

**Méthodologie d'élaboration de l'outil
d'aide à l'évaluation et au soutien à la
gestion des risques pour la santé lors
d'un déversement de produits pétroliers
pouvant affecter l'eau potable**

RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

MAI 2025

RAPPORT MÉTHODOLOGIQUE

AUTRICE

Géraldine Patey, conseillère scientifique spécialisée
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

SOUS LA COORDINATION DE

Marie-Eve Levasseur, cheffe de secteur
Jean-Bernard Gamache, chef d'unité scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

COLLABORATION

Marie-Hélène Bourgault, conseillère scientifique
Patrick Levallois, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive (jusqu'en février 2024)
Mathieu Valcke, conseiller scientifique spécialisé
Vicky Huppé, conseillère scientifique
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Geneviève Grenier, conseillère scientifique
Secrétariat général

RÉVISION

Anne Carabin, analyste en toxicologie
Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
Richard Carrier, chef section évaluation chimique
Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Santé Canada
Nicolas Parenteau, médecin spécialiste en santé publique et médecine préventive
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec
François Proulx, chimiste et professeur associé
Chaire de recherche en eau potable, Université Laval

REMERCIEMENTS

L'autrice souhaite remercier sincèrement toutes les personnes ayant collaboré au projet ou l'ayant révisé ainsi que les membres du comité de validation qui ont accepté de partager leur temps et leur expertise lors de la réalisation du présent document. Elle souhaite également remercier Julie Brodeur pour son soutien, ses commentaires et ses suggestions tout au long de l'élaboration du présent écrit.

COMITÉ DE VALIDATION

Nathalie Brault, agente de planification, de programmation et de recherche
Direction de santé publique de la Montérégie

Julie Brodeur, toxicologue
Direction de santé publique de Montréal

Carline Desroche, agente de planification, de programmation et de recherche
Direction de santé publique de Laval

Joric Goulet, conseiller scientifique (jusqu'en janvier 2025)
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Joannie Martel, conseillère en santé environnementale
Direction de santé publique de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec

Michel Savard, médecin-conseil
Direction de santé publique des Laurentides

La réviseuse et les réviseurs ont été conviés à apporter des commentaires sur la version préfinale de ce document et, en conséquence, n'en ont pas révisé ni endossé le contenu final.

L'autrice ainsi que les membres du comité de validation, la réviseuse et les réviseurs ainsi que les collaborateurs et collaboratrices ont dûment rempli leurs déclarations d'intérêts, et aucune situation à risque de conflits d'intérêts réels, apparents ou potentiels n'a été relevée.

MISE EN PAGE

Katia Raby, agente administrative
Direction de la santé environnementale, au travail et de la toxicologie

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en écrivant un courriel à : droits.dauteur.inspq@inspq.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 3^e trimestre 2025
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-555-02165-5 (PDF)
<https://doi.org/10.64490/AWKC3585>

© Gouvernement du Québec (2025)

AVANT-PROPOS

L'Institut national de santé publique du Québec est le centre d'expertise et de référence en matière de santé publique au Québec. Sa mission est de soutenir le ministre de la Santé et des Services sociaux dans sa mission de santé publique. L'Institut a également comme mission, dans la mesure déterminée par le mandat que lui confie le ministre, de soutenir Santé Québec, la Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik, le Conseil cri de la santé et des services sociaux de la Baie James et les établissements, dans l'exercice de leur mission de santé publique.

La collection *Recherche et développement* rassemble sous une même bannière une variété de productions scientifiques qui apportent de nouvelles connaissances techniques, méthodologiques ou autres d'intérêt large au corpus de savoirs scientifiques existants.

Le présent rapport méthodologique décrit la méthodologie d'élaboration de l'outil d'aide à l'évaluation et au soutien à la gestion des risques pour la santé lors d'un déversement de produits pétroliers pouvant affecter l'eau potable (**outil publié séparément du présent document**), les approches théoriques d'évaluation des risques pour la santé en cas de déversement de produits pétroliers dans l'eau potable élaborées par des organismes sanitaires ainsi qu'un exercice de sélection des composés chimiques d'intérêt prioritaire à surveiller lors d'un déversement de produits pétroliers.

Il a été élaboré dans le cadre de l'entente spécifique avec le ministère de la Santé et des Services sociaux relative à la protection de la santé publique.

Ce document s'adresse aux équipes professionnelles et aux médecins-conseils des directions de santé publique appelés à gérer le risque sanitaire découlant d'une contamination chimique de l'eau potable après un déversement de produits pétroliers, mais pourrait également s'avérer utile aux différents partenaires devant intervenir lors de tels événements.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	IV
GLOSSAIRE	V
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	VIII
FAITS SAILLANTS	1
1 INTRODUCTION	2
2 MÉTHODOLOGIE	3
2.1 Méthodologie générale du document.....	3
2.1.1 Objectifs.....	3
2.1.2 Stratégie de recherche documentaire.....	4
2.1.3 Limites méthodologiques du document.....	6
2.1.4 Révision par les pairs.....	7
2.2 Méthodologies spécifiques.....	7
2.2.1 Élaboration des tableaux sur les effets critiques des valeurs toxicologiques de référence des hydrocarbures d'intérêt prioritaire.....	7
2.2.2 Exercice de sélection des composés chimiques d'intérêt prioritaire à surveiller lors de déversements.....	8
3 APPROCHES THÉORIQUES D'ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ	12
3.1 Approche par indicateurs individuels.....	13
3.2 Approche par produit en entier.....	14
3.3 Approche par fractionnement.....	16
4 MÉTHODES ANALYTIQUES DISPONIBLES AU QUÉBEC	22
5 SYNTHÈSE ET ANALYSE DES APPROCHES	23
6 APPROCHE PROPOSÉE	29
6.1 Importance des caractéristiques organoleptiques pour une détection précoce.....	29
6.2 Fractionnement C10-C50 pour une caractérisation élargie.....	29
6.3 Approche d'évaluation des risques pour la santé par indicateurs individuels.....	29
7 EXERCICE DE SÉLECTION DES COMPOSÉS CHIMIQUES D'INTÉRÊT PRIORITAIRE À SURVEILLER	30
7.1 Résultats.....	30
7.1.1 Étape 1 : Sélection de composés chimiques d'intérêt prioritaire associés à des déversements de produits pétroliers normés par le Règlement sur la qualité de l'eau potable.....	30

7.1.2	Étape 2 : Sélection des hydrocarbures pétroliers d'intérêt prioritaire associés à des déversements de produits pétroliers visés par une recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada (Santé Canada).....	33
7.1.3	Étape 3 : Sélection des autres composés chimiques (hydrocarbure pétroliers, agents additifs et métaux) ayant des valeurs guides sanitaires pour des expositions aiguës, à court terme ou sous-chroniques.....	35
7.2	Conclusion de l'exercice de priorisation.....	42
8	RÉFÉRENCES.....	43
ANNEXE 1	STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE.....	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Critères de sélection des publications scientifiques.....	4
Tableau 2	Description des valeurs toxicologiques de référence des organismes retenus en fonction de la durée d'exposition	8
Tableau 3	Valeur guides sanitaires pour l'eau potable de trois types de produits entiers et méthodes analytiques utilisées par l'Hawaii State Department of Health (17)	16
Tableau 4	Fractionnement en équivalent carbone pour les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques retenus par le Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group de la U.S. EPA (15).....	17
Tableau 5	Gammes de carbone, indicateurs de référence et valeurs toxicologiques de référence selon trois organismes sanitaires.....	19
Tableau 6	Composé individuel ou substitut (mélange) retenu comme indicateur de référence pour chacune des fractions ainsi que leur valeur guide sanitaire (5).....	21
Tableau 7	Synthèse des diverses caractéristiques des approches d'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable.....	24

GLOSSAIRE

Précision : Les termes pétrole, pétrole brut, produits pétroliers, produits pétroliers raffinés et hydrocarbures pétroliers sont largement utilisés dans la littérature scientifique, le plus souvent pour désigner un mélange de substances composées principalement de carbone et d'hydrogène. Cependant, leur emploi et leur définition varient selon les organismes et les auteurs et autrices de la littérature blanche et grise. Dans ce contexte, afin d'éviter toute ambiguïté sur l'interprétation du sens de ces termes dans le document, des définitions générales sont présentées dans ce glossaire.

Concentration maximale acceptable (CMA) : Concentration dans l'eau potable considérée comme une valeur guide de gestion, puisqu'elle a été déterminée après une évaluation de l'applicabilité. La CMA est souvent équivalente à la valeur guide sanitaire (VGS) calculée par Santé Canada ou bien, parfois, elle est supérieure à celle-ci.

Eau brute : Eau prélevée en vue d'alimenter un système de distribution d'eau potable et qui n'a pas subi un traitement de potabilisation.

Eau potable : Eau destinée à la consommation humaine.

Effet avec seuil : Un effet toxique qui se manifeste seulement à partir d'une certaine dose ou d'une certaine concentration d'exposition (seuil) et qui n'est pas détecté significativement lors d'une exposition à des doses ou à des concentrations inférieures à ce seuil. En général, la plupart des effets sur le développement, les effets non cancérigènes ainsi que les effets cancérigènes associés à des agents non génotoxiques (cancérigènes épigénétiques) sont considérés comme des effets avec seuil (1).

Effet sans seuil : Un effet toxique ayant la probabilité de se manifester à toute dose ou à toute concentration d'exposition non nulle. Les effets cancérigènes causés par des agents génotoxiques qui causent directement des mutations à l'ADN sont généralement considérés comme sans seuil de dose (1). Exceptionnellement, certains effets non cancérigènes le sont également, par exemple les effets neurodéveloppementaux associés au plomb (2).

Émulsification : Processus par lequel un liquide est dispersé dans un autre sous forme de petites gouttelettes. Les produits dispersants sont des mélanges de tensioactifs, de liquides et de solvants. Les tensioactifs contenus dans le dispersant se concentrent à l'interface huile-eau et modifient les équilibres existants entre dispersion naturelle et émulsification. Ce processus favorise ainsi la mise en suspension du pétrole dans la colonne d'eau en petites gouttelettes.

Exposition aiguë : Durée d'exposition de moins de 24 heures (1 jour) à un contaminant.

Exposition chronique : Durée d'exposition à une substance toxique pendant plusieurs années, généralement plus de 10 % de l'espérance de vie de l'espèce – Exemple : Plus de 7 ans pour un humain dont la durée de la vie est fixée à 70 ans lors des évaluations du risque.

Exposition à court terme : Durée d'exposition à un contaminant allant de 24 heures (1 jour) à 30 jours.

Exposition à moyen terme : Voir l'exposition sous-chronique.

Exposition sous-chronique : Durée d'exposition à un contaminant allant de 30 jours à 10 % d'une vie (< 7 ans par défaut).

Population vulnérable (groupe) : Groupe d'individus qui présente, soit : 1) une réponse toxique accrue (sensibilité) à un contaminant donné; 2) une exposition plus importante que la moyenne à ce contaminant en raison, notamment, de l'âge, du genre ou des habitudes de vie. En anglais, le terme *susceptible subgroup* est souvent employé pour désigner un groupe vulnérable.

Hydrocarbures pétroliers : Terme largement utilisé pour désigner les composés qui contiennent de l'hydrogène et du carbone provenant du pétrole brut et des produits pétroliers raffinés.

Indice de risque (IR) : Outil utilisé pour évaluer la sécurité de l'eau potable en comparant deux valeurs importantes :

1. Concentration mesurée : C'est la quantité d'un contaminant spécifique trouvé dans l'eau potable.
2. Concentration de référence : C'est une norme ou une valeur guide qui indique la quantité maximale autorisée ou acceptable d'un contaminant dans l'eau potable pour que cette quantité soit considérée comme sûre.

L'IR est calculé en divisant la concentration mesurée par la concentration de référence. Si l'IR est supérieur à 1, cela signifie que la concentration du contaminant dépasse la norme de sécurité, indiquant un risque pour la santé. Cet indice est aussi communément associé au ratio entre la dose d'exposition à un contaminant et sa dose de référence.

Jugement professionnel des intervenants et des intervenantes de santé publique :

Jugement qui repose sur l'expertise scientifique d'un(-e) ou de plusieurs professionnels(-les) – Évaluation du risque au cas par cas ainsi que des enjeux techniques, économiques, sociaux, politiques et éthiques de la situation afin de prendre une décision ou entamer une action pour réduire le risque pour la santé humaine.

Norme : Concentration maximale d'un contaminant dans l'eau potable autorisée par la loi. Une norme tient compte des limites de faisabilité et de coûts liés aux analyses et au traitement de l'eau. La valeur de la norme peut être égale ou supérieure à une valeur guide sanitaire (VGS).

Produits pétroliers : Terme générique employé dans le document pour désigner les divers types de pétroles existants, à savoir le pétrole brut et les produits pétroliers issus du raffinage ou produits pétroliers raffinés.

Pétrole brut : Terme employé dans le document pour désigner le produit d'origine naturelle qui provient directement de l'exploitation des bassins sédimentaires, où il occupe les vides de roches poreuses appelés réservoirs.

Produits pétroliers raffinés : Terme employé dans le document pour désigner les produits pétroliers dérivés du pétrole brut au moyen du processus de raffinage. Ils comprennent, à titre d'exemple, les carburants comme l'essence, le diesel et le mazout.

Risque unitaire : Proportion de cas de cancer supplémentaires estimés au sein d'une population exposée chaque jour durant 70 ans à une dose ingérée donnée par unité de poids corporel, ou à une concentration moyenne dans l'air, par rapport à la proportion de cas attendus dans une population non exposée à ce même contaminant. Le risque unitaire correspond à la valeur toxicologique de référence pour les effets sans seuil. Les termes *facteur de pente de cancer*, *coefficient de cancérogénicité* ou *excès de risque unitaire* sont des synonymes de risque unitaire employés dans d'autres publications, notamment dans celles de Santé Canada (1).

Valeur guide (VG) : Concentration d'un contaminant chimique dans un milieu environnemental établie par un organisme sanitaire ou réglementaire, reconnue pour être basée uniquement sur des considérations sanitaires, soit une **valeur guide sanitaire** ou une **valeur guide de gestion**.

Valeur guide de gestion (VGG) : Concentration d'un contaminant dans un milieu environnemental établie par un organisme sanitaire ou réglementaire, qui n'est pas nécessairement basée sur des effets sanitaires. Cette valeur prend en compte des limites de faisabilité technique et économique (ex. : limite de détection méthodologique – LMD, système de traitement). Elle est notamment utilisée quand les **valeurs guides sanitaires** ne peuvent pas être appliquées ou déterminées.

Valeur guide sanitaire (VGS) : Concentration d'un contaminant chimique dans l'eau potable jugée adéquate au regard de la protection de la santé du consommateur ou de la consommatrice. Cette concentration n'a aucune valeur légale. De plus, elle est déterminée sans que soient considérées les limites techniques et économiques associées à son application. Dans certaines situations, les valeurs guides sanitaires (VGS) sont utilisées afin d'établir des normes, telles que celles publiées dans le Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP), le Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA) ou le Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains (RPRT). Les valeurs guides sanitaires sont fondées sur des valeurs toxicologiques de référence (1).

Valeur toxicologique de référence (VTR) : Valeur reflétant le potentiel toxique des contaminants pour la santé humaine. Elle est fondée soit sur un **effet toxique avec seuil**, soit sur un **effet toxique sans seuil**. S'il s'agit d'effets avec seuil, la valeur toxicologique de référence correspond à la dose ou à la concentration de référence. En revanche, s'il s'agit d'effets sans seuil, la valeur correspond au risque unitaire (1).

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BTEX	Benzène, toluène, éthylbenzène et xylène
CalEPA	California Environmental Protection Agency
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
CMA	Concentration maximale acceptable
COV	Composé organique volatil
DSPublique	Direction de santé publique
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
GSE	Groupe scientifique sur l'eau
HA	Hydrocarbure aliphatique
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IR	Indice de risque
ITRC	Interstate Technology and Regulatory Council
MassDEP	Massachusetts Department of Environmental Protection
MDH	Minnesota Department of Health
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
MSP	Ministère de la Sécurité publique
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
OMS	Organisation mondiale de la Santé
RQEP	Règlement sur la qualité de l'eau potable
SC	Santé Canada
U.S. EPA	United States Environmental Protection Agency
VGG	Valeur guide de gestion
VGS	Valeur guide sanitaire
VTR	Valeur toxicologique de référence

FAITS SAILLANTS

Ce document fait état de la méthodologie employée en vue d'élaborer l'outil d'aide à l'évaluation et au soutien à la gestion des risques pour la santé lors d'un déversement de produits pétroliers pouvant affecter l'eau potable (outil publié séparément du présent document). Il s'adresse principalement aux équipes professionnelles et aux médecins-conseils des directions de santé publique, mais peut également être utile aux partenaires devant intervenir dans la gestion des déversements accidentels.

Le présent écrit expose de façon détaillée les approches théoriques d'évaluation des risques pour la santé développées par divers organismes sanitaires pour les produits pétroliers. Il rend compte des méthodes analytiques employées au Québec pour l'analyse quantitative des produits pétroliers et de leurs composés dans l'eau et propose une approche d'évaluation des risques sanitaires adaptée aux réalités québécoises.

La sélection des composés chimiques d'intérêt prioritaire à surveiller en cas de déversement de produits pétroliers a été réalisée selon un processus méthodologique en trois étapes : 1) recenser les composés normés dans le Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP), incluant les hydrocarbures pétroliers, les agents additifs et les métaux présentant des risques cancérigènes (classe 1 du CIRC) ou des effets sur la reproduction et le développement; 2) déterminer les composés ayant une concentration maximale acceptable (CMA) établie par Santé Canada, incluant des critères similaires; et 3) répertorier d'autres composés disposant de valeurs guides sanitaires (VGS) pour des durées d'exposition aiguë, à court terme ou sous-chronique déterminées par des organismes sanitaires reconnus.

La publication de la méthodologie décrite dans le document vise à soutenir la compréhension de l'élaboration de l'outil d'aide à la décision et à garantir la transparence envers les personnes qui l'utiliseront et leurs partenaires.

Un outil comprenant un logigramme d'aide à la décision et un éventail de composantes a été élaboré pour accompagner cette démarche. En proposant une approche provinciale, l'Outil d'aide à l'évaluation et au soutien à la gestion des risques pour la santé lors d'un déversement de produits pétroliers pouvant affecter l'eau potable vise à guider les intervenants et les intervenantes dans l'approche d'évaluation des risques pour la santé humaine à adopter, depuis les premières étapes suivant le signalement d'un déversement dans l'eau brute ou dans l'eau potable distribuée jusqu'à l'interprétation des résultats d'analyse des composés chimiques dans l'eau. Il couvre non seulement les dépassements de normes chimiques du Règlement sur la qualité de l'eau potable (RQEP), mais également des substances chimiques non réglementées pour lesquelles des valeurs guides de gestion et des valeurs guides sanitaires sont établies, assurant ainsi une réponse adaptée à divers scénarios de contamination. L'outil fait l'objet d'une publication distincte : [Version web](#).

1 INTRODUCTION

Les déversements accidentels de produits pétroliers dans l'eau potable représentent un défi pour la santé publique. En cas de contamination, les directions de santé publique (DSPublique) jouent un rôle clé dans l'évaluation des risques sanitaires. Ce processus devient d'autant plus complexe lorsque les responsables des systèmes de distribution d'eau ne disposent pas de sources d'approvisionnement alternatives en eau potable.

Devant ces enjeux, la nécessité de déterminer l'approche la plus appropriée pour évaluer et soutenir la gestion des risques pour la santé s'est imposée afin d'aider les intervenants et les intervenantes dans la gestion des déversements accidentels. Le présent document décrit la démarche méthodologique utilisée pour l'élaboration de l'*Outil d'aide à l'évaluation et au soutien à la gestion des risques pour la santé lors d'un déversement de produits pétroliers pouvant affecter l'eau potable* et décrit de façon approfondie les approches théoriques d'évaluation des risques pour la santé développées par certains organismes sanitaires en ce qui a trait aux produits pétroliers. Il fait état d'une approche proposée en vue d'évaluer les risques pour la santé, en tenant compte des contraintes liées à la faisabilité analytique au Québec. Enfin, il rapporte les résultats de l'exercice de sélection des composés chimiques d'intérêt prioritaire à surveiller lors de déversements de produits pétroliers.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 Méthodologie générale du document

La démarche méthodologique employée pour la rédaction de l'outil s'inspire de celle utilisée pour l'élaboration des fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine du Groupe scientifique sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) ainsi que des démarches décrites dans les documents clés publiés par l'INSPQ sur la thématique de l'évaluation et de la gestion des risques en santé environnementale, tels *l'Outil d'aide à la décision lors de dépassement de normes ou de contaminations chimiques dans l'eau potable* (3) et *La gestion des risques en santé publique au Québec : cadre de référence* (4).

Pour mener la recherche documentaire et élaborer le présent document, une équipe de travail interne a été constituée. De plus, un groupe d'utilisateurs et d'utilisatrices composé de cinq DSPublique et d'un membre de l'Équipe des urgences de l'INSPQ a été formé en vue de valider le format du document proposé. Les sections suivantes fournissent une description détaillée de la démarche.

2.1.1 Objectifs

L'objectif général du projet est de proposer un outil d'aide pour évaluer et soutenir la gestion du risque pour la santé en cas de déversement de produits pétroliers dans l'eau potable.

Les objectifs spécifiques de la recherche qui sous-tendent l'objectif général sont les suivants :

1. Déterminer une approche d'évaluation du risque pour la santé sur de courtes durées (aiguë et subchronique) et de différentes voies d'exposition (orale, cutanée, par inhalation), qui tient compte des procédures et des méthodes analytiques développées et utilisées au Québec.
2. Établir les valeurs guides disponibles et leur usage selon l'approche d'évaluation de risque retenue.

Les résultats de **l'objectif 1** sont présentés à la section 3 *Approches théoriques d'évaluation des risques pour la santé*. Des consultations auprès d'experts et d'expertes dans le domaine de l'analyse et de l'évaluation des risques lors de déversements de produits pétroliers ainsi que d'intervenants et d'intervenantes en santé publique ont été menées pour valider le recours à ces méthodes au Québec. Les valeurs guides recensées pour répondre à **l'objectif 2** sont indiquées dans la fiche d'information sur les hydrocarbures et autres composés chimiques associés à un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable de l'outil d'aide à la décision et dans la section 7 *Exercice de sélection des composés d'intérêt prioritaire à surveiller*.

2.1.2 Stratégie de recherche documentaire

Littérature scientifique

En vue de respecter l'objectif 1, soit identifier une approche d'évaluation du risque pour la santé pour de courtes durées (aiguë et subchronique) et différentes voies d'exposition (orale, cutanée, par inhalation), une consultation de la littérature scientifique a été menée avec le soutien d'une bibliothécaire de l'INSPQ pour élaborer la stratégie de recherche documentaire. Les détails de cette recherche ainsi que l'organigramme Prisma à ce propos sont détaillés à l'annexe 1.

Brièvement, la recherche de la littérature scientifique a été effectuée le 5 août 2021 et a été relancée le 11 janvier 2023. Lors de cette recherche, l'équipe de travail et la bibliothécaire ont consulté deux bases de données bibliographiques : Embase et Environment Complete. Une consultation supplémentaire des articles de la base de données Google Scholar (100 premiers résultats) a permis de compléter la recherche initiale. Quatre concepts de recherche ont été retenus, soit évaluation des risques (concept 1), hydrocarbures (concept 2), eau potable (concept 3) et déversement (concept 4). La recherche s'est concentrée sur les articles publiés entre 2008, soit la date de publication du document de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) intitulé *Petroleum products in drinking water* (5), et 2023. Sur la base des critères d'inclusion et d'exclusion mentionnés ci-dessous, le processus de sélection des articles a été réalisé en deux étapes : une étape de présélection après lecture du titre et du résumé et une sélection finale après lecture du texte intégral. Pour minimiser les biais, deux évaluateurs ont révisé indépendamment les études et, si ces deux évaluateurs n'arrivaient pas à faire consensus sur une évaluation commune, l'avis d'un troisième évaluateur était pris en compte afin de parvenir à un accord. Seuls les articles révisés par les pairs ont été retenus pour le processus de sélection des études. Aucune appréciation de la qualité des études primaires n'a été formulée.

Tableau 1 Critères de sélection des publications scientifiques

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Étude sur différents scénarios de déversement d'hydrocarbures pétroliers (ex. : essence, diesel, kérosène, etc.).	Contamination par des HAP sans lien avec un déversement d'hydrocarbures pétroliers.
Évaluation du risque pour la santé reliée à la présence de composés d'hydrocarbures pétroliers (ex. : BTEX).	Évaluation des risques environnementaux (ex. : sédiments, sol), des risques écotoxicologiques ou des risques pour la santé associés aux métabolites issus des hydrocarbures.
Contamination de l'eau potable ou des prises d'eau potable (souterraine et de surface).	Contamination multiple par diverses substances chimiques autres que les hydrocarbures.
Évaluation du risque pour la santé de la population générale (incluant une évaluation du risque global pour la santé ou une simple comparaison des données d'hydrocarbures avec des normes ou des valeurs guides sanitaires).	Portant sur les risques pour la santé des eaux récréatives, des eaux usées, ou des eaux utilisées en contexte hospitalier.
	Études sur la décontamination des réseaux d'eau ou l'élimination de résidus totaux présents dans l'eau potable.

Extraction des données

Les données de chacune des études retenues ont été extraites et présentées dans un tableau d'après les catégories suivantes : le nom de l'auteur et le titre, le pays et la ville, les objectifs, le type de scénario ou événement de déversement, le type de produit pétrolier, les composés présents dans le produit pétrolier, le type d'eau contaminée, la population exposée, les contaminants analysés, l'approche de gestion de risque pour la santé utilisée, les dépassements de normes ou de valeurs guides des contaminants dans l'eau, les actions entreprises et les limites de l'approche. L'extraction des données a été réalisée par un premier membre du groupe de travail, suivie d'une révision indépendante par un second membre. Cette démarche a permis de garantir que l'extraction soit validée par au moins deux personnes. En cas de désaccord, des échanges entre les évaluateurs ont permis d'obtenir un consensus.

Littérature grise

En complément, une recherche exhaustive de la littérature grise a été lancée le 17 novembre 2021 et relancée le 11 janvier 2023 afin de respecter les objectifs spécifiques 1 et 2. Cette recherche s'est effectuée en deux étapes.

Dans un premier temps, l'équipe de travail a réalisé une consultation des sections thématiques sur l'eau potable, les hydrocarbures et les déversements de produits pétroliers des sites Internet d'organismes publics nationaux et internationaux pour recenser les informations les plus récentes sur le sujet. Pour ce faire, elle s'est référée à la *Méthodologie de recherche et de sélection de valeurs toxicologiques de référence publiées par les organismes reconnus* (1). La consultation s'est concentrée particulièrement sur les sites Internet des neuf organismes suivants :

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses);
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR);
- Massachusetts Department of Environmental Protection (MassDEP);
- Minnesota Department of Health (MDH);
- Organisation mondiale de la Santé (OMS);
- Santé Canada (SC);
- United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA);
- California Environmental Protection Agency (CalEPA);
- Interstate Technology and Regulatory Council (ITRC).

Dans un deuxième temps, une stratégie de recherche a été élaborée afin de repérer des rapports techniques, des études de cas ou des bilans rédigés lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau (de surface, souterraine ou d'un réseau de distribution). Pour cette recherche, les sites Internet des organismes de santé publique, de santé environnementale et d'urgences environnementales; des municipalités et des entreprises privées spécialisées en

environnement ont été consultés à l'aide des mots clés suivants (en français et en anglais) : produits pétroliers OR hydrocarbures OR pétrole OR essence OR diesel OR kerosene OR "huile de chauffage" OR déversement OR déraillement OR bris OR rupture OR accident. Les titres présentés dans les différentes pages des moteurs de recherche Google et Ophla, du réseau Santécom et du catalogue CUBIQ ont été explorés. L'équipe de travail cessait la recherche lorsque les titres présentés dans les 50 premiers résultats consécutifs étaient jugés non pertinents. Quant à la sélection initiale des documents, l'équipe l'a effectuée en fonction du titre du document et d'une lecture sommaire, en se basant sur les critères de sélection établis pour la littérature scientifique (tableau 1). La révision par les pairs n'était pas requise, et aucune évaluation de la qualité des documents n'a été réalisée à l'aide d'une grille spécifique. À la suite de la première sélection, 24 références ont été recensées pour leur pertinence et ont été consultées. Ce complément de littérature a permis de soutenir l'élaboration de l'outil ainsi que de la section 7 du présent document intitulée *Exercice de priorisation sur les composés d'intérêt à surveiller*.

Consultation d'experts et d'expertes

Des rencontres de groupe avec des experts et des expertes en chimie organique du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), et des chercheurs et des chercheuses de l'Université Laval ainsi qu'avec des intervenants et des intervenantes de terrain du MELCCFP spécialisés dans les situations d'urgences environnementales, tels des déversements de produits pétroliers, ont permis de compléter les connaissances rapportées dans la littérature scientifique ainsi que de répondre plus précisément à l'objectif 3, c'est-à-dire de tenir compte des procédures et des méthodes analytiques développées et utilisées au Québec.

2.1.3 Limites méthodologiques du document

L'élaboration du document comporte certaines limites méthodologiques, notamment au regard de l'approche d'évaluation proposée. En effet, comme cela ne faisait pas partie de l'objectif, la stratégie de recherche n'a pas inclus la question de l'hypothèse de l'additivité au mélange complexe des produits pétroliers contenant des dizaines ou des centaines de composés. Cette approche s'applique aux substances ayant des mécanismes toxicologiques similaires et un même système cible (hypothèse de l'additivité des effets considérés comme similaires). Elle repose sur des incertitudes liées à l'estimation du risque, notamment lorsque le nombre de composés dans le mélange augmente. Cela est dû au fait que chaque estimation du risque ou du niveau acceptable de chaque composant est associée à une certaine marge d'erreur et d'incertitude. Il est également important de souligner que la sélection des composés d'intérêt prioritaire à surveiller ainsi que des normes, des recommandations canadiennes et des valeurs guides adoptées à leur propos a été réalisée en suivant l'approche de deuxième niveau présentée dans la *Méthodologie de recherche et de sélection de valeurs toxicologiques de référence publiées par les organismes reconnus* (1) afin d'outiller rapidement les intervenants et les intervenantes de santé publique. Ces composés et leurs critères pourraient être adaptés, ou d'autres substances pourraient être ajoutées en fonction des nouvelles données scientifiques.

2.1.4 Révision par les pairs

La version prédéfinitive du document a été révisée par des collaborateurs et des collaboratrices reconnus pour leur expertise dans le domaine et qui n'ont pas participé à la rédaction (voir le [Cadre de référence sur la révision par les pairs des publications scientifiques de l'Institut national de santé publique du Québec](#)). Ces personnes incluent des réviseurs et des réviseuses de l'INSPQ qui sont membres du Groupe scientifique sur l'eau (GSE), de l'Équipe scientifique sur les risques toxicologiques et radiologiques (ESRTR) et de l'Équipe scientifique sur les urgences en santé environnementale (ESUSE), ainsi que des réviseurs et des réviseuses externes, à savoir des experts et des expertes de ministères provinciaux et fédéraux (plus précisément, du ministère de la Santé et des Services sociaux [MSSS], du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MELCCFP] ainsi que de Santé Canada), un chercheur de l'Université Laval ainsi qu'un groupe de travail formé des principaux utilisateurs et utilisatrices, c'est-à-dire les directions de santé publique (DSPublique).

2.2 Méthodologies spécifiques

2.2.1 Élaboration des tableaux sur les effets critiques des valeurs toxicologiques de référence des hydrocarbures d'intérêt prioritaire

Pour chaque composé et durée d'exposition, une recherche des valeurs toxicologiques de référence (VTR)¹ a été réalisée parmi celles des organismes sanitaires reconnus par l'INSPQ afin d'identifier les effets les plus sensibles retenus selon la durée d'exposition par ingestion – aiguë, à court terme, sous-chronique et chronique (1). Plusieurs organismes sont identifiés par l'INSPQ (6), mais seulement trois ont été sélectionnés, car ils sont parmi les seuls qui présentent des VTR pour plusieurs durées d'exposition. Il s'agit des *Minimal Risk Levels*² de l'ATSDR et des VTR³ du MDH et de la U.S. EPA (PPRTV)⁴. Il faut noter que la U.S. EPA a publié également des valeurs (*Health Advisories*) pour des durées d'exposition aiguë et à court terme notamment (soit 1 et 10 jours). Cependant, le fondement de ces dernières valeurs est peu accessible en ligne, et leur mise à jour n'est pas fréquente (plusieurs valeurs datent des années 1980 à 2000). Pour cette raison, les *Health Advisories* n'ont pas été retenues aux fins du présent exercice.

Les durées d'exposition retenues s'appuient sur celles définies par la U.S. EPA (7). Le tableau 6 montre la répartition des VTR des organismes retenus, colligées en fonction de la durée d'exposition.

¹ VTR : Valeur toxicologique de référence.

² MRL : *Minimal Risk Level*.

³ MDH : Minnesota Department of Health.

⁴ PPRTV : *Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values*.

Tableau 2 Description des valeurs toxicologiques de référence des organismes retenus en fonction de la durée d'exposition

	Définition de la U.S. EPA (2002)	VTR de l'ATSDR	VTR de la U.S. EPA (PPRTV)	VTR du MDH
Exposition aiguë	24 heures ou moins	ND	ND	<i>MDH Acute</i>
Exposition à court terme	+ de 24 heures jusqu'à 30 jours	<i>MRL Acute^A</i>	ND	<i>MDH Short-Term</i>
Exposition sous-chronique	+ de 30 jours jusqu'à 10 % de la durée de la vie ^B	<i>MRL Intermediate^C</i>	<i>PPRTV Subchronic</i>	<i>MDH Subchronic</i>
Exposition chronique	+ de 10 % de la durée de la vie	<i>MRL Chronic^D</i>	<i>PPRTV Chronic</i>	<i>MDH Chronic</i>

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

ND : Non disponible

MDH : Minnesota Department of Health.

MRL : *Minimal Risk Level*.

PPRTV : *Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values*.

U.S. EPA : U.S. Environmental Protection Agency.

^A Les *MRL Acute* s'appliquent à une durée d'exposition entre 0 et 14 jours. Pour les fins du présent travail, elles sont classées comme une VTR à court terme, puisque les durées se chevauchent avec cette catégorie.

^B Le GSE retient une durée de vie par défaut de 70 ans, ainsi 10 % de cette durée de vie correspond à 7 ans.

^C Les *MRL Intermediate* s'appliquent à une durée d'exposition entre quatorze jours et un an. Pour les fins du présent travail, elles sont classées comme une VTR sous-chronique.

^D Les *MRL Chronic* s'appliquent à une durée d'exposition de plus de 10 % de la durée de la vie.

2.2.2 Exercice de sélection des composés chimiques d'intérêt prioritaire à surveiller lors de déversements

La démarche méthodologique suivie pour identifier les composés chimiques d'intérêt prioritaire s'articule en trois étapes principales :

Étape 1

Cette étape consiste à identifier des composés chimiques d'intérêt prioritaire associés à des déversements de produits pétroliers soumis au Règlement sur la qualité de l'eau potable – RQEP (8). Deux catégories ont été prises en compte :

- Les hydrocarbures pétroliers normés au RQEP.

Les agents additifs et les métaux normés au RQEP présentant des risques cancérigènes pour l'humain (groupe 1 du Centre international de Recherche sur le Cancer – CIRC) ou pour lesquels la norme du RQEP est fondée sur des effets sur la reproduction et le développement.

Justifications

Les normes établies au Québec dans le cadre du RQEP sont des concentrations maximales de contaminants permises dans l'eau potable. Elles sont utiles aux exploitants et aux exploitantes de systèmes de distribution d'eau potable et aux intervenants et intervenantes de santé publique pour évaluer le risque sanitaire lors d'une contamination chimique de l'eau potable. Elles sont établies sur la base des considérations sanitaires (détermination à l'aide d'une évaluation des risques toxicologiques) et tiennent compte des limites de faisabilité technique reliées au traitement et aux mesures analytiques. Les normes du RQEP ont une valeur légale. Ces normes obligent le ou la responsable d'un système de distribution à informer les parties impliquées (comme le MELCCFP et la DSPublique de la région concernée) lors d'un dépassement de celles-ci dans l'eau potable et à mettre en place des actions pour remédier à la situation et protéger tout consommateur et toute consommatrice contre les risques reliés à un dépassement.

Pour les autres composés chimiques mentionnés (les agents additifs et les métaux), l'objectif est de sélectionner les composés qui seraient susceptibles de se trouver dans l'eau en quantité suffisante en vue de représenter un risque pour la santé lors de certains déversements de produits pétroliers. Dans ce contexte, les composés retenus sont ceux qui ont des effets toxiques sans seuil de dose (cancérogène de classe 1 du CIRC) et des effets sur la reproduction et le développement afin de considérer les premières années de vie de l'humain et les femmes enceintes.

Étape 2

Cette étape consiste à identifier les composés chimiques d'intérêt prioritaire associés à des déversements de produits pétroliers ayant une CMA dans l'eau potable au Canada (Santé Canada). Deux catégories ont été prises en compte :

- les hydrocarbures pétroliers ayant une CMA fixée par Santé Canada;
- les agents additifs et les métaux ayant une CMA établie par Santé Canada qui présentent des risques cancérogènes pour l'humain et qui sont classés dans le groupe 1 par le CIRC, ou dont la CMA est fondée sur des effets sur la reproduction et le développement.

Justifications

Les recommandations sur la qualité de l'eau potable de Santé Canada ou les CMA sont des valeurs guides de gestion (VGG) utilisées à titre indicatif pour soutenir l'intervention en santé publique dans l'évaluation du risque lors de l'absence de normes québécoises (comme c'est le cas dans ce document pour le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes). Les VGG de Santé Canada permettent d'orienter la gestion de la qualité de l'eau lorsqu'aucune norme n'est établie.

Étape 3

Cette étape consiste à identifier d'autres composés chimiques (hydrocarbures pétroliers, agents additifs et métaux) ayant des VGS pour des durées d'exposition aiguë, à court terme ou sous-chronique, ou les trois à la fois.

Justifications

Étant donné le caractère souvent urgent des situations de déversements de produits pétroliers, les quantités notables pouvant être déversées et le risque sanitaire immédiat que pourrait représenter l'exposition à certains composés se trouvant dans l'eau potable, les VGS des hydrocarbures pétroliers ainsi que des métaux et des additifs (certains déversements) pour des durées d'exposition aiguë, à court terme et sous-chronique ont été retenues dans l'exercice de sélection.

Actuellement, deux organismes internationaux reconnus dérivent des valeurs guides sanitaires pour des durées d'exposition aiguë à court terme et sous-chronique. Il s'agit de la U.S. EPA et du MDH. La U.S. EPA dérive des *Drinking Water Health Advisories* – HA (9), alors que le MDH dérive des *Health Risk Limits* – HRL, des *Health Based Values* – HBV ou des *Risk Assessment Advices* – RAA (10). Ces organismes font partie des principales sources consultées par le GSE de l'INSPQ en vue d'élaborer des VGS chroniques pour les contaminants chimiques de l'eau potable (6).

Les HA de l'U.S. EPA pour 1 jour et 10 jours sont élaborées en vue de protéger un enfant de 10 kg consommant 1 L/jour d'eau potable des effets néfastes non cancérogènes dans le cas d'expositions d'un jour ou de dix jours. Ces valeurs d'exposition de courte durée ne prennent pas en considération l'exposition multivoie (inhalation, absorption cutanée et ingestion) ni les autres sources environnementales d'exposition (apport relatif de l'eau de 100 %). Il est également important de préciser que l'utilisation des HA de l'U.S. EPA doit être faite avec circonspection. Bien souvent, ces valeurs guides ont été élaborées il y a plusieurs années (la plupart à la fin des années 1980) et n'ont pas été mises à jour depuis.

Quant aux **VGS aigus (moins de 1 jour) et à court terme (de 1 à 30 jours) du MDH**, elles sont calculées pour un nourrisson (1-3 mois). Dans le cas des VGS sous-chroniques, elles sont calculées pour un enfant de 7 ans. Le Minnesota utilise des taux d'ingestion par poids corporel selon une moyenne pondérée par le temps du 95^e percentile de consommation d'eau journalière (L/kg-jour). L'apport relatif attribuable à l'eau potable employé est de 50 % pour les VGS aigus et à court terme et de 20 % pour les VGS sous-chroniques et chroniques, à l'exception des contaminants très volatils pour lesquels un apport relatif de 20 % est utilisé en tout temps (peu importe la durée d'exposition) afin de considérer l'exposition multivoie. Les valeurs chroniques proposées par le Minnesota sont souvent équivalentes aux valeurs sous-chroniques ou à court terme dans le but d'assurer une protection contre les expositions de plus courte durée pouvant survenir durant une période chronique. Elles sont ainsi particulièrement conservatrices par rapport aux autres valeurs guides d'exposition chronique.

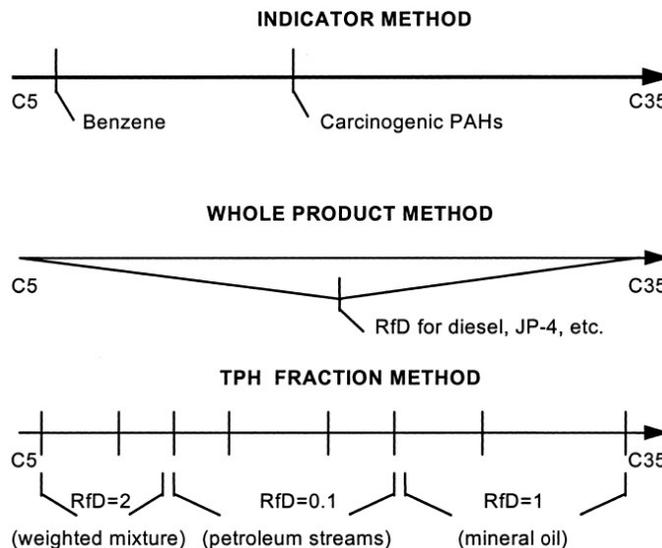
Dans le contexte où la plupart des composés issus des déversements de pétrole sont des composés organiques volatils, il a été décidé de retenir uniquement les VGS du MDH, qui prennent en compte l'exposition multivoie avec une contribution relative de la source (*Relative Source Contribution* en anglais ou RSC) de 20 % dans leur établissement.

3 APPROCHES THÉORIQUES D'ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ

Reconnaissant les défis posés par la caractérisation de la toxicité d'un mélange complexe d'hydrocarbures pétroliers lors d'un déversement, des groupes de travail, composés d'experts et d'expertes issus de l'industrie pétrolière, de la recherche universitaire et des organismes sanitaires et environnementaux gouvernementaux ont développé trois approches d'évaluation des risques associés aux hydrocarbures pétroliers. D'ailleurs, les organismes sanitaires internationaux et régionaux les recommandent.

Les trois approches théoriques comprennent l'approche par **indicateurs individuels**, l'approche par **produit entier** et l'approche par **fractionnement**. Ces approches de base sont par ailleurs détaillées dans les sections qui suivent. Bien que chacune d'elles soit distincte, ces approches peuvent être utilisées conjointement les unes avec les autres. La figure 1 présentée ci-dessous les illustre toutes les trois. Cette figure est tirée de la monographie intitulée [Human health risk-based evaluation of petroleum release sites: implementing the working group approach \(1999\)](#). Cet écrit fait partie d'une série de cinq monographies produites par un groupe de travail guidé par l'U.S. EPA. Le groupe a étudié les critères d'évaluation des risques pour la santé relatifs aux hydrocarbures pétroliers totaux de 1997 à 1999 (11–15). À ce jour, cette documentation représente, à la connaissance de l'auteur, l'une des sources les plus complètes qui discutent de ces approches.

Figure 1 Approches d'évaluation des risques associés aux hydrocarbures pétroliers totaux (15)



3.1 Approche par indicateurs individuels

L'approche par indicateurs individuels est utilisée par un grand nombre d'organismes sanitaires pour évaluer le risque associé aux déversements de produits pétroliers dans l'eau potable, soit comme seule approche d'évaluation du risque, soit combinée avec l'approche par fractionnement ou par produit entier.

Cette approche est basée sur l'évaluation de la toxicité des composés chimiques individuels présents dans les divers types de pétrole (ex. : les hydrocarbures) appelés souvent dans la littérature *indicateurs individuels*. Elle est fondée sur l'hypothèse selon laquelle les composés chimiques indicateurs représentent la majeure partie de la toxicité du mélange et, par conséquent, le risque pour la santé humaine de l'ensemble du mélange peut être estimé avec cette approche, d'après un degré raisonnable de certitude, sur la base des données de toxicité disponibles. Les indicateurs individuels retenus pour estimer le risque pour la santé peuvent varier selon l'approche d'évaluation du risque adoptée (seule ou combinée) et selon l'organisme sanitaire. Habituellement, cette approche va prioriser, dans un premier temps, l'évaluation du risque cancérigène et donc permettre de procéder à l'évaluation des composés individuels cancérigènes réglementés dans l'eau potable tels que le benzène et le benzo(a)pyrène. Dans un second temps, ce sont les composés individuels non cancérigènes tels que le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes ainsi que certains HAP, qui sont mesurés pour estimer le risque non cancérigène pour la santé humaine.

Selon le type d'exposition, la quantité à laquelle une personne est exposée et la durée de l'exposition au mélange d'hydrocarbures pétroliers ainsi que le jugement professionnel de l'évaluateur ou de l'évaluatrice, la procédure d'évaluation mentionnée ci-dessus peut être différente. Par exemple, lors d'un déversement récent dans l'eau potable, en situation d'urgence, les composés individuels présents dans divers types de pétrole (qu'ils soient cancérigènes ou non cancérigènes) ayant un effet toxique, que ce soit lors d'expositions aiguës, à court terme ou sous-chroniques, pourraient être évalués prioritairement comparativement à ceux ayant des effets cancérigènes sur une longue période d'exposition (chronique).

Quelques incertitudes persistent concernant la validité de cette approche. D'une part, quoique les indicateurs individuels ou composés individuels jouent un rôle important dans l'évaluation des risques pour la santé humaine, ils ne représentent généralement qu'une petite fraction du pétrole total présent. D'autre part, lors de déversements de produits altérés où les produits chimiques indicateurs utilisés pour estimer le risque pour la santé peuvent être présents à des niveaux indétectables, mais où des hydrocarbures résiduels⁵ seraient présents et mesurables, ces hydrocarbures résiduels pourraient constituer un risque pour la santé. Dans de tels cas, le recours aux seuls composés chimiques individuels peut entraîner une sous-estimation des

⁵ Les hydrocarbures résiduels désignent des composés de produits pétroliers qui restent dans l'environnement après les phases initiales de volatilisation et de dissolution des hydrocarbures plus légers. Ces résidus sont généralement constitués d'hydrocarbures plus lourds et moins volatils qui ont une tendance plus faible à se dissoudre dans l'eau ou à s'évaporer. Ils incluent souvent les composés tels que les HAP et d'autres composés ayant de longues chaînes carbonées.

risques pour la santé. Pour pallier ces incertitudes et mieux caractériser le risque d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable, cette approche peut être combinée à l'approche par fractionnement (en mesurant une ou des fractions représentant les résidus d'hydrocarbures) ou à celle par produit entier.

À titre d'exemple, le Minnesota Department of Health (MDH) a produit des lignes directrices afin de soutenir l'intervention de santé publique dans l'évaluation des risques pour la santé lors de déversements de pétrole dans l'eau potable (16). L'approche retenue par cet organisme est l'approche par indicateurs individuels combinée à celle par fractionnement. Le processus d'évaluation des risques du MDH repose sur plusieurs étapes. La première étape consiste à analyser les composés chimiques individuels identifiés selon le type de produits pétroliers connus pour se trouver dans l'eau potable. Dans le cas d'un déversement d'essence ou de diesel, une attention particulière est portée aux composés organiques volatils (COV) de type BTEX et aux autres susceptibles d'être présents dans l'eau potable. Dans le cas du pétrole plus lourd, tels que les huiles de chauffage, le kérosène ou l'huile de lubrification, le MDH élargit son analyse pour inclure également les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Pour chaque type de pétrole, les concentrations de ces composés mesurés individuellement sont comparées aux valeurs guides sanitaires (VGS) établies par cet organisme. En effet, le MDH élabore des VGS pour les contaminants chimiques se trouvant dans l'eau potable selon différentes durées d'exposition (aiguë, à court terme, sous-chronique et chronique). Ces VGS sont résumées dans un tableau intitulé *Human health-based water guidance table* mis à jour régulièrement (par exemple, les VGS pour le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes ont été réévaluées et mises à jour en 2023). Ce tableau peut être consulté sur le site Internet du MDH (10). En cas de dépassement de la VGS, il est suggéré que le ou la responsable d'une installation de distribution d'eau potable agisse pour réduire l'exposition de la population au contaminant à l'aide de traitements ou pour sélectionner une autre source d'approvisionnement en eau potable. Si les concentrations des composés chimiques ne dépassent pas la VGS du MDH, le ou la responsable recommande alors de procéder à une évaluation par fractionnement pour caractériser les résidus pétroliers. Cette évaluation requiert l'usage d'une approche par substitut (mélange) et par indicateurs individuels en vue d'évaluer le risque pour la santé. Une valeur substitut pour l'eau potable (valeur du MDH HRL/HBV/RAA ou valeur calculée par le Minnesota Pollution Control Agency) est utilisée en vue de la comparer aux fractions spécifiques de TPH : fractions aliphatiques et aromatiques (par exemple, la concentration de l'eau potable pour le n-hexane est comparée à la concentration de la fraction aliphatique correspondante – voir la sous-section 3.3 – *Approche par fractionnement* pour plus de détails).

3.2 Approche par produit en entier

L'approche par produit entier est basée sur l'évaluation de la toxicité d'un produit pétrolier entier tel que l'essence, le diesel ou l'huile de chauffage. Lors d'un déversement d'hydrocarbures dans l'eau potable, un seul paramètre est mesuré selon la source de contamination soupçonnée (ex. : essence, diesel, etc.), et le résultat de l'analyse est comparé à une valeur guide sanitaire pour l'eau potable correspondant au produit entier. Cette valeur guide sanitaire aura été élaborée ou choisie par l'agence sanitaire.

Cette approche comporte certaines limites en termes d'évaluation des risques pour la santé, puisqu'elle ne tient pas compte de la composition et de la toxicité du produit qui changent selon le devenir environnemental. Par ailleurs, elle ne peut être appliquée qu'aux déversements récents dans l'eau et non aux déversements altérés (ayant séjourné dans l'eau longtemps). Une autre considération majeure à prendre en compte est le degré plus élevé de variabilité dans la composition des produits pétroliers non raffinés comme le pétrole brut. Cette variabilité importante engendre une forte incertitude lorsqu'il s'agit d'extrapoler les résultats de tests de toxicité d'un produit à d'autres produits. De plus, cette approche d'évaluation des risques n'est pas applicable à tous les produits pétroliers entiers en raison du manque de données de toxicité pour ces produits dans l'eau potable. Elle ne peut pas non plus être utilisée pour des déversements de produits pétroliers inconnus. Ensuite, la méthode analytique employée dans cette approche se révèle peu spécifique en ce qui concerne la caractérisation des produits entiers. C'est que la technique de chromatographie en phase gazeuse, conçue pour l'analyse des produits tels que l'essence, le diesel et le kérosène, ne permet pas une identification précise de la composition du produit en question. Elle donne plutôt de l'information sur la présence de substances dans la gamme de composition définie pour le produit concerné.

En raison du manque de spécificité soulevé pour cette approche, celle-ci doit être utilisée avec beaucoup de prudence dans l'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de pétrole dans l'eau potable. Elle pourrait toutefois être employée dans le cadre d'une évaluation préalable lorsque le type de produit pétrolier est connu, ou combinée avec une approche par indicateurs individuels (analyse des composés chimiques de manière individuelle) ou avec une approche par fractionnement en vue d'évaluer les risques pour la santé humaine.

À titre d'exemple, le département de la santé de l'État d'Hawaï, soit l'Hawaii State Department of Health – HDOH (17), est le seul qui semble employer cette approche pour évaluer les risques d'un déversement de produits pétroliers dans les eaux souterraines. Des valeurs guides sanitaires, de type *Environmental Action Levels* ou EAL⁶, ont été dérivées pour l'essence, les distillats moyens (diesel, kérosène, huile de chauffage, carburéacteur) et les combustibles résiduels (huiles de lubrification, huiles hydrauliques, huiles minérales, huiles de transformateur, huile no 6 ou *Bunker C*, huiles usées). Le tableau suivant présente les valeurs guides sanitaires ou EAL établies pour évaluer la qualité des eaux souterraines utilisées comme source d'eau potable.

⁶ Les seuils d'intervention environnementale de niveau 1 (EAL de niveau 1) sont des concentrations de contaminants dans le sol, les vapeurs du sol et les eaux souterraines au-dessus desquelles les contaminants peuvent constituer un risque pour la santé humaine et l'environnement.

Tableau 3 Valeur guides sanitaires pour l'eau potable de trois types de produits entiers et méthodes analytiques utilisées par l'Hawaii State Department of Health (17)

Type de pétrole	VGS (µg/L)	Méthode analytique
Essence	300	Méthode U.S. EPA 8015C ^A mesurant la gamme organique de l'essence ou <i>Gasoline Range Organic</i> – GRO (de C6 à C10-C12) et la gamme organique du diesel ou <i>Diesel Range Organic</i> – DRO (de C8-C12 à C24-C28).
Distillats moyens (diesel, kérosène, huile de chauffage, carburéacteur)	400	
Combustibles résiduels (huiles de lubrification, huiles hydrauliques, huiles minérales, huiles de transformateur, huile no 6 ou <i>Bunker C</i> , huiles usées)	500	Méthode mesurant la gamme organique de résidus de pétrole ou <i>Residuel Range Organic</i> – RRO (C25-C36).

^A La méthode U.S. EPA 8015C comprend des lignes directrices pour la gamme organique de l'essence (GRO) et la gamme organique du diesel (DRO) ainsi que des commentaires généraux sur l'applicabilité aux hydrocarbures pétroliers. Ces lignes directrices ont été ajoutées à une méthode initialement élaborée pour déterminer les concentrations de divers composés organiques non halogénés.

En raison de la nature complexe des mélanges pétroliers, le HDOH recommande d'utiliser les seuils d'intervention pour les produits pétroliers totaux. En complément, il préconise de combiner cette approche avec l'approche par indicateurs individuels lorsque des VGS existent (ex. : le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, etc.). Les indicateurs individuels cibles ne représentent généralement qu'une petite fraction du pétrole total présent, mais ils jouent un rôle important dans l'évaluation des risques pour la santé humaine. Le HDOH recommande également de surveiller les composés chimiques présents dans divers types de pétrole dont les seuils de perception (goût et odeur) sont relativement assez bas pour être détectables avant que les concentrations dans l'eau potable représentent un risque pour la santé humaine (ex. : éthylbenzène, toluène, xylènes, méthyl tert-butyl éther – MTBE).

3.3 Approche par fractionnement

L'approche par fractionnement consiste à répartir les hydrocarbures pétroliers présents dans le mélange en deux grandes classes chimiques, soit les aliphatiques (par exemple, les alcanes/cycloalcanes et les alcènes) et les aromatiques, puis en sous-groupes ou en fractions en fonction de la taille des hydrocarbures définie par le nombre d'atomes de carbone (12,13,18). Cette approche est basée sur l'hypothèse selon laquelle les composés chimiques d'une même fraction ont des caractéristiques analogues. Par conséquent, pour chaque fraction, une substance (ex. : le pyrène) ou un mélange de substances (ex. : le carburéacteur), dont les caractéristiques de toxicité sont bien connues, est représentative ou représentatif de la fraction et constitue ce qu'on appelle un *indicateur de référence*. La désignation de l'indicateur de référence (soit une substance individuelle ou un mélange) tient compte de la nature, de la

structure de la substance et du degré de toxicité de celle-ci. Il s'agit d'une approche d'évaluation des risques sanitaires qui tient compte des derniers développements analytiques ainsi que du devenir et du transport du mélange évoluant dans le temps, l'espace et selon son milieu.

Six fractions ont été retenues sur la base des propriétés physicochimiques, du comportement et du transport dans l'environnement des hydrocarbures aromatiques et aliphatiques. Le fractionnement des hydrocarbures pétroliers peut être réalisé de différentes manières, notamment par le nombre de carbones (C) et en équivalent carbone (EC). En ce qui concerne le fractionnement par nombre de carbones (C), les hydrocarbures sont classés en fonction du nombre de carbones présents dans leur structure moléculaire. Par exemple, les hydrocarbures peuvent être regroupés en chaînes de longueur similaire comme les hydrocarbures à chaînes courtes (C5 à C8), moyennes (C9 à C16) ou longues (C16 à C35). Pour le fractionnement en équivalent carbone (EC), les hydrocarbures sont regroupés en tenant compte de leur poids moléculaire. Les différentes fractions ou plages de carbones retenues peuvent varier selon les organismes sanitaires. Le tableau ci-dessous présente les fractions retenues par le groupe de travail Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (TPHCWG) guidé par la U.S. EPA (15).

Tableau 4 Fractionnement en équivalent carbone pour les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques retenus par le Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group de la U.S. EPA (15)

Fraction aromatique	Fraction aliphatique
>EC5-EC8	>EC5-EC8
>EC9-EC16	>EC9-EC16
>EC16-EC35	>EC16-EC35

Le Massachusetts Department of Environmental Protection (18), le British Columbia Environment (nommé actuellement le British Columbia Environmental Protection and Sustainability) et le Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (12,13,15) ont été les premiers groupes à développer l'approche par fractionnement et à en recommander l'utilisation, particulièrement à la suite de l'élaboration d'outils analytiques précisant davantage la composition du mélange en différentes fractions (au lieu du produit entier ou d'un substitut). L'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (19), l'OMS (5) et la U.S. EPA (20) ainsi que des États américains ont adopté d'autres versions de l'approche par fractionnement. Comme mentionné précédemment, le nombre de fractions considéré, les indicateurs de référence sélectionnés ainsi que les valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues pour estimer le risque pour la santé lors d'un déversement d'hydrocarbures varient selon l'organisme sanitaire. Ces différences découlent en partie des diverses procédures méthodologiques et politiques internes mises en œuvre par ces organismes pour calculer la VTR telles que le choix de la dose critique et des facteurs d'incertitude ainsi que de la disponibilité de nouvelles études de toxicité depuis le

développement initial de l'approche. À titre d'exemple, le tableau de la page suivante montre les différences en ce qui concerne les gammes de carbone, les indicateurs de référence et les VTR pour ces trois organismes sanitaires (12,20,21).

Tableau 5 Gammes de carbone, indicateurs de référence et valeurs toxicologiques de référence selon trois organismes sanitaires

		Fraction	TPHCWG (1997c) ^A		MassDEP (2003) ^B		U.S. EPA PPRTV (2009a) ^C	
		Classement	VTR ^D (mg/kg/ jour)	Substitut (s) ou composé individuel (c)	VTR (mg/kg/ jour)	Substitut (s) ou composé individuel (c)	VTR (mg/kg/ jour)	Substitut(s) ou composé individuel (c)
Famille	Aliphatique	Faible teneur en carbone (C5-C8; EC5-EC8)	5	(Substitut ou s) Hexane commercial, où le n-hexane est < 53 %	0,04	(c) N-hexane	0,3	(c) n-hexane
		Moyenne teneur en carbone (C9-C18; EC > 8-EC16)	0,1	Mélange(s) d'hydrocarbures aliphatiques de milieu de gamme	0,1	(s) Mélange d'hydrocarbures aliphatiques de milieu de gamme	0,01	(s) Mélange d'hydrocarbures aliphatiques de milieu de gamme
		Haute teneur en carbone (C19-C32; EC > 16-EC35)	2	(s) Huiles minérales blanches	2	(s) Huiles minérales blanches	0,004	(s) Huiles minérales blanches
	Aromatique	Faible teneur en carbone (C6-C8; EC6-EC < 9)	0,2	(s) Toluène	ND	(c) Benzène	0,004	(c) Benzène
					0,2	(c) Toluène	0,08	(c) Toluène
					0,1	(c) Éthylbenzène	0,1	(c) Éthylbenzène
					2	(c) Xylène	0,2	(c) Xylène
					0,2	(c) Styrène		
		Moyenne teneur en carbone (C9-C16; EC9-EC < 22)	0,04	(s) Mélange de naphthalène/ méthyl-naphthalène	0,03	(c) Pyrène avec (c) naphthalène et 2-méthyl-naphthalène analysés séparément	0,3	(S) Solvant naphtha lourd ou <i>high-flash naphtha solvent</i>
							0,02	(c) Naphthalène
Haute teneur en carbone (C17-C32; EC22-EC35)	0,03	(s) Pyrène			0,004	(c) 2-méthyl-naphthalène		
					0,04	(c) Fluoranthène		
						(c) Benzo(a)pyrène et 6 autres HAP		

^A Le TPHCWG a utilisé la gamme de carbone moyen C > 8-C16 (plutôt que EC > 8-EC16), qui correspond à EC9-EC < 22, et la gamme de carbone élevé C > 16-C35.

^B Le MassDEP combine les plages de carbone moyen et élevé de la famille des hydrocarbures aromatiques (C9-C32).

^C La U.S. EPA s'appuie sur les gammes de carbone retenues par le TPHCWG.

^D La *valeur toxicologique de référence* est la dose d'un contaminant à laquelle un individu peut être exposé pendant une période d'exposition donnée sans risquer de subir un effet toxique non cancérogène.

ND Non déterminé.

(s) Substitut.

(c) Composé individuel.

L'approche par fractionnement vise à compléter l'approche par indicateurs individuels dans l'évaluation du risque d'un mélange de produits pétroliers. Elle fournit un moyen de remédier aux situations mentionnées ci-dessus dans lesquelles les indicateurs chimiques individuels ne sont pas suffisamment représentatifs de l'ensemble du mélange, ou encore dans certaines situations où ils ne sont pas présents à des niveaux détectables et que des résidus pétroliers seraient présents et nécessiteraient une évaluation.

D'un point de vue toxicologique, cette approche présente également certaines limites associées au peu de données toxicologiques disponibles pour l'ensemble des composés individuels ou du mélange représentant chaque fraction. La valeur toxicologique de référence (VTR) attribuée à une fraction ainsi que sa valeur guide sanitaire qui en découle ne sont finalement représentatives que de l'évaluation toxicologique d'un composé chimique ou d'un mélange, et ces valeurs devront nécessairement être mises à jour à mesure que de nouvelles données sur la toxicité seront disponibles.

En 2008, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a produit un document de référence concernant l'évaluation des risques pour la santé lors de déversements de produits pétroliers dans l'eau potable (5). Ce document propose des lignes directrices pour évaluer et gérer le risque sanitaire en lien avec des déversements basés sur l'approche par fractionnement des hydrocarbures et a calculé des valeurs guides sanitaires pour chacune d'entre elles. L'OMS considère cette approche intéressante pour évaluer les dangers et les risques liés aux mélanges complexes d'hydrocarbures, mais elle doit être modifiée et mise à jour si nécessaire pour des applications spécifiques. L'OMS reconnaît dans ce document que cette approche nécessite également une capacité analytique pour déterminer la concentration de chacune des fractions. Elle recommande que les valeurs guides sanitaires pour chacune des fractions soient utilisées en conjonction avec une évaluation des composés aromatiques individuels tels que le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes dont certains composés ont des seuils organoleptiques extrêmement bas dans l'eau potable et peuvent rendre l'eau potable inacceptable pour les consommateurs et les consommatrices à des niveaux de contamination relativement faibles. En ce qui concerne les HAP, un certain nombre d'entre eux sont considérés sous les fractions de carbone appropriées (EC9 à EC35). Dans le cas des HAP ayant des effets cancérigènes, l'OMS recommande l'évaluation du benzo(a)pyrène et du fluoranthène dans l'eau potable qui sont les HAP les plus préoccupants pour la santé. La valeur guide sanitaire de l'OMS pour le benzo(a)pyrène de 0,7 µg/L est associée à un excès de risque de cancer de tumeur gastrique de 10^{-5} (22). Cette valeur est fondée sur une étude de toxicité orale réalisée chez la souris par Neal et Rigdon (22). Il n'existe pas de VGS pour le fluoranthène qui, d'après l'OMS, est présent dans l'eau potable à des concentrations bien inférieures à celles qui sont préoccupantes pour la santé.

L'OMS se base sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR) établies par le TPHCWG (13) pour dériver les valeurs guides sanitaires dans l'eau potable de chacune des fractions. Pour les composés chimiques individuels, tels le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes, représentatifs des fractions à courtes chaînes carbonées, l'OMS retient les VGS qu'elle a développées auparavant (tableau 6).

Tableau 6 Composé individuel ou substitut (mélange) retenu comme indicateur de référence pour chacune des fractions ainsi que leur valeur guide sanitaire (5)

	Fraction	Composé individuel ou substitut (mélange) représentatif de la fraction	Valeur guide sanitaire en µg/L et date de publication
Aromatique	>EC5-EC6	Benzène (C6)*	10 (2004)
	>EC6-EC8	Toluène (C7)*	700 (2004)
	>EC8-EC10	Éthylbenzène (C8)	300 (2003)
		m-xylène, o-xylène et p-xylène (C8)	500 (2003)
	>EC10-EC12 et >EC12-EC16	Mélange de naphthalène (C10) et de méthyl-naphthalène (C11)	90 (2008)
	>EC16-EC21 et >EC21-EC35	Pyrène (C16)	90 (2008)
Aliphatique	EC5-EC6 et EC7-EC8	Hexane commercial (C6)	15 000 (2008)
	EC9-EC10, >EC10-EC12 et >EC12-EC16	Mélange de coupes de pétrole désaromatisé (<i>dearomatized petroleum streams</i>)	300 (2008)
	>EC16-EC35	**	= non solubles dans l'eau

* Il s'agit du seul composé contenu dans cette fraction.

** Les composés aromatiques supérieurs à EC20 ne sont ni volatils ni solubles dans l'eau.

4 MÉTHODES ANALYTIQUES DISPONIBLES AU QUÉBEC

À la suite de la catastrophe ferroviaire survenue en juillet 2013 entraînant le déversement de milliers de tonnes de pétrole brut dans le lac Mégantic, le MELCCFP a établi, en partenariat avec les autres ministères, des critères pour caractériser le risque environnemental lors de déversements de pétrole dans l'eau (23).

Ces critères reposent en grande partie sur la mesure de la fraction de la chaîne hydrocarbonée C10-C50 qui regroupe plusieurs types de produits pétroliers courants, soit l'essence, le diesel, l'huile à chauffage n° 2, l'huile *Bunker C* et le pétrole brut. La mesure de la fraction se fonde sur une méthode d'analyse mise au point par le CEAEQ, c'est-à-dire la méthode d'analyse [MA. 400 – HYD 1.1 \(2025\)](#). En complément de celle-ci, une quantification des composés chimiques individuels issus de produits pétroliers est réalisée à l'aide de méthodes analytiques auxquelles a recours le CEAEQ et qui sont regroupées par famille chimique. Par exemple, les hydrocarbures tels que les BTEX et les autres COV sont analysés selon la [méthode d'analyse MA. 400 – COV 2.0 \(2024\)](#) et les HAP selon la [méthode d'analyse MA. 400 – HAP 1.1 \(2024\)](#). La méthode d'analyse pour quantifier les différentes fractions d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques distinctes dans l'eau potable et pour laquelle des VGS dans l'eau potable existent (décrite dans la section sur les approches théoriques d'évaluation des risques pour la santé/approche par fractionnement) n'est pas utilisée actuellement au Québec lors de déversements, étant donné qu'il n'existe pas de critères environnementaux pour l'eau de surface et l'eau souterraine fondés sur ces fractions (23). Compte tenu de ces éléments, l'approche par indicateurs individuels, combinée à la mesure de la fraction C10-C50, est jugée la plus pertinente et est adaptée pour caractériser et évaluer les risques environnementaux dans un contexte d'urgence, où une évaluation rapide et précise est essentielle.

D'un point de vue de santé publique, il faut noter que la mesure de la fraction C10-C50 présente des limites en termes de spécificité et de capacité à fournir de l'information sur la toxicité réelle d'un déversement et doit être combinée à une approche par indicateurs individuels pour permettre de réaliser une évaluation approfondie des risques sanitaires. En effet, la fraction C10-C50 exclut les hydrocarbures dont la chaîne de carbones est inférieure à C10 comme le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes. Elle permet de détecter la présence d'un mélange d'hydrocarbures pétroliers, mais ne fait pas de distinction entre la partie aliphatique et la partie aromatique, et ne fournit pas de renseignements sur le type de produits. D'un point de vue sanitaire, il n'existe pas, pour cette fraction, ni de VTR, ni de norme, ni de VGS dans l'eau potable établie par des organismes sanitaires.

5 SYNTHÈSE ET ANALYSE DES APPROCHES

Chacune des approches présentées dans le document se penche de manière distincte sur les défis inhérents à l'évaluation des risques sanitaires associés aux déversements de pétrole dans l'eau potable. Le tableau 7 qui suit constitue une synthèse des diverses caractéristiques de ces approches d'évaluation. Il expose les avantages et les limites liés à chacune d'entre elles.

Lors de la sélection de l'approche d'évaluation des risques associés aux déversements de pétrole, certains éléments doivent être pris en considération : 1) la disponibilité des valeurs toxicologiques de référence (VTR) et des valeurs guides pour diverses durées d'exposition, tenant compte des différentes voies d'exposition et n'étant établie que pour certains composés individuels et mélanges; (2) les caractéristiques organoleptiques de certains composés organiques volatils (ex. : toluène, xylènes, éthylbenzène) dont les seuils de détection sont inférieurs aux concentrations dans l'eau potable pouvant représenter un risque pour la santé; et (3) la disponibilité et l'applicabilité des méthodes analytiques au Québec.

L'approche suggérée et qui est proposée par certains organismes sanitaires internationaux (U.S. EPA, OMS, MDH) est une approche hybride (approche par indicateurs individuels combinée à une approche par fractionnement). En effet, une approche basée sur des indicateurs individuels, approche couplée à un fractionnement en deux grandes classes chimiques (aliphatiques et aromatiques) qui sont subdivisées ensuite en six fractions selon la longueur de la chaîne carbonnée des hydrocarbures, permettrait une caractérisation plus précise des produits pétroliers tout en prenant en compte l'évolution temporelle de leurs constituants dans l'environnement. Cette méthode faciliterait l'évaluation des risques pour la santé humaine en comparant la quantité de chaque fraction à sa valeur guide sanitaire (VGS), conformément aux recommandations de l'OMS. Toutefois, l'approche par indicateurs demeure la seule parmi les trois approches présentées pour laquelle des méthodes analytiques certifiées sont utilisées au Québec. Pour cette raison, cette approche combinée à la mesure de la fraction C10-C50, associée à la surveillance des propriétés organoleptiques de certains composés organiques volatils dans l'eau potable, semble être adéquate pour évaluer les risques sanitaires dans le contexte de déversements de pétrole dans l'eau potable.

Tableau 7 Synthèse des diverses caractéristiques des approches d'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable

	Approche par produit entier ou produit parent	Approche par indicateurs individuels	Approche par fractionnement (de type aliphatique et de type aromatique)
<p>Évaluation des seuils organoleptiques de certains COV (Indicateurs de la présence de certains COV, dont les TEX, le MTBE et le naphthalène, détectables à de faibles concentrations lors d'expositions de courte durée)</p>	Non.	Oui, la méthode analytique permet de mesurer individuellement les composés organiques volatils pour lesquels des objectifs esthétiques dans l'eau potable établis par Santé Canada sont disponibles.	Non.
<p>Disponibilité de normes ou de valeurs guides sanitaires dans l'eau potable</p>	Oui, quelques VGS ont été dérivées par le département de la santé de l'État d'Hawaï – HDOH (24) – pour trois types de pétrole : 1) essence; 2) distillats moyens (diesel, kérosène, combustible de chauffage, carburacteur, etc.); 3) combustibles résiduels (huiles de lubrification, huiles hydrauliques, huiles minérales, huiles de transformateur, huile no 6/ <i>Bunker C</i> , huiles usées, etc.).	Oui, des normes, des VGG et des VGS ont été dérivées par des organismes sanitaires reconnus tels que Santé Canada, l'OMS, la U.S. EPA, la CalEPA et le MDH. Il s'agit de l'approche pour laquelle il y a le plus de données toxicologiques et épidémiologiques afin de dériver des VTR relatives à la santé humaine.	Oui, des VGS ont été dérivées par l'OMS en 2008 (5) pour certaines fractions d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques. Des valeurs toxicologiques de référence orales pour chacune des fractions d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques ont également été établies par plusieurs organismes sanitaires reconnus tels que la U.S. EPA, le MassDEP et le TCEQ. Le calcul des VTR repose sur des données toxicologiques pour un indicateur ou un composé individuel (généralement le plus toxique de la fraction), ou bien pour un substitut (mélange).

Tableau 7 Synthèse des diverses caractéristiques des approches d'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable (suite)

	Approche par produit entier ou produit parent	Approche par indicateurs individuels	Approche par fractionnement (de type aliphatique et de type aromatique)
Durée d'exposition pour laquelle des normes/VGS et VGG ont été établies	Chronique	<ul style="list-style-type: none"> • Aiguë (moins de 24 heures) • À court terme (de 1 à 30 jours) • Sous-chronique (de 30 jours à 7 ans) • Chronique (7 ans et plus) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sous-chronique • Chronique
Voie d'exposition prise en compte	Orale et par inhalation (selon le type de produit)	Orale, par inhalation et cutanée (selon les caractéristiques du composé et la méthodologie d'élaboration utilisée par l'organisme sanitaire)	Orale, par inhalation et cutanée (selon les caractéristiques du composé ou du mélange représentatif de la fraction et la méthodologie d'élaboration utilisée par l'organisme sanitaire)
Limites des approches	<ul style="list-style-type: none"> • Ne tient pas compte du devenir et du transport du mélange qui évolue dans le temps, l'espace et selon son milieu. • Non recommandée pour un déversement altéré, car il devient très difficile d'identifier le type de carburant/d'huile. • Non recommandée lorsque plus d'un type de mélange de pétrole est présent. • Incertitudes dans le processus d'évaluation des risques pour la santé, qui ne tient pas compte du mélange complet (surestimation ou sous-estimation). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne tient pas compte du devenir et du transport du mélange qui évolue dans le temps, l'espace et selon son milieu. • Il est nécessaire de connaître le type de mélange pétrolier. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitées du point de vue de l'évaluation du risque toxicologique, les VGS sont dérivées à partir de VTR pour un composé individuel ou un mélange, ou de substituts. • Méthode moins fréquemment employée exigeant une expertise analytique en laboratoire.

Tableau 7 Synthèse des diverses caractéristiques des approches d'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable (suite)

	Approche par produit entier ou produit parent	Approche par indicateurs individuels	Approche par fractionnement (de type aliphatique et de type aromatique)
Méthode analytique	<p>1. <i>Gasoline Range Organics</i> (GRO) ou composés organiques de la gamme de l'essence : Les méthodes de type GRO sont employées pour les analytes volatils et nécessitent une purge et un piège^A ou une injection directe.</p> <p>2. <i>Diesel Range Organics</i> (DRO) ou composés organiques de la gamme diesel : Les méthodes de type DRO sont employées pour les analytes semi-volatils et nécessitent une extraction par solvant.</p>	<p>1. Method 524.2 : Mesure des composés organiques volatils – Purge et piégeage, et chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire/spectrométrie de masse. (Méthode adaptée par le CEAEQ du MELCCFP : MA 400 – COV-2).</p> <p>2. Method 525.2 : Mesure des composés organiques semi-volatils – Extraction liquide-solide et chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire/spectrométrie de masse. (Méthode adaptée par le CEAEQ du MELCCFP : MA. 400 – COSV 1.0).</p>	<p>1. <i>Volatiles Petroleum Hydrocarbons</i> (VPH) : Purge et piégeage GC/PID/FID. Quantifie séparément les fractions aliphatiques C5-C8, aliphatiques C9-C12 et aromatiques C9-C10 +; les indicateurs individuels comme les BTEX; le MTBE et le naphthalène.</p> <p>2. <i>Extractable Petroleum Hydrocarbons</i> (EPH) : Extraction de solvant/fractionnement GC/FID. Quantifie séparément les fractions aliphatiques C9-C18, aliphatiques C19-C36 et aromatiques C11-C22. Identifie et quantifie simultanément les concentrations individuelles des 17 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).</p> <p>Actuellement, il n'existe pas de méthode analytique certifiée au Québec.</p>

^A *Purge and trap* en anglais.

Tableau 7 : Synthèse des diverses caractéristiques des approches d'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable (suite)

	Approche par produit entier ou produit parent	Approche par indicateurs individuels	Approche par fractionnement (de type aliphatique et de type aromatique)
Méthode analytique (suite)	<p>3. <i>Residual Range Organics</i> (RRO) ou composés organiques de la gamme des résidus de pétrole : Les méthodes de type RRO sont employées pour les composés volatils plus lourds, les semi-volatils et certains analytes plus lourds, et nécessitent une extraction par solvant.</p> <p>Actuellement, il n'existe pas de méthode analytique certifiée au Québec.</p>		

Tableau 7 Synthèse des diverses caractéristiques des approches d'évaluation des risques pour la santé humaine lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable (suite)

	Approche par produit entier ou produit parent	Approche par indicateurs individuels	Approche par fractionnement (de type aliphatique et de type aromatique)
Spécificité et faisabilité de la méthode analytique	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode analytique peu spécifique pour le produit entier. • Développée pour l'essence, les distillats moyens et les combustibles résiduels. 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode analytique spécifique (capacité de quantifier une liste de composés individuels avec des limites de détection et de quantification basses et inférieures aux normes, et existence de valeurs guides sanitaires dans l'eau potable). • Méthode largement répandue qui est employée dans plusieurs laboratoires gouvernementaux, rapide et utilisée en situation d'urgence (sur le terrain). 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode moins spécifique et moins fréquemment utilisée que la méthode par composés individuels. • Méthode qui exige une expertise analytique en laboratoire. • Considère l'ensemble du mélange et son évolution. • Permet de détecter la présence d'un mélange de pétrole inconnu. • De potentielles variations dans les résultats des fractions si la plage du nombre de carbones est mal calibrée (Surreprésentation ou sous-représentation de certaines gammes/fractions ou composés).

6 APPROCHE PROPOSÉE

À la lumière des approches théoriques présentées et des méthodes analytiques disponibles au Québec, une approche d'évaluation des risques pour la santé, combinant plusieurs éléments, est suggérée ci-dessous pour mieux appréhender les situations de déversement de produits pétroliers pouvant affecter l'eau potable.

6.1 Importance des caractéristiques organoleptiques pour une détection précoce

Comme recommandé par l'OMS (5), avant toute analyse quantitative, les propriétés organoleptiques de certains composés organiques volatils issus des produits pétroliers doivent être prises en considération. En effet, ces composés (ex. : toluène, xylènes, éthylbenzène) possèdent des seuils de détection organoleptiques inférieurs aux concentrations dans l'eau potable pouvant représenter un risque pour la santé. Une altération organoleptique peut entraîner un rejet de l'eau par les consommateurs et les consommatrices, même si les concentrations de contaminants sont sous les valeurs guides. Ces caractéristiques peuvent guider la mise en place de mesures préventives visant à réduire l'exposition aux composés organiques volatils et à orienter le choix des indicateurs à mesurer.

6.2 Fractionnement C10-C50 pour une caractérisation élargie

Lorsqu'il est difficile d'identifier précisément le type de produit pétrolier d'un déversement (ex. : mélange de plusieurs hydrocarbures), l'analyse des fractions C10-C50 (regroupant les hydrocarbures qui contiennent entre 10 et 50 atomes de carbone) offre une caractérisation globale des hydrocarbures présents. Néanmoins, ce type de fractionnement ne tient pas compte des produits pétroliers légers en dessous de 10 atomes de carbone. Afin d'appuyer l'évaluation des risques pour la santé humaine, l'analyse de cette fraction devrait se faire en combinaison avec l'approche d'évaluation des risques par indicateurs individuels, puisqu'aucune valeur toxicologique de référence n'a été déterminée pour cette fraction.

6.3 Approche d'évaluation des risques pour la santé par indicateurs individuels

Une évaluation basée sur des indicateurs individuels prenant en compte la liste de composés d'intérêt prioritaire à surveiller lors de déversements de produits pétroliers dans l'eau potable, identifiés en fonction de leur toxicité et de leur occurrence dans les produits pétroliers, permet une analyse approfondie des risques sanitaires. Ces composés sont encadrés par des normes ou des valeurs guides permettant une interprétation précise des résultats d'analyse et guidant la mise en œuvre d'options de gestion des risques en concertation avec les parties prenantes qui doivent intervenir lors d'un déversement.

7 EXERCICE DE SÉLECTION DES COMPOSÉS CHIMIQUES D'INTÉRÊT PRIORITAIRE À SURVEILLER

Dans le but de soutenir les DSPublique dans le choix des contaminants chimiques d'intérêt à surveiller lors d'un déversement de pétrole dans l'eau potable, un exercice de sélection de substances a été entrepris selon la méthodologie qui a été décrite à la *Section 2 – Méthodologie*. Les résultats de cet exercice de sélection sont présentés dans la section qui suit. Pour chacun des composés retenus, une description sommaire de ses caractéristiques physicochimiques et de ses principaux effets sur la santé est rapportée.

7.1 Résultats

7.1.1 Étape 1 : Sélection de composés chimiques d'intérêt prioritaire associés à des déversements de produits pétroliers normés par le Règlement sur la qualité de l'eau potable

Parmi les substances organiques faisant l'objet d'une norme de qualité de l'eau potable (annexe 1 du guide d'interprétation du RQEP, 2024), **deux hydrocarbures aromatiques** présents dans les divers types de produits pétroliers sont actuellement normés.

- **Le benzène** est un hydrocarbure aromatique monocyclique qui a un petit nombre d'atomes de carbone, est relativement volatil et plus soluble dans l'eau que le benzo(a)pyrène (1,79 g/L à 20 °C pour le benzène comparativement à 0,00162 mg/L à 25 °C pour le benzo(a)pyrène). Le benzène est reconnu comme étant un cancérigène avéré pour l'humain et est classé dans le groupe 1 par le CIRC – 2018 (25). Les effets chroniques chez l'humain liés à l'exposition au benzène incluent divers désordres hématologiques – diminution des lymphocytes, modification des cellules sanguines, anémie, etc. – et immunologiques – diminution des niveaux d'anticorps (26). Des effets négatifs sur le système reproductif et le développement des travailleurs et des travailleuses exposés au benzène ont été observés. Par ailleurs, des effets du même type ont été constatés dans des études animales. La norme du benzène dans l'eau potable de 0,5 µg/L est fondée sur des effets cancérigènes chroniques chez les souris (effets sur la moelle osseuse et lymphome malin).
- **Le benzo(a)pyrène ou B(a)P** est un hydrocarbure aromatique polycyclique qui a un nombre d'atomes de carbone plus élevé et un poids moléculaire plus grand que le benzène. Il est reconnu comme un cancérigène avéré pour l'humain et est classé dans le groupe 1 par le CIRC – 2012 (25). Des études limitées menées chez les humains semblent indiquer l'existence d'un risque de cancer pour les personnes exposées à des mélanges de substances contenant du B(a)P. Chez les animaux, l'exposition à long terme au B(a)P a induit divers types de tumeurs du préestomac, du foie, de l'œsophage, des poumons, de la langue, du larynx, de la cavité buccale, de la peau et des glandes mammaires. Outre le cancer, divers effets sur la santé attribuables à l'exposition au B(a)P ont été notés chez le rat dont des effets neurologiques et des effets sur le développement neurologique à de faibles niveaux

d'exposition (27). La norme du B(a)P dans l'eau potable est de 0,01 µg/L pour les effets cancérogènes (tumeurs stomacales chez la souris).

Parmi les substances inorganiques, **cinq métaux lourds** pouvant être associés à un déversement de pétrole brut ou raffiné et ayant des effets cancérogènes chez l'humain, ou ayant des effets toxiques sur les fonctions de reproduction ou de développement de l'humain, ou bien les deux, sont actuellement normés (annexe 1 du guide d'interprétation du RQEP, 2024).

- **L'arsenic ou As** est un métalloïde se présentant sous différentes formes (organique ou inorganique) et différents états d'oxydation, soit -0 (élémentaire), 3 (trivalent) et 5 (pentavalent). L'As inorganique est reconnu comme étant un agent cancérogène pour l'humain classé dans le groupe 1 par le CIRC – 2012 (25). Des études animales ont démontré que l'exposition à ce composé par ingestion peut altérer le développement foetal (28). De plus, des études épidémiologiques ont observé une association entre l'exposition à l'As et des effets sur la reproduction et le développement ainsi que des effets neurodéveloppementaux chez les enfants. La norme actuelle dans l'eau potable de 10 µg/L reprend la recommandation de Santé Canada et est fondée sur le risque de cancer de la vessie, du foie et du poumon attribuables à une exposition à l'As par l'eau potable (29). L'As inorganique n'est généralement pas un métal présent naturellement dans le pétrole brut. Cependant, selon la source, le type de pétrole, les conditions environnementales et les activités industrielles associées, l'As peut y être introduit en petite quantité et modifier la qualité de l'eau potable lors d'un déversement. À titre d'exemple, lors du déversement de pétrole d'Enbridge dans la rivière Kalamazoo en juillet 2010 (Michigan, États-Unis) et dans le cadre du programme d'échantillonnage des puits d'eau potable, le Michigan Department of Community Health (MDCH) a détecté des valeurs d'As (15 µg/L) qui dépassaient la valeur guide sanitaire pour l'As de cet État (inorganique).
- **Le cadmium ou Cd** est un métal associé aux minerais de plomb et de cuivre et se présente sous la forme de différents sels, dont certains sont solubles dans l'eau. Le Cd est reconnu comme un agent cancérogène pour l'humain et est classé dans le groupe 1 par le CIRC – 2012 (25). La toxicité rénale a été retenue en tant qu'effet critique pour un certain nombre d'évaluations des risques (30). Cette relation dose-réponse a été étudiée en profondeur et observée dans des études épidémiologiques et toxicologiques animales. Elle a de plus été utilisée comme point de départ pour établir la recommandation canadienne de 5 µg/L dans l'eau potable reposant sur une valeur basée sur la santé à partir des effets sur les reins chez les humains (30). Cette valeur a été reprise pour la norme actuelle du Cd du RQEP. Divers effets sur le développement ont également été observés chez les animaux de laboratoire. Des effets sur le développement neurocomportemental tels qu'une diminution de l'activité locomotrice et des altérations neurocomportementales et neurochimiques ont été notés chez les rats (31). Le Cd n'est pas considéré comme un constituant majeur du pétrole. Il peut être présent à l'état de trace dans certains types de pétrole (ex. : le pétrole brut). C'est le plus souvent lors d'un déversement que la présence de Cd pourrait devenir préoccupante. Les composés chimiques contenus dans les produits pétroliers peuvent interagir avec

l'environnement (composition du sol) ou les matériaux et les infrastructures libérant du Cd dans les eaux de surface et souterraines, et contaminer potentiellement l'eau potable.

- Le **chrome ou Cr** est un métal dont les formes les plus courantes sont le chrome métallique – Cr, le chrome trivalent – CrIII et le chrome hexavalent – CrVI (32). Il n'est généralement présent qu'à l'état de traces. Le Cr pourrait être présent dans certains types de pétrole brut. Quant au chrome hexavalent (CrVI), il est reconnu comme étant cancérigène pour les humains et est classé dans le groupe 1 par le CIRC (2012) sur la base de preuves suffisantes de cancérogénicité chez les humains (cancer du poumon) et de preuves suffisantes chez les animaux de laboratoire (25). La norme actuelle dans l'eau potable au Québec reprend la recommandation de Santé Canada de 50 µg/L. Celle-ci repose sur un effet non cancérigène, soit l'hyperplasie diffuse de l'intestin grêle, observé chez la souris ayant été exposée au CrVI par l'eau potable. Les effets non néoplasiques les plus sensibles incluent une infiltration histiocytaire chez le rat et une hyperplasie épithéliale chez la souris. Ces effets sont considérés comme des marqueurs précoces de tumeurs intestinales à la suite d'une exposition chronique.
- Le **plomb ou Pb** est un métal qui se présente sous différentes formes. La forme plombeuse (Pb²⁺) et, dans une moindre mesure, la forme plombique (Pb⁴⁺) sont celles qui prédominent dans l'environnement. Si le plomb élémentaire est insoluble dans l'eau, certains sels de la forme plombeuse (le nitrate de plomb notamment) peuvent être fortement hydrosolubles (33). Le plomb est très réactif et s'allie facilement à d'autres métaux comme l'étain, l'antimoine, le cuivre et le zinc pour former des produits plus stables. Il est reconnu pour avoir des effets neurodéveloppementaux indésirables chez les enfants et des effets sur la reproduction chez les femmes enceintes à de faibles concentrations dans l'eau potable (34). Il existe un large consensus en santé publique pour maintenir les efforts visant à diminuer autant que possible les concentrations de plomb dans l'eau potable, puisqu'il n'y a pas de concentration seuil à partir de laquelle il n'a plus d'effet nocif sur la santé (35). La norme québécoise du Pb dans l'eau potable est fixée à 5 µg/L et reprend la CMA de Santé Canada qui s'appuie sur des conditions de faisabilité analytique et de traitement, ainsi que sur une diminution importante des plombémies à partir de ce seuil chez les enfants considérés comme la population la plus vulnérable. Le pétrole brut ne contient généralement pas de plomb, et l'ajout de plomb dans l'essence n'est plus une pratique courante au Canada en raison des préoccupations environnementales et de santé publique liées à l'émission de plomb dans l'atmosphère. Cependant, des traces de plomb peuvent encore être présentes dans certains types de carburants (ex. : carburant d'aviation). Ces traces peuvent être introduites lors des processus de raffinage, principalement par l'utilisation d'équipements métalliques qui peuvent contenir du plomb. Elles restent généralement à de bas niveaux. Cependant, des déversements de produits pétroliers peuvent entraîner des interactions avec des infrastructures contenant du plomb et potentiellement libérer du plomb dans l'eau potable.

- Le **manganèse ou Mn** est un métal présent naturellement dans plusieurs types de rocs et constitue l'un des métaux les plus abondants dans l'environnement. Il n'a pas été évalué par le CIRC concernant sa cancérogénicité. La norme du Mn dans l'eau potable au Québec est établie à 120 µg/L, conformément à la CMA de Santé Canada fondée sur des effets neurologiques (moteurs, comportementaux et cognitifs) chez des rongeurs nouveau-nés (étude animale). Elle a été calculée en tenant compte des paramètres d'exposition d'un nourrisson (âgé de 0 à 6 mois) consommant du lait de formule préparé avec de l'eau potable ainsi qu'une contribution relative de l'eau potable ou RSC à l'exposition totale du nourrisson au manganèse estimée à 50 %. La norme québécoise pour le Mn dans l'eau potable est en vigueur depuis le 21 juin 2024 (36). Bien que cela ne soit pas commun à tous les déversements de produits pétroliers, le Mn est un composé qui pourrait se trouver dans l'eau potable. Il est notamment présent dans des additifs ou des catalyseurs à base de Mn pour augmenter la performance de certains carburants ainsi que dans des composantes d'équipements (ceux utilisés lors des activités de forage et d'extraction par exemple) et d'infrastructures de stockage ou de transport de pétrole (pipelines et réservoirs).

Certains types de pétrole peuvent contenir naturellement des métaux (ex. : le pétrole brut), tandis que d'autres (ex. : le pétrole raffiné) peuvent accumuler des métaux provenant des processus de production (ajout de catalyseurs, d'additifs ou de lubrifiants), de stockage ou de transport. La présence de ces métaux dans l'eau potable après un déversement de pétrole n'est pas systématique et dépendra de nombreux facteurs, notamment de la composition chimique du pétrole, de la quantité de pétrole déversée et des conditions environnementales liées au déversement (19).

7.1.2 Étape 2 : Sélection des hydrocarbures pétroliers d'intérêt prioritaire associés à des déversements de produits pétroliers visés par une recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada (Santé Canada)

En ce qui concerne les hydrocarbures présents dans les divers types de pétrole et pour lesquels aucune norme n'a été définie dans le RQEP, Santé Canada a dérivé des CMA qui sont des concentrations maximales jugées acceptables dans l'eau potable pour les trois substances suivantes : **le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes**. Ces substances sont désignées collectivement sous le nom **TEX** (37). Le benzène peut être ajouté à ces trois composés souvent étudiés ensemble (qui se nomment alors les **BTEX**), puisqu'ils sont tous présents dans l'essence et constituent plus de 60 % de la fraction soluble dans l'eau (37). Les **BTEX** sont des hydrocarbures aromatiques monocycliques relativement volatils, modérément solubles dans l'eau et qui ont de courtes chaînes carbonées.

Les preuves de cancérogénicité **du toluène** chez l'humain sont insuffisantes (37). Il a été classé dans le groupe 3 par le CIRC (1999) et comme composé pouvant représenter un risque possible pour la reproduction et le développement – substance tératogène (25). En effet, il peut nuire au développement du fœtus d'après des données issues d'études animales. De plus, il a été associé

à de faibles poids et de petites tailles à la naissance, des troubles d'apprentissage ainsi qu'à une perte auditive. Des études menées chez des travailleurs et des travailleuses exposés au toluène par inhalation pendant une longue période ont révélé un éventail d'effets neurologiques, dont la perte de perception des couleurs de même que des troubles de la mémoire, de la concentration et des fonctions cognitives en général. Les études sur l'exposition orale chez l'animal appuient le choix des effets neurologiques indésirables comme effets critiques toxicologiques pour la dérivation de la valeur basée sur la santé (ou VBS) du toluène dans l'eau potable fixée à 60 µg/L (37).

- **L'éthylbenzène** est considéré comme possiblement cancérigène pour les humains, car il existe des preuves suffisantes de sa cancérogénicité chez l'animal (tumeurs à différents endroits au niveau des reins, des poumons, du foie et des testicules chez les rongeurs), mais non chez l'humain. Il est donc classé dans le groupe 2B par le CIRC (25)). En ce qui concerne les autres effets, les données animales montrent que le foie et les reins sont les principaux organes ciblés par l'éthylbenzène. Les effets de cette substance au niveau du foie et de l'hypophyse ont été retenus comme effets critiques toxicologiques pour la détermination par Santé Canada de la VGS dans l'eau potable de 140 µg/L (37). Il existe peu de données sur les effets de l'éthylbenzène chez l'humain. En ce qui a trait aux effets sur la reproduction, il n'existe pas de données épidémiologiques, et les données animales sont limitées. Enfin, aucune donnée n'a été recensée pour les effets sur le développement chez l'humain ou l'animal (38).
- **Les xylènes** (o, m, p) ne sont pas classables quant à leur cancérogénicité pour l'humain en raison du manque de données à leur sujet. D'ailleurs, le CIRC les classe dans le groupe 3 – 1999 (25). Les données tirées des études chez l'animal et l'humain montrent que les principaux effets des xylènes sur la santé dépendent de la voie d'exposition : les xylènes peuvent avoir un effet sur le système nerveux central par toutes les voies d'exposition, sur l'appareil respiratoire par inhalation ainsi que sur le foie, les reins et la masse corporelle par la voie orale. Des effets neurologiques indésirables ont été sélectionnés comme effets critiques toxicologiques pour l'établissement de la VBS des xylènes dans l'eau potable par Santé Canada, soit 90 µg/L (37).

Il faut rappeler que, dans l'eau, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes peuvent être détectés à l'odeur à des concentrations inférieures aux CMA établies par Santé Canada. Quoique ces concentrations ne soient associées à aucun effet indésirable, elles peuvent influencer sur l'acceptabilité de l'eau par les consommateurs et les consommatrices.

7.1.3 Étape 3 : Sélection des autres composés chimiques (hydrocarbure pétroliers, agents additifs et métaux) ayant des valeurs guides sanitaires pour des expositions aiguës, à court terme ou sous-chroniques

Pour ce qui est des autres composés (hydrocarbures pétroliers, agents additifs et métaux) pouvant se trouver dans l'eau potable à la suite d'un déversement, le MDH a dérivé des VGS concernant des expositions aiguës, à court terme et sous-chroniques pour seize substances. Parmi ces substances, trois sont des hydrocarbures aromatiques monocycliques, sept sont des hydrocarbures aromatiques polycycliques, un est un hydrocarbure aliphatique et, enfin, trois substances sont des additifs de pétrole.

- **Le 1,2,3-triméthylbenzène, le 1,2,4-triméthylbenzène et le 1,3,5-triméthylbenzène** sont trois isomères de triméthylbenzène (TMB) généralement sous la forme d'un mélange. Ces isomères sont des hydrocarbures aromatiques monocycliques composés d'un noyau benzénique auquel sont attachés trois groupes méthyle. Ils sont fabriqués lors du raffinage du pétrole brut et de la production d'hydrocarbures aromatiques contenant neuf carbones, soit la fraction aromatique C9. La majorité de cette fraction est utilisée dans l'essence. Les TMB sont des hydrocarbures volatils, et les humains y sont principalement exposés en respirant des vapeurs de TMB. L'ingestion par la nourriture ou par l'eau potable est également possible. Des effets sur les systèmes nerveux, respiratoire et hématologique (sanguin) ont été rapportés chez les humains exposés au travail ou à domicile, mais ces effets ont été observés après une exposition à des mélanges complexes contenant des isomères de TMB. Ce type d'exposition rend difficile la détermination de la contribution de chaque isomère aux effets notés sur la santé. Des effets similaires ont été observés chez des animaux exposés aux isomères individuels, notamment des effets sur le système nerveux, incluant des effets cognitifs et une diminution de la sensibilité à la douleur. Toutefois, il n'y a pas suffisamment d'informations pour évaluer la cancérogénicité des TMB (39). En 2023, le MDH a établi une HBV à court terme applicable aux trois isomères (ayant des structures chimiques et des propriétés similaires) dans l'eau potable de 30 µg/L basée sur des effets sur le système nerveux chez le rat. Les effets critiques retenus sont le changement au niveau du système nerveux central et la diminution de la sensibilité à la douleur (40). Des VGS sous-chroniques et chroniques ont également été fixées à la même valeur que la VGS à court terme afin de protéger la population en ce qui a trait aux expositions à court terme.
- Le **n-hexane** est un hydrocarbure aliphatique très volatil se présentant sous la forme d'un liquide incolore et ayant une odeur d'hydrocarbure semblable à celle des carburants. Il est très peu soluble dans l'eau (environ 10 mg/L à 20°C). Il est miscible à de nombreux solvants organiques et est utilisé comme solvant volatil et non polaire dans l'industrie chimique. Le n-hexane se trouve principalement dans le pétrole brut, le kérozène et l'essence (41). Le potentiel cancérigène de ce produit est peu documenté. Une étude épidémiologique a indiqué une possible corrélation entre l'exposition au n-hexane et des tumeurs intracrâniennes, mais cette étude était limitée par un faible nombre de cas et de nombreuses coexpositions. Des tumeurs papillaires ont été notées dans des bronchioles de lapins exposés pendant 24 semaines à 3 000 ppm de n-hexane, mais l'incidence des tumeurs n'a pas été

précisée. Par ailleurs, le CIRC n'a pas évalué la cancérogénicité du n-hexane (41). La plupart des études humaines ont évalué l'exposition de longue durée par inhalation, tandis que les études animales se sont concentrées sur les expositions par inhalation et par voie orale de courte et de moyenne durée. Les informations disponibles laissent croire que les effets néfastes neurologiques, respiratoires, développementaux et reproductifs sont les principales préoccupations de santé liées à l'exposition au n-hexane. Pour ce qui est des effets sur le développement, des associations ont été rapportées entre l'exposition au n-hexane chez l'humain et un faible poids à la naissance (42) ainsi que des altérations du système immunitaire néonatal (43). En ce qui concerne les effets sur la reproduction, plusieurs études épidémiologiques ont associé l'exposition au n-hexane à des effets néfastes, notamment des cycles menstruels plus longs, des délais accrus pour concevoir, des concentrations plus faibles d'hormones folliculo-stimulantes (FSH) sériques ainsi que des risques plus élevés de fausse couche spontanée et de prééclampsie. Des études animales (chez le rat) ont montré des effets sur le système reproducteur masculin suivant une exposition au n-hexane (41). Le MDH a déterminé des VGS à court terme et sous-chronique de 100 µg/L basées sur des effets non cancérogènes sur le système nerveux du rat : l'effet critique observé est la réduction de la vitesse de conduction des nerfs moteurs (44). Le MDH estime que la valeur guide sous-chronique doit également offrir une protection contre les expositions de courte durée survenant au cours de cette période.

- **Les HAP** sont une classe de composés organiques contenant deux ou plusieurs anneaux aromatiques fusionnés. Ces composés sont issus de la combustion incomplète de combustibles fossiles comme le charbon, le pétrole brut et le gaz naturel (45). Ils sont également présents dans le goudron de houille, la créosote, le goudron de toiture et dans divers mélanges de pétrole raffiné tels que l'essence, le diesel, le JP-4 (ou kérosène), ainsi que les huiles légères (huile de chauffage) et intermédiaires (mazout). Certains HAP sont employés dans la fabrication de médicaments, de colorants, de plastiques et de pesticides (19). Ils se présentent sous la forme d'un mélange de composés individuels. En raison de leur faible solubilité et de leur grande affinité pour les particules, les HAP ne se trouvent généralement pas dans l'eau en concentrations notables et sont plus susceptibles d'être adsorbés sur les particules et de subir un processus de sédimentation (46). Les HAP sont lipophiles et passent facilement à travers les cellules. Ceci est particulièrement vrai pour les voies d'exposition orale et cutanée. Bien qu'il existe des données sur la toxicité des mélanges complexes contenant des HAP (tels que les huiles brutes, les produits pétroliers complexes, les goudrons de houille, etc.), ces données n'ont généralement pas été utilisées pour déterminer des valeurs toxicologiques de référence. En effet, il est difficile de déterminer la toxicité des HAP composant ces mélanges en raison des interactions potentielles qui pourraient se produire et de la présence d'autres substances toxiques dans les mélanges. Pour la majorité des HAP, les données individuelles sont insuffisantes pour calculer un risque unitaire (RU) par inhalation ou par ingestion d'eau potable. Ainsi, les HAP sont classés par le CIRC dans différentes catégories : certains dans le groupe 2B, soit potentiellement cancérogènes pour l'humain (comme l'anthracène et le naphthalène), d'autres dans le groupe 3, soit non classables quant à leur cancérogénicité pour l'humain (comme

l'acénaphène, le fluoranthène, le fluorène et le pyrène), et certains n'ont pas été précisément évalués pour leur cancérogénicité (comme le biphényle). Des données d'exposition orale provenant d'études animales sont disponibles et ont été évaluées par certains organismes sanitaires reconnus (45–47). Ces données ont permis l'établissement de doses de référence en vue de déterminer des valeurs guides sanitaires pour l'eau potable. Le benzo(a)pyrène (BaP) est le HAP le plus étudié et le seul dont les données sont suffisamment robustes pour calculer des estimations quantitatives du pouvoir cancérogène. Le MDH a d'ailleurs dérivé et mis à jour récemment (48) des VGS aiguë, à court terme et sous-chronique pour un certain nombre d'HAP dans l'eau potable. Les HAP en question pourraient représenter un risque pour la santé lors de situations d'urgence. Ces HAP sont présentées à la ci-dessous.

- **L'acénaphène** est un HAP comportant deux anneaux aromatiques reliés par un pont éthylénique. C'est l'un des HAP les plus simples dans sa structure et il est généralement regroupé avec les autres HAP. Aucune donnée sur les effets de l'acénaphène chez l'humain à la suite d'une exposition par inhalation ou par voie orale n'a été notée au cours des recherches bibliographiques (45). Il est classé dans le groupe 3 par le CIRC (2010), soit inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme (25). Les effets de l'exposition orale des animaux à l'acénaphène ont été évalués dans deux études sous-chroniques indiquant que les effets hépatiques et sur la glande surrénale peuvent être un effet sensible chez la souris, mais il n'est pas question de ces effets dans des études chroniques ainsi que sur le développement, la reproduction ou la cancérogénicité (45). En 2018, le MDH a établi une HBV sous-chronique pour ce composé dans l'eau potable de 200 µg/L basée sur des effets hépatiques chez la souris. L'effet critique retenu est l'augmentation du poids relatif du foie (49).
- **L'antracène** est un HAP composé de trois anneaux de benzène fusionnés. Il est classé dans le groupe 2B par le CIRC (en évaluation en 2023), soit peut-être cancérogène pour l'humain (25). Aucune étude humaine pertinente portant sur l'exposition à l'antracène par voie orale ou par inhalation n'a été repérée. La base de données sur la toxicité de l'antracène examinée dans les études animales ne contenait qu'une seule étude de haute qualité, et aucun effet n'a été observé dans cette étude (50). Les études animales qui ont noté des effets sur la santé lors de l'exposition orale à ce composé sont limitées et de moindre qualité. Cela ne signifie pas que l'ingestion d'antracène n'a aucun effet sur la santé, mais plutôt que les doses testées et les examens effectués jusqu'à présent n'en ont pas révélé. En l'absence de données provenant d'études de haute qualité, le MDH a sélectionné la dose la plus élevée, qui correspond à la dose sans effet nocif observé (NOAEL), tirée d'une étude de haute qualité pour établir une VGS sous-chronique de 1 mg/L (51).
- **Le biphényle** est un HAP constitué de deux cycles benzéniques liés entre eux. Actuellement, le biphényle n'a pas été évalué par le CIRC en ce qui concerne sa cancérogénicité. Par ailleurs, les données humaines disponibles pour ce composé sont limitées et comprennent des évaluations réalisées auprès de travailleurs et de travailleuses exposés au biphényle par inhalation lors de la production de papier d'emballage de fruits imprégné de ce composé.

Dans une étude réalisée en Finlande, des effets d'ordre neurologique ont été observés chez les personnes exposées à des niveaux de biphényle dépassant les limites d'exposition professionnelle, tandis que, dans une autre étude suédoise, ces conclusions neurologiques n'ont pas été constatées. Cependant, un risque accru de maladie de Parkinson a été observé dans cette population suédoise (52). Deux études animales sur le biphényle ont montré une augmentation des tumeurs de la vessie chez les rats mâles et des tumeurs hépatiques chez les souris femelles à des doses élevées. D'autres études antérieures sur les rats et les souris n'ont pas montré de preuves claires de cancérogénicité, mais leur fiabilité est limitée. Dans le cas des effets non cancérigènes, des lésions rénales ont été observées chez les rats, indiquant que les reins sont des cibles critiques pour le biphényle chez cette espèce. Du côté des souris, des effets non cancérigènes sur les reins, comme la minéralisation, et sur le foie, comme une augmentation des activités de certaines enzymes plasmatiques, ont été notés (52). Le MDH a déterminé récemment une VGS aiguë de 400 µg/L basée sur des effets non cancérigènes sur le système rénal (augmentation du volume urinaire, soit une polyurie, accompagnée d'une augmentation de l'excrétion de protéines urinaires, de glucose et de plusieurs enzymes rénales) chez des rats mâles adultes (53). Il a également fixé une VGS à court terme de 100 µg/L à partir d'effets non cancérigènes observés sur le système rénal, soit hausse du volume urinaire (polyurie); présence de composés (cristaux, débris de cellules, bactéries ou autres substances insolubles) dans le sédiment urinaire précipitable; augmentation de la présence urinaire de glucose, de protéines ainsi que de phosphatase alcaline (AP) et excrétion d'aspartate aminotransférase – *glutamic oxaloacetic* ou GOT (53). Cette VGS a été appliquée aux VGS sous-chronique ainsi que chronique (effet non cancérigène). Quant aux effets sur la reproduction et sur le développement, une diminution du poids du fœtus ou des petits à la naissance, un retard d'ossification et une augmentation des fœtus morts ou résorbés ont été rapportés chez les rongeurs à des doses équivalant à 600 fois les valeurs toxicologiques de référence à court terme et sous-chroniques. Cependant, les études sont anciennes, et la méthodologie est limitée et présente des incertitudes.

- **Le fluoranthène** est un HAP avec une structure à quatre anneaux (tétracyclique) dans laquelle une unité de benzène et une unité de naphthalène (toutes deux hexagonales) sont conjuguées à un anneau à cinq membres (pentagonal). Aucune étude épidémiologique d'exposition orale pour ce composé n'a révélé d'effets toxiques sous-chroniques et chroniques sur la santé, ni en ce qui concerne les fonctions de reproduction et de développement. Il n'existe aucune donnée appropriée sur la cancérogénicité du fluoranthène pour l'humain. Le composé est classé dans le groupe 3 par le CIRC (2010), soit inclassable quant à sa cancérogénicité (25). Les effets d'une exposition aiguë au fluoranthène ne sont pas connus. Des études à plus long terme (exposition sous-chronique) sur des animaux montrent que le fluoranthène peut provoquer une néphropathie (maladie rénale), une augmentation du poids du foie et une hausse des niveaux des enzymes hépatiques. Le MDH a établi une VGS sous-chronique de 200 µg/L à partir d'une BMDL10 en se servant des données relatives à la néphropathie (affection du rein) chez la souris (54).

- **Le fluorène** est un HAP avec trois anneaux benzéniques liés de manière covalente. Il se présente sous la forme de cristaux blancs dégageant une odeur proche de celle du naphthalène. Il est classé dans le groupe 3 du CIRC – 2010 (25). Aucune étude concernant la cancérogénicité de ce composé chez l'humain à la suite d'une exposition orale n'a été recensée (45). En ce qui a trait aux études animales, une exposition sous-chronique de souris femelles au fluorène a affecté leur système sanguin et leur rate. Il n'y a aucune étude animale qui indique que le fluorène provoque le cancer. Le MDH a calculé une VGS sous-chronique de 200 µg/L sur la base des effets sur le système sanguin de la souris lors d'une étude expérimentale sous-chronique (56).
- **Le naphthalène** est un HAP formé de deux anneaux benzéniques fusionnés et connus sous plusieurs appellations comme *boules de naphthaline*, *boules à mites*, *goudron blanc* et *camphre de goudron*. Il apparaît comme un solide blanc cristallin volatil et a une odeur caractéristique qui peut être détectable à des concentrations dans l'eau de 21 µg/L (56). Le naphthalène est une substance classée dans le groupe 2B par le CIRC– 2002 (25). En effet, il n'existe aucune étude documentant des effets cancérigènes chez l'humain après une exposition orale, et aucune tumeur n'a été détectée chez les rats exposés par ingestion pendant deux ans (57). L'exposition aiguë à une grande quantité de naphthalène peut provoquer de l'anémie hémolytique chez les adultes et les personnes vulnérables telles que les enfants (consommant accidentellement des produits contenant du naphthalène) et les femmes enceintes. Les principaux symptômes observés sont des nausées, des vomissements, des diarrhées, la présence de sang dans les urines et une coloration jaune de la peau. Le naphthalène peut être transmis de la personne enceinte au fœtus en développement par le système sanguin. Il peut également être transmis au nourrisson alimenté par du lait maternel. Toutefois, aucune étude ne rapporte des effets sur la reproduction chez les animaux. Aucune étude n'indique non plus que l'exposition prénatale ou postnatale au naphthalène a causé des problèmes de développement chez les enfants humains. Des symptômes neurologiques tels que la confusion, l'altération de la perception, l'apathie, la léthargie et le vertige ont été observés après l'ingestion de naphthalène dans des études de cas humains. De plus, des signes cliniques de toxicité liés à la dose ont été observés chez des rats exposés au naphthalène pendant dix jours au cours de l'organogenèse (56). Une respiration lente et de la léthargie ont été notées chez un grand pourcentage des animaux exposés. Dans le groupe ayant reçu la dose la plus faible, 73 % des animaux ont été affectés dès le premier jour d'exposition. Le MDH a retenu cette étude pour dériver des VGS aiguë et à court terme de 70 µg/L basées sur les effets sur le système nerveux de la mère, notamment de la léthargie, une respiration superficielle et une altération de la posture. Cet organisme a également dérivé une VGS sous-chronique de 70 µg/L d'après une étude de gavage chez les rats dont l'effet critique retenu était la diminution du poids corporel et les effets cocritiques pris en compte étaient la diminution du poids de la rate et des effets toxiques sur le système nerveux (58).

- **Le pyrène** est un HAP constitué des quatre cycles benzéniques fusionnés. Le CIRC a classé le pyrène dans le groupe 3, soit inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'humain (2010), sur la base de l'absence de données humaines et de données animales limitées (25). Deux études animales portant uniquement sur l'exposition orale au pyrène chez les rongeurs ont montré des effets toxiques pour les reins et le foie (59). Le MDH a retenu les données de l'une des deux études animales relatives à l'exposition orale au pyrène chez des souris pendant 13 semaines pour l'établissement une VGS sous-chronique de 90 µg/L, basée sur les effets toxiques suivants : la néphropathie et la diminution du poids des reins (60).

Les agents additifs

- **Le méthyl tert-butyl éther ou MTBE** est un éther aliphatique. C'est un liquide clair relativement volatil et modérément soluble dans l'eau. Il se mélange très bien à l'essence et est utilisé au Canada depuis 1980 comme additif de l'essence pour améliorer l'indice d'octane de l'essence sans plomb. Le MTBE a une odeur et un goût désagréables à de faibles concentrations dans l'eau potable. La U.S. EPA a établi en 1997 une recommandation non réglementaire de 20 à 40 µg/L pour le MTBE dans l'eau potable, en se fondant sur le goût et l'odeur désagréables que ce produit donne à l'eau (61). Cette plage de valeurs repose sur trois études publiées. L'une d'elles montrait que le seuil de détection avait tendance à être plus bas pour l'odeur que pour le goût, alors que deux autres indiquaient le contraire. Santé Canada a, de son côté, établi un objectif esthétique de 15 µg/L se basant sur le seuil de détection olfactif. Le MTBE n'est pas classable quant à sa capacité à provoquer le cancer chez l'humain et est classé dans le groupe 3 par le CIRC – 1999 (25), en raison du peu de données disponibles chez les animaux et de données insuffisantes chez les humains. Aucune étude épidémiologique ou en milieu de travail n'a été effectuée pour déterminer les effets de l'ingestion de MTBE sur la santé, et la plupart des études de toxicité chez les animaux ont porté sur l'exposition par inhalation. Quelques études animales, menées chez les rongeurs, sur l'exposition au MTBE par ingestion à des concentrations élevées ont montré des effets à court terme sur les systèmes nerveux (anesthésie, hypoactivité, blépharospasme, ataxie), hépatique et rénal. Le MDH a donc fixé une VGS à court terme de 700 µg/L basée sur les effets sur le système rénal (augmentation du poids des reins accompagnée de modifications histologiques) constatés chez des rats exposés oralement au MTBE pendant 15 jours (62) (ainsi qu'une VGS sous-chronique à la même valeur que la VGS à court terme afin de protéger la population des expositions à court terme et aiguës (62)).
- **Le 1,2-dichloroéthane ou 1,2-DCA** est un hydrocarbure aliphatique halogéné limpide, incolore et huileux, dont l'odeur ressemble à celle du chloroforme. Il est classé dans le groupe 2B par le CIRC (1999), c'est-à-dire qu'il est probablement cancérigène pour l'humain du fait que les preuves de cancérogénicité sont insuffisantes chez l'humain, mais suffisantes chez les animaux de laboratoire (25). Les principales cibles de la toxicité chez les mammifères sont le foie, les reins ainsi que les systèmes neurologique, cardiovasculaire et immunitaire (63). Pour ce qui est des effets toxiques chez l'humain, une quantité limitée d'informations est disponible. Des études sur l'ingestion par inhalation et par voie orale, menées sur des animaux de laboratoire, ont révélé des effets similaires à ceux observés dans

des études de cas humains ainsi que des effets immunologiques, génotoxiques et cancérigènes. Les données animales indiquent en outre qu'il est peu probable que le 1,2-DCA entraîne de la toxicité pour la reproduction ou le développement à des doses inférieures à celles qui sont toxiques pour la mère. Chez les animaux, une exposition chronique au 1,2-DCA a engendré des tumeurs mammaires (chez des rats et des souris femelles exposés par l'une ou l'autre des voies - ingestion ou inhalation - et chez des rats mâles exposés par inhalation) et des fibromes sous-cutanés (après inhalation par des rats mâles et femelles et après gavage oral de rats mâles). La norme actuelle de 5 µg/L est basée sur les effets cancérigènes chroniques du 1,2-DCA (tumeurs mammaires) notés chez les rates. Ces effets sont associés à des risques d'exposition à vie de 10^{-6} . Le MDH a établi en 2013 des VGS à court terme et sous-chronique de 200 µg/L basées sur des effets sur le système hépatique (augmentation du poids du foie accompagnée par une hausse des niveaux de cholestérol sérique). La VGS sous-chronique est identique à celle à court terme, car le MDH estime que la valeur sous-chronique doit être protectrice en ce qui concerne les expositions à court terme.

- **Le 1,2-dibromoéthane (DBE)** est un hydrocarbure aliphatique halogéné qui se présente sous la forme d'un liquide incolore avec une légère odeur sucrée. Il est volatil et soluble dans l'eau. Historiquement, le DBE était principalement utilisé comme additif antidétonant dans l'essence au plomb, où il agissait comme un « nettoyant » qui convertissait les oxydes de plomb en halogénures de plomb, ainsi que comme pesticide de type fumigant (64). La volatilisation est le processus d'élimination le plus important pour le 1,2-dibromoéthane rejeté dans les eaux de surface. Des demi-vies de volatilisation de 1 à 16 jours ont été estimées pour les eaux de surface en mouvement et les eaux stagnantes. L'adsorption aux sédiments ou aux matières particulaires en suspension n'est pas considérée comme un processus notable. Le CIRC (1999) a classé le 1,2-dibromoéthane dans le groupe 2A, soit comme étant probablement cancérigène pour l'homme, sur la base de preuves suffisantes chez les animaux et de preuves insuffisantes chez les humains (25). C'est que les données sur les effets du 1,2-dibromoéthane chez l'humain sont limitées. Les rapports de cas sur des expositions aiguës par inhalation ou par ingestion ont identifié les voies respiratoires, le tractus gastro-intestinal, le foie et les reins comme étant les organes cibles du 1,2-dibromoéthane. Des études sur une cohorte professionnelle ont également signalé des effets graves sur le système reproducteur masculin (64). Des études sur des animaux exposés au 1,2-dibromoéthane par inhalation ou par ingestion, sur de courtes, moyennes et longues périodes, ont révélé de leur côté des effets toxiques similaires, avec des lésions tissulaires observées au point de contact. La plupart des études ont montré une mortalité liée au traitement d'expositions ou des effets indésirables graves, même à de faibles doses, ce qui rend difficile la détermination des organes les plus sensibles. Le MDH a calculé une VGS à court terme de 10 µg/L basée sur des effets critiques sur le système reproducteur féminin, le système hépatique (foie), le système immunitaire, le système reproducteur masculin, le système rénal (reins), le système respiratoire et la rate observés chez la souris (65). La VGS sous-chronique doit protéger contre les expositions à court terme, qui se produisent pendant la période sous-chronique. Donc, la VGS sous-chronique est fixée à la même valeur que celle retenue pour la VGS à court terme de 10 µg/L (65).

7.2 Conclusion de l'exercice de priorisation

L'exercice de sélection a permis d'établir une liste de 24 composés chimiques individuels d'intérêt prioritaire (voir la sous-section 4.6 de la fiche d'information sur les hydrocarbures pétroliers et les autres composés chimiques associés aux déversements pouvant affecter l'eau potable de la publication : *Outil d'aide à l'évaluation et au soutien à la gestion des risques pour la santé lors d'un déversement de produits pétroliers pouvant affecter l'eau potable*). Parmi les 24 composés à surveiller lors d'un déversement de produits pétroliers dans l'eau potable se trouvent 16 hydrocarbures pétroliers, 5 métaux et 3 agents additifs. Cette liste se veut être la plus exhaustive et la plus représentative possible des déversements de pétrole susceptibles de contaminer l'eau potable, et permet de guider les intervenants et les intervenantes de santé publique dans le processus d'évaluation et de gestion du risque pour la santé dans le cas d'expositions aiguës, à court terme et sous-chroniques. Cependant, étant donné que les déversements sont des événements complexes, il est possible que d'autres composés non répertoriés dans cette liste soient présents. À cet égard, une compilation plus détaillée des autres composés ainsi que des normes, des recommandations canadiennes et valeurs guides les concernant, est présentée dans un tableau Excel (diffusion restreinte pour les DSPublique). Enfin, le jugement professionnel est important dans l'interprétation et la gestion de ces risques, en tenant compte des données disponibles ainsi que des spécificités de chaque déversement.

8 RÉFÉRENCES

1. Bourgault MH, Ponce G, Valcke M. Méthodologie de recherche et de sélection de valeurs toxicologiques de référence publiées par les organismes reconnus [En ligne]. Québec (Québec) : Institut national de santé publique du Québec; 2024. Disponible : <https://www.inspq.qc.ca/publications/3590>
2. Gouvernement du Canada [En ligne]. Ottawa (Ontario) : Santé Canada; 2019. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – le plomb. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-plomb.html>
3. Groupe de travail *ad hoc* sur l'élaboration du guide d'intervention lors de dépassement de normes chimiques dans l'eau potable. Outil d'aide à la décision lors de dépassement de normes ou de contaminations chimiques dans l'eau potable. Institut national de santé publique du Québec; 2015. [document administratif]
4. Cortin V, Laplante L, Dionne M, Fillatrault F, Laliberté C, Lessard P, *et al.* La gestion des risques en santé publique au Québec : cadre de référence. [En ligne]. Institut national de santé publique du Québec ; 2016. Disponible : <https://www.inspq.qc.ca/evaluation-et-gestion-des-risques/la-gestion-des-risques-en-sante-publique-au-quebec-cadre-de-referance>
5. Organisation mondiale de la Santé [En ligne]. Petroleum products in drinking-water [En ligne]. Organisation mondiale de la Santé; 2008. Disponible : https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/petroleumproducts-2add-june2008.pdf?sfvrsn=9f397b0c_4
6. Bourgault MH, Valcke M. Méthodologie d'élaboration de valeurs guides sanitaires chroniques pour les contaminants chimiques de l'eau potable [En ligne]. Québec (Québec) : Institut national de santé publique du Québec; 2022. Disponible : <https://www.inspq.qc.ca/publications/2837>
7. Integrated Risk Information System – IRIS [En ligne]. United States Environmental Protection Agency; 2025. IRIS glossary. Disponible : <https://www.epa.gov/iris/iris-glossary>
8. Publications du Québec [En ligne]. Gouvernement du Québec; 2025. Règlement sur la qualité de l'eau potable . Disponible : <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/Q-2,%20r.%2040%20/>
9. United States Environmental Protection Agency [En ligne]. Drinking water health advisories. United States Environmental Protection Agency; 2025. Disponible : <https://www.epa.gov/sdwa/drinking-water-health-advisories-has>
10. Minnesota Department of Health [En ligne]. Human health-based water guidance table. Minnesota Department of Health; 2025. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/guidance/gw/table.html>

11. Potter, TL; Simmons, KE. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group series – Volume 2: Composition of petroleum mixtures. Amherst (Massachusetts) : Amherst Scientific Publishers; 1998. Dans : United States Environmental Agency [En ligne]. United States Environmental Agency; 2025. Disponible : https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3381248 [résumé]
12. Gustafson JB, Griffith Tell J, Orem D. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group series – Volume 3: Selection of representative TPH fractions based on fate and transport considerations. Amherst (Massachusetts) : Amherst Scientific Publishers; 1997. Dans : United States Environmental Agency [En ligne]. United States Environmental Agency; 2025. Disponible : https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3381246 [résumé]
13. Edwards DA, Andriot MD, Amoruso MA, Tummey AC, Bevan CJ, Tveit A, *et al.* Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group series – Volume 4: Development of fraction specific reference doses (RfDs) and reference concentration (RfCs) for total petroleum hydrocarbons (TPH). Amherst (Massachusetts) : Amherst Scientific Publishers; 1997. Dans : United States Environmental Agency [En ligne]. United States Environmental Agency; 2025. Disponible : https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3381249 [résumé]
14. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group series – Volume 1: Analysis of petroleum hydrocarbons in environmental media. Amherst (Massachusetts) : Amherst Scientific Publishers; 1998. Dans : United States Environmental Agency [En ligne]. United States Environmental Agency; 2025. Disponible : https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3381247 [résumé]
15. Vorhees DJ, Weisman WH, Gustafson, JB. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group series – Volume 5: Human health risk-based evaluation of petroleum release sites: implementing the working group approach. Amherst (Massachusetts) : Amherst Scientific Publishers; 1999. Dans : United States Environmental Agency [En ligne]. United States Environmental Agency; 2025. Disponible : https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/3381250 [résumé]
16. Minnesota Pollution Control Agency [En ligne]. Minnesota Pollution Control Agency; 2025. Petroleum remediation guidance. Disponible : <https://www.pca.state.mn.us/business-with-us/petroleum-remediation-guidance>
17. Hawaii Department of Health. Evaluation of environmental hazards at sites with contaminated soil and groundwater - Volume 1: User's guide [En ligne]. Honolulu (Hawaï) : Hawaii Department of Health; 2017. Disponible : <https://health.hawaii.gov/heer/files/2019/11/Volume-1-HDOH-2017.pdf>
18. Massachusetts Department of Environmental Protection, ABB Environmental Services. Interim final petroleum report: development of health-based alternative to the total petroleum hydrocarbon (TPH) parameter [En ligne]. Massachusetts Department of Environmental Protection; 1994. Disponible : <https://www.mass.gov/doc/interim-final-petroleum-report-development-of-health-based-alternative-to-the-total-petroleum-0/download>

19. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for total petroleum hydrocarbons (TPH). Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1999. Dans : National Library of Medicine – National Center for Biotechnology Information [En ligne]. Bethesda (Maryland) : National Library of Medicine; s.d. Disponible : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK595985/> [résumé]
20. United States Environmental Protection Agency. Provisional peer-reviewed toxicity values for complex mixtures of aliphatic and aromatic hydrocarbons (CASRN various) [En ligne]. Cincinnati (Ohio) : United States Environmental Protection Agency; 2009 . Disponible : <https://cfpub.epa.gov/ncea/pprtv/documents/TotalPetroleumHydrocarbonsAliphaticHigh.pdf>
21. Massachusetts Department of Environmental Protection. Updated petroleum hydrocarbon fraction toxicity values for the VPH/EPH/APH methodology [En ligne]. Boston (Massachusetts) : Massachusetts Department of Environmental Protection; 2003. Disponible : <https://www.mass.gov/doc/updated-petroleum-hydrocarbon-fraction-toxicity-values-for-the-vph-eph-aph-methodology/download>
22. Organisation mondiale de la Santé/World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality– Fourth edition incorporating the first and second addenda [En ligne]. Organisation mondiale de la Santé/World Health Organization; 2022 Disponible : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
23. Boudreau LM, Sinotte E, Defo M. A. Revue de littérature sur les critères de qualité d'eau de surface pour les hydrocarbures pétroliers (Étude AENV14) En ligne]. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques; 2019. Disponible : https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/secteur_activites/energie/AENV14.pdf
24. Hawaii Department of Health. Evaluation of environmental hazards at sites with contaminated soil and groundwater– Volume 1: User's guide [En ligne]. Honolulu (Hawaï) : Hawaii Department of Health; 2017. Disponible : <https://health.hawaii.gov/heer/files/2019/11/Volume-1-HDOH-2017.pdf>
25. International Agency for Research on Cancer [En ligne]. Lyon (France) : International Agency for Research on Cancer; 2025. List of classifications: agents classified by the IARC monographs, Volumes 1–137. Disponible : <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
26. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for benzene [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2024. Disponible : <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=40&tid=14>
27. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Le benzo[a]pyrène [En ligne]. Gouvernement du Canada; 2016. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-benzo-pyrene.html>
28. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for arsenic [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2007. Disponible : <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=22&tid=3>

29. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – L'arsenic. [En ligne]. Gouvernement du Canada; 2006. Disponible : <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-arsenic-eau/alt/water-arsenic-eau-fra.pdf>
30. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Cadmium [En ligne]. Gouvernement du Canada; 2020. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-cadmium.html>
31. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for cadmium [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2012. Disponible : <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=48&tid=15>
32. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Le chrome [En ligne]. Gouvernement du Canada; 2018. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-chrome.html>
33. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for lead [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2020. Disponible : <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=96&tid=22>
34. Institut national de santé publique du Québec [En ligne]. Institut national de santé publique du Québec; 2003. Plomb. Disponible : <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/plomb>
35. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Le plomb [En ligne]. Gouvernement du Canada; 2019. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-plomb.html>
36. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [En ligne]. Gouvernement du Québec; 2025. Nouvelle norme relative au manganèse dans l'eau potable. Disponible : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/manganese/index.htm>
37. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes [En ligne]. Gouvernement du Canada; 2014. Disponible : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-toluene-ethylbenzene-et-xylenes.html>
38. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for ethylbenzene [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2010. Disponible : <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp110.pdf>
39. Integrated Risk Information System. Toxicological review of trimethylbenzenes [En ligne]. Washington, DC : United States Environmental Protection Agency; 2016. Disponible : <https://iris.epa.gov/static/pdfs/1037tr.pdf>

40. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: 1,2,4-trimethylbenzene;1,3,5-trimethylbenzene; and 1,2,3-trimethylbenzene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2023. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/tmbsumm.pdf>
41. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for n-hexane [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2025. Disponible : <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=393&tid=68>
42. Gong X, Lin Y, Bell ML, Zhan FB. Associations between maternal residential proximity to air emissions from industrial facilities and low birth weight in Texas, USA. *Environment International*. 2018;120:181-98.
43. Lehmann I, Thoeleke A, Rehwagen M, Rolle-Kampczyk U, Schlink U, Schulz R, *et al*. The influence of maternal exposure to volatile organic compounds on the cytokine secretion profile of neonatal T cells. *Environ Toxicology*. 2002;17(3):203-10.
44. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: n-hexane [En ligne]. Minesota Department of Health; 2022. Disponible <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/nhexane.pdf>
45. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1995. Disponible : <https://wwwn.cdc.gov/tsp/toxprofiles/toxprofiles.aspx?id=122&tid=25>
46. United States Environmental Protection Agency. Drinking water criteria document for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) United States Environmental Protection Agency; 1991.
47. Organisation mondiale de la Santé/World Health Organization. Polynuclear aromatic hydrocarbons in drinking-water [En ligne]. Genève (Suisse) : Organisation mondiale de la Santé/World Health Organization; 2003. Disponible : <https://www.who.int/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/polynuclear-aromatic-hydrocarbons-background-document.pdf>
48. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: benzo[a]pyrene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2023. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/bap.pdf>
49. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: acenaphthene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2018. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/acenaphthenesumm.pdf>
50. Integrated Risk Information System. Anthracene; CASRN 120-12-7 [En ligne]. United States Environmental Protection Agency; 1991. Disponible : https://iris.epa.gov/static/pdfs/0434_summary.pdf

51. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: anthracene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2019. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/anthracenesumm.pdf>
52. Integrated Risk Information System. Toxicological review of biphenyl (CAS No. 922-52-4) [En ligne]. Washington, DC : United States Environmental Protection Agency; 2013. Disponible : <https://iris.epa.gov/static/pdfs/0013tr.pdf>
53. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: biphenyl [En ligne]. Minesota Department of Health; 2023. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/11biphenyl.pdf>
54. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: fluoranthene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2018. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/fluoranthenesumm.pdf>
55. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: fluorene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2023. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/fluorenesumm.pdf>
56. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for naphthalene, 1-methylnaphthalene, and 2-methylnaphthalene. [En ligne] Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2025. Disponible : <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp67.pdf>
57. Schmahl D. [A test of cancerogenic effects of naphthalene and anthracene in rats]. Z Krebsforsch. 1955;60(6):697-710.
58. Minesota Department of Health. Toxicological summary for naphthalene: CAS: 91-20-3 [En ligne]. Minesota Department of Health; 2013. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/naphthalene.pdf>
59. United States Environmental Protection Agency. Provisional peer reviewed toxicity values for pyrene (CASRN 129-00-0) [En ligne]. Cincinnati, Ohio : United States Environmental Protection Agency; 2007. Disponible : https://hhprrtv.ornl.gov/issue_papers/Pyrene.pdf
60. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: pyrene [En ligne]. Minesota Department of Health; 2018. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/pyrenesumm.pdf>
61. United States Environmental Protection Agency [En ligne]. Methyl tertiary butyl ether (MTBE). United States Environmental Protection Agency; 2016. Disponible : <https://archive.epa.gov/mtbe/web/html/faq.html> [contenu archivé]

62. Minesota Department of Health. Toxicological summary for methyl tert-butyl ether (MTBE) [En ligne]. Minesota Department of Health; 2013. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/methbutyleth.pdf>
63. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for 1,2-dichloroethane [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2024. Disponible : <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=592&tid=110>
64. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for 1,2-dibromoethane [En ligne]. Atlanta (Géorgie) : Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2018. Disponible : <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp37.pdf>
65. Minesota Department of Health. Toxicological summary for: 1,2-dibromoethane [En ligne]. Minesota Department of Health; 2023. Disponible : <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/risk/docs/guidance/gw/dibromoethane12.pdf>

ANNEXE 1 STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

Plan de concept

Deux bases de données bibliographiques ont été consultées : Embase et Environment Complete.

Tableau 1 Mots clés utilisés pour chaque concept

	Concept 1 Évaluation des risques	Concept 2 Hydrocarbures pétroliers	Concept 3 Eau potable	Concept 4 Déversement
Mots clés en anglais	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluation frame-work/framework • Indicator(s) • Hazard • Risk(s) toxicological • Analysis/analyses • Assessment • Characterisation/ characterization • Evaluat(ion) • Guidelines • Guidance • Tool 	<ul style="list-style-type: none"> • Aromatic compound(s) • Aliphatic compound(s) • Benzene • Ethylbenzene • Toluene • Xylene • BTEX • Crude oil(s) • Diesel • Fuel • Gasoline/gazoline • Hydrocarbon(s) • Kerosene • Petroleum • TPH 	<ul style="list-style-type: none"> • Domestic water • Drinking water • Ground water/ groundwater • Municipal water • Potable water • Tap water • Treated water • Water quality • Water wells 	<ul style="list-style-type: none"> • Acute • Accident(s/al) • Contaminat(ion/ed) • Dispersal • Dissipation • Incident(s) • Pollution • Release(s) • Spill(s) • Subchronic/ sub-chronic

Stratégie de recherche

Embase

Recherche globale basée sur les quatre concepts dans Embase (recherche initiale le 5 août 2021 et relance effectuée le 11 janvier 2023). Les résultats de la première et de la deuxième recherche sont rapportés aux lignes 7 et 8 du tableau.

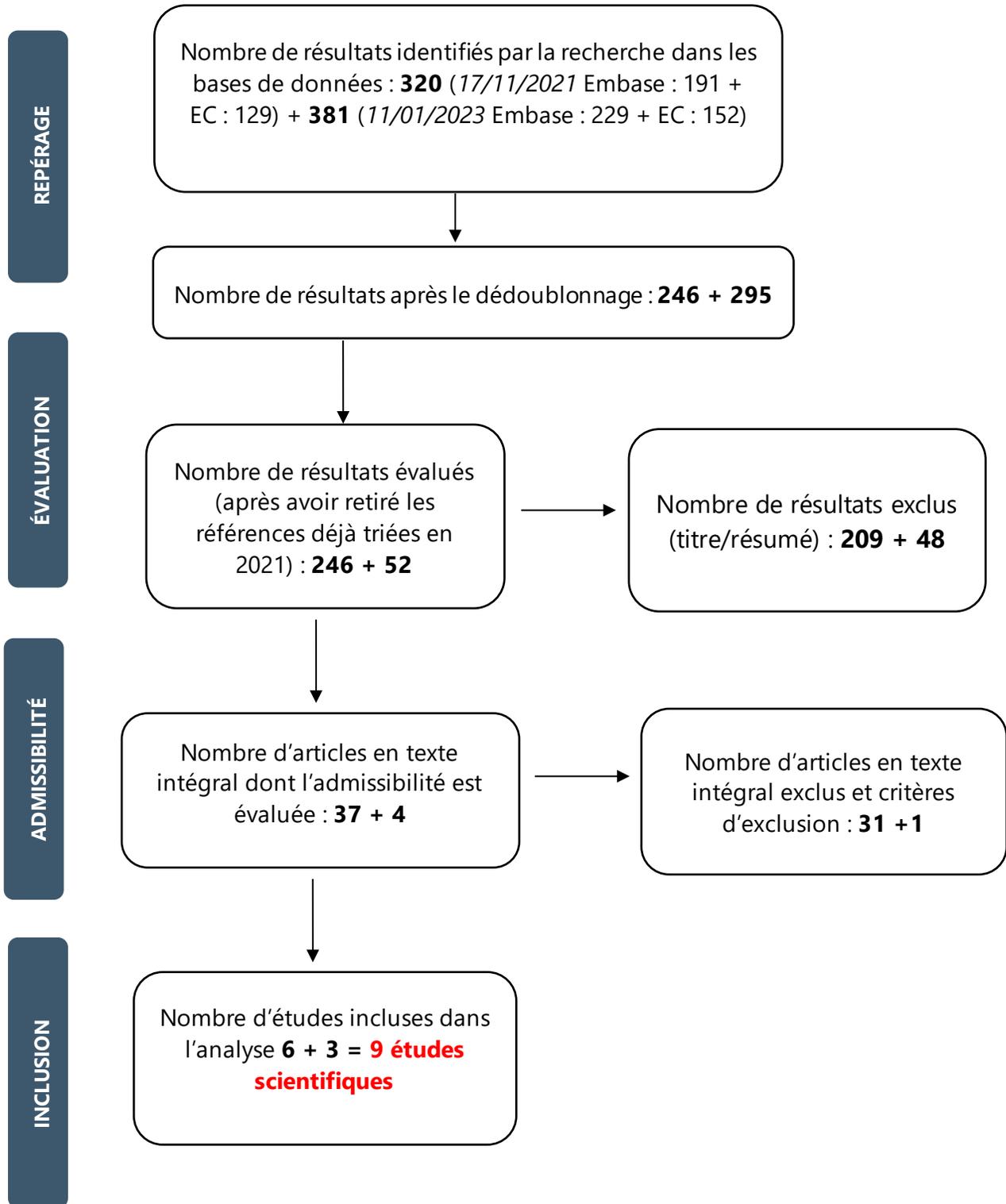
#	Requête	Résultats	
1	Concept 1 : Évaluation des risques	(((hazard or risk* or toxico*) adj4 (analys* or analyz* or assess* or characteris* or characteriz* or evaluat*)) or (evaluation adj (framework* or frame-work*)) or indicator*).ti, ab ,kw,ox. or "risk assessment"/	1 356 979
2	Concept 2 : Hydrocarbures pétroliers	(((aromatic or aliphatic) adj compound*) or benzene or BTEX or "crude oil*" or diesel or ethylbenzene or fuel* or gasoline or gazoline or hydrocarbon* or kerosene or petroleum or toluene or TPH or xylene).ti,kw,ox. or aliphatic hydrocarbon/ or aromatic hydrocarbon/ or petroleum/ or fuel/	105 760
3	Concept 3 : Eau potable	(((domestic or drinking or ground or municipal or potable or quality or tap or treated or wells) adj2 water*) or groundwater*).ti, ab ,kw,ox. or "drinking water"/	167 410
4	Concept 4 : Déversement	(acute or accident* or contaminat* or dispersal or dissipation or incident* or pollut* or release* or spill* or "sub-chronic*" or subchronic*).ti, ab ,kw,ox.	4 212 407
5	Liaison des concepts	1 and 2 and 3 and 4	307
6	Limite langues	5 and (english or french).lg.	293
7	Limite temps	limit 6 to yr=2008-2021	191
8	Limite temps (relance)	limit 6 to yr=2008-3000	229

Environment Complete

Recherche globale basée sur les quatre concepts dans Environment Complete (recherche initiale le 5 août 2021 et relance effectuée le 11 janvier 2023). Les résultats de la première et de la deuxième recherche sont rapportés aux lignes 7 et 8 du tableau.

#	Requête	Résultats
1	Concept 1 : Évaluation des risques	181 052
2	Concept 2 : Hydrocarbures pétroliers	100 820
3	Concept 3 : Eau potable	154 491
4	Concept 4 : Déversement	541 263
5	Liaison des concepts	214
6	Limite langues	208
7	Limite temps	129
	Limite temps (relance)	152

Résultats de la stratégie de recherche documentaire dans la littérature scientifique



Centre d'expertise et
de référence en santé publique

www.inspq.qc.ca