaires en raison d'inquiétudes ayant trait à la santé humaine. Ces substances ont été incluses dans l'approche pour le secteur pétrolier (ASP) parce qu'elles sont liées au secteur pétrolier

² Aux fins de l'évaluation préalable des substances inscrites dans l'approche pour le secteur pétrolier (ASP), un site est défini comme le périmètre de la propriété où une installation est située. Dans de tels cas, les installations sont des raffineries de pétrole, des usines de valorisation ou des usines de traitement du gaz naturel.

et qu'il s'agit de mélanges complexes d'hydrocarbures. Selon les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la LCPE [Environnement Canada 2008, 2009, 2011a] et les résultats d'une recherche bibliographique approfondie et dans les fiches signalétiques (FS), ces substances peuvent être utilisées sur place, incorporées dans des mélanges portant un n^o CAS différent lorsqu'ils quittent le site, transportées vers d'autres installations du secteur pétrolier aux fins d'utilisation comme matières de base, diluants ou solvants, ou utilisées en aval dans des produits d'entretien de la chaussée ou pour le traitement de la potasse. Ces renseignements indiquent également que les mazouts lourds peuvent être utilisés en tant qu'ingrédients dans des produits de consommation accessibles à la population générale. Cependant, d'autres études ont révélé que ces produits sont réservés exclusivement à une utilisation industrielle ou commerciale.

La présente évaluation préalable tient compte des renseignements sur les propriétés chimiques, les effets sur la santé, les utilisations des substances et l'exposition à celles-ci, y compris les renseignements soumis en vertu de l'article 71 de la LCPE. Les données pertinentes pour l'évaluation préalable de ces substances sont tirées de publications originales, des rapports de synthèse et d'évaluation, de rapports de recherche de parties intéressées, de soumissions et de correspondances, ainsi que recherches bibliographiques récentes, jusqu'en octobre 2013 pour ce qui a trait aux sections du présent document sur l'exposition humaine et les effets sur la santé ou l'environnement et jusqu'en janvier 2014 pour ce qui a trait à la section sur l'exposition de l'environnement. Les études clés ont fait l'objet d'une évaluation critique, et des résultats de modélisation ont été utilisés pour formuler des conclusions informées.

La caractérisation des risques pour l'environnement tient compte des données pertinentes sur le comportement dans l'environnement, la persistance, la bioaccumulation et la toxicité, combinées à une estimation de l'exposition des organismes non humains pouvant être affectés par les principales sources de rejet dans l'environnement. Afin de prédire le comportement global dans l'environnement et les propriétés de substances complexes comme les mazouts lourds, des structures représentatives ont été choisies pour chaque classe chimique présente dans ces substances. Les conclusions ayant trait aux risques pour l'environnement sont basées en partie sur une estimation des concentrations dans l'environnement attribuables aux rejets ainsi qu'au potentiel d'effets nocifs de ces concentrations sur des organismes non humains. De plus, d'autres éléments de preuve, dont le devenir, la présence temporelle et spatiale dans l'environnement, et les propriétés dangereuses des substances sont prises en compte. Dans la partie écologique de la présente évaluation préalable, nous résumons les données les plus pertinentes sur le comportement dans l'environnement et les effets environnementaux. Cette partie ne constitue pas un examen exhaustif ou critique de toutes les données disponibles. Des modèles environnementaux et des comparaisons avec des substances pétrolières semblables ont été utilisés pour la présente évaluation.

La caractérisation des risques pour la santé humaine comprend la prise en compte des données pertinentes sur l'évaluation de l'exposition de la population générale et des

renseignements sur les effets sur la santé (basés principalement sur des évaluations s'appuyant sur le poids de la preuve effectuées par d'autres organismes, qui avaient été utilisées pour déterminer le caractère prioritaire des substances). Les effets sur la santé des mazouts lourds du groupe 4 ont été évalués grâce au regroupement de données toxicologiques sur les sept mazouts lourds, compte tenu du manque de données spécifiques à chacune des substances étudiées dans la présente évaluation. Les décisions portant sur les risques posés à la santé humaine reposent sur la nature de l'effet critique et/ou sur les marges 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 dans le contexte d'une évaluation préalable. La présente évaluation préalable ne constitue pas un examen exhaustif ou critique de toutes les données disponibles. Elle représente plutôt un résumé des renseignements pertinents et critiques sur lesquels la conclusion est basée.

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 et elle intègre des intrants d'autres programmes exécutés par ces ministères. Les parties de la présente évaluation traitant de la santé humaine n'ont pas fait l'objet d'une évaluation/consultation externe par des pairs compte tenu de la similarité du contenu avec les évaluations précédentes des mazouts lourds. Les évaluations précédentes des mazouts lourds des groupes 1 et 2 (substances restreintes au site ou à l'industrie) et du groupe 3 (mazout n° 4, mazout n° 6 et mazout résiduel) ont fait l'objet d'un examen externe par des pairs et de consultations (Environnement Canada, Santé Canada 2011, 2013, 2014). Santé Canada et Environnement et Changement Climatique Canada assument la responsabilité du contenu final et des résultats de la présente évaluation préalable.

Les renseignements et considérations critiques sur lesquels est basée la présente évaluation préalable sont résumés ci-après.

2. Identité des substances

Les mazouts lourds sont des combinaisons complexes d'hydrocarbures, qui sont des produits intermédiaires de distillation ou des résidus provenant de la distillation en raffinerie ou d'unités de craquage. Ils peuvent servir de matières de base pour des produits pétroliers lourds finals dont le nombre typique d'atomes de carbone se situe entre 20 et 50 (CONCAWE, 1998). Les mazouts lourds faisant l'objet de la présente évaluation sont des combinaisons complexes d'hydrocarbures composées d'hydrocarbures aromatiques, d'hydrocarbures aliphatiques et de cycloalcanes, dont le nombre d'atomes de carbone se situe entre 10 et 50 et le point d'ébullition entre 160 et 600 °C (tableau B.2 de l'annexe B; CONCAWE, 1998; API, 2004). Le rapport entre les hydrocarbures aliphatiques et les hydrocarbures aromatiques est important pour évaluer le comportement et la toxicité dans l'environnement. Ce rapport n'a été trouvé que pour trois des sept substances évaluées. La substance portant le n° CAS 64741-62-4 contient environ 58 % de composés aromatiques et 42 % de composés non aromatiques, celle portant le n° CAS 64741-57-7 contient environ 60% de composés aromatiques et 40 % de composés non aromatiques et celle portant le n° CAS 64741-81-7 contient environ 50 % de composés aromatiques et 50 % de composés non aromatiques (API, 2004).

Les substances portant les n^{os} CAS 64741-57-7 et 68955-27-1 sont des combinaisons complexes d'hydrocarbures produites par distillation sous vide des résidus de distillation atmosphérique du pétrole brut. Ces dernières contiennent de 20 à 50 atomes de carbone et un point d'ébullition entre 350 et 600 °C.

La substance portant le n° CAS 64741-62-4 est une combinaison complexe d'hydrocarbures produite sous forme de fraction résiduelle de la distillation de produits provenant d'un procédé de craquage catalytique. Elle comporte typiquement plus de 20 atomes de carbone et son point d'ébullition est supérieur à 350 °C.

La substance portant le n° CAS 64741-67-9 est une combinaison complexe d'hydrocarbures produite sous forme de fraction résiduelle de la distillation de produits provenant d'un procédé de reformage catalytique. Elle est composée principalement d'hydrocarbures aromatiques avec 10 à 25 atomes de carbone et un point d'ébullition compris entre 160 et 400 °C.

La substance portant le n° CAS 64741-81-7 est une combinaison complexe d'hydrocarbures provenant de la distillation de produits provenant d'un procédé de craquage thermique. Elle est composée principalement d'hydrocarbures insaturés comportant principalement de 15 à 36 atomes de carbone et ayant un point d'ébullition compris entre 260 et 480 °C.

La substance portant le n° CAS 64742-59-2 est une combinaison complexe d'hydrocarbures obtenue par traitement d'une fraction d'hydrocarbures pétroliers avec de l'hydrogène en présence d'un catalyseur. Elle se compose d'hydrocarbures

dont le nombre d'atomes de carbone se situe principalement dans la gamme de 13 à 50 et dont le point d'ébullition est compris approximativement entre 230 et 600 °C.

La substance portant le n° CAS 64742-90-1 est une combinaison complexe d'hydrocarbures produits sous forme de fraction résiduelle de la distillation de produits provenant d'un procédé de vapocraquage (y compris le vapocraquage pour produire de l'éthylène). Elle est composée principalement d'hydrocarbures insaturés ayant principalement un nombre d'atomes de carbone supérieur à 14 et dont le point d'ébullition est compris entre 230 et 600 °C.

Ces substances de composition inconnue ou variable, produits de réactions complexes ou matières biologiques (UVCB) sont des combinaisons complexes de molécules d'hydrocarbure d'origine naturelle ou résultant de réactions chimiques et de processus qui ont lieu pendant le procédé de valorisation et de raffinage. Étant donné leurs compositions complexes et variables, dans la pratique, elles ne pourraient pas se former par la simple combinaison de composants individuels.

Pour accroître la confiance dans les ensembles de données disponibles sur ces mazouts lourds, nous avons suivi une approche de lecture croisée concernant le mazout n° 6. Le mazout n° 6 (ou combustible de soude C) est un type particulier de mazout résiduel, un mélange complexe de composants de une masse moléculaire élevée, avec une gamme typique de points d'ébullition allant de 160 à 723 °C et une gamme d'atomes de carbone allant de 20 à 50 (API, 2004). Le mazout n° 6 comprend des hydrocarbures aliphatiques, des hydrocarbures aromatiques et des cycloalcanes. Il contient également quelques asphaltènes et de plus petites quantités de composés hétérocycliques, soufrés, azotés ou oxygénés (CONCAWE, 1998). Une comparaison des données analytiques disponibles pour deux des mazouts lourds évalués et le mazout n° 6 est présentée dans le tableau 2-1. Nous n'avons trouvé que des données limitées pour les autres substances faisant l'objet de la présente évaluation.

Tableau 2-1. Données analytiques disponibles pour deux mazouts lourds du groupe 4 et le mazout n° 6 (API, 2004)

Paramètre	Distillat sous vide ^a	Résiduel de craquage ^a	Mazout n° 6
N° CAS	64741-57-7	64741-62-4	68553-00-4
Gamme du nombre d'atomes de carbone	C ₂₀ - C ₅₀	> C ₂₀	C ₂₀ -C ₅₀
Densité	0,93	1,07	0,98
Gammes des points d'ébullition (°C)	350-600	Plus de 350	160-723
Indice de réfraction	1,515	Trop foncé	ND ^d
Composés non aromatiques (% en poids)	40,03	41,7	55
Composés aromatiques (% en poids)	59,97	58,3	44

^a API, 2004

^b Environnement Canada, 2010

^c Fuhr, 2008

^d ND – non déterminé

Les compositions du mazout n° 6 et des mazouts lourds évalués sont similaires, ce qui appuie l'utilisation de l'approche de lecture croisée pour le mazout n° 6 en l'absence d'autres renseignements sur la composition des mazouts lourds du groupe 4.

Cependant, le mazout n° 6 contient moins de composés aromatiques que, au moins, les substances portant les n°s CAS 64741-62-4, 64741-57-7 et 64741-81-7. Le mazout n° 6 devrait également contenir une proportion plus faible de composants à faible point d'ébullition que les substances portant les n°s CAS 64741-67-9 et 64741-81-7. Ces différences peuvent être liées aux différents pétroles bruts d'où ces substances sont tirées, à la variabilité dans les groupes auxquels elles appartiennent (API, 2011) et aux différentes gammes des points d'ébullition. Dans le tableau 2-2, nous présentons une caractérisation générale des hydrocarbures d'un échantillon de mazout n° 6 canadien.

Tableau 2-2. Données sur la composition des trois échantillons de mazout n° 6 (Fuhr, 2008)

Type d'hydrocarbures	Gamme (% en poids)	Moyenne (% en poids)
Composés saturés	13 - 24	19,1
Alcanes	3 - 8	4,9
Cycloalcanes	6 - 9	7,4
Composés aromatiques	35-50	43,4
Substances aromatiques à un cycle	4 - 9	5,8
Substances aromatiques à deux cycles	3 - 9	7,0
Substances aromatiques à trois cycles	1 - 5	3,1
Substances aromatiques à quatre cycles	2 - 3	2,4
Substances aromatiques à cinq cycles	0,2 - 0,4	0,3
Substances aromatiques non identifiées	0,4 - 0,7	< 0,5
Substances aromatiques sulfurées	1 - 2	1,3
Oléfines	0-0,2	0,1
Composés polaires	22-29	25,2
Asphaltènes	4-19	12,2
Total	100	100

Tel que prévu, les hydrocarbures aromatiques étaient prédominants dans les échantillons de mazout n° 6. Les échantillons avaient aussi une composition

asymétrique avec plus des hydrocarbures les plus lourds, 64 à 68 % du poids étant représentés par des composés ayant un point d'ébullition supérieur à 500 °C et de 2 à 4 % par des composés ayant un point d'ébullition inférieur à 200 °C. Ces résultats sont semblables à ceux d'une analyse des composants du mazout n° 6 réalisée par l'ATSDR (1999).

Une analyse des expositions cutanées à divers mazouts lourds en milieu professionnel a indiqué la présence de divers hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans deux des mazouts lourds du groupe 4 examinés pour la présente évaluation (Christopher, 2011). Les compositions en HAP des substances portant les n^{os} CAS 64742-90-1 et 68955-27-1 sont présentées dans le tableau 2-3.

Tableau 2-3. Contenu en HAP (en mg/kg) des deux mazouts lourds du groupe 4 (Christopher, 2011)

Composés d'HAP	64742-90-1	68955-27-1
Naphtalène	$5,2 \times 10^4$	Moins de 2
Acénaphthalène	$3,3 \times 10^3$	Moins de 2
Acénaphène	44	Moins de 2
Fluorène	$4,2 \times 10^4$	Moins de 2
Phénanthrène	$5,3 \times 10^2$	Moins de 2
Anthracène	$9,8 \times 10^2$	Moins de 2
Fluoranthène	$4,3 \times 10^2$	Moins de 2
Pyrène	$7,7 \times 10^2$	Moins de 2
Benz[a]anthracène	$2,0 \times 10^2$	Moins de 2
Chrysène	$2,0 \times 10^2$	Moins de 2
Benzo[b]fluoranthène	27	Moins de 2
Benzo[k]fluoranthène	Moins de 2	Moins de 2
Benzo[a]pyrène	39	Moins de 2

3. Propriétés physiques et chimiques

La composition et les propriétés physiques et chimiques des mazouts lourds diffèrent selon les sources de pétrole brut ou de bitume et les étapes de traitement, comme la distillation atmosphérique, le craquage, la distillation sous vide et le reformage. Dans les tableaux 3-1 et 3-2, nous présentons un résumé des données expérimentales sur les propriétés physiques et chimiques des mazouts lourds du groupe 4.

Tableau 3-1. Propriétés physiques et chimiques générales des mazouts lourds du groupe 4

Propriété	Valeur	Température (°C)	Référence
Point d'écoulement (°C)	Moins de 30	-	API, 2004
Point d'ébullition (°C)	121-600	-	API, 2004

Propriété	Valeur	Température (°C)	Référence
Masse volumique (kg/m ³)	900-1100	20	API, 2004; MSDS, 2007
Pression de vapeur (Pa)	282,6-3 519,6	21	Rhodes et Risher, 1995
Log K _{co} (sans dimension)	3,0-6,7	-	Rhodes et Risher, 1995
Log K _{oe} (sans dimension)	2,7-6,0	20	API, 2004
Solubilité dans l'eau (mg/L)	Moins de 100	20	API, 2004

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

Tableau 3-2. Propriétés physiques et chimiques de cinq mazouts lourds du groupe 4^a

N° CAS	Point d'ébullition (°C)	Point d'éclair (°C)	Masse volumique à 15 °C (g/cm ³)	Pression de vapeur (kPa)	Température d'auto-inflammation (°C)	Viscosité (mm ² /s)
64741-57-7	350-600 ^b	165-171	0,877-0,933	0,100	250	35 (40 °C) 15-38 (50 °C)
64741-62-4	plus de 350 ^b	-	1,092	-	-	6,8
64741-81-7	260-480 _b	64	0,868-0,952	0,024 (120°C) 0,063 (150°C)	378	21-57 (50 °C)
64742-59-2	244-570	100-175	0,853-0,907	-	-	6,5-7,0 14,5 (50 °C)
68955-27-1	262 (350-600) ^c	150	0,981-1,028	-	350	111 270 (40 °C)

^a CONCAWE, 2010

^b CONCAWE, 1998

^c La gamme de 350 à 600°C repose sur sa similarité avec la substance portant le n° CAS 64741-57-7 (API, 2004).

Afin de prédire le comportement et le devenir dans l'environnement de substances pétrolières complexes, comme ces mazouts lourds, des structures représentatives ont été sélectionnées à partir de chaque classe chimique présente dans ces substances. À partir d'une base de données du système PetroTox (2009), quarante-sept structures ont été choisies en fonction des gammes de températures d'ébullition de chaque mazout lourd (voir le tableau B.3 à l'annexe B), la nombre de données sur chaque structure et le centre de la gamme de températures d'ébullition de structures similaires. Étant donné que la composition de la plupart des mazouts lourds n'est pas bien établie et qu'elle est

variable, les structures représentatives ne pouvaient pas être retenues en se basant sur les proportions dans le mélange. Cela a abouti au choix de structures représentatives pour les alcanes, les isoalcanes, les cycloalcanes monocycliques et bicycliques, les polycycloalcanes, les cycloalcanes monoaromatiques et diaromatiques et des substances aromatiques à un, deux, trois, quatre, cinq et six cycles comportant de 10 à 50 atomes de carbone (voir le tableau B.3 à l'annexe B). Des données sur les propriétés physiques et chimiques de chaque structure représentative ont été rassemblées suite à une recherche bibliographique et à partir du groupe de modèles environnementaux inclus dans l'Estimation Programs Interface Suite (EPI Suite, 2008) de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (USEPA) (tableau B.3 de l'annexe B).

Il serait bon de noter que le comportement physique et chimique des structures représentatives variera si ces substances sont présentes dans un mélange, comme les mazouts lourds. Les pressions de vapeur des composants d'un mélange seront inférieures à leurs pressions de vapeur individuelles (loi de Raoult indiquant que la pression de vapeur totale d'un mélange idéal est proportionnelle à la somme des pressions de vapeur des fractions molaires de chaque composant individuel). Tout comme pour la loi de Raoult, la solubilité dans l'eau des composants d'un mélange est inférieure aux valeurs individuelles (Banerjee, 1984). Parallèlement, les composants qui sont normalement solides dans des conditions environnementales peuvent néanmoins avoir des points de fusion inférieurs (et par conséquent, se trouver à l'état liquide) ainsi qu'une pression de vapeur et une solubilité dans l'eau accrues (Banerjee, 1984) lorsqu'ils font partie d'un mélange.

Les pressions de vapeur théoriques des composants formant les mazouts lourds sont faibles en raison de leurs poids moléculaires élevés. Toutefois, les pressions de vapeur réelles des mélanges de mazouts lourds dépendent de leur composition. Les valeurs de solubilité dans l'eau sont faibles pour tous les mazouts lourds, et les estimations du coefficient de partage octanol-eau varient de manière considérable.

4. Sources

En plus d'être importés au Canada, ces mazouts lourds sont produits dans des raffineries et des usines de valorisation au Canada (tableaux 4-1 et 4-2). Les renseignements collectés en vertu de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée* (Environnement Canada, 2008), de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée pouvant être limitées à l'industrie* (Environnement Canada, 2009) et de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée apparaissant sur la Liste intérieure des substances (LIS)* (Environnement Canada, 2011a), publiés en vertu de l'article 71 de la LCPE, indiquent que ces substances sont des intermédiaires utilisés dans une installation ou sont transportées hors du site soit par camion, oléoduc, bateau ou train aux fins d'utilisation comme matière première dans d'autres installations industrielles, soit à des fins d'élimination.

Tableau 4-1. Quantités de mazouts lourds produites au Canada en 2006 (Environnement Canada, 2009)

N° CAS	Quantité produite
64741-57-7	Plus de 10 000 000 kg
64741-62-4	Plus de 10 000 000 kg
64741-67-9	De 10 000 à 1 000 000 kg
64741-81-7	Plus de 10 000 000 kg
64742-59-2	Plus de 10 000 000 kg
64742-90-1	1 000 000 à 10 000 000 kg
68955-27-1	Plus de 10 000 000 kg

Tableau 4-2. Quantités déclarées de mazouts lourds produites, utilisées et transportées au Canada en 2010 (Environnement Canada, 2011a)

N° CAS	Quantité produite, utilisée et transportée
64741-57-7	Plus de 10 000 000 kg
64741-62-4	Plus de 10 000 000 kg
64741-67-9	1000 à 10 000 kg
64741-81-7	1 000 000 à 10 000 000 kg
64742-59-2	Plus de 10 000 000 kg
64742-90-1	Aucune donnée déclarée
68955-27-1	Plus de 10 000 000 kg

À l'étranger, tous ces mazouts lourds ont été identifiés par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) comme substances chimiques produites en grand volume, avec une production annuelle de 1 000 tonnes ou plus (OCDE, 2004). De plus, l'Environmental Protection Agency des États-Unis a également identifié ces mazouts lourds comme des substances produites en grand volume (API, 2004, 2011). Aux États-Unis, ces substances chimiques sont produites ou importées en quantités supérieures ou égales à 1 million de livres par an (API; 2004).

Dans l'Union européenne (UE), cinq de ces mazouts lourds ont été identifiés comme substances produites en grand volume (substances produites ou importées en volumes supérieurs ou égaux à 1 000 tonnes par an) (ECHA, 2013). Cependant, la substance portant le n° CAS 64741-67-9 (résidus de fractionnement [pétrole] par reformage catalytique) a été identifiée comme substance chimique produite en petit volume (produite ou importée en volume compris entre 10 et 1 000 tonnes par an) (ECHA, 2013). La substance portant le n° CAS 64742-59-2 (Gazoles (pétrole) hydrotraité sous vide) ne figure pas sur les listes de substances chimiques produites en grand ou en petit volume de l'Union européenne.

5. Utilisations

D'après les renseignements collectés en vertu de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée* (Environnement Canada, 2008) et de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée pouvant être limitées à l'industrie* (Environnement Canada, 2009), ces mazouts lourds ont été identifiés initialement comme ingrédients de produits de consommation destinés à être utilisés par la population générale. Cependant, les derniers renseignements collectés en vertu de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée de la Liste intérieure des substances* (Environnement Canada, 2011a) ont montré que ces produits étaient destinés exclusivement à une utilisation industrielle ou commerciale. Les utilisations industrielles ou commerciales comprennent leur utilisation comme huile de flottaison pour la production de potasse, comme régulateur de viscosité (c.-à-d. diluants et solvants) dans des applications diverses et comme composant dans les produits d'entretien de la chaussée. D'autres utilisations industrielles ont été identifiées comme étant de nature commerciale confidentielle.

Un rapport de contrat de Santé Canada, reposant sur une recherche de la présence de ces mazouts lourds dans les fiches signalétiques de produits de consommation, a également indiqué que ces substances étaient présentes dans des produits de consommation (Cheminfo, 2011). La présence de ces mazouts lourds a été identifiée dans trois types de produits : peintures et revêtements, produits d'étanchéité et adhésifs et encre d'imprimante. Cependant, les derniers renseignements transmis par l'industrie ont montré que ces produits n'étaient plus fabriqués, avaient été reformulés, n'étaient plus disponibles au Canada et/ou étaient limités à une utilisation commerciale ou industrielle. Par conséquent, ces mazouts lourds ne devraient pas être présents dans les rejets dans l'environnement ni contribuer à une exposition de la population générale.

Les renseignements sur les sept substances soumis en vertu de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée sur la Liste intérieure des substances* (Environnement Canada, 2011a) indiquent des modèles d'utilisation conformes aux évaluations précédentes des mazouts lourds, y compris leur utilisation dans les combustibles industriels. Les autres utilisations identifiées comprennent un agent de séparation des solides pour la production de muriate de potasse et les produits d'entretien de la chaussée. Les utilisations restreintes aux installations et à l'industrie, les scénarios et les potentiels d'exposition ont été pris en compte pour les évaluations des mazouts lourds des groupes 1 et 2 (Environnement Canada, Santé Canada, 2011, 2013a) et sont applicables aux substances faisant l'objet de la présente évaluation. En outre, des scénarios d'exposition ont été élaborés pour les applications commerciales de la potasse et des produits d'entretien de la chaussée contenant des mazouts lourds du groupe 4.

Au Canada, on n'a enregistré aucune utilisation des ces mazouts lourds dans des pesticides (ARLA, 2010; communication personnelle).

Il a été reconnu que les mazouts lourds sont utilisés dans les liquides de fracturation hydraulique. La substance portant le n° CAS 64741-67-9 est un des constituants de liquides de fracturation hydraulique utilisés au Canada (FracFocus, 2013) et aux États-Unis (Chambre des représentants des États-Unis, 2011) pour le développement et l'exploitation des réserves de gaz naturel dans les formations de schiste et dans d'autres formations de pétrole et de gaz non classiques.

6. Rejets dans l'environnement

Ces mazouts lourds peuvent être rejetés dans l'environnement suite à des activités associées à la production, au transport et au stockage, ainsi que lors d'une utilisation commerciale ou industrielle.

Les émissions fugitives de ces mazouts lourds devraient suivre le même modèle que celui observé pour les mazouts lourds restreint aux industries (Environnement Canada, Santé Canada, 2013a). Des détails sur des rejets potentiels de mazouts lourds dans des installations à partir d'activités liées au traitement de ces substances sont présentés dans l'évaluation précédente.

Ces mazouts lourds pourraient potentiellement être rejetés dans l'environnement, suite à l'application de potasse sur des terres ou à l'utilisation de produits d'entretien de la chaussée en contenant. Les mazouts lourds peuvent être utilisés pour la production de potasse comme huile de flottaison, et des traces de ces composés peuvent demeurer dans la potasse avant son application sur des terres agricoles comme engrais commercial. Ces substances sont également utilisées pour ajuster la viscosité du liant d'asphalte dans des produits d'entretien de la chaussée à base d'émulsion de bitume utilisés en tant que couches anti-poussière ou dans des enrobés coulés à froid et pour le rebouchage de nids de poule (communication personnelle, communication par courriel, 12 décembre 2013, entre Pounder Emulsions, Division of Husky Oil Limited, et la Division des évaluations écologiques, Environnement Canada). Il se peut que ces mazouts lourds soient lessivés hors des routes traitées avec ces produits et finissent par se retrouver dans le sol à proximité de la route ou dans les eaux de surface le long de la route.

Ces mazouts lourds sont transportés entre les installations par oléoduc, bateau, train ou camion. En général, ce transport comprend trois procédures : le chargement, le transport et le déchargement.

La manipulation des mazouts lourds dans des installations pétrolières en vue de leur transport est réglementée à la fois à l'échelle fédérale et à l'échelle provinciale par mesures couvrant le chargement et le déchargement (SENES, 2009). Collectivement, ces mesures stipulent des exigences en matière de manipulation sécuritaire des substances pétrolières et sont destinées à réduire au minimum ou à prévenir les rejets potentiels pendant le chargement, le transport et le déchargement (SENES, 2009).

Les rejets liés au lavage ou au nettoyage des récipients de transport ne sont pas pris en considération dans la présente évaluation préalable, les réservoirs ou les contenants utilisés pour le transfert de substances pétrolières étant typiquement réservés à cette fin et leur lavage ou nettoyage n'est pas requis de manière régulière (USEPA, 2008b). Le nettoyage des installations entraînent un traitement d'eaux grises, qui doit satisfaire aux normes locales et provinciales sur les rejets.

6.1 Estimation des rejets

Les rejets involontaires de ces substances vont généralement se produire dans l'air, l'eau ou le sol selon le mode de transport utilisé (navire, train, pipeline ou camion). Les déversements ou les fuites involontaires pendant la manipulation et le transport ont été pris en compte pour la présente évaluation préalable des effets nocifs potentiels sur l'environnement. En raison de la volatilité relativement faible de ces mazouts lourds, attribuable à leurs propriétés physiques et chimiques, on s'attend à une faible quantité d'émissions par évaporation liées à des déversements involontaires, comparativement aux quantités rejetées dans l'eau ou le sol.

Les rejets potentiels liés au transport de ces mazouts lourds ont été estimés au moyen d'une analyse des données historiques sur les déversements (de 2002 à 2012), tirées de la base de données du Système national de renseignements sur l'application de la loi reliée à l'environnement (NEMISIS) d'Environnement et Changement Climatique Canada (Environnement Canada, 2013a). Elle fournit des données nationales sur les rejets de substances concernant ou touchant un ministère ou un organisme fédéral, une installation gouvernementale fédérale ou des terres autochtones; rejets qui enfreignent la LCPE ou la *Loi sur les pêches*; rejets qui affectent les poissons, les oiseaux migratoires ou les espèces à risque, ou qui ont un impact sur les frontières interprovinciales ou internationales; tout rejet provenant des navires. D'autres déversements peuvent être déclarés dans le NEMISIS, mais aucune loi ne le requiert. De plus, les données sur les déversements fournies au NEMISIS peuvent varier en fonction des exigences de déclaration de chaque province, comme les seuils de déclaration des quantités déversées.

Étant donné qu'il n'existe aucune catégorie de déversement pour les mazouts lourds en général, nous avons utilisé les déversements rapportés pour le mazout C. Les rejets identifiés comme rejets de mazout C (mazout n° 6) incluraient aussi ceux de ces mazouts lourds du groupe 4. Nombre de ces rejets sont considérés génériquement comme rejet de « mazout » et aucun renseignement n'indiquait précisément quel type de mazout avait été rejeté. Nous avons donc considéré que tous les rejets identifiés comme rejet de mazout étaient des rejets de mazout C. Le mazout C est considéré comme un mazout lourd, et sa répartition et son volume sont plus importants que ceux des mazouts lourds du groupe 4. Par conséquent, on s'attend à ce que le nombre et le volume réels de déversements de mazouts lourds du groupe 4 soient nettement plus faibles que ceux de mazouts C, mais ces renseignements n'ont pas pu être déterminés avec précision. On retiendra l'important déversement de 734 000 litres survenu en 2005, connu comme étant un déversement de mazout C dans le lac Wabamun, en

Alberta. Cet accident n'a pas été pris en considération dans les estimations de rejets, car il ne s'agissait pas de mazouts lourds du groupe 4. De même, les déversements ont été retirés lorsqu'ils faisaient partie d'exercices d'urgence environnementale (Environnement Canada, 2013a). Les déversements pour lesquels une collision, des conditions routières médiocres ou des conditions météorologiques défavorables ont été indiquées comme étant la source, la raison ou la cause du déversement n'ont pas été inclus dans l'estimation des rejets. Les déversements dans le sol dans les limites des installations industrielles (p. ex. raffineries et terminaux de stockage en vrac) n'ont pas non plus été pris en compte dans la présente analyse, car les déversements sur ces sites devraient faire l'objet d'un traitement immédiat réduisant au minimum leur pénétration dans l'environnement. Des déversements ont été retirés lorsque des notes indiquaient qu'aucun volume n'avait pénétré dans l'environnement (p. ex. confinement des déversements).

Nombre des rapports individuels ne comportaient aucune estimation du volume rejeté dans l'environnement. Afin de tenir compte de la sous-estimation des volumes rejetés, les volumes totaux estimés ont été extrapolés en supposant que la distribution des volumes rejetés déclarés était représentative de tous les rejets (voir le tableau C.1 à l'annexe C). Entre 2002 et 2012, le volume total de déversements de mazouts lourds extrapolé, tous milieux confondus (sol, eau salée et eau douce), était de 0,9 million de litres pour 225 déversements (tableau C.1 de l'annexe C).

Les données historiques sur les déversements ont également été réparties en fonction du milieu concerné, de sorte à pouvoir déterminer la quantité moyenne de rejets estimée par déversement dans chaque milieu. Une extrapolation semblable a été appliquée à chaque milieu pour tenir compte des déversements signalés sans mention du volume. Les quantités moyennes estimées de déversements de ces mazouts lourds dans l'eau douce et l'eau salée sont présentées dans le tableau 6-1. La base de données ne donne aucun renseignement indiquant si les déversements ont eu lieu pendant le chargement, le transport ou le déchargement. Par conséquent, le volume de déversement moyen a été utilisé pour chacun des scénarios.

Tableau 6-1. Quantités moyennes de mazouts lourds rejetées par déversement dans divers milieux (kg/déversement et L/déversement) d'après les données historiques sur le mazout C, 2002-2012, Environnement Canada (2013)

Quantités moyennes de rejet par déversement^a

Milieu concerné	Masse (kg) ^b	Volume (L)	Nombre de déversements
Marin (eau salée)	914	933	76
Eau douce	11 513	11 748	50
Sol	5 502	5 614	76

Quantités médianes de rejet par déversement^a

Milieu concerné	Masse (kg) ^b	Volume (L)	Nombre de déversements
-----------------	-------------------------	------------	------------------------

Marin (eau salée)	25	25	76
Eau douce	112	114	50
Sol	353	360	76

^a Quantités moyennes et médianes de rejets de mazouts lourds dans chaque milieu déterminées en séparant tous les rejets survenus entre 2002 et 2012 dans des milieux précis (marin, eau douce, sol), en déterminant la quantité totale extrapolée de mazouts lourds rejetés dans chaque milieu (tableau C.1 de l'annexe C), puis en divisant cette quantité totale extrapolée par le nombre total de déversements touchant ce milieu.

^b Déterminé en se basant sur une masse volumique moyenne de 0,98 kg/L (tableau 3-2).

La plupart des déversements de mazouts lourds enregistrés par Environnement Canada de 2002 à 2012 concernaient le sol (76 incidents), l'eau salée (76 incidents) et l'eau douce (50 incidents). Le milieu concerné n'a pas été consigné pour certains déversements déclarés, tandis que pour d'autres, plusieurs milieux ont été mentionnés. Par conséquent, cette valeur totale ne correspond pas au total de déversements déclarés présentés dans le tableau C.1 (annexe C). Ces valeurs sont considérées comme des estimations faibles des rejets réels, compte tenu des seuils de déclaration au NEMISIS. Les rejets dans les eaux souterraines n'ont pas été pris en compte dans cette analyse, car les renseignements étaient insuffisants.

La base de données du NEMISIS fournit des données sur trois colonnes (source, cause et raison) sur de nombreux rejets de mazouts C. Les données présentées dans ces colonnes ont été analysées pour déterminer comment et pourquoi la majorité des rejets de mazouts lourds surviennent (tableaux C.2a à c de l'annexe C).

Les zones industrielles où se sont produits la plupart des rejets de mazouts lourds (tableau C.2a de l'annexe C) étaient des embarcations d'un autre type (34 % du volume), des oléoducs (33 % du volume) et des sources non précisées (13 % du volume). Les rejets dans les installations industrielles et de stockage représentaient près de 10 % du volume, ceux par les camions-citernes représentaient près de 6 % et ceux des raffineries près de 2 %. Les autres sources liées au transport, représentant chacune moins de 1 % des rejets, comprenaient les trains, les camions, les navires-citernes, les navires de cargaison, les barges et les vraquiers. Les autres rejets provenaient des terminaux maritimes, des réservoirs de systèmes de chauffage domestique ou d'équipements électriques, ou de champs de production.

La base de données du NEMISIS a également été analysée afin de déterminer les causes des fuites de mazout lourd (tableau C.2b à l'annexe C). Il a été établi que les fuites liées aux oléoducs sont à l'origine de 21 % du volume rejeté, ce qui est confirmé que les pipelines constituent la source principale de rejet (voir le tableau C.2a). Les fuites des conteneurs, des réservoirs et des vannes représentaient 15 % du volume rejeté, tandis que les débordements de réservoirs, probablement pendant le chargement et le déchargement, représentaient 12 %. Le déchargement représentait 8 % du volume total, tandis que le naufrage et l'échouement de navires en représentaient 2 % et le renversement et le déraillement 1 %. Trente-huit pour cent (38 %) du volume déversé était lié à une cause inconnue ou non précisée. Les autres causes étaient des explosions de puits et des dérèglements de processus.

En analysant les causes des rejets, les données (voir le tableau C.2c à l'annexe C) ont permis d'identifier les défaillances matérielles comme source importante, contribuant à 43 % du volume rejeté. Les causes inconnues représentaient 38 % du volume, l'erreur humaine et la négligence 9 % et la défaillance matérielle 5 %. Les 5 % restants ont été répartis entre une grande variété de raisons.

Afin d'évaluer le potentiel d'exposition de l'environnement dû au transport de mazouts lourds, l'évaluation écologique met l'accent sur les rejets involontaires dans l'eau et le sol dus à des déversements et tient compte de l'exposition due aux dépoussiérants et à l'application de potasse sur les terres. En comparaison, l'évaluation de l'exposition potentielle de la population générale due au transport des mazouts lourds est axée sur les émissions par évaporation, qui surviennent pendant les opérations courantes. Des déversements surviennent pendant le transit et les activités de chargement et de déchargement, mais on considère que ces déversements surviennent de façon non régulière ou non prévisible dans des emplacements distincts, et ne sont donc pas pris en considération dans l'évaluation de l'exposition de la population générale.

7. Devenir dans l'environnement

Lorsque des substances pétrolières sont rejetées dans l'environnement, quatre processus de devenir importants surviendront : dissolution dans l'eau, volatilisation, biodégradation et adsorption. Ces processus entraîneront des changements dans la composition de ces substances UVCB. Dans le cas de déversements dans le sol ou les eaux de surface, un autre processus de devenir, la photodégradation, peut également être important.

Tel que mentionné précédemment, la solubilité et la pression de vapeur des composants d'un mélange varieront par rapport à celles des composants seuls. Ces interactions sont complexes pour des UVCB complexes comme les hydrocarbures pétroliers.

Chacun des processus de devenir affecte différemment les familles d'hydrocarbures. Les composés aromatiques tendent à être plus hydrosolubles que les composés aliphatiques comportant un même nombre d'atomes de carbone, alors que les composés aliphatiques tendent à être plus volatils (Potter et Simmons, 1998). Par conséquent, lorsqu'un mélange pétrolier est rejeté dans l'environnement, il est probable que les contaminants principaux de l'eau soient des composés aromatiques et que les composés aliphatiques soient les principaux contaminants atmosphériques (Potter et Simmons, 1998). Les volatilités des alcènes et des alcanes sont similaires et plus importantes que celles des composés aromatique et des cycloalcanes. Les composés aromatiques et les cycloalcanes ont des volatilité similaires. Les composants les plus solubles et les plus volatils ont les masses moléculaires les plus faibles. Il y a donc une tendance générale à retrouver des composants de masse moléculaire plus élevée dans les matières résiduelles. La perte initiale due à la volatilisation et à la solubilisation est suivie d'une biodégradation, habituellement par des bactéries.

Il y a presque toujours biodégradation lors du rejet de mélanges pétroliers dans l'environnement. Il a été largement démontré que presque tous les sols et sédiments ont des populations de bactéries et d'autres organismes qui peuvent dégrader des hydrocarbures pétroliers (Pancirov et Brown, 1975). La dégradation se produit en présence ou non d'oxygène. Deux facteurs clés qui déterminent les vitesses de dégradation sont l'apport en oxygène et la structure moléculaire. En général, la dégradation est plus rapide dans des conditions aérobies. Les tendances à la baisse des vitesses de dégradation selon la structure sont les suivantes (Potter et Simons, 1998) :

- (1) *n*-alcanes, particulièrement ceux comportant de 10 à 25 atomes de carbone qui sont facilement dégradés;
- (2) isoalcanes;
- (3) alcènes;
- (4) benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) [lorsque ces substances sont présentes à des concentrations qui ne sont pas toxiques pour les microorganismes];

- (5) substances monoaromatiques;
- (6) hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP];
- (7) cycloalcanes de masse moléculaire plus élevée (qui peuvent se dégrader très lentement) [Pancirov et Brown, 1975].

Ces trois processus de météorisation (dissolution dans l'eau, volatilisation et biodégradation) donnent habituellement lieu à un appauvrissement en composés les plus solubles, volatils et dégradables et à l'accumulation des composés qui résistent le plus à ces processus dans les résidus.

Aucune donnée empirique sur le devenir dans l'environnement des mazouts lourds du groupe 4 n'était disponible. En raison de l'interaction complexe des composants dans un mélange, qui a une incidence sur leurs propriétés chimiques et physiques ainsi que sur leur comportement, il est difficile de prédire le devenir d'un mélange complexe. Par conséquent, comme un indicateur général du devenir de ces mazouts lourds, les propriétés chimiques et physiques de leurs structures représentatives (tableau B-3 de l'annexe B) ont été examinées.

En se basant sur la pression de vapeur des structures représentatives des mazouts lourds, on devrait s'attendre à ce que, en cas de rejet dans l'air, des composants ayant moins de 20 atomes de carbone demeurent dans l'air, tandis que les structures les plus lourdes devraient se répartir hors de l'air.

En cas de rejet dans l'eau, d'après leur solubilité aqueuse, la plupart des composants ayant de 10 à 12 atomes de carbone demeureront dans l'eau. Les composants de plus de 12 atomes de carbone demeurent habituellement dans les sédiments, en raison de leur faible solubilité aqueuse et de leur coefficient de partage carbone organique-eau (K_{co}) élevé. La volatilisation à partir de la surface de l'eau ne devrait pas être un processus important du devenir, malgré la présence de certaines structures représentatives ayant des valeurs modérées à élevées de la constante de Henry. Les tendances à l'évaporation et à la sorption sont en concurrence et la nature exacte des rejets indiquerait la façon dont les mazouts lourds se comporteront.

En cas de rejet dans le sol, la plupart des structures représentatives des mazouts lourds devraient être absorbées dans le sol, en raison de leur coefficient K_{co} élevé (3,2 à 14; tableau B.3 à l'annexe B). Cette tendance est en compétition avec les forces d'évaporation. Certaines des structures plus petites, comme le décane (un hydrocarbure à 10 atomes de carbone), pourraient se volatiliser dans l'air compte tenu de leurs pressions de vapeur élevées. La volatilisation à partir des surfaces de sol humide peut être un processus important du devenir en raison de la valeur estimée de la constante de Henry, qui va de 5×10^{-5} à 2×10^9 Pa·m³/mol. Les structures représentatives des mazouts lourds ayant une masse moléculaire inférieure (alcanes, isoalcanes, cycloalcanes et substances aromatiques monocycliques ayant de 10 à 11 atomes de carbone) peuvent se volatiliser à partir des surfaces de sol sec à un niveau faible à élevé, suivant leurs pressions de vapeur modérée.

Lorsque de grandes quantités d'un mélange d'hydrocarbures pénètrent le sol, la matière organique du sol et d'autres sites de sorption sont entièrement saturés et les hydrocarbures commencent à former une phase séparée (phase liquide non aqueuse ou PLNA) dans le sol. À des concentrations inférieures à la capacité de rétention des hydrocarbures dans le sol, la PLNA sera immobile (Arthurs *et al.*, 1995), c'est ce qu'on appelle une PLNA résiduelle (Brost et DeVaul, 2000). À un niveau supérieur à la capacité de rétention, la PLNA devient mobile et se déplacera dans le sol (Arthurs *et al.*, 1995; Brost et DeVaul, 2000).

8. Persistance et bioaccumulation

En raison de la nature complexe des substances pétrolières comme les mazouts lourds, le potentiel de persistance et de bioaccumulation des composants de ces substances a été caractérisé en se basant sur des données empiriques et/ou modélisées pour une série de structures d'hydrocarbures pétroliers.

8.1 Persistance dans l'environnement

La persistance a été caractérisée en se basant sur des données empiriques et/ou modélisées pour une série de structures d'hydrocarbures pétroliers qui devraient se retrouver dans ces substances pétrolières.

Les résultats du modèle et la pondération des données sont consignés dans les documents à l'appui sur la persistance et la bioaccumulation des substances pétrolières (Environnement Canada, 2014). Ces données sont résumées dans le tableau D.2 (annexe D).

Les demi-vies empiriques et modélisées dans l'atmosphère pour de nombreux composants de ces mazouts lourds sont inférieures à deux jours (Environnement Canada, 2014). Toutefois, certains composants, tels que les cycloalcanes diaromatiques à 13 atomes de carbone, peuvent avoir des demi-vies supérieures à deux jours. Par conséquent, nous avons considéré qu'ils sont persistants dans l'air et peuvent donc subir un transport à grande distance. De plus, un certain nombre de HAP comportant de trois à six cycles peuvent être transportés à grande distance vers des régions éloignées en raison de leur sorption sur des matières particulaires (Environnement Canada, 2014).

Compte tenu de la biodégradation dans l'eau, le sol et les sédiments, les composants suivants devraient avoir des demi-vies de plus de six mois dans l'eau et les sols et supérieures à une année dans les sédiments : isoalcanes en C₃₀, monocycloalcanes en C₅₀, dicycloalcanes en C₁₅-C₅₀, polycycloalcanes en C₁₈-C₂₂, substances aromatiques monocycliques en C₁₂, cycloalcanes monoaromatiques en C₁₀-C₂₀, substances aromatiques à deux cycles en C₁₀-C₅₀, cycloalcanes diaromatiques en C₁₂ et substances aromatiques à trois cycles en C₁₄ et C₃₀-C₅₀, substances aromatiques à quatre cycles en C₁₆-C₂₀, substances aromatiques à cinq cycles en C₂₀-C₃₀ et substances aromatiques à six cycles en C₂₂. Les cycloalcanes monocycliques en C₃₀, les dicycloalcanes en C₁₂, les polycycloalcanes en C₁₄ et les substances aromatiques monocycliques en C₁₁, C₁₅ et C₃₀-C₅₀ ont des demi-vies supérieures à une année dans les sédiments (tableau D.2 à l'annexe D).

8.2 Potentiel de bioaccumulation

Le potentiel de bioaccumulation a été caractérisé en se basant sur des données empiriques et/ou modélisées pour une série d'hydrocarbures pétroliers qui devraient

être présents dans les substances pétrolières. Les facteurs de bioaccumulation (FBA) sont la mesure préférée pour évaluer le potentiel de bioaccumulation des substances, puisqu'il se peut que le facteur de bioconcentration (FBC) peut ne pas représenter adéquatement le potentiel de bioaccumulation des substances par l'intermédiaire du régime alimentaire, qui est prédominant pour les substances ayant un $\log K_{oe}$ supérieur à environ 4,5 (Arnot et Gobas, 2003).

En plus des données sur les FBA et FBC pour les poissons, les données sur la bioaccumulation pour les espèces aquatiques invertébrées ont également été prises en compte. Nous avons aussi tenu compte de facteurs d'accumulation biote-sédiments/sol (FABS), de facteurs d'amplification trophique et de facteurs de bioamplification pour la caractérisation du potentiel de bioaccumulation.

Les données empiriques et les données modélisées sur la bioaccumulation des hydrocarbures pétroliers, ainsi que la pondération des renseignements, peuvent être consultées dans le document à l'appui de cette évaluation (Environnement Canada, 2014). Un résumé des résultats pour le potentiel de bioaccumulation est présenté ci-après et dans le tableau D-3 (annexe D).

Dans l'ensemble, il existe des preuves empiriques et des prévisions cohérentes qui semblent indiquer que les composants suivants ont un potentiel de bioaccumulation élevé, avec des valeurs de FBC/FBA supérieures à 5 000 : isoalcanes en C_{13} - C_{15} , cycloalcanes monocycliques en C_{12} - C_{15} , cycloalcanes à deux cycles en C_{12} et C_{15} , polycycloalcanes en C_{14} et C_{22} , substances aromatiques monocycliques en C_{15} , cycloalcanes monoaromatiques en C_{15} - C_{20} , substances aromatiques à deux cycles en C_{12} - C_{13} , cycloalcanes diaromatiques en C_{20} , C_{14} et substances aromatiques à trois cycles en C_{20} , substances aromatiques à quatre cycles en C_{16} - C_{20} , substances aromatiques à cinq cycles en C_{20} - C_{22} et substances aromatiques à six cycles en C_{22} . Ces composants sont métabolisés lentement et sont très lipophiles. L'exposition combinée par l'eau et la nourriture semble indiquer que la vitesse d'absorption de ces substances pourrait être supérieure à la vitesse d'élimination totale. La plupart de ces composants ne devraient pas se bioamplifier dans les réseaux trophiques aquatiques ou terrestres, en grande partie parce que la combinaison du métabolisme, de la faible efficacité d'assimilation alimentaire et de la dilution pendant la croissance fait en sorte que la vitesse d'élimination est supérieure à la vitesse d'absorption à partir du régime alimentaire (Environnement Canada, 2014). Toutefois, une étude (Harris *et al.*, 2011) laisse entendre que certains hydrocarbures aromatiques polycycliques alkylés peuvent présenter un risque de bioamplification. Alors que seuls des FABS ont pu être trouvés pour certains HAP, il est possible que les FABS soient supérieurs à 1 pour des invertébrés, étant donné qu'ils n'ont pas les caractéristiques métaboliques des poissons. Les FABS baisseront probablement pour les composants ayant plus de 22 atomes de carbone, en raison d'une diminution de la biodisponibilité des fractions ayant un point d'ébullition plus élevé (Muijs et Jonker, 2010).

9. Potentiel d'effets nocifs sur l'environnement

Les données sur la toxicité ont été étudiées lors des évaluations précédentes des mazouts lourds restreints aux installations et aux industries et des combustibles de type mazout lourd. Elles sont résumées dans les rapports d'Environnement et Changement Climatique Canada et de Santé Canada (2011, 2013, 2014). Les valeurs suivantes ont été choisies en tant que paramètres de toxicité.

9.1 Évaluation des effets sur l'environnement

9.1.1 Milieu aquatique

Aucune donnée expérimentale n'était disponible sur la toxicité aquatique de ces mazouts lourds du groupe 4. Par conséquent, des données sur le mazout n° 6 ont été utilisées dans le cadre d'une approche de lecture croisée afin d'estimer le potentiel de toxicité aquatique (Environnement Canada, Santé Canada, 2013b). D'autres études ont montré qu'il existe des variations de toxicité pour les mazouts lourds, en parties dues aux différences entre les gammes de points d'ébullition qui déterminent la composition de ces mazouts lourds (BESC, 2000a). En ce qui concerne les scénarios en mer, une valeur critique de toxicité (VCT) de 0,9 mg/L est retenue, en se basant sur la valeur de CL₅₀ aiguë après 48 heures pour l'espèce *Mysidopsis almyra* (Neff et Anderson, 1981). En ce qui concerne les scénarios d'exposition en eau douce pour le chargement/déchargement et le transport par navire, la valeur critique de toxicité retenue est la CE₅₀ aiguë après 96 heures (immobilisation) de 4,1 mg/L pour l'espèce *Daphnia magna* (MacLean et Doe, 1989).

9.1.2 Effets sur les espèces aviaires

Les mazouts lourds peuvent être dangereux pour les oiseaux aquatiques en cas d'ingestion (CONCAWE, 1998; Environnement Canada, 2011b; Michigan, 2010), en cas de contact avec les plumes (Environnement Canada, 2011b) et en cas de contact avec les œufs (Albers et Szaro, 1978; Coon *et al.*, 1979; CONCAWE, 1998). Des renseignements plus détaillés sont présentés dans le rapport d'Environnement Canada (2011b).

9.1.3 Milieu terrestre

Les normes pancanadiennes sur les hydrocarbures pétroliers dans le sol (CCME, 2008) ont été utilisés comme source de données sur les effets des mazouts lourds sur les écosystèmes terrestres. Ces normes ont été élaborées en tenant compte de quatre fractions des hydrocarbures pétroliers totaux : fraction 1 (F1; C₆-C₁₀), fraction 2 (F2; C₁₁-C₁₆), fraction 3 (F3; C₁₇-C₃₄) et fraction 4 (F4; C₃₅ et plus). Selon le mazout lourd, les gammes d'atomes de carbone peuvent couvrir les fractions 2 et 3 (p. ex. n° CAS 64741-67-9 qui correspond à C₁₀-C₂₅), ou 3 et 4. Des normes ont été élaborées pour quatre classes d'utilisation des terres (agricoles, résidentielles, commerciales et

industrielles) et deux types de sols (sol à grains grossiers et fins), et un rapport substances aromatiques/substances aliphatiques de 20/80 a été utilisé. La catégorie d'utilisation des terres et le type de sol dont les normes sont les plus basses sont habituellement les sols à gros grains agricoles, résidentiels et herbeux. Pour les fractions 2, 3 et 4, les normes relatives au contact avec le sol par des organismes non humains pour les sols agricoles à gros grains sont de 150, 300 et 2 800 mg/kg en poids sec, respectivement (CCME, 2008). Dans la mesure où la plupart des mazouts lourds appartiennent aux fractions 3 et 4 et qu'il n'existe pas de scénarios d'exposition propres à la substance portant le n° CAS 64741-67-9, la norme de 300 mg/kg en poids sec sera utilisée pour les mazouts lourds en général.

9.2 Évaluation de l'exposition dans l'environnement

9.2.1 Milieu aquatique

Le volume d'eau estimé être en contact avec le pétrole déversé a été déterminé à partir d'une étude réalisée par le Risk Management Research Institute (2007), afin de déterminer la concentration environnementale estimée (CEE) due au transport par bateau. Ce travail a été effectué initialement pour le pétrole brut, mais il peut s'appliquer aux mazouts lourds, car ils ont une masse volumique similaire. La zone d'une nappe de pétrole créée au sein de zones de danger autour de Terre-Neuve a été estimée pour des gammes de volumes de pétrole spécifiques à l'aide de modèles de dispersion des déversements dans l'océan. Le volume d'eau en contact a ensuite été estimé en multipliant cette surface par 10 afin de représenter les 10 premiers mètres d'eau. Il s'agit d'une estimation prudente, car elle suppose que toute l'eau a été contaminée de la même manière par la substance pétrolière déversée.

Pour les scénarios de chargement et de déchargement d'un navire, le volume d'eau en contact avec le produit pétrolier dans une zone à risque 1 a été utilisé, cette région comprenant des opérations de chargement et de déchargement à Whiffen Head et à la raffinerie de pétrole de Come-By-Chance. Pour les scénarios de transport par navire, le volume d'eau estimé être en contact avec des mazouts lourds est le volume d'eau moyenné pour les zones à risque 2 à 5 (le volume moyen d'eau pour l'été et l'hiver pour la zone à risque 2 a été utilisé pour ce calcul). La masse volumique des mazouts lourds du groupe 4 variait considérablement, de 0,85 à 1,1 g/cm³ (tableau 3-2). Par conséquent, une masse volumique moyenne de 0,98 kg/L a été retenue pour représenter tous les mazouts lourds du groupe 4. Cependant, certains mazouts lourds du groupe 4 auront des masses volumiques plus faibles et, par conséquent, seront en contact avec moins d'eau, tandis que d'autres auront des masses volumiques plus élevées et seront en contact avec plus d'eau.

Dans les cas de chargement et de déchargement des navires dans des eaux marines, un volume médian estimé de 25 L de mazouts lourds est rejeté par événement (tableau 5). À une densité moyenne de 0,98 kg/litre (Environnement Canada, 2010), soit l'équivalent de 0,2 baril de mazout lourd, un tel déversement devrait être en contact avec 6×10^{10} litres d'eau (tableau D.1 à l'annexe D). Ce volume est calculé à partir des

eaux des zones fermées que l'on trouve dans les quais et les terminaux de chargement. La concentration dans l'eau qui en résulte serait de 0,0004 mg/litre ($2,5 \times 10^7$ mg/ 6×10^{10} litres), ce qui est considéré comme la CEE en mer pour le chargement et le déchargement de navires.

Dans les cas du transport par navire dans des eaux marines, un volume médian estimé de 25 L de mazouts lourds est rejeté par événement (tableau 5). À une densité moyenne de 0,98 kg/litre (Environnement Canada, 2010), soit l'équivalent de 0,2 baril de mazout lourd, un tel déversement devrait être en contact avec $5,8 \times 10^{12}$ litres d'eau (tableau D.1 à l'annexe D). La concentration dans l'eau qui en résulte serait de $4,3 \times 10^{-6}$ mg/litre ($2,5 \times 10^7$ mg / $5,8 \times 10^{12}$ litres), ce qui est considéré comme la CEE en mer pour le transport par navire.

Dans les cas de chargement et de déchargement des navires dans l'eau douce, un volume médian estimé de 114 L de mazouts lourds est rejeté par événement (tableau 5). À une densité moyenne de 0,98 kg/litre (Environnement Canada, 2010), soit l'équivalent de 0,7 baril de mazout lourd, un tel déversement devrait être en contact avec 6×10^{10} litres d'eau (tableau D.1 à l'annexe D). Ce volume est calculé à partir des eaux des zones fermées que l'on trouve dans les quais et les terminaux de chargement. La concentration dans l'eau qui en résulte serait de 0,002 mg/litre ($1,1 \times 10^8$ mg / 6×10^{10} litres), ce qui est considéré comme la CEE en eau douce pour le chargement et le déchargement de navires.

Dans les cas du transport des navires dans l'eau douce, un volume médian estimé de 114 L de mazouts lourds est rejeté par événement (tableau 5). À une densité moyenne de 0,98 kg/litre (Environnement Canada, 2010), soit l'équivalent de 0,7 baril de mazout lourd, un tel déversement devrait être en contact avec $5,8 \times 10^{12}$ litres d'eau (tableau D.1 à l'annexe D). La concentration dans l'eau qui en résulte serait de $1,9 \times 10^{-5}$ mg/litre ($1,1 \times 10^8$ mg / $5,8 \times 10^{12}$ litres), ce qui est considéré comme la CEE en eau douce pour le transport par navire.

Les mazouts lourds peuvent être utilisés pour ajuster la viscosité du liant d'asphalte des produits d'entretien de la chaussée à base d'émulsion de bitume, comme les couches anti-poussière utilisées sur les routes en gravier ou de terre, et dans des enrobés coulés à froid pour le revêtement routier et le remplissage de nids de poule. Seul un mazout lourd du groupe 4, à savoir celui ayant le n° CAS 68955-27-1, a été identifié comme étant présent dans ces produits d'entretien de la chaussée (Environnement Canada, 2011a). Cependant, on estime que les autres mazouts lourds pourraient être utilisés dans des couches anti-poussière (communication personnelle, communication par courriel, 12 décembre 2013, entre Pounder Emulsions, Division of Husky Oil Limited, et la Division des évaluations écologiques, Environnement et Changement Climatique Canada) et probablement dans les enrobés coulés à froid pour le revêtement routier.

Il se peut que des mazouts lourds, ou leurs composants, utilisés dans des produits d'entretien de la chaussée à base d'émulsion de bitume soient éliminés lessivés des

routes traitées avec ces produits et finissent par se retrouver dans les eaux de surface (p. ex. fossés et cours d'eau à proximité) ou dans le sol proche des routes traitées. Des études indiquent que cela se produit avec produits à base de pétrole. Par exemple, une évaluation précédente portant sur de l'huile à moteur usée a conclu que l'utilisation d'une telle huile en tant que couche anti-poussière sur les routes posait un risque pour les milieux aquatiques (Environnement Canada, 2005). De plus, Metzler *et al.* (1984) ont examiné des études sur l'impact sur l'environnement de l'utilisation de telles huiles usées en tant que couches anti-poussière et ont établi des modèles de ruissellement à partir des routes traitées. Ils ont conclu qu'il y pourrait y avoir suite à l'application de telles huiles un risque dû au ruissellement important de composants (p. ex. métaux lourds et HAP) pendant de fortes pluies (Metzler *et al.*, 1984), dans la mesure où la majeure partie du ruissellement à partir des routes traitées devrait se produire pendant les premières pluies suivant l'application des huiles (Freestone, 1972). Les ruissellements ultérieurs contiennent des niveaux d'huile moins élevés (Freestone, 1972).

Les études réalisées par Environnement Canada (2005) et par Metzler *et al.* (1984) portaient sur des produits à base d'huiles usées (p. ex. huiles lubrifiantes), qui sont pulvérisés sur les routes, et non sur des émulsions de bitume contenant des mazouts lourds. Il s'agit d'une distinction importante, car les pulvérisations à base d'huile ont une composition chimique et une fonction différentes de celles des émulsions de bitume contenant des mazouts lourds. Les mazouts lourds se dissolvent dans le bitume, une fraction pétrolière très visqueuse contenant des composants de masse moléculaire très importante, ce qui peut empêcher la perte de composants de mazouts lourds. Des études de lixiviation sur du bitume indiquent un très faible rejet de HAP, la plupart sous le seuil de détection (Kriech, 1990; Brandt et De Groot, 2001; Legret *et al.*, 2005). Contrairement aux pulvérisations à base d'huile, qui sont faites une à trois fois par an sur les routes en raison de la perte du produit au fil du temps (Metzler *et al.*, 1984), les produits à base d'émulsion de bitume sont appliqués moins souvent. La couche anti-poussière à base d'émulsion de bitume identifiée comme contenant des mazouts lourds nécessite une application tous les quatre à six ans (communication personnelle, communication par courriel, 12 décembre 2013, entre Pounder Emulsions, Division of Husky Oil Limited, et la Division des évaluations écologiques d'Environnement Canada), tandis que les émulsions de bitume contenant des mazouts lourds utilisées dans les enrobés coulés à froid pour le revêtement routier ne sont appliquées qu'une seule fois, et les réparations faites en fonction des besoins (communication personnelle, 8 janvier 2014, conversation téléphonique entre Pounder Emulsions, Division of Husky Oil Limited, et la Division des évaluations écologiques, Environnement Canada). La perte de matière à partir des émulsions de bitume est moins fréquente et devrait être bien plus faible que celle observée pour les produits à base de pétrole.

9.2.2 Milieu terrestre

Les mazouts lourds du groupe 4 sont également utilisés comme huiles de flottaison pour la production de potasse. Des traces de mazouts lourds peuvent encore être

présentes dans la potasse avant son application sur des sols agricoles comme engrais commercial. La concentration de mazouts lourds dans les produits de potasse est estimée être de 0,001 à 0,1 %, la concentration la plus élevée étant utilisée pour une estimation prudente. Une estimation la concentration de mazouts lourds dans le sol a été faite pour un scénario de 50 ans d'application de potasse sans aucune dégradation ou perte des mazouts lourds (Environnement Canada, 2013b), ce qui a conduit à une CEE_{sol} de 0,4 mg/kg de poids sec.

De 2002 à 2012, la majorité des déversements de mazouts lourds touchant le sol se sont produits dans des raffineries (17 déversements), des installations de stockage (15 déversements) ou ont des sources autres inconnues (23 déversements). La majeure partie des sources inconnues semble être liée aux réservoirs de stockage ou aux débordements des véhicules. On estime que les déversements qui se sont produits dans les raffineries et les installations de stockage ont fait l'objet de certaines mesures de confinement et de traitement rapide afin de limiter la pénétration de ces substances dans l'environnement. Sur les 21 déversements restants, 9 proviennent de camions ou d'autres véhicules automobiles, 7 proviennent d'oléoducs, 3 d'embarcations et 2 de trains. Par conséquent, on estime qu'il y aura, au total, un cas de rejet ou moins par an lié à des activités ferroviaires impliquant le chargement, le transport et le déchargement, et un cas de rejet ou moins par an au total lié à des activités de camionnage impliquant le chargement, le transport et le déchargement, en se basant sur les données historiques tirées de la base de données du NEMISIS (2002-2012; Environnement Canada, 2013a). En ce qui concerne le transport de ces mazouts lourds par pipeline, d'après les données historiques sur les déversements tirées de la base de données du NEMISIS (2002-2012; Environnement Canada, 2013a), on s'attend à ce qu'il y ait environ un rejet par an.

9.2.3 Air

Les rejets dans l'air n'ont pas été pris en compte dans la partie de la présente évaluation portant sur l'écologie, car la volatilité des composants de mazouts lourds de plus de 20 atomes de carbone est faible. Une procédure d'analyse d'espace de tête et de microextraction en utilisant un rapport de 50 mL d'huile par litre d'eau (1/20) a permis de déterminer que la contribution du mazout C en composés volatils à la fraction soluble dans l'eau était faible, voire nulle (0 mg/L pour l'extraction de l'espace de tête et 1,7 mg/L pour la microextraction) [Murray *et al.*, 1984]. On devrait obtenir des résultats similaires pour les mazouts lourds de la présente évaluation. Par conséquent, on estime que les quantités de composants volatils perdus dans l'atmosphère sont faibles.

9.3 Caractérisation du risque écologique

L'approche suivie pour la présente évaluation écologique préalable consistait à étudier les renseignements scientifiques disponibles et à tirer des conclusions basées sur le poids de la preuve, tel que requis par la LCPE. Pour chaque organisme paramètre, une estimation du potentiel d'effets nocifs et une concentration estimée sans effet (CESE) ont été déterminées. On a également calculé la CEE pour un scénario d'exposition

aquatique. La CESE correspond à la valeur critique de toxicité (VCT) pour l'organisme en question divisée par un facteur d'évaluation pertinent. Un quotient de risque (QR = CEE/CESE) a été calculé pour chaque organisme paramètre; il s'agit d'un élément de preuve important pour l'évaluation du risque potentiel posé à l'environnement. Au moyen de ce quotient, nous avons déterminé un volume de déversement minimal nécessaire pour obtenir un quotient de risque de un afin d'évaluer le nombre de déversements pouvant excéder ce seuil au cours d'une année donnée.

Dans le cas des mazouts lourds, la CESE pour les scénarios en eau douce a été déterminée en se basant sur la VCT, qui correspond à une CE₅₀ aiguë après 96 heures (immobilisation) de 4,1 mg/L pour le mazout n° 6 pour l'espèce *Daphnia magna*. Un facteur d'évaluation de 10 a été appliqué à cette VCT afin de tenir compte de l'extrapolation des conditions en laboratoire aux conditions sur le terrain et de la variabilité interspécifique et intraspécifique, conduisant à CESE de 0,4 mg/L pour le milieu d'eau douce. Dans le cas des scénarios en eau marine, la CESE a été déterminée en se basant sur la CL₅₀ aiguë après 48 heures de 0,9 mg/L de mazout n° 6 pour l'espèce *Mysidopsis almyra*. Un facteur d'évaluation de 10 a été appliqué à la VCT afin de tenir compte de l'extrapolation des conditions en laboratoire aux conditions sur le terrain et de la variabilité interspécifique et intraspécifique, conduisant à une CESE de 0,09 mg/L pour le milieu marin.

Dans le tableau 9-1, nous présentons un résumé des quotients de risque pour les mazouts lourds du groupe 4.

Tableau 9-1. Quotients de risque calculés pour le transport aquatique des mazouts lourds du groupe 4

Milieu concerné	Organisme	CEE	VCT	Facteur d'évaluation	CESE	Quotient de risque
Eau douce (chargement/déchargement)	<i>Daphnia magna</i>	0,002 mg/L	4,1 mg/L	10	0,4 mg/L	0,005
Eau douce (transport)	<i>Daphnia magna</i>	$1,9 \times 10^{-5}$ mg/L	4,1 mg/L	10	0,4 mg/L	$4,8 \times 10^{-5}$
Eau de mer (chargement/déchargement)	<i>Mysidopsis almyra</i>	0,0004 mg/L	0,9 mg/L	10	0,09 mg/L	0,004
Eau de mer (transport)	<i>Mysidopsis almyra</i>	$4,3 \times 10^{-6}$ mg/L	0,9 mg/L	10	0,09 mg/L	$4,8 \times 10^{-5}$

Pour tous les scénarios de déversement dans des eaux, nous avons déterminé le volume critique de déversement de mazouts lourds nécessaire pour créer des conditions dangereuses pour les organismes aquatiques (p. ex. pour obtenir un QR de 1). La fréquence des déversements au-dessus de ce seuil a été déterminée à partir de la base de données NEMISIS (2002-2012; Environnement Canada, 2013a) (tableau 9-2).

Tableau 9-2. Volumes de déversement nécessaires pour créer des conditions dangereuses pour les organismes aquatiques et proportion des déversements de mazouts lourds déclarés au-dessus de ce volume seuil, basée sur les données sur les déversements de la base de données NEMISIS, 2002-2012 (Environnement Canada, 2013a)^a

Milieu concerné	Volume de déversement critique nécessaire pour obtenir un QR = 1 (L)	Proportion des déversements déclarés au-delà du volume seuil	Nombre de déversements prévus par an au-delà du volume seuil
Eau douce (chargement/déchargement)	61 500	1 %	Moins de 1
Eau douce (transport)	7 100 000	0 %	0
Eau de mer (chargement/déchargement)	13 800	4 %	Moins de 1
Eau de mer (transport)	575 000	0 %	0

^a On a estimé que les déversements de mazouts lourds étaient égaux aux déversements de mazouts C, en raison de l'incapacité de l'ensemble de données de faire la distinction entre ces différents mazouts lourds. Le nombre et le volume réels de déversements de mazouts lourds du groupe 4 devraient être inférieurs aux valeurs présentées sur ce tableau.

En ce qui concerne les scénarios de transport par navire en mer et en eau douce, des volumes de déversement critiques respectifs de 575 000 L et de 7 100 000 L de mazouts lourds sont nécessaires pour obtenir un QR de 1 pour les organismes aquatiques (tableau 9), basés sur des estimations de toxicité et des modèles de dispersion des déversements du volume d'eau contaminée. Aucun des déversements déclarés de 2002 à 2012 ne dépassait ces volumes seuils pendant le transport par bateau. Par conséquent, le nombre de déversements annuels prévus au-dessus de ce volume est nul.

En ce qui concerne les activités de chargement ou de déchargement, des volumes de déversement respectifs de 13 800 L et de 61 500 L de mazouts lourds sont nécessaires pour obtenir un QR de 1 pour les organismes aquatiques en eau de mer ou en eau douce (tableau 9). Certains déversements dépassant ces seuils ont été déclarés pour des activités de chargement ou de déchargement par navire en mer (4 % des déversements) et en eau douce (1 % des déversements). Cependant, en moyenne, ces fréquences correspondent à moins d'un déversement par an au-dessus du volume seuil dans l'eau de mer ou l'eau douce.

Ces fréquences de déversements dans l'eau de mer et l'eau douce pendant les activités de transport et de chargement/déchargement reposent sur les données sur les déversements de la base de données NEMISIS. La portée limitée des exigences de déclaration du NEMISIS peut conduire à une faible estimation de la fréquence des

déversements. Cependant, cela n'est pas particulièrement préoccupant dans le cas des déversements dans l'eau, car le NEMISIS requiert la déclaration de déversements en mer ou ceux qui enfreignent la *Loi sur les pêches*. De plus, ces fréquences reposent sur l'ensemble complet de données du NEMISIS portant sur les déversements de mazout C, qui devraient être plus fréquents que ceux des mazouts lourds du groupe 4. Par conséquent, en se basant sur le nombre annuel relativement faible de déversements excédant les volumes seuils nécessaires pour obtenir un QR supérieur à 1, les déversements de ces mazouts lourds dans l'eau pendant le chargement et le déchargement sont jugés rares et entraînent un faible risque d'effets nocifs pour les organismes aquatiques.

Ces volumes de déversement ont été calculés à partir de modèles développés par le Risk Management Research Institute (RMRI, 2007), ayant trait au volume déversé et à la concentration de substances pétrolières dans l'eau. Dans la mesure où ces modèles tiennent compte de la dispersion de la substance pétrolière déversée, le volume de déversement calculé pour un quotient de risque de 1 ne correspond pas à une exposition aiguë initiale au produit déversé. Il est reconnu que des effets aigus locaux peuvent se produire pendant la phase initiale d'un déversement, avant que survienne une dispersion importante.

Les rapports sur le terrain et les expériences ont montré que les mélanges commerciaux de mazouts lourds peuvent être toxiques pour les oiseaux aquatiques en cas d'ingestion (CONCAWE, 1998; Environnement Canada, 2011b; Michigan, 2010), de contact avec les plumes (Environnement Canada, 2011b) ou de contact avec les œufs (Albers et Szaro, 1978; Coon *et al.*, 1979; CONCAWE, 1998). Cependant, les effets négatifs des produits pétroliers sur les plumes ne sont pas exclusifs aux mazouts lourds et sont basés principalement sur le mazout C. En effet, les déversements moyens de mazouts lourds du groupe 4 en mer sont tirés des données du NEMISIS sur le mazout C (Environnement Canada, 2013a), et les exigences de déclaration de cette base de données comprennent les déversements par des navires en mer. L'utilisation de ces données surestime le nombre de déversements de mazouts lourds pris en compte pour la présente évaluation. Ainsi, la fréquence des rejets de ces mazouts lourds du groupe 4 dans les eaux marines est faible, tout comme le risque de toxicité directe et d'effets indirects pour les oiseaux de mer.

En comparant la concentration de mazouts lourds devant se trouver dans le sol après l'application de potasse (CESE = 0,4 mg/kg) à la norme pancanadienne (NP) relative au contact écologique avec le sol pour la fraction 3 dans des sols à gros grains de 300 mg/kg (la VCT pour l'exposition du sol), les risques pour les organismes du sol devraient être faibles.

Tel que noté dans la section Évaluation de l'exposition de l'environnement, si les mazouts lourds ou leurs composants sont rejetés par des produits d'entretien de la chaussée, les plus grandes quantités seront probablement libérées pendant les premiers épisodes de pluie après l'application du produit (Freestone, 1972). En effet, dans le cas des émulsions de bitume, le risque de rejet est plus élevé après l'application

de l'émulsion et avant qu'elle soit entièrement traitée, lorsqu'elle se trouve encore à l'état liquide (communication personnelle, communication par courriel, 12 décembre 2013, entre Pounder Emulsions, Division of Husky Oil Limited, et la Division des évaluations écologiques, Environnement Canada). La plupart des mazouts lourds (80 %; n° CAS 68955-27-1) déclarés dans les produits d'entretien de la chaussée sont utilisés dans les enrobés coulés à froid pour le revêtement routier, qui sont appliqués une seule fois sur les routes, et les autres quantités sont utilisées dans les couches anti-poussière appliquées tous les quatre à six ans. De plus, l'exposition à ces composants dans l'eau de surface devrait être passagère, étant donné que les composants de mazouts lourds ayant plus de 12 atomes de carbone devraient être sorbés sur des matières particulaires, en raison de la faible solubilité dans l'eau et des coefficients de partition élevés ($\log K_{co}$) (se reporter à la section Devenir dans l'environnement). En se basant sur l'application peu fréquente de ces produits d'entretien de la chaussée contenant des mazouts lourds et sur l'exposition à court terme prévue après un épisode de pluie peu de temps après l'application, leur utilisation devrait avoir des risques limités pour l'environnement.

La base de données du NEMISIS comporte un faible nombre de déversements de mazouts C dans le sol liés au transport par train (2 déversements), par camion (9 déversements) et par oléoduc (7 déversements), de 2002 à 2012. Si l'on tient compte de la cause et de la raison du déversement, on a déterminé que pour le chargement, le transport et le déchargement de trains, on devrait s'attendre à moins d'un cas de déversement par an. Dans le cadre de la même analyse, on prévoit moins d'un déversement dans le sol pendant les activités de chargement, de transport et de déchargement par camion ou oléoduc. Par conséquent, les déversements terrestres liés au transport de mazouts lourds par train, camion ou oléoduc ne devraient pas causer de dommages, compte tenu de leur fréquence peu élevée. On estime que la portée limitée des exigences de déclaration du NEMISIS peut aussi conduire à une faible estimation de la fréquence des déversements, surtout de ceux touchant le sol. Cependant, cela est compensé par le fait que la fréquence de déversement déterminée à partir de NEMISIS repose sur des données de rejet portant la mention « mazout » ou « mazout C » et, par conséquent, y compris les mazouts lourds autres que ceux pris en compte dans la présente évaluation.

D'après les renseignements disponibles, ces mazouts lourds contiennent des composants qui pourraient persister dans le sol, l'eau ou les sédiments, augmentant ainsi la durée d'exposition pour les organismes. Les mazouts lourds évalués dans le présent rapport devraient également contenir des composants dont le potentiel de bioaccumulation est très élevé. D'après certaines études, la plupart des composants ne seront probablement pas sujets à la bioamplification dans les réseaux trophiques. Toutefois, il semble que cela puisse être le cas pour les HAP alkylés.

En général, les poissons peuvent métaboliser efficacement les composés aromatiques. Il existe des preuves à l'effet que l'alkylation augmente la bioaccumulation du naphthalène (Neff *et al.*, 1976, Lampi *et al.*, 2010), mais on ne sait pas si cela peut être généralisé à des HAP plus gros ou si une augmentation potentielle de la

bioaccumulation causée par l'alkylation sera suffisante pour excéder un FBC/FBA de 5 000 et donc être considéré hautement bioaccumulable.

Certains organismes de niveau trophique inférieur (invertébrés) semblent ne pas pouvoir métaboliser efficacement des composés aromatiques, ce qui entraîne un potentiel de bioaccumulation élevé pour certains composants aromatiques par rapport aux poissons. C'est le cas pour certains HAP à trois, quatre, cinq et six cycles qui étaient bioconcentrés à des niveaux élevés (FBC supérieur à 5 000) par les invertébrés (p. ex. *daphnies*, mollusques), mais pas par les poissons. Il est possible que ces composants bioaccumulables atteignent des niveaux toxiques dans les organismes si l'exposition est continue et d'une ampleur suffisante. Toutefois, cela est peu probable dans la colonne d'eau à la suite d'un scénario de déversement en raison de la dispersion relativement rapide. Toutefois, certains de ces composants peuvent également être persistants dans les sédiments pendant de longues périodes, ce qui peut augmenter la durée d'exposition des invertébrés benthiques à ces composants.

La bioaccumulation des composés aromatiques peut être plus faible dans les milieux naturels que ce qui est observé en laboratoire. Les HAP peuvent s'adsorber aux matières organiques en suspension dans la colonne d'eau (matières humiques dissoutes), ce qui diminue leur biodisponibilité globale principalement en raison d'une augmentation de la taille. Cela a été observé avec les poissons (Weinstein et Oris, 1999) et les daphnies (McCarthy *et al.*, 1985).

En tenant compte de tous les éléments de preuve disponibles avancés dans la présente évaluation préalable, le risque est faible pour ces substances d'être nocives pour les organismes ou de compromettre l'intégrité globale de l'environnement. Par conséquent, il est conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont pas aux critères des paragraphes 64a) et b) de la LCPE, puisqu'ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité, à une concentration ou dans des conditions de nature à avoir ou pouvant avoir un effet nocif immédiat ou à long terme sur l'environnement ou sa diversité biologique, ou qui constituent ou peuvent constituer un danger pour l'environnement essentiel à la vie.

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

Toute modélisation des propriétés physiques et chimiques de ces substances, ainsi que de leurs caractéristiques de persistance, de bioaccumulation et de toxicité, est fondée sur les structures chimiques. Ces mazouts lourds du groupe 4 étant des UVCB, ils ne peuvent pas être représentés par une structure chimique unique. Les compositions chimiques spécifiques de ces mazouts lourds ne sont pas bien définies. Le nombre, l'identité et la proportion des composés formant différents mazouts portant le même n^o CAS peuvent varier grandement en fonction des conditions d'exploitation, des charges d'alimentation et des unités de traitement. Aux fins de la modélisation, on a donc identifié un ensemble de structures représentatives offrant des estimations moyennes pour toute la gamme de composants susceptibles d'être présents.

Spécifiquement, ces structures ont été utilisées pour évaluer le devenir et les propriétés dangereuses des mazouts lourds. Étant donné que plus d'une structure représentative peut être utilisée pour une même gamme d'atomes de carbone et un même type de composant, il est reconnu que des incertitudes liées à la structure existent pour ces substances. Dans le cas présent, on a utilisé les propriétés physiques et chimiques de 48 structures représentatives pour estimer le comportement général de ces mazouts lourds, afin de représenter la gamme prévue des caractéristiques physiques et chimiques. Étant donné le nombre élevé de permutations potentielles du type et des pourcentages des structures des mazouts lourds, les résultats de la modélisation sont sujets à des incertitudes.

Le devenir et la toxicité des hydrocarbures pétroliers dépendent en grande partie de leurs formes chimiques. À ce titre, des hypothèses prudentes sur la forme chimique, la biodisponibilité et l'absorption par le tube digestif ont généralement été présentées dans le cadre de la présente évaluation préalable. Les structures représentatives des mazouts lourds ont été évaluées en faisant l'hypothèse prudente qu'elles sont toutes biodisponibles.

L'utilisation de données historiques sur les déversements provenant de la base de données NEMISIS (Environnement Canada, 2013a) constitue une incertitude dans la mesure où il n'est pas fait de distinction entre les différentes formes de mazouts lourds dans les rapports sur les déversements. La base de données NEMISIS ne comporte aucune donnée sur des déversements des mazouts lourds spécifiques à la présente évaluation, mais regroupe plutôt tous les mazouts lourds dans le groupe générique de « mazouts ». Par conséquent, les déversements de mazouts lourds du groupe 4 déclarés comprennent des rejets d'autres mazouts lourds. De plus, les exigences de déclaration du NEMISIS sont limitées aux rejets concernant ou touchant un ministère ou un organisme fédéral, une installation gouvernementale fédérale ou des terres autochtones; rejets qui enfreignent la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)* ou la *Loi sur les pêches*, rejets qui affectent des poissons, des oiseaux migratoires ou des espèces à risque, ou qui ont un impact sur les frontières interprovinciales ou internationales, rejets provenant des navires marins. Par conséquent, il est possible que la base de données NEMISIS sous-estime les déversements à l'échelle nationale, notamment les déversements dans le sol. Ces deux facteurs s'annulent mutuellement.

Un certain nombre d'hypothèses ont été faites en ce qui concerne l'emplacement des déversements et, par conséquent, leur importance environnementale. Des incertitudes sont associées à ces hypothèses. Cependant, compte tenu du faible nombre de déversements liés directement aux mazouts lourds du groupe 4, ces incertitudes sont réduites au minimum.

10. Potentiel d'effets nocifs sur la santé humaine

10.1 Évaluation de l'exposition

Les renseignements obtenus dans le cadre des avis de l'article 71 (Environnement Canada, 2008, 2009, 2011a) indiquent que, au Canada, ces substances sont principalement utilisées en milieu industriel. Cela comprend la production, suivie de la consommation ou du mélange (en tant qu'intermédiaire) dans des produits qui quittent l'installation sous d'autres n^{os} CAS. Les expositions potentielles liées aux utilisations industrielles sous la forme d'intermédiaire de mélanges ont déjà été étudiées dans le cadre de l'évaluation des mazouts lourds du groupe 1 restreints au site (Environnement Canada, Santé Canada, 2011).

Dans les rapports produits en vertu de l'article 71, les substances portant les n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2 et 68955-27-1 ont été identifiées comme étant transportées entre des installations pétrolières ou de production et d'autres milieux industriels. Les modes de transport entre ces installations comprennent le transport par camion, pipeline, navire et train, tel que mentionné précédemment dans l'évaluation des mazouts lourds du groupe 2 restreints à l'industrie (Environnement Canada, Santé Canada, 2013). Étant donné que les modes de transport et les émissions potentielles par évaporation dans cette évaluation sont les mêmes pour ces six substances, on estime que la conclusion de l'évaluation des mazouts lourds du groupe 2 restreints à l'industrie s'applique dans le cas présent. L'exposition de la population générale pendant le transport devrait être négligeable.

Aucune autre donnée n'a été soumise pour la substance portant le n^o CAS 64742-90-1 en vertu de l'*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée sur la Liste intérieure des substances* (Environnement Canada, 2011a). Cependant, cette substance a été inscrite sur les FS des produits industriels/commerciaux et une exposition similaire à celle des mazouts lourds restreints à l'industrie devrait y être associée.

Les renseignements sur les sept mazouts lourds étudiés dans le présent rapport, recueillis dans le cadre de l'enquête réalisée en vertu de l'article 71 (*Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée sur la Liste intérieure des substances*), n'ont révélé aucune utilisation dans des produits de consommation destinés à la population générale (Environnement Canada, 2011a). Au Canada, les autres produits contenant ces mazouts lourds sont limités à des utilisations industrielles ou commerciales et ne sont pas commercialisés à l'intention du public général. Pour obtenir de plus amples renseignements sur les recherches réalisées sur ces produits et les renseignements pris en compte, se reporter à la section Utilisations.

Parmi les types de produits à usage professionnel contenant des mazouts lourds du groupe 4, on compte des produits d'entretien de la chaussée à base d'émulsion de bitume utilisés pour le revêtement des routes et en tant que couche anti-poussière. Ces

produits ne sont pas destinés à être utilisés par la population générale. Compte tenu de la masse volumique élevée de ces substances et de la taille importante de leurs aérosols, on ne s'attend pas à une exposition par inhalation au moment de l'application. Les effets sur l'environnement liés à l'utilisation de produits d'entretien de la chaussée à base d'émulsion de bitume contenant des mazouts lourds du groupe 4 sont présentés dans la section Devenir dans l'environnement.

Les produits à usage professionnel contenant des mazouts lourds comme ingrédients ne devraient pas contribuer aux effets sur les milieux de l'environnement. Bien que la pénétration de ces produits sur le marché canadien et leur fréquence d'utilisation ne soient pas connues, les résultats de l'enquête réalisée en vertu de l'article 71 laissent entendre que ces produits ne sont pas utilisés à une échelle comparable à celle du combustible contenant ces mazouts lourds et des utilisations industrielles (Environnement Canada, 2011a). L'exposition potentielle de la population générale dans les milieux de l'environnement due aux utilisations industrielles et de combustibles contenant des mazouts lourds a été étudiée dans les évaluations précédentes des mazouts lourds des groupes 1 et 2 restreints au site ou à l'industrie, du mazout n° 4, du mazout n° 6 et du mazout résiduel du groupe 3 (Environnement Canada, Santé Canada, 2011, 2013, 2014). Aucun composé volatil émanant de ces mazouts lourds ne devrait être observé, compte tenu de leur faible pression de vapeur, et on ne devrait donc pas observer d'exposition de la population générale.

10.2 Évaluation des effets sur la santé

Les mazouts lourds du groupe 4 ont été identifiés comme d'intérêt hautement prioritaire lors de la catégorisation des substances de la LIS, car on a estimé qu'ils présentaient un risque potentiellement élevé pour la santé humaine. Un effet critique pour leur catégorisation initiale était la cancérogénicité, basée sur des classifications par des organismes internationaux. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), la Commission européenne et les Nations Unies ont classé les mazouts lourds du groupe 4 comme substances cancérogènes. Le CIRC a classé les mazouts lourds résiduels comme substances cancérogènes du groupe 2B (« potentiellement cancérogène pour les humains ») en se basant sur des preuves suffisantes obtenues avec des animaux de laboratoire (CIRC, 1989). La Commission européenne a classé les mazouts lourds (n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) comme substances cancérogènes de catégorie 2 (substances qui devraient être considérées comme cancérogènes pour l'homme; R45 : peut provoquer le cancer) (Commission européenne, 1994; ESIS, 2008). Dans le Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques des Nations Unies, ces substances sont classées comme substances cancérogènes de catégorie 1B (substances présumées avoir un potentiel cancérogène pour l'être humain, en s'appuyant largement sur des études animales; H350 : pouvant causer le cancer) (Commission européenne, 2008).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) font partie des composants des mazouts lourds. L'importance de la fraction sw HAP peut varier selon la nature et la quantité des diluants utilisés ainsi qu'en fonction des opérations de craquage thermique qu'a pu subir le résidu. Le gouvernement du Canada a réalisé une évaluation des risques pour la santé humaine posés par cinq HAP, évaluation qui incluait une étude critique des données pertinentes dans le cadre du programme de la Liste des substances d'intérêt prioritaire. En se basant principalement sur des bioépreuves de cancérogénicité sur des modèles d'animaux, on a classé ces HAP comme substances « probablement cancérogènes pour l'homme », c'est-à-dire des substances qu'on croit poser un risque d'effet nocif quel que soit le niveau d'exposition (Canada, 1994). Les HAP sont inscrits sur la Liste des substances toxiques de l'Annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) (Environnement Canada, 2013c).

Les études présentées ci-après sont considérées comme décrivant les paramètres d'effet sur la santé les plus pertinents et les plus critiques. Ces études sont décrites en détail dans le tableau E-1 (annexe E).

Pour les études de dose létale médiane (DL_{50}) avec des animaux, on a rapporté des résultats d'examenrs post-mortem. Des lapins et des rats exposés par voie cutanée à 2 000 mg/kg p.c. de substances portant les n^{os} CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-81-7 ou 64742-90-1, avec occlusion sur une peau scarifiée ou intacte, ont manifesté des effets subtils ou non systémiques après 24 heures. Des effets cutanés localisés, y compris des érythèmes et des œdèmes, étaient les seuls effets cliniques observés. Aucune mortalité n'a été observée, ce qui indique que des valeurs de DL_{50} cutanée n'ont pas été établies lors de ces études (DL_{50} supérieure à 2 000 mg/kg p.c.) (API, 2004; BESC, 2000b).

Un certain nombre d'épreuves de badigeonnage de la peau ont été réalisées avec des animaux de laboratoire afin d'évaluer la cancérogénicité dermique des mazouts lourds. Pour la plupart de ces études, on a appliqué un régime d'exposition par badigeonnage chronique sur la peau, ce qui a permis d'observer une hausse de la formation de tumeurs de la peau. Dans le cadre d'une étude chronique, la peau de souris mâles a été exposée à la substance portant le n^o CAS 64741-62-4, à des doses de 8,4, 16,8, 42, 83,8 ou 167,6 mg/kg p.c. par jour, trois fois par semaine pendant toute leur vie. Une hausse des formations de tumeurs de la peau a été observée à toutes les doses, y compris la plus faible dose testée, et leur fréquence dépendait de la dose (McKee *et al.*, 1990). Cependant, dans le cadre d'une étude utilisant un protocole d'initiation tumorale après une exposition à court terme, on a exposé par voie cutanée des souris mâles à une dose de 16,8 mg/kg p.c. par jour de la substance portant le n^o CAS 64741-62-4, et ce, pendant cinq jours consécutifs (ensuite, on les a exposées à un agent de promotion pendant 25 semaines) (API, 1989). Une formation importante de tumeurs cutanées a été constatée à cette dose avec une période de latence de 16 semaines. Des essais *in vitro* menés par Feuston *et al.* (1994) révèlent des indices de mutagénicité élevés pour plusieurs mazouts lourds, y compris ceux portant les n^o CAS 64741-62-4 et 64741-81-7,

ce qui montre que, en plus de causer des tumeurs de la peau chez les animaux de laboratoire, ces substances peuvent aussi avoir une génotoxicité significative.

Il a été montré que la toxicité pour la reproduction chez des rates, à savoir des résorptions précoces et complètes, était un paramètre sensible, et cette toxicité a été observée lors de plusieurs études suite à une exposition à court terme à des mazouts lourds (Environnement Canada, Santé Canada, 2011, 2013, 2014). Des doses sans effet nocif observé (DSENO) cutanées et pour la reproduction de 0,05 mg/kg p.c. par jour ont été identifiées chez des rates (22-24 par groupe) exposées une fois par jour à des boues d'huile clarifiées (n° CAS 64741-62-4) des jours de gestation (JG) 0 à 19. Une hausse du taux de résorptions fœtales précoces et complètes a été observée à des expositions de 1, 10, 50 et 250 mg/kg p.c. par jour (Hoberman *et al.*, 1995). Les résorptions ont exhibé une relation dose-réponse positive et étaient statistiquement élevées (moins de 0,01) à toutes les doses. Les expositions étaient non occluses, et les rats ont été équipés de colliers pour éviter toute ingestion (ce qui laisse entendre qu'une fraction de la substance mise à l'essai était absorbée par voie cutanée et disponible à un niveau systémique). Des résorptions se sont produites en présence de toxicité maternelle à toutes les doses, incluant une baisse significative de l'apport alimentaire, du gain de poids corporel et du poids corporel liée à la dose (plus de 5 % de réduction à 1 mg/kg p.c. par jour à la fin de l'étude). Par conséquent, la hausse des résorptions précoces et complètes devrait être liée à la toxicité maternelle plutôt qu'à un effet toxicologique ciblé. À la dose la plus élevée, les rates n'ont pas pris de poids, mais ont affiché une perte de poids significative, et aucun fœtus vivant n'a été enregistré (comparativement aux 362 fœtus vivants dans le groupe exposé à la DSENO de 0,05 mg/kg p.c. par jour). De nombreuses études ont permis d'observer les mêmes effets nocifs sur la mère et la reproduction, avec une hausse significative liée à la dose des résorptions à des doses de 8 ou 30 mg/kg p.c. par jour, après une exposition par voie cutanée aux substances portant les n°s CAS 64741-62-4 et 64741-81-7 pendant les jours de gestation 0 à 19 (Feuston *et al.*, 1989, 1997; Mobil, 1990). L'exposition par voie orale (gavage) à une dose unique (125 mg/kg p.c.) à la substance portant le n° CAS 64741-62-4 a révélé également une toxicité pour la mère et des effets sur le développement et la reproduction (Feuston et Mackerer, 1996).

Une hausse des résorptions précoces et complètes a également été examinée dans le cadre d'une étude avec un dosage par à-coups, pour laquelle des rates (10 par dose par fenêtre d'exposition) ont été exposées par voie cutanée à 1, 50 ou 250 mg/kg p.c. par jour de la substance portant le n° CAS 64741-62-4, 6 heures/jour, avec des intervalles de 3 jours des jours de gestation 0 à 17, ou des intervalles de 2 jours des jours de gestation 18 à 19 (Hoberman *et al.*, 1995). Une hausse liée à la dose des résorptions complètes et précoces a été observée pendant la fenêtre d'exposition des jours de gestation 6 à 8, avec une exposition de 50 et 250 mg/kg p.c. jour. Aucune résorption précoce ne s'est produite lorsque l'exposition par à-coups a eu lieu entre les jours de gestation 0 à 5 ou 9 à 19, démontrant ainsi une réponse toxicologique précise dès le début de l'organogenèse. En outre, une dose de 250 mg/kg p.c. par jour a également entraîné une hausse des résorptions lorsque l'exposition s'est produite entre les jours de gestation 9 à 11, ce qui correspond à la fin de l'organogenèse.

10.3 Caractérisation des risques pour la santé humaine

Les mazouts lourds du groupe 4 ont été identifiés comme d'intérêt prioritaire pour une évaluation, car ils satisfont aux critères de catégorisation du paragraphe 73 (1) de la LCPE et en raison d'autres inquiétudes pour la santé humaine.

La cancérogénicité, basée principalement sur les classifications établies par des organismes internationaux, était un effet critique ayant conduit à la catégorisation initiale de ces mazouts lourds. Ces substances ont été classées par le Centre International de recherche sur le Cancer (CIRC) comme substances cancérogènes du groupe 2B (CIRC, 1989), par la Commission européenne comme étant des substances cancérogènes de catégorie 2 (Commission européenne, 1994; ESIS, 2008) et comme substances cancérogènes de catégorie 1B par le Système général harmonisé (Commission européenne, 2008).

On ne prévoit pas d'exposition de la population générale aux mazouts lourds du groupe 4, étant donné qu'aucun produit de consommation contenant de telles substances n'a été identifié. Les expositions aux mazouts lourds restreints aux sites (groupe 1) et à l'industrie (groupe 2) ont déjà été évaluées dans le cadre de l'approche pour le secteur pétrolier (Environnement Canada, Santé Canada, 2011; Environnement Canada, Santé Canada, 2013). On notera que les mazouts lourds sont considérés comme étant très dangereux, car ils peuvent contenir une proportion élevée de HAP potentiellement cancérogènes, certains ont été classés par plusieurs organismes internationaux (p. ex. CIRC et Commission européenne) comme des substances cancérogènes pour la peau. De plus, la toxicité pour la reproduction constitue un effet critique pour l'exposition cutanée aux mazouts lourds. Cependant, dans la mesure où l'on ne s'attend à aucune exposition de la population générale à ces substances, le risque est faible.

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

Pour les évaluations préalables de l'ASP, on a évalué des substances qui sont des mélanges complexes (UVCB) composés d'un certain nombre de substances en diverses proportions, résultant de la source de pétrole brut ou de bitume et de son traitement ultérieur.

Étant donné que les mazouts lourds sont des UVCB, leurs compositions spécifiques ne sont pas clairement définies. Le nombre, l'identité et les proportions des composants de mazouts lourds ayant le même n° CAS peuvent varier de manière significative. Par conséquent, il est difficile d'obtenir un ensemble de données toxicologiques représentatives pour ces mazouts lourds spécifiques. Un des mazouts lourds, à savoir celui portant le n° CAS 64741-62-4, est souvent utilisé pour représenter les effets sur la santé pour tous les mazouts lourds du groupe 4.

11. Conclusion

Compte tenu de tous les éléments de preuve avancés dans la présente évaluation préalable, les mazouts lourds du groupe 4 posent un faible risque d'effets nocifs sur les organismes et sur l'intégrité globale de l'environnement. Il est donc conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n° CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont pas aux critères des paragraphes 64a) ou b) de la LCPE, car ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir ou pouvant avoir un effet nocif immédiat ou à long terme sur l'environnement ou sur sa diversité biologique, ou à mettre ou pouvant mettre en danger pour l'environnement essentiel à la vie.

Les produits contenant des mazouts lourds du groupe 4 sont restreints à une utilisation industrielle ou commerciale. La population générale ne devrait pas y être exposée et le risque est faible.

En se basant sur les renseignements contenus dans la présente évaluation préalable, il est conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n° CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont pas aux critères du paragraphe 64 c) de la LCPE, car ils ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à constituer ou pouvant constituer un danger au Canada pour la vie ou la santé humaine.

Il est conclu que les mazouts lourds du groupe 4 (n° CAS 64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1) ne satisfont à aucun des critères de l'article 64 de la LCPE.

Références

Albers, P.H., Szaro, R.C. 1978. Effects of no. 2 fuel oil on common eider eggs. *Mar. Pollut. Bull.* 9:138-139.

Anderson, J.W., Neff, J.M., Cox, B.A., Tatem, H.E., Hightower, G.M. 1974. Characteristics of dispersions and water-soluble extracts of crude and refined oils and their toxicity to estuarine crustaceans and fish. *Mar. Biol.* 27:75-88.

[AOPWIN] Atmospheric Oxidation Program for Microsoft Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 1.92a. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm

[API] American Petroleum Institute. 1989. Short-Term Dermal Tumorigenesis Study of Selected Petroleum Hydrocarbons In Male CD-1 Mice: Initiation and Promotion Phases. Étude menée par IIT Research Institute. Washington (DC) : American Petroleum Institute. API Health and Environmental Sciences Department Report No.: 36-32643. [cité dans CONCAWE, 1998].

[API] American Petroleum Institute. 2004. High Production Volume (HPV) Challenge Program. Robust Summary of Information on Heavy Fuel Oils. Washington (DC) : American Petroleum Institute. Accès : www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/heavyfos/c15368rs.pdf

[API] American Petroleum Institute. 2011. Heavy Fuel Oils Category Analysis and Hazard Characterization. Soumis au Petroleum HPV Testing Group de la USEPA. Document provisoire final. 12 Juillet 2011. Washington (DC) : American Petroleum Institute Accès : <http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/heavyfos/c15368hc.pdf>

Annot, J., Gobas, F. 2003. A generic QSAR for assessing the bioaccumulation potential of organic chemicals in aquatic food webs. *QSAR Comb. Sci.* 22(3):337-345.

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

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1999. Toxicological profile for total petroleum hydrocarbons (TPH). Atlanta (GA) : US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [consulté en mars 2009]. Accès : www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=424&tid=75

Banerjee, S. 1984. Solubility of organic mixtures in water. *Environ. Sci. Technol.* 18:587-591.

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000a. CAS No. 68553-00-4. Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques. Créé le 19 février 2000. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/68553004.pdf

[BESC] Bureau européen des substances chimiques. 2000b. CAS No. 64741-62-4. Commission européenne, Bureau européen des substances chimiques. Créé le 18 février 2000. Accès : http://esis.jrc.ec.europa.eu/doc/IUCLID/data_sheets/64741624.pdf

[BioHCWin] Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons Estimation Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 1.01a. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis,

Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm

[BIOWIN] Biodegradation Estimation Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2009. Version 4.10. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm

Boethling, R.S., Howard, P.H., Beauman, J.A., Larosche, M.E. 1995. Factors for intermedia extrapolations in biodegradability assessment. *Chemosphere* 30(4):741-752.

Brandt, H.C.A. et De Groot, P.C. 2001. Aqueous leaching of polycyclic aromatic hydrocarbons from bitumen and asphalt. *Water Res.* 35(17) : 4200-4207

Byrne, C.J., Calder, J.A. 1977. Effect of the water-soluble fractions of crude, refined and waste oils on the embryonic and larval stages of the quahog clam *Mercenaria sp.* *Mar. Biol.* 40:225-231.

Canada. 1994. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (Liste des substances d'intérêt prioritaire - Rapport d'évaluation) [en ligne]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. Accès : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/psl1-lsp1/hydrocarb_aromat_polycycl/hydrocarbures-fra.pdf

Canada. 1999. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. L.C., 1999, ch. 33, *Gazette du Canada*. Partie III, vol. 22, n° 3.

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. *Gazette du Canada*, Partie II, vol. 134, n° 7, p. 607-612.

[CATABOL] Probabilistic assessment of biodegradability and metabolic pathways [modèle informatique]. c2004-2008. Version 5.10.3. Bourgas (Bulgarie) : Bourgas Prof. Assen Zlatarov University, Laboratory of Mathematical Chemistry. Accès : <http://oasis-lmc.org/?section=%20software&swid=1>

[CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2008. Canada-Wide Standard for Petroleum Hydrocarbons (PHC) in Soil. User Guidance. Winnipeg (Man.) : Conseil canadien des ministres de l'environnement. Report number PN-1398. Accès : http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1398_phc_user_guide_1.1_e.pdf

Charbeneau, R.J., Linz, D.G., Newell, C.J., Rixey, W.G., Ryan, J.A. 1998. Proceedings from the Pellston workshop on assessing contaminated soils: from soil-contaminant interactions to ecosystem management. Pellston (MI) : Pellston Workshop on Assessing Contaminated Soils. p. 23-27.

[Cheminfo] Cheminfo Services Inc. 2011. Heavy Fuel Oils Group, rapport final. Background Technical Study on the Use and Release Potential of Certain High Priority Petroleum Substances Under the Chemicals Management Plan (in Sectors Other than the Petroleum Sector). Rapport confidentiel inédit rédigé sous contrat. Gatineau (Qc) : Environnement Canada.

Christopher, Y., van Tongeren, M., Urbanus, J., Cherrie, J.W. 2011. An Assessment of Dermal Exposure to Heavy Fuel Oil (HFO) in Occupational Settings. *Ann. Occup. Hyg.* 55(3):319-328.

[CIRC] Centre international de recherche sur le cancer. 1989. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Fuel Oils. *IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum.* 45:239-270.

Commission européenne. 1994. Directive 94/69/CE de la Commission du 19 décembre 1994. Annexe II. *Journal officiel des Communautés européennes*. 31.12.94. L381, vol. 37. Commission européenne. 21^e APT.

Commission européenne. 2008. Details on substances classified in Annex VI to Regulation (EC) No. 1272/2008 [base de données sur Internet]. Base de données élaborée par la Commission européenne. [consulté le 28 avril 2013]. Accès : <http://esis.jrc.ec.europa.eu/index.php?PGM=cla>

[CONCAWE] Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. 1998. Heavy fuel oils. Document préparé par les groupes sur les produits pétroliers et la gestion de la santé de la CONCAWE. Bruxelles (Belgique) : Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. Product Dossier No.: 98/109.

[CONCAWE] Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. 2010. CONCAWE Compilation of Selected Physical-Chemical Properties of Petroleum Substances and Sulfur. Bruxelles (Belgique): Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité. Report No. 6/10.

Coon, N.C., Albers, P.H., Szaro, R.C. 1979. No. 2 fuel oil decreases embryonic survival of great black-backed gulls. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 21:152-156.

[ECHA] Agence européenne des produits chimiques. C2007-2013. Base de données des substances enregistrées. Résultats de recherche pour CAS RNs [64741-57-7, 64741-62-4, 64741-67-9, 64741-81-7, 64742-59-2, 64742-90-1 et 68955-27-1] Helsinki (Finlande) : Agence européenne des produits chimiques. [mis à jour le 24 janvier 2014; consulté le 27 février 2014]. Accès : <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/registered-substances>

[EIA] Energy Information Administration. 2011. Refining Crude Oil [en ligne]. 2011. Washington (DC) : US Department of Energy. [consulté le 27 février 2014]. Accès : http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=oil_refining

Environnement Canada, Santé Canada. 2011. Évaluations préalables finales des substances dans le groupe 1 de l'approche pour le secteur pétrolier : Mazouts lourds restreints aux installations. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/petrole/group-1/index-fra.php>

Environnement Canada, Santé Canada. 2013a. Évaluations préalables finales des substances dans le groupe 1 de l'approche pour le secteur pétrolier : Mazouts lourds restreints aux industries. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/petrole/group-1/index-fra.php>

Environnement Canada, Santé Canada. 2013b. Draft Screening Assessment for the Petroleum Sector Stream Approach: Stream 3 Fuel Oil No. 4, Fuel Oil No. 6 and Residual Fuel Oil; Fuels. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada.

Environnement Canada. 2005. Rapport de suivi sur une substance de la LSIP1 pour laquelle il n'existait pas suffisamment de renseignements permettant de déterminer si elle constitue un danger pour l'environnement - Huiles moteur usées. Gatineau (Qc) : Environnement Canada.

Environnement Canada. 2007. Guidance for Conducting Ecological Assessments under CEPA 1999. Science Resource Technical Series, Draft Module on QSARs. Document provisoire préparé par la Division des substances existantes d'Environnement Canada.

Environnement Canada. 2008. Données sur les substances du secteur pétrolier recueillies en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée*. Données préparées par Environnement Canada, Division du pétrole, du gaz et de l'énergie de remplacement.

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

Environnement Canada. 2010. Propriétés d'hydrocarbures [base de données sur Internet]. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Centre des sciences et technologies environnementales. [consulté en février 2013]. Accès : <http://www.etc-cte.ec.gc.ca/databases/OilProperties/Default.aspx>

Environnement Canada, Santé Canada, 2011. Évaluations préalables finales des substances dans le groupe 1 de l'approche pour le secteur pétrolier : Mazouts lourds restreints aux industries. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada, Santé Canada. Accès : <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/petrole/group-1/index-fra.php>

Environnement Canada. 2011a. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Avis concernant certaines substances pétrolières de priorité élevée apparaissant sur la Liste intérieure*. *Gazette du Canada*, Partie I, vol. 145, n° 51, p. 3740-3762. 17 Décembre 2011. Accès : <http://gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2011/2011-12-17/html/notice-avis-fra.html#d101>

Environnement Canada. 2011b. Oiseaux mazoutés en mer. [consulté le 14 février 2014]. Accès : <http://www.ec.gc.ca/mbc-com/default.asp?lang=Fr&n=C6E52970-1>.

Environnement Canada. 2013a. Système national de renseignements sur l'application de la loi reliée à l'environnement [base de données], 2002-2012. Gatineau (Qc) : Environnement Canada, Division des urgences environnementales. Inédit.

Environnement Canada. 2013b. Environmental exposure scenario for heavy fuel oils in dust suppressants. Environnement Canada, Sciences et technologie. Inédit.

Environnement Canada. 2013c. Registre environnemental de la LCPE. Liste des substances toxiques - Annexe 1. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada. Accès : <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=Fr&n=0DA2924D-1>

Environnement Canada. 2014. Technical document on the persistence and bioaccumulation potential of petroleum hydrocarbons. Gatineau (Qc) : Division des évaluations écologiques, Environnement Canada. Disponible sur demande à l'adresse substances@ec.gc.ca.

[EPI Suite] Estimation Programs Interface Suite for Microsoft Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 3.4. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm

[ESIS] European Chemical Substances Information System [base de données sur Internet]. 2008. Base de données élaborée par la Commission européenne. [consulté le 28 avril 2013]. Accès : <http://esis.jrc.ec.europa.eu/>

Feuston, M.H., Hamilton, C.E., Mackerer, C.R. 1997. Systemic and developmental toxicity of dermally applied syntower bottoms in rats. *Fundam. Appl. Toxicol.* 35(2):166-176.

Feuston, M.H., Kerstetter, S.L., Singer, E.J., Mehlman, M.A. 1989. Developmental toxicity of clarified slurry oil applied dermally to rats. *Toxicol. Ind. Health* 5(3):587-599.

Feuston, M.H., Low, L.K., Hamilton, C.E., Mackerer, C.R. 1994. Correlation of systemic and developmental toxicities with chemical component classes of refinery streams. *Fundam. Appl. Toxicol.* 22(4):622-630.

Feuston, M.H., Mackerer, C.R. 1996. Developmental toxicity of clarified slurry oil, syntower bottoms, and distillate aromatic extract administered as a single oral dose to pregnant rats. *J. Toxicol. Environ. Health* 49(1):45-66.

FracFocus. 2013. Chemical Disclosure Registry. Accès : <http://fracfocus.ca/>

Freestone, F.J. 1972. Runoff of Oils from Rural Roads Treated to Suppress Dust. National Environmental Research Center, Environmental Protection Agency des États-Unis. Cincinnati (OH), EPA-R2-72-054.

[FS] Fiche signalétique. 2007. HAGO [heavy atmospheric gas oil (gazoles atmosphériques lourds)]. Calgary (Alb.) : NOVA Chemicals. Accès : www.novachem.com/appl/prodfinder/docs/chemical/HeavyAtmosphericGasOil_MSDS_EN.pdf

Fuhr, B. 2008. Hydrocarbon Composition of Fuel Products for Risk Assessment Modelling. Rapport final. Edmonton (Alb.) : Alberta Research Council, Fuels and Lubricants Laboratory. Environnement Canada.

Giddings, J.M., Parkhurst, B.R., Gehrs, C.W., Millemann, R.E. 1980. Toxicity of a coal liquefaction product to aquatic organisms. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 25:1-6. [cité dans CONCAWE, 1998].

Gustafson, J.B., Tell, J.G., Orem, D. 1997. Selection of representative TPH fractions based on fate and transport considerations. Vol. 3. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series, Association for Environmental Health and Sciences Foundation. 109 p. Accès : www.aehsfoundation.org/publications.aspx

Hebert, G.W., Kussat, R.H. 1972. A laboratory evaluation of the toxicity of certain oils and chemical oil dispersants to juvenile coho salmon and staghorn sculpins. [s.l.] : Direction des services aux pêcheurs, région du Pacifique, Direction des opérations dans le Nord, Service des pêches du ministère de l'Environnement du Canada. Rapport technique 1972-6.

Hoberman, A.M., Christian, M.S., Lovre, S., Roth, R., Koschier, F. 1995. Developmental toxicity study of clarified slurry oil (CSO) in the rat. *Fundam. Appl. Toxicol.* 28(1):34-40.

Hollister, T.A., Ward, G.S., Parrish, P.R. 1980. Acute toxicity of a #6 fuel oil to marine organisms. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 24:656-661.

[HYDROWIN]. Aqueous Hydrolysis Fate Program for Windows [modèle d'évaluation]. 2008. Version 2.00. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis, Office of Pollution Prevention and Toxics; Syracuse (NY) : Syracuse Research Corporation. Accès : www.epa.gov/oppt/exposure/pubs/episuite.htm

[INRP] Liste des substances de l'Inventaire national des rejets de polluants [base de données sur Internet]. 2013. Gatineau (Qc) : Environnement Canada. Accès : <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=E2BFC2DB-1>

- Jimenez, B.D., Cirno, C.P., McCarthy, J.F. 1987. Effects of feeding and temperature on uptake, elimination and metabolism of benzo(a)pyrene in the bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Aquat. Toxicol.* 10:41-57.
- Kreich, A.J. 1990. Evaluation of hot mix asphalt for leachability. Indianapolis (IND) : Heritage Research Group.
- Lampi, M., Paumen, M.L., Parkerton, T. 2010. An evaluation of the persistence, bioaccumulation and toxicity of petroleum hydrocarbons. Rapport préparé pour CONCAWE, Bruxelles (Belgique). Annandale (NJ) : ExxonMobil Biomedical Sciences, Inc.; Machelen (Belgique) : ExxonMobil Petroleum and Chemical.
- Legret, M., Odie, L., Demare, D., Jullien, A. 2005. Leaching of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons from reclaimed asphalt pavement. *Water Res.* 39 : 3675-3685.
- Lyman, W., Reehl, W., Rosenblatt, D. (éd.) 1990. Handbook of Chemical Property Estimation Methods. Environmental Behaviour of Organic Compounds. Washington (DC) : American Chemical Society.
- MacLean, M.M., Doe, K.G. 1989. The comparative toxicity of crude and refined oils to *Daphnia magna* and *Artemia*. Rapport manuscrit EE-111. Ottawa (Ont.) : Environnement Canada. 72 p. [cité dans Environnement Canada, 2010].
- McCarthy, J.F., Jimenez, B.D., Barbee, T. 1985. Effect of dissolved humic material on accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons: Structure-activity relationships. *Aquat. Toxicol.* 7:145-156.
- McKee, R.H., Nicolich, M.J., Scala, R.A., Lewis, S.C. 1990. Estimation of epidermal carcinogenic potency. *Fundam. Appl. Toxicol.* 15(2):320-328.
- [Meridian]. 2009. Meridian Report of Consumer Products. Rapport inédit. Ottawa (Ont.) : Santé Canada, Bureau de l'évaluation des risques des substances existantes.
- Metzler, S.C., Bider, W.L., Beachey, J.E., Hunt, R.C., Jarvis, C., Schewe, G., Ungers, L. 1984. Evaluation of Health and Environmental Problems Associated with the Use Of Waste Oil as a Dust Suppressant. Environmental Protection Agency des États-Unis. Office of Solid Waste (WH-565) EPA Contract No. 68-02-3173.
- Michigan. 2010. Michigan Department of Natural Resources and Environment. Oil Intoxication [en ligne]. Lansing (MI) : State of Michigan. [consulté le 17 février 2010]. Accès : http://www.michigan.gov/dnr/0,1607,7-153-10370_12150_12220-27243--,00.html
- [Mobil] Mobil Oil Corporation. 1987a. Clarified slurry oil: developmental toxicity study in rats. Study No. 50541. Princeton (NJ) : Mobil Oil Corporation, Environmental and Health Science Laboratory. [cité dans BESC, 2000a].
- [Mobil] Mobil Oil Corporation. 1987b. A static 96-hour acute toxicity study of process oil to bluegill sunfish. Pennington (NJ) : Mobil Environmental and Health Science Laboratory. [cité dans API, 2004].
- [Mobil] Mobil Oil Corporation. 1987c. A static 48-hour acute toxicity study of process oil to *Daphnia magna*. Pennington (NJ) : Mobil Environmental and Health Science Laboratory. [cité dans API, 2004].
- [Mobil] Mobil Oil Corporation. 1987d. A static 96-hour acute toxicity study of process oil to *Selenastrum capricornutum*. Pennington (NJ) : Mobil Environmental and Health Science Laboratory. [cité dans API, 2004].

[Mobil] Mobil Oil Corporation. 1990. Developmental toxicity study in rats exposed dermally to Ferndale syntower bottoms. Study No. 62934. Princeton (NJ) : Mobil Oil Corporation, Environmental and Health Science Laboratory. [cité dans BESC, 2000a].

[Mobil] Mobil Oil Corporation. 1994. Developmental toxicity study in rats exposed dermally to heavy coker gas oil (HCGO). Study No. 64168. Princeton (NJ) : Mobil Oil Corporation, Environmental and Health Science Laboratory. [cité dans BESC, 2000a].

Muijs B., Jonker M., 2010. A closer look at bioaccumulation of petroleum hydrocarbon mixtures in aquatic worms. *Environ. Toxicol. Chem.* 29(9), p.1943 à 1949.

Neff, J.M., Anderson, J.W. 1981. Response of marine animals to petroleum and specific petroleum hydrocarbons. Londres (Royaume-Uni) : Applied Science Publishers Ltd. [cité dans CONCAWE, 1998].

[OCDE] Organisation de coopération et de développement économiques. 2004. The 2004 OECD List of High Production Volume Chemicals. Paris (France) : Organisation de coopération et de développement économiques, Direction de l'environnement. Accès : <http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-assessment/33883530.pdf>

Pancirov, R., Brown, R. 1975. Analytical methods for polynuclear aromatic hydrocarbons in crude oils, heating oils, and marine tissues. Proceedings of a Conference on Prevention and Control of Oil Pollution, San Francisco (CA). Washington (DC) : American Petroleum Institute. p. 103-113. [cité dans Potter et Simmons, 1998].

[PetroTox] [modèle d'évaluation]. 2009. Version 3.04. Bruxelles (Belgique) : Organisation européenne des compagnies pétrolières pour l'environnement, la santé et la sécurité (CONCAWE). Accès : <http://www.concawe.be/Content/Default.asp?PageID=241>

Potter, T., Simmons, K. 1998. Composition of petroleum mixtures. vol. 2. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series, Association for Environmental Health and Sciences Foundation. 109 p. Accès : www.aehsfoundation.org/publications.aspx

Rhodes, S.W., Risher, J.F. 1995. Toxicology profile for fuel oils. Atlanta (GA) : US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology/Toxicology Information Branch. 231 p.

[RMRI] Risk Management Research Institute Canada Inc. 2007. Quantitative Assessment of Oil Spill Risk for the South Coast of Newfoundland and Labrador. Rapport préliminaire. St. John's (T.-N.-L.) : Transports Canada. Report No.: Ref. CAN/0179/R003.

Rossi, S.S., Anderson, J.W., Ward, G.S. 1976. Toxicity of water-soluble fractions of four test oils for the polychaetous annelids, *Neanthes arenaceodentata* and *Capitella capitata*. *Environ. Pollut.* 10:9-18.

Salem, H., Katz, S.A. (éd.) 2006. Inhalation toxicology. 2^e éd. Boca Raton (FL) : CRC Press, Taylor & Francis Group.

[SENES] SENES Consultants Limited. 2009. Review of current and proposed regulatory and non-regulatory management tools pertaining to selected petroleum substances under the Chemicals Management Plan. Ottawa (Ont.) : Santé Canada, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. Richmond Hill (Ont.)

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

- [SPARC]. 2009. SPARC Performs Automated Reasoning In Chemistry. [en ligne]. Environmental Protection Agency des États-Unis. Ecosystems Research Division. Accès : <http://www.epa.gov/athens/research/projects/sparc/>
- Sprague, J.B., Carson, W.G. 1970. Toxicity tests with oil dispersants in connection with oil spill at Chedabucto Bay, Nova Scotia. [s.l.] : Conseil de recherches sur les pêcheries du Canada. Rapport technique n° 201.
- Strobel, C.J., Brenowitz, A.H. 1981. Effects of bunker C oil on juvenile horseshoe crabs (*Limulus polyphemus*). *Estuaries* 4(2):157-159.
- Szaro, R.C. 1979. Bunker C fuel oil reduces mallard egg hatchability. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 22:731-732.
- Szaro, R.C., Albers, P.H., Coon, N. 1978. Petroleum: effects on mallard egg hatchability. *J. Wildl. Manag.* 42(2):404-406.
- Tagatz, M.E. 1961. Reduced oxygen tolerance and toxicity of petroleum products to juvenile American shad. *Chesapeake Sci.* 2:65-71.
- Tatem, H.E., Cox, B.A., Anderson, J.W. 1978. The toxicity of oils and petroleum hydrocarbons to estuarine crustaceans. *Estuarine Coastal Mar. Sci.* 6:365-373.
- [TOPKAT] Toxicity Prediction by Komputer Assisted Technology [en ligne]. 2004. Version 6.1. San Diego (CA) : Accelrys Software Inc.
- [TRI] Toxics Release Inventory Program. TRI-Listed Chemicals. [base de données sur Internet]. 2012. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis. [consulté le 27 février 2014]. Accès : <http://www.epa.gov/tri/trichemicals/index.htm>
- United States House of Representatives. 2011. Chemicals used in hydraulic fracturing. Washington (DC) : United States House of Representatives. Committee on Energy and Commerce. Minority Staff. Accès : <http://democrats.energycommerce.house.gov/sites/default/files/documents/Hydraulic-Fracturing-Chemicals-2011-4-18.pdf>
- [USEPA] Environmental Protection Agency des États-Unis. 2008. AP 42. 5^e éd, vol. 1, chap. 5 : Petroleum industry. Section 5.2. Transportation and marketing of petroleum liquids. Washington (DC) : Environmental Protection Agency des États-Unis. Accès : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/final/c05s02.pdf>
- Varanasi, U., Stein, J., Nishimoto, M. 1989. Biotransformation and disposition of PAH in fish. In: Varanasi, U. (éd.) *Metabolism of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment*. Boca Raton (FL) : CRC Press. p. 93-150. [cité dans Burkhard et Lukasewycz, 2000].
- Weinstein, J.E., Oris, J.T. 1999. Humic acids reduce the bioaccumulation and photoinduced toxicity of fluoranthene to fish. *Environ. Toxicol. Chem.* 18(9):2087-2094.
- White, D.H., Kirke, K.A., Coon, N.C. 1979. Effect of No. 2 fuel oil on hatchability of marine and estuarine bird eggs. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 21:7-10.

Annexes

Annexe A : Groupes de substances pétrolières

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

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

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

Annexe B : Tableaux des données sur les propriétés physiques et chimiques des mazouts lourds

Tableau B.1. Identité des substances présentes dans les mazouts lourds

N° CAS et nom sur la Liste intérieure des substances	Principaux composants et gamme des nombres d'atome de carbone	Rapport approximatif entre les composés aliphatiques et les composés aromatiques	Fraction massique de HAP comportant de 4 à 7 cycles
64741-57-7 Gazoles (pétrole), lourds, distillation sous vide	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; C ₂₀ -C ₅₀ ^a	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c
64741-62-4 Huiles clarifiées (pétrole), craquage catalytique	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; plus de 20 atomes de carbone ^a	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c
64741-67-9 Résidus de fractionnement (pétrole), reformage catalytique	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; C ₁₀ -C ₂₅ ^c	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c
64741-81-7 Distillats lourds (pétrole), craquage thermique	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; C ₁₅ -C ₃₆ ^c	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c
64742-59-2 Gazoles (pétrole), hydrotraités sous vide	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; C ₁₃ -C ₅₀ ^c	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c
64742-90-1 Résidus (pétrole), vapocraquage	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; plus de 14 atomes de carbone	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c
68955-27-1 Distillats (pétrole), résidus de pétrole, sous vide	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques; C ₂₀ -C ₅₀ ^d	50/50 à 40/60 ^b	plus de 5 % ^c

^a API, 2011

^b API, 2004

^c CONCAWE, 1998

^d D'après des similarités avec la substance portant le n° CAS 64741-57-7

Tableau B.2. Gammes des points d'ébullition des mazouts lourds (CONCAWE, 1998)

N° CAS	Gamme des points d'ébullition (°C)	Nombre d'atomes de carbone	Référence
64741-57-7	350-600	C ₂₀ -C ₅₀	CONCAWE, 1998
64741-62-4	Plus de 350	Plus de 20 atomes de carbone	CONCAWE, 1998
64741-67-9	160-400	C ₁₀ -C ₂₅	CONCAWE, 1998
64741-81-7	260-480	C ₁₅ -C ₃₆	CONCAWE, 1998
64742-59-2	244-570	C ₁₃ -C ₅₀	CONCAWE, 2010
64742-90-1	Plus de 260	plus de 14 atomes de carbone	CONCAWE, 1998
68955-27-1	262 (350-600) ^a	C ₂₀ -C ₅₀	CONCAWE, 2010; API, 2004

^a Basé sur des similarités avec la substance portant le n° CAS 64741-57-7

Tableau B.3. Propriétés physiques et chimiques des structures représentatives des mazouts lourds^a**Alcanes**

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa) ^b
C ₁₀ <i>n</i> -décane (124-18-5)	174,1 (expt.)	29,7 (expt.)	191 (expt.)
C ₁₂ dodécane (112-40-3)	216,3 (expt.)	9,6 (expt.)	18 (expt.)
C ₁₅ pentadécane (629-62-9)	270,6 (expt.)	9,9 (expt.)	0,457 (expt.)
C ₂₀ éicosane (112-95-8)	343 (expt.)	36,8 (expt.)	6,2 × 10 ⁻⁴ (expt.)

Isoalcane

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₀ 4-méthylnonane (17301-94-9)	165,7 (expt.)	-99 (expt.)	339
C ₁₂ 2,3-diméthyldécane (17312-44-6)	181,4	43	165
C ₁₅ 2-méthyltétradécane (1560-95-8)	250,2	1,5	5,8
C ₂₀ 3-méthylnonadécane (6418-45-7)	326,3	39,5	0,092
C ₃₀ hexaméthyltétracosane (111-01-3)	408,5	74,7	0,037

Cycloalcane à un cycle

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₀ butylcyclohexane (1678-93-9)	180,9 (expt.)	-74,7 (expt.)	175 (expt.)
C ₁₂ <i>n</i> -hexylcyclohexane (4292-75-5)	224 (expt.)	43 (expt.)	15,2 (expt.)
C ₁₅ nonylcyclohexane (2883-02-5)	282 (expt.)	-10 (expt.)	0,331 (expt.)
C ₂₀ tétradécylcyclohexane (1795-18-2)	360 (expt.)	24 (expt.)	0,02
C ₃₀ 1,5-diméthyl-1-(3,7,11,15-tétraméthyl octadécyl) cyclohexane	421	103	1,5 × 10 ⁴
C ₅₀	674,2	294	5,6 × 10 ⁻¹³

Cycloalcanes à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₂ dicyclohexyle (1,1'-bicyclohexyle) (92-51-3)	238 (expt.)	4 (expt.)	14,4 (expt.)
C ₁₅ pentaméthyldécane (91-17-8)	187,3 (expt.)	30,3 (expt.)	163 (expt.)
C ₂₀ 2-(2,4-diméthyl-octyl)décane	323	41	0,1
C ₃₀ 2-(2,4,6,10,14-pentaméthyl-dodécyl)décane	420,3	105,9	0,0001
C ₅₀	663,8	289,1	1,2 × 10 ⁻¹²

Polycycloalcanes

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₄ hydrophénanthrène	255	21	4.5
C ₁₈ hydrochrysène	353 (expt.)	115 (expt.)	0,004
C ₂₂ hydropicène	365	108,1	0,003

Substances aromatiques à un cycle

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₂ 1,2,3-triéthylbenzène (42205-08-3)	229,59	11,85	10,6
C ₁₅ 2-nonylbenzène (1081-77-2)	281 (expt.)	-24 (expt.)	0,76 (expt.)
C ₂₀ Tétradécylbenzène (1459-10-5)	359 (expt.)	16 (expt.)	0,0038 (expt.)
C ₃₀ 1-benzyl-4,8,12,16-tétraméthyl éicosane	437	131	1,1 × 10 ⁻⁵
C ₅₀	697	304	2,0 × 10 ⁻¹⁴

Cycloalcanes à un cycle aromatique

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₀ tétraline (tétrahydronaphthalène) 119-64-2	102-104 (expt.)	-35,7 (expt.)	49,1 (expt.)
C ₁₅ (methyl)octahydrophénanthrène	267,11	27,85	2,34
C ₂₀ (éthyl)dodécahydrochrysène	338,41	81,93	0,0191

Substances à deux cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₂ biphényle (92-52-4)	256,1 (expt.)	69 (expt.)	1,2 (expt.)
C ₁₅ 4-isopropylbiphényle (7116-95-2)	308	43,7	0,109
C ₂₀ 2-isodécylnaphtalène	366,4	99,5	0,0014
C ₃₀ 2-(4,8,14,18-tétraméthyl hexadécyl)naphtalène	469	170,6	7,1 × 10 ⁻⁷
C ₅₀	722	316	3,1 × 10 ⁻¹⁵

Cycloalcanes à deux cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₂ acénaphène (83-32-9)	279 (expt.)	93,4 (expt.)	0,287 (expt.)
C ₁₅ Éthylfluorène (65319-49-5)	337,6	94,6	0,0073
C ₂₀ isoheptylfluorène	380	126,3	0,00032

Substances à trois cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₅ 2-méthylphénanthrène (2531-84-2)	155-160 (expt.)	57-59 (expt.)	0,009
C ₂₀ 2-isoheptylphénanthrène	331	67,3	0,039
C ₃₀ 2-(2,4,10-triméthyltridécyl)phénanthrène	493	191,6	9,8 × 10 ⁻⁸
C ₅₀	746	327,5	4,9 × 10 ⁻¹³

HAP à quatre cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₁₆ Fluoranthène (206-44-0)	384 (expt.)	107,8 (expt.)	1,2 × 10 ⁻³ (expt.)
C ₂₀ benzo[<i>k</i>]fluoranthène (207-08-9)	480 (expt.)	217 (expt.)	1,3 × 10 ⁻⁷ (expt.)

HAP à cinq cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa)^b
C ₂₀ benzo[<i>a</i>]pyrène (50-32-8)	495 (expt.)	176,5 (expt.)	7,3 × 10 ⁻⁷
C ₃₀ diméthyl-octylbenzo[<i>a</i>]pyrène	544,8 (expt.)	217 (expt.)	1,6 × 10 ⁻⁹

HAP à six cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Point d'ébullition (°C)	Point de fusion (°C)	Pression de vapeur (Pa) ^b
C ₂₂ benzo[<i>g,h,i</i>]pérylène (191-24-2)	plus de 500 (expt.)	278 (expt.)	1,3 × 10 ⁻⁸ (expt.)

Tableau B-3. Propriétés physiques et chimiques des structures représentatives des mazouts lourds^a

Alcanes

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₀ <i>n</i> -décane (124-18-5)	5,2 × 10 ⁵ (expt.)	5,01 (expt.)	4,3	0,05 (expt.)
C ₁₂ dodécane (112-40-3)	829 000 (expt.)	6,1 (expt.)	5,3	0,0037 (expt.)
C ₁₅ pentadécane (629-62-9)	1,3 × 10 ⁶ (expt.)	7,7	6,7	7,6 × 10 ⁻⁵ (expt.)
C ₂₀ éicosane (112-95-8)	2,2 × 10 ⁷	10,2	8,8	0,019 (expt.)
C ₃₀ triacontane (638-68-6)	6,8 × 10 ⁸	15,1	13,1	8,58 × 10 ⁻¹¹

Isoalcanes

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m³/mol)^c	Log K_{oe}	Log K_{co}	Solubilité aqueuse (mg/L)^d
C ₁₀ 4-méthylnonane (17301-94-9)	8,2 × 10 ⁵	5,2	4,5	0,97
C ₁₂ 2,3-diméthyldécane (17312-44-6)	2 × 10 ⁶	6,1	5,3	0,11
C ₁₅ 2-méthyltétradécane (1560-95-8)	4,6 × 10 ⁶	7,6	6,6	3,3 × 10 ⁻³
C ₂₀ 3-méthylnonadécane (6418-45-7)	2,6 × 10 ⁷	10,1	8,8	1,1 × 10 ⁻⁵
C ₃₀ hexaméthyltétracosane (111-01-3)	2,1 × 10 ⁹	14,6	12,7	2 × 10 ⁻¹⁰

Cycloalcanes à un cycle

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m³/mol)^c	Log K_{oe}	Log K_{co}	Solubilité aqueuse (mg/L)^d
C ₁₀ butylcyclohexane (1678-93-9)	9,4 × 10 ⁴	5,1	4,4	1,2
C ₁₂ n-hexylcyclohexane (4292-75-5)	1,9 × 10 ⁵	6,1	5,3	0,14
C ₁₅ nonylcyclohexane (2883-02-5)	5,3 × 10 ⁵	7,5	6,5	0,005
C ₂₀ tétradécylcyclohexane	3 × 10 ⁶	10,0	8,7	1,7 × 10 ⁻⁶

(1795-18-2)				
C ₃₀ 1,5-diméthyl-1-(3,7,11,15-tétraméthylodécyl)cyclohexane	2,9 × 10 ⁸	14,5	13	4,2 × 10 ⁻⁷
C ₅₀	2 × 10 ¹¹	24,4	21,2	1,4 × 10 ⁻²⁰

Cycloalcanes à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₂ dicyclohexyle (1,1'-bicyclohexyle) (92-51-3)	2,6 × 10 ⁴	5,86	5,08	0,21
C ₁₅ pentaméthyl-décane (91-17-8)	4,8 × 10 ⁴	4,2	3,7	0,89
C ₂₀ 2-(2,4-diméthyl-octyl)-décane	7,2 × 10 ⁴	8,9	7,7	1,2 × 10 ⁻⁴
C ₃₀ 2-(2,4,6,10,14-pentaméthyl-dodécyl)-décane	3,9 × 10 ⁷	13,6	11,8	1,7 × 10 ⁻⁹
C ₅₀	5,7 × 10 ¹⁰	23,3	20,2	1,4 × 10 ⁻¹⁹

Polycycloalcanes

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₄ hydrophénanthrène	8,6 × 10 ³	5,2	4,5	0,49
C ₁₈ hydrochrysène	5,7 × 10 ³	6,2	5,4	0,011
C ₂₂ hydropicène	3,8 × 10 ³	7,3	6,3	0,0022

Substances aromatiques à un cycle

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de la loi de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
Substances aromatiques monocycliques				
C ₁₂ 1,2,3-triéthylbenzène (42205-08-3)	2,5 × 10 ³	5,1	4,4	2,9
C ₁₅ 2-nonylbenzène (1081-77-2)	1 × 10 ⁴	7,1 (expt.)	6,2	0,024
C ₂₀ tétradécylbenzène	5,7 × 10 ⁴	10	8,6	5,2 × 10 ⁵
C ₂₀ 1-benzyl-4,8-diméthyl- dodécane	8,2 × 10 ⁴	8,8	7,6	5,5 × 10 ⁻⁵
C ₃₀ 1-benzyl-4,8,12,16- tétraméthyléicosane	3,8 × 10 ⁶	13,5	11,8	6,8 × 10 ⁻⁹
C ₅₀	1 × 10 ⁹	23,8	20,7	1,7 × 10 ⁻¹⁹

Cycloalcanes monoaromatiques

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₀ tétraline (tétrahydronaphtalène) 119-64-2	138 (expt.)	3,5 (expt.)	3	47 (expt.)
C ₁₅ méthyl-octa-hydrophénanthrène	1,5 × 10 ⁴	5,6	4,9	0,18
C ₂₀ (éthyl)dodécahydrochrysène	1,4 × 10 ⁴	7,2	6,2	0,0039

Substances aromatiques à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₂ biphényle (92-52-4)	31,2 (expt.)	4 (expt.)	3,3 (expt.)	6,94 (expt.)
C ₁₅ 4-isopropylbiphényle (7116-95-2)	98,7	5,5 (expt.)	4,8	0,90
C ₂₀ 2-isodécylnaphtalène	1 190	8,1	7	0,0024
C ₃₀ 2-(4,8,14,18- tétraméthylhexadécyl)- naphtalène	5,4 × 10 ⁴	12,8	11,1	3 × 10 ⁻⁸
C ₅₀	8,6 × 10 ⁶	23,3	20,2	5,6 × 10 ⁻¹⁹

Cycloalcanes à deux cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₂ acénaphène (83-32-9)	18,6 (expt.)	3,9 (expt.)	3,6 (expt.)	3,9 (expt.)
C ₁₅ éthylfluorène	5,6	5,1	4,4	0,17
C ₂₀ isoheptylfluorène	32,7	7,5	6,5	5,9 × 10 ⁻⁴

Substances à trois cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₅ 2-méthylphénanthrène (2531-84-2)	2,78	5,2 (expt.) et 4,86 (expt.)	4,2	0,28 (expt.)
C ₂₀ 2-isohexylphénanthrène	9,9 × 10 ⁴	8	7	6,9 × 10 ⁻⁴
C ₃₀ 2-(2,4,10-triméthyltridécylophénanthrène	942	12	10,4	1,2 × 10 ⁻⁸
C ₅₀	3,1 × 10 ⁵	23,0	19,3	3,5 × 10 ⁻¹⁹

HAP à quatre cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₁₆ Fluoranthène (206-44-0)	0,9 (expt.)	5,2 (expt.)	4,8 (expt.)	0,26 (expt.)
C ₂₀ benzo[<i>k</i>]fluoranthène (207-08-9)	0,60 (expt.)	6,1 (expt.)	5,6 (expt.)	0,0008 (expt.)

HAP à cinq cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₂₀ benzo[<i>a</i>]pyrène (50-32-8)	0,046 (expt.)	6,1 (expt.)	6 (expt.)	0,0016 (expt.)
C ₃₀ diméthyl-octyl-benzo[<i>a</i>]pyrène	0,78	10,9	9,5	1,2 × 10 ⁻⁷

HAP à six cycles

Nombre d'atomes de carbone, nom de la substance (n° CAS)	Constante de Henry (Pa·m ³ /mol) ^c	Log K _{oe}	Log K _{co}	Solubilité aqueuse (mg/L) ^d
C ₂₂ benzo[<i>g,h,i</i>]pérylène (191-24-2)	0,033	6,6	5,8	0,00026 (expt.)

^a Toutes les valeurs sont modélisées, sauf celles comportant la mention (expt.), indiquant une valeur expérimentale.

^b Il s'agit de la pression de vapeur maximale de la substance de remplacement; la pression de vapeur réelle en tant que composant d'un mélange sera plus faible en raison de la loi de Raoult (la pression de vapeur totale du mélange idéal est proportionnelle à la somme des pressions de vapeur des fractions molaires de chaque composant individuel). Les structures représentatives les plus légères comportant 9 atomes de carbone et les plus lourdes comportant 50 atomes de carbone ont été sélectionnées pour évaluer une gamme de pressions de vapeur de la valeur minimale à la valeur maximale.

^c Les constantes de la loi de Henry pour les structures représentatives comportant de 20 à 30 atomes de carbone ont été calculées avec la version 3.10 du modèle HENRYWIN de EPI Suite (2008), en utilisant la solubilité et la pression de vapeur des liquides sous-refroidis. Les constantes de la loi de Henry pour les structures représentatives comportant 50 atomes de carbone n'ont pas été calculées, car aucune donnée n'était disponible sur la solubilité des liquides sous-refroidis. Les données relatives à la solubilité ont donné des valeurs anormalement élevées pour les substances dont la solubilité et la volatilité sont négligeables.

^d La solubilité maximale dans l'eau a été estimée pour chaque substance de remplacement selon les propriétés physiques et chimiques individuelles. La solubilité réelle dans l'eau du composant dans un mélange diminuera, étant donné que l'hydrosolubilité totale d'un mélange idéal est proportionnelle à la somme des valeurs de solubilité dans l'eau des fractions molaires de chaque composant individuel (Banerjee, 1984).

Tableau B.4. Structures représentatives utilisées pour chaque n° CAS

Alcanes

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₀	174	-	-	Oui
C ₁₅	271	-	-	Oui

C ₂₀	343	-	-	Oui
C ₃₀	450	Oui	Oui	-
C ₅₀	548	Oui	Oui	-

Isoalcanes

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₀	166	-	-	Oui
C ₁₅	250	-	-	Oui
C ₂₀	326	-	-	Oui
C ₃₀	350	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	548	Oui	Oui	-

Cycloalcanes à un cycle

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₀	181	-	-	Oui
C ₁₅	282	-	-	Oui
C ₂₀	360	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	421	Oui	Oui	-
C ₅₀	699	-	Oui	-

Cycloalcanes à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₂	256	-	-	Oui
C ₁₅	244	-	-	Oui
C ₂₀	339	-	-	Oui
C ₃₀	420	Oui	Oui	-
C ₅₀	687	-	Oui	-

Polycycloalcanes

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₄	255	-	-	Oui
C ₁₈	316	-	-	Oui
C ₂₂	365	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à un cycle

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₁	205	-	-	Oui
C ₁₅	281	-	-	Oui
C ₂₀	359	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	437	Oui	Oui	-

C ₅₀	697	-	Oui	-
-----------------	-----	---	-----	---

Cycloalcanes monoaromatiques

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₀	208	-	-	Oui
C ₁₅	285	-	-	Oui
C ₂₀	351	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₅	308	-	-	Oui
C ₂₀	373	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	469	Oui	Oui	-
C ₅₀	722	-	Oui	-

Cycloalcanes à deux cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₂	279	-	-	Oui
C ₁₅	321	-	-	Oui
C ₂₀	374	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à trois cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₅	350	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	398	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	493	Oui	Oui	-
C ₅₀	746	-	Oui	-

Substances aromatiques à quatre cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₁₆	384	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	480	Oui	Oui	-

Substances aromatiques à cinq cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₂₀	495	Oui	Oui	-
C ₃₀	545	Oui	Oui	-

Substances aromatiques à six cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-57-7 / 68955-27-1	64741-62-4	64741-67-9
C ₂₂	Plus de 500	Oui	Oui	-

Alcanes

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₀	174	-	-	-
C ₁₅	271	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	343	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	450	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	548	-	Oui	Oui

Isoalcanes

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₀	166	-	-	-
C ₁₅	250	-	Oui	-
C ₂₀	326	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	350	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	548	-	Oui	Oui

Cycloalcanes à un cycle

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₀	181	-	-	-
C ₁₅	282	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	360	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	421	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	699	-	-	Oui

Cycloalcanes à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₂	256	-	Oui	-
C ₁₅	244	-	Oui	-
C ₂₀	339	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	420	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	687	-	-	Oui

Polycycloalcanes

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
----------------------------	-------------------------	------------	------------	------------

C ₁₄	255	-	Oui	-
C ₁₈	316	Oui	Oui	Oui
C ₂₂	365	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à un cycle

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₁	205	-	-	-
C ₁₅	281	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	359	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	437	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	697	-	-	Oui

Cycloalcanes à un cycle aromatique

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₀	208	-	-	-
C ₁₅	285	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	351	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à deux cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₅	308	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	373	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	469	Oui	Oui	Oui
C ₅₀	722	-	-	Oui

Cycloalcanes à deux cycles aromatiques

Nombre d'atomes de carbonnes	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₂	279	Oui	Oui	Oui
C ₁₅	321	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	374	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à trois cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₅	350	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	398	Oui	Oui	Oui
C ₃₀	493	-	Oui	Oui
C ₅₀	746	-	-	Oui

Substances aromatiques à quatre cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₁₆	384	Oui	Oui	Oui
C ₂₀	480	Oui	Oui	Oui

Substances aromatiques à cinq cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₂₀	495	-	Oui	Oui
C ₃₀	545	-	Oui	Oui

Substances aromatiques à six cycles

Nombre d'atomes de carbone	Point d'ébullition (°C)	64741-81-7	64742-59-2	64742-90-1
C ₂₂	Plus de 500	-	Oui	Oui

Annexe C. Estimation des rejets

Tableau C.1. Volumes de rejets déclarés et extrapolés et nombre de déversements de mazouts lourds au Canada de 2002 à 2012, d'après les données historiques sur les déversements de mazouts C provenant de la base de données NEMISIS, (Environnement Canada, 2013a)

Année	Volume moyen des déversements (litre)	Volume maximal d'un déversement unique (en litre)	Volume médian des déversements (litre)	Nombre de déversements signalés	% de déversements à volume inconnu	Volume total déversé connu (litre)	Volume total déversé extrapolé (en litre) ^a
2002	1 089	11 350	210	43	35	30 490	88 356
2003	1 782	19 794	114	35	40	37 432	91 441
2004	2 685	35 000	57	28	46	40 276	90 427
2005	2 388	18 160	191	32	31	52 536	91 114
2006	1 317	15 000	250	24	29	22 391	49 395
2007	135	454	79	15	27	1 483	16 914
2008	20 255	178 000	5	11	18	182 296	190 012
2009	1 190	5 000	200	15	53	8 330	39 191
2010	23 369	181 560	145	10	20	186 952	194 667
2011	131	400	107	12	33	1051	16 482
2012	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
-	-	-	-	-	Volume total déversé	563 236	868 001

^a Le volume total extrapolé a été calculé à l'aide d'une estimation proportionnelle des déversements connus afin de déterminer la fréquence et le volume des déversements inconnus, en supposant que la distribution des rejets déclarés était représentative de tous les rejets.

Tableau C.2a. Sources de rejets de mazouts lourds au Canada de 2002 à 2012 (Environnement Canada, 2013a)

Source	Nombre total de déversements	Volume déversé (L)	Part du volume total	Volume moyen déversé (L)
Autre embarcation	37	192 733	0,34	8 031
Pipeline	9	187 521	0,33	26 789
Autre	38	70 801	0,13	2 529
Autres installations industrielles	24	39 115	0,07	1 863
Camion-citerne	13	36 193	0,06	3 290
Raffinerie	15	13 770	0,02	1 148
Autres installations de stockage	11	11 457	0,02	1 637
Inconnu	27	4 911	0,01	702
Dépôt	5	4 266	0,01	711

Source	Nombre total de déversements	Volume déversé (L)	Part du volume total	Volume moyen déversé (L)
Train	4	945	Moins de 0,01	473
Terminal maritime	13	523	Moins de 0,01	75
Réservoir de chauffage domestique	1	250	Moins de 0,01	250
Équipement électrique	2	227	Moins de 0,01	114
Vraquier	7	205	Moins de 0,01	103
Camion de transport	2	133	Moins de 0,01	66
Navire de cargaison	1	114	Moins de 0,01	114
Barge	3	50	Moins de 0,01	50
Navire-citerne	4	12	Moins de 0,01	4
Autres véhicules automobiles	3	9	Moins de 0,01	9
Champ de production	2	1	Moins de 0,01	1
Usine chimique	1	0	0	s.o. ^a
Égouts municipaux	1	0	0	n.d.
Station-service	2	0	0	n.d.
Total	225	563 236	1	3 858

^an.d. : données non disponibles

Tableau C.2b. Causes de rejets de mazouts lourds au Canada de 2002 à 2012 (Environnement Canada, 2013a)

Cause	Nombre total de déversements	Volume déversé (L)	Proportion du volume	Volume moyen déversé (L)
Fuite sur un tuyau	47	255 281	0,21	7 091
Inconnue	46	6 659	0,20	370
Autre	40	39 436	0,18	1 643
Débordement	26	11 736	0,12	533
Déchargement	17	5 095	0,08	637
Fuites de réservoirs hors sol	14	47 112	0,06	4 283
Fuite de valves ou de raccords	12	3 403	0,05	309

Cause	Nombre total de déversements	Volume déversé (L)	Proportion du volume	Volume moyen déversé (L)
Fuite de conteneurs	10	9 503	0,04	1 188
Échouement	5	182 450	0,02	91 225
Renversement	3	1 592	0,01	796
Explosion d'un puits	2	500	0,01	250
Déraillement	1	n.d. ^a	Moins de 0,01	s. o.
Dérèglement d'un processus	1	68	Moins de 0,01	68
Naufrage	1	400	Moins de 0,01	400
Total	225	563 236	1	3 858

^a n.d. : données non disponibles

Tableau C.2c. Raisons des rejets de mazouts lourds au Canada de 2002 à 2012 (Environnement Canada, 2013a)

Raison	Nombre total de déversements	Volume déversé (L)	Proportion du volume	Volume moyen déversé (L)
Défaillance de l'équipement	42	242 132	0,43	8 648
Inconnue	76	216 767	0,38	5 859
Négligence	3	35 000	0,06	35 000
Défaillance du matériel	27	30 822	0,05	1 622
Erreur humaine	42	14 584	0,03	417
Raccords, joint	6	9 743	0,02	1 624
Autre	19	5 566	0,01	428
Dommages causés par l'équipement	3	5 520	0,01	1 840
Panne de courant	2	2 270	Moins de 0,01	2 270
Corrosion	3	650	Moins de 0,01	325
Rejet volontaire	2	182	Moins de 0,01	182
Total	225	563 236	1	3 858

Annexe D. Potentiel de persistance ou de bioaccumulation élevé dans l'environnement des composants des mazouts lourds

Tableau D.1. Volume estimé d'eau en contact avec du pétrole (m³ x 10⁶) dans le cadre des processus de chargement/déchargement et de transport d'hydrocarbures par navire pour des déversements de différentes tailles (RMRI, 2007)

Ampleur des déversements (barils)	Chargement/déchargement	Transport
1 - 49	60	5 750
50 - 999	150	6 250
1 000 - 9 999	300	9 600
10 000 - 99 999	2 200	17 350
100 000 - 199 999	32 500	49 500
Plus de 200 000	35 000	74 100

Tableau D.2. Une analyse des données sur la persistance des hydrocarbures pétroliers représentative des mazouts lourds, d'après Environnement Canada (2014)

Nombre d'atomes de carbone	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₈	C ₂₀	C ₂₂	C ₃₀	C ₅₀
<i>n</i> -alcane	-	-	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	-	-	-	s. o.	-	-
<i>i</i> -alcane	-	-	s. o.	-	-	s. o.	-	s. o.	-	s. o.	S, E, Sd	-
Alcane mono-cyclique	-	-	s. o.	-	s. o.	s. o.	-	s. o.	-	s. o.	Sd	S, E, Sd
Alcane bicyclique	Sd	s. o.	s. o.	Sd	s. o.	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	S, E, Sd
Alcane polycyclique	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	s. o.
Substance monoaromatique	Sd	s. o.	Sd	S, E, Sd	s. o.	s. o.	Sd	s. o.	-	s. o.	Sd	Sd
Cycloalcane monoaromatique	S, E, Sd	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	s. o.	s. o.
Substance diaromatique	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	S, E, Sd
Cycloalcane diaromatique	s. o.	-	-	S, E, Sd	A	s. o.	-	s. o.	-	s. o.	s. o.	s. o.

Substances aromatiques tricycliques	s. o.	s. o.	s. o.	A	s. o.	A, S, E, Sd	-	s. o.	-	s. o.	S, E, Sd	S, E, Sd
Substances polyaromatiques à quatre cycles	s. o.	s. o.	A, S, E, Sd	S, E, Sd	s. o.	s. o.	s. o.					
Substances polyaromatiques à cinq cycles	s. o.	s. o.	s. o.	A, S, E, Sd	s. o.	S, E, Sd	s. o.					
Substances polyaromatiques à six cycles	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	A, S, E, Sd	s. o.	s. o.					

A - Demi-vie prévue dans l'air de deux jours ou plus

S - Demi-vie prévue dans le sol de six mois ou plus

E - Demi-vie prévue dans l'eau de six mois ou plus

Sd - Demi-vie prévue dans les sédiments de six mois ou plus

s. o. - Indique qu'aucun de ces nombres d'atomes de carbone n'existe au sein du groupe ou que la structure n'a pas été modélisée

- Indique que ces structures ne sont pas considérées comme pouvant persister dans l'air, le sol, l'eau ou les sédiments.

Tableau D.3. Une analyse des données de bioaccumulation modélisées et expérimentales des hydrocarbures pétroliers représentative des mazouts lourds d'après Environnement Canada (2014)

Nombre d'atomes de carbone ^a	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₈	C ₂₀	C ₂₂	C ₂₅
<i>n</i>-alcane	-	-	s. o.	-	-	-	-	-	-	s. o.	s. o.
<i>i</i>-alcane	-	-	s. o.	-	B	s. o.	B	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Monocyclo-alcane	-	-	s. o.	B	s. o.	s. o.	B	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Alcane dicycliques	-	-	s. o.	B	-	s. o.	B	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Alcane polycycliques	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	B	s. o.	-	s. o.	B	s. o.
Substances monoaromatiques	-	-	-	-	s. o.	s. o.	B	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Cycloalcane monoaromatiques	-	-	s. o.	-	s. o.	s. o.	B	s. o.	B	s. o.	s. o.
Substances diaromatiques	s. o.	-	-	B	B	-	-	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.
Cycloalcane diaromatiques	s. o.	s. o.	s. o.	-	-	-	-	s. o.	B	s. o.	s. o.
Substances aromatiques tricycliques	s. o.	s. o.	s. o.	-	s. o.	B	-	s. o.	B	s. o.	s. o.
Substances polyaromatiques à quatre cycles	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	B	B	B	s. o.	s. o.
Substances polyaromatiques à cinq cycles	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	B	B	s. o.
Substances polyaromatiques à six cycles	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	s. o.	B	s. o.

^aLes structures comportant un nombre d'atomes de carbone supérieur à 25 ne devraient pas se bioaccumuler.

B - Caractère bioaccumulable très élevé prévu avec un FBC/FBA supérieur à 5 000.

s. o. - Indique qu'aucun de ces nombres d'atomes de carbone n'existe au sein du groupe ou que la structure n'a pas été prise en compte.

- Indique que ces structures ne sont pas considérées comme étant très bioaccumulables.

Annexe E. Résumé des renseignements sur les effets sur la santé humaine

Tableau E.1. Renseignements sur les effets critiques des mazouts lourds du groupe 4 sur la santé

Paramètres	N° CAS	Niveaux des effets ^a /résultats
Effets aigus sur la santé	64741-57-7 64741-62-4 64741-81-7 64742-90-1	DL₅₀ par voie cutanée (lapin) : supérieur à 2 000 mg/kg p.c. (deux sexes) pour les essais relatifs à quatre n ^{os} CAS (API, 2004; BESC, 2000b).
Effets sur les mères, la reproduction et le développement	64741-62-4	Seuil d'effet critique : 50 mg/kg p.c. par jour pour des augmentations liées à la dose dans les résorptions complètes et précoces, et pourcentage de résorption ou de mort des conceptus par portée, seulement après une exposition après les jours de gestation 6 à 8 (début de l'organogenèse). On a également observé chez les mères des baisses liées à la dose pour l'apport alimentaire et le gain de poids corporel. On a appliqué des doses de 1, 50 ou 250 mg/kg p.c. par jour sur la peau rasée de rates CD (Sprague-Dawley) gravides (10 animaux par dose, par groupe), une fois par jour pendant 6 heures/jour, durant les jours de gestation 0 à 2, 3 à 5, 6 à 8, 9 à 11, 12 à 14, 15 à 17 ou 18 à 19 (c.-à-d. expositions par pulsations). À une dose de 250 mg/kg p.c. par jour, on a observé une hausse des résorptions lorsque l'exposition a eu lieu des jours de gestation 9 à 11 (fin de l'organogénèse) (Hoberman <i>et al.</i> , 1995).
	64741-62-4	DMENO pour la reproduction et le développement, par voie cutanée : à une dose 1 mg/kg p.c. par jour , on a observé une diminution liée à la dose de l'apport alimentaire maternel, du poids corporel (plus de 5 % à cette dose), du gain de poids corporel et du poids de l'utérus gravide, et la présence d'exsudats vaginaux rouges; une augmentation liée à la dose des résorptions complètes et précoces, du pourcentage de résorption ou de mort des conceptus par portée, et une diminution du nombre de fœtus vivants; une augmentation des variations fœtales associées à une diminution du poids corporel du fœtus (ces effets sont des

		retards réversibles du développement). On a appliqué continuellement des doses de 0,05, 1, 10, 50 ou 250 mg/kg p.c. par jour sur la peau rasée de rates CD (Sprague-Dawley) gravides (25 animaux par dose) durant les jours de gestation 0 à 19 (Hoberman <i>et al.</i> , 1995).
	64741-62-4	Autre étude par voie cutanée : On a appliqué continuellement des doses de 4, 8, 30, 125 ou 500 mg/kg p.c. par jour sur la peau rasée de rates CD (Sprague-Dawley) gravides (10 à 15 animaux pour chaque dose) durant les jours de gestation 0 à 19 (on a administré la dose de 4 mg/kg p.c. par jour en donnant 8 mg/kg p.c. à tous les deux jours). À une dose supérieure ou égale à 8 mg/kg p.c. par jour , on a constaté une composition chimique anormale du sérum et une réduction du gain de poids corporel, ainsi que des exsudats vaginaux rouges chez les mères; une augmentation des résorptions et une diminution de la taille des portées liées à la dose; une diminution du poids corporel des fœtus liée à la dose. À une dose de 125 mg/kg p.c. par jour , on a observé des changements du poids du thymus et du foie chez les mères. À une dose de 500 mg/kg p.c. par jour , on a observé des malformations fœtales (Feuston <i>et al.</i> , 1997; Mobil, 1990).
	64741-62-4	Autre étude par voie cutanée : On a appliqué continuellement des doses de 4, 8, 30, 125 ou 250 mg/kg p.c. par jour sur la peau rasée de rates CD (Sprague-Dawley) gravides (10 animaux pour chaque dose) durant les jours de gestation 0 à 19 (on a administré la dose de 4 mg/kg p.c. par jour en donnant 8 mg/kg p.c. à tous les deux jours). À une dose supérieure ou égale à 8 mg/kg p.c. par jour , on a observé une diminution liée à la dose de l'apport alimentaire et du poids corporel des mères; un développement externe anormal des fœtus vivants et morts (ces derniers effets se produisent avec une faible incidence). À une dose supérieure ou égale à 30 mg/kg p.c. par jour , on a observé une augmentation liée à la dose des résorptions, du nombre de femelles n'ayant aucun rejeton viable et du pourcentage de morts/ résorptions par portée, ainsi qu'une diminution du nombre de fœtus viables; une diminution liée à la

		dose du poids corporel des fœtus et de la longueur vertex-coccyx, ainsi que des anomalies squelettiques et viscérales. À une dose de 250 mg/kg p.c. par jour , on a observé une atrophie du thymus et une diminution du poids du thymus et du foie, ainsi qu'une augmentation des niveaux de phosphatase alcaline sérique chez les femelles; l'absence de fœtus viables (Feuston <i>et al.</i> , 1989; Mobil, 1987a).
	64741-81-7	Autre étude sur l'exposition par voie cutanée : Des doses de 8, 30, 125 ou 250 mg/kg p.c. par jour ont été appliquées continuellement sur la peau rasée de rates Sprague-Dawley gravides (15 animaux par dose) durant les jours de gestation 0 à 19. À une dose supérieure ou égale à 8 mg/kg p.c. par jour , on a observé une diminution liée à la dose du poids du thymus, une augmentation du poids du foie et des irritations de la peau chez les mères. À une dose supérieure ou égale à 30 mg/kg p.c. par jour , on a observé de la pâleur et de l'émaciation liées à la dose, ainsi que des exsudats vaginaux rouges chez les mères; et une augmentation des résorptions liées à la dose. À une dose supérieure ou égale à 125 mg/kg p.c. par jour , on a observé une diminution du poids corporel des fœtus liée à la dose. À une dose de 250 mg/kg p.c. par jour , on a observé un état moribond chez les mères (Mobil, 1994).
	64741-62-4	Étude sur l'exposition par voie orale : Des rates Sprague-Dawley gravides se sont vu administrer par gavage (10 animaux par groupe) une dose unique de 2 000 mg/kg p.c. durant une journée de leur gestation, soit des jours 11-15 (afin d'établir le profil des effets sur le développement en fonction du jour de gestation), ou des doses uniques de 125, 500 ou 2 000 mg/kg p.c. pendant le 12 ^e jour de gestation (afin d'établir le profil des effets sur le développement en fonction des doses). (1) Relation entre les effets sur le développement et le jour de gestation - À une dose de 2 000 mg/kg p.c. , on a observé une diminution de la consommation d'aliments, du gain de poids corporel et du poids du thymus, ainsi que des exsudats vaginaux rouges, des taches périnatales

		<p>et une diminution de fèces chez les mères (quel que soit le jour de gestation); une augmentation des résorptions et une diminution de la taille des portées (surtout durant les jours de gestation 11 à 12); une diminution du poids corporel des fœtus (quel que soit le jour de gestation) et une augmentation des anomalies squelettiques (irréversibles) (surtout durant les jours de gestation 12 à 14).</p> <p>(2) Relation entre les effets sur le développement et la dose - à une dose supérieure ou égale à 125 mg/kg p.c. par jour, on a observé une diminution liée à la dose de l'apport alimentaire, du gain de poids corporel et du poids du thymus chez les mères; une augmentation des résorptions et une diminution de la taille des portées liées à la dose; une diminution du poids corporel des fœtus et une augmentation des anomalies squelettiques (irréversibles) liées à la dose (Feuston et Mackerer, 1996).</p>
Cancérogénicité	64741-62-4	<p>Étude sur l'exposition par voie cutanée : Des groupes de souris C3H mâles (50 souris par dose) se sont vu administrer 25 µL d'huile clarifiée de craquage catalytique à des concentrations de 1, 2, 5, 10 ou 20 % (8,4, 16,8, 42, 83,8 ou 167,6 mg/kg p.c.)^{b,c,d,e} dans l'huile minérale, 3 fois par semaine pendant toute leur vie. À une concentration de 1 %, 9 des 50 souris exposées à l'huile présentaient des tumeurs (4 carcinomes et 5 papillomes). À une concentration de 2 %, 34 des 50 souris exposées présentaient des tumeurs (30 carcinomes et 4 papillomes avec une période de latence de 92 semaines). À une concentration de 5 %, 46 des 50 souris exposées présentaient des tumeurs (46 carcinomes avec une période de latence de 61 semaines). À une concentration de 10 %, 48 des 50 souris exposées présentaient des tumeurs (47 carcinomes et 1 papillome avec une période de latence de 45 semaines). À une concentration de 20 %, 50 des 50 souris exposées présentaient des tumeurs (50 carcinomes avec une période de latence de 36 semaines). Des 610 souris soumises au témoin négatif (huile minérale très raffinée) de cette étude et de deux autres études similaires réalisées par le même auteur, seulement deux ont</p>

		présenté des papillomes bénins et aucune n'a présenté de carcinomes (McKee <i>et al.</i> , 1990).
	64741-62-4	Étude sur l'exposition par voie cutanée (initiation) : Des groupes de souris CD mâles (30 souris par groupe) se sont vu administrer 50 µL d'huile clarifiée de craquage catalytique à une concentration de 1 % (16,8 mg/kg p.c.) ^{b, c, e} dans le toluène, 1 fois par jour pendant 5 jours consécutifs. Après une période de repos de 2 semaines, on a appliqué le promoteur phorbol 12-myristate 13-acétate 2 fois par semaine, pendant 25 semaines. On a observé une augmentation significative de l'incidence des tumeurs cutanées (26 des 30 souris exposées à l'huile présentaient des tumeurs après 16 semaines) (API, 1989).

^aDL₅₀, dose létale moyenne; DMENO, dose minimale avec effet nocif observé.

^b Comme le poids corporel (p.c.) n'était pas indiqué, les normes de laboratoire de Salem et Katz (2006) ont été utilisées.

^c La formule suivante a été utilisée pour la conversion des valeurs fournies en mg/kg p.c. : (% de dilution x x mL x ρ)/p.c.

^d Comme la densité n'était pas indiquée, la densité de CONCAWE (1998) a été utilisée.

^e Dilution volume/volume présumée.