



## CADRE POUR L'ÉLABORATION DE MÉTHODES NORMALISÉES AFIN D'ÉVALUER LA TOXICITÉ DES HYDROCARBURES PÉTROLIERS SUR LES ORGANISMES AQUATIQUES



Figure 1 : Les six régions administratives de Pêches et Océans Canada (MPO). La ligne pointillée indiquait la zone économique exclusive (ZEE) du Canada.

### Contexte

Avec l'expansion de l'exploitation et du transport des ressources pétrolières et gazières dans les eaux canadiennes, la possibilité d'une contamination aquatique découlant d'opérations de routine et de rejets accidentels augmente. Étant donné que les hydrocarbures pétroliers peuvent avoir des effets néfastes sur le biote aquatique, il est nécessaire d'élaborer un cadre d'essais de toxicité normalisés qui permettra d'obtenir des résultats plus reproductibles et des comparaisons plus utiles tant pour les espèces mises à l'essai que pour les divers types de pétrole brut et de produits raffinés (y compris le bitume dilué) transportés à l'intérieur du Canada. La comparaison des résultats entre les études toxicologiques est actuellement entravée par l'acceptation d'écarts dans le cadre des procédures normalisées utilisées par divers chercheurs pour tenir compte des différences dans les propriétés physico-chimiques du matériel d'essai et l'application de paramètres souhaités. Les facteurs à prendre en considération dans une méthode normalisée révisée pour l'évaluation des effets toxiques chez les espèces aquatiques exposées aux hydrocarbures pétroliers, y compris les pétroles lourds et les produits raffinés, comme le bitume dilué sont décrits. La prise en compte de ces facteurs dans l'élaboration et l'application d'une méthode normalisée actualisée pour les hydrocarbures pétroliers améliorerait le niveau de comparaison entre les résultats de toxicité dans une vaste gamme d'hydrocarbures pétroliers et permettrait la collecte de données plus pertinentes sur le plan environnemental.

Le présent avis scientifique découle de la réunion nationale d'examen par les pairs sur la mise au point de méthodes normalisées de mesure de la toxicité afin d'évaluer les effets biologiques du pétrole lourd sur les écosystèmes aquatiques, organisée à Ottawa, du 31 janvier au 2 février 2017. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

## **SOMMAIRE**

- L'avis scientifique (AS) fournit un cadre proposé sur les méthodes normalisées visant à évaluer la toxicité du pétrole sur les organismes aquatiques pour produire des résultats plus comparables, améliorer l'uniformité entre les études et recueillir plus de données pertinentes.
- Il existe une augmentation de l'exploitation et du transport des ressources pétrolières et gazières de produits pétroliers au Canada. Cela augmente la possibilité de contamination aquatique dans des environnements récepteurs plus variés. Par conséquent, on exige que les essais de toxicité du pétrole appuient la prise de décisions et la préparation et l'intervention en cas de déversement.
- Le document d'orientation concernant la préparation de milieux d'essai pour l'évaluation de la toxicité du pétrole dans l'eau de mer (méthodes Intervention chimique en cas de déversement de pétrole – Recherche sur les effets écologiques, appelées méthodes du CROSERF) existe, mais n'a pas fait l'objet d'une mise à jour depuis 2005. Il n'a pas été élaboré pour les pétroles lourds ou pour une utilisation dans l'eau douce.
- Une analyse documentaire a révélé la diversité des méthodes d'essai de toxicité, un manque de production de rapports détaillés sur les méthodes et une utilisation incohérente de la terminologie pour décrire les solutions des essais; tout cela a empêché la comparaison de la toxicité entre différents pétroles, espèces de poissons ou conditions environnementales.
- Le CROSERF a souvent été modifié pour répondre à des objectifs d'étude particuliers, sans fournir suffisamment de détails et de raisons pour les modifications signalées. Les recommandations du CROSERF ont été jugées inappropriées pour certaines questions de recherche ou pour certains scénarios environnementaux.
- Le cadre proposé améliore l'orientation sur les conceptions expérimentales, la caractérisation physique et chimique des pétroles mis à l'essai et la préparation du pétrole dispersé physiquement et chimiquement, la caractérisation des solutions d'essai, les essais de toxicité et les exigences de déclaration. Cela permettra d'améliorer la transférabilité, la reproductibilité et la comparabilité des données toxicologiques produites par plusieurs praticiens possédant des expertises variées.
- Cinq (5) besoins prioritaires en matière de recherche ont été identifiés pour peaufiner le cadre proposé.
- Les résultats de cet effort amélioreront la comparabilité et la qualité des données en vue d'appuyer la prise de décisions liée aux incidences potentielles et à l'atténuation des répercussions des déversements d'hydrocarbures sur les environnements aquatiques.
- Ce cadre sera renforcé par l'examen d'un public plus large comprenant tous les intervenants concernés afin de parvenir à un consensus pour une norme mondiale.

## **INTRODUCTION**

On constate un accroissement de la production et de l'exploitation pétrolière et gazière au Canada, un éventail plus large de moyens de production et de transport pour le pétrole brut, de

nouveaux produits pétroliers (p. ex., bitume dilué) et un plus grand volume de produits expédiés. Ces tendances ont suscité des inquiétudes concernant les incidences potentielles sur les poissons et les pêches des déversements dans les environnements marins et dulcicoles.

Des études de cas (Lee *et al.* 2015) ont révélé que la toxicité des hydrocarbures pétroliers dépend des différences dans la sensibilité des espèces, ainsi que des caractéristiques physico-chimiques et du comportement du contaminant particulier en question qui influent sur la nature de l'exposition (c.-à-d. si le pétrole est dispersé en gouttelettes, recouvre les substrats immergés ou flotte simplement à la surface de l'eau) et des différences dans la sensibilité de toute la gamme d'espèces marines et d'eau douce qui pourraient être exposées. Par conséquent, dans le cas du bitume dilué, la toxicité pourrait être assez variable, en raison de différences dans la sensibilité des espèces marines et d'eau douce exposées et des différences dans la composition chimique des condensats de pétrole et de gaz ou des pétroles synthétiques utilisés comme diluants, ainsi que de la composition du bitume produit pendant l'extraction. La mesure de la toxicité exige la préparation de gradients de concentrations de pétrole dans l'eau. Les méthodes publiées ont inclus les dispersions mécaniques et chimiques du pétrole dans l'eau (y compris le mélange mécanique [p. ex., Nordtug *et al.* 2011], l'ajout d'agents dispersants chimiques [p. ex., Singer *et al.* 2000], ainsi que la désorption d'hydrocarbures des substrats solides [p. ex., Marty *et al.* 1997]). En outre, l'altération rapide du bitume dilué pendant la préparation des solutions d'essai a créé un défi pour les protocoles d'essai de toxicité actuellement utilisés, en raison de l'écart dans la concentration et la composition des substances toxiques dans les solutions d'essai au fil du temps. La variété des protocoles en ce qui concerne la production de solutions d'« essais normalisés » et les taux d'altération des hydrocarbures pétroliers ont empêché des comparaisons détaillées entre les essais de toxicité.

La méthode du CROSERF (Intervention chimique en cas de déversement de pétrole – Recherche sur les effets écologiques, Aurand et Coelho 2005), élaborée aux États-Unis avec la participation du Canada, est couramment utilisée pour évaluer la toxicité aquatique des pétroles bruts. Une méthode « normalisée » a été incluse pour la préparation d'une fraction adaptée à l'eau (WAF) et d'une fraction adaptée à l'eau améliorée chimiquement (CEWAF) du pétrole. L'application de ce protocole a réduit la variabilité d'un laboratoire à l'autre et fourni un moyen d'imiter des conditions d'exposition plus « réalistes » dans lesquelles les concentrations d'hydrocarbures d'origine hydrique diminuaient après un seul dosage de solutions d'essai. La « méthode » n'a pas été actualisée depuis 2005 et bien qu'elle ait été utilisée pour évaluer la toxicité des pétroles lourds et des produits raffinés (y compris le bitume dilué), le protocole d'origine n'a pas été envisagé pour cette application ou pour les essais dans l'eau douce.

Un examen récent des recherches menées sur les agents dispersants, le pétrole et la toxicité du pétrole dispersé (Adams *et al.* 2017) a démontré que de nombreuses études ne respectaient pas les recommandations d'essai du CROSERF, étant donné que les chercheurs jugeaient souvent qu'elles ne répondaient pas de façon appropriée aux objectifs d'étude précis ou aux scénarios environnementaux (p. ex., altération rapide du bitume dilué). Même si le document d'orientation du CROSERF décrivait les méthodes détaillées pour préparer les solutions WAF et CEWAF de pétrole, elles étaient souvent modifiées sans fournir suffisamment de détails et de raisons pour les modifications signalées. En outre, les propriétés des solutions d'essai étaient rarement mesurées, ce qui limitait la comparabilité des résultats entre les laboratoires, les pétroles et les espèces (Singer *et al.* 2000, 2001). Les comparaisons étaient encore compliquées par l'utilisation de nouveaux termes ou des révisions de termes couramment utilisés pour décrire les mêmes solutions ou méthodes (voir l'annexe 1, Glossaire). Compte tenu

de la complexité du pétrole et du nombre de facteurs dans la conception d'essais de toxicité, il n'est pas surprenant de constater des écarts entre les résultats d'essais de toxicité (Singer *et al.* 2001).

Pour faciliter la comparaison des expériences chimiques et toxicologiques menées avec les pétroles entre les essais et les laboratoires, les rendre plus uniformes pour pouvoir les répéter et accroître leur utilité pour les évaluations du risque environnemental et les études d'impact sur l'environnement dans un vaste éventail de types de pétroles, il est nécessaire d'élaborer des méthodes de référence normalisées pour préparer, analyser et mettre à l'essai les solutions WAF et CEWAF. La méthode devrait pouvoir s'appliquer à la plupart des produits pétroliers, sinon tous. Outre la mesure de la toxicité aquatique des produits pétroliers « frais », la méthode devrait aussi inclure les essais de produits « altérés » pour mieux comprendre les répercussions toxicologiques de l'altération, plusieurs heures, jours et semaines après un déversement.

Des méthodes normalisées sont nécessaires pour établir la toxicité inhérente du pétrole, en plus d'essais propres au site visant à évaluer l'influence des conditions environnementales uniques de chaque déversement sur l'exposition d'organismes aquatiques au pétrole et sur la toxicité du pétrole. Comme avec les recommandations initiales du CROSERF (Aurand et Coelho 2005), le but de la normalisation des méthodes d'essai de toxicité est de réduire au minimum l'écart dans les résultats causés par la méthode elle-même. À cet égard, les variations de toxicité entre les essais peuvent alors être attribuées aux différents traitements (p. ex, concentrations/espèce).

À la lumière de ce qui précède, un cadre est proposé pour élaborer une méthode normalisée de toxicité actualisée visant à évaluer la toxicité d'un éventail plus large de produits pétroliers sur les organismes aquatiques qui est plus reproductible, améliore le niveau de comparaison entre les résultats des études de toxicité et fournit des données plus pertinentes sur le plan environnemental. Étant donné que l'utilisation de formules WAF/CEWAF demeure pertinente pour l'exposition à des hydrocarbures pétroliers déversés dans l'environnement aquatique, le cadre recommandé s'appuie sur la révision des protocoles du CROSERF qui fournissaient les lignes directrices relatives aux essais de toxicité, y compris la préparation de solutions d'essai.

## **ANALYSE**

### **Méthode de préparation des solutions d'essai**

Dans l'analyse documentaire (Adams *et al.* 2017), les articles sur la normalisation des protocoles d'essai de toxicité rédigés par Singer *et al.* (2000) et Anderson *et al.* (1974) ont été désignés comme les plus souvent cités pour la préparation de solutions d'essai. Adams *et al.* (2017) ont fait remarquer que même si de nombreuses publications citaient les méthodes du CROSERF (Aurand et Coelho 2005), la plupart ne donnaient pas suffisamment de détails pour permettre la réplication de leurs études. Même si l'on peut présumer que pour la plupart des études, la méthode du CROSERF était suivie telle qu'elle est décrite, pour bon nombre d'entre elles, les modifications n'étaient pas justifiées ou expliquées.

La toxicité du pétrole dans l'eau dépend des concentrations des hydrocarbures dans la solution, qui dépendent de la quantité, de la distribution par taille et de la stabilité des gouttelettes de pétrole en suspension. L'importance de la méthode de mélange est la mesure dans laquelle elle favorise la séparation des hydrocarbures de la phase huileuse à la phase dissoute. C'est aussi là où les hydrocarbures sont biodisponibles pour tester les poissons et où le tout est influencée

par le type et l'efficacité des procédures de mélange utilisées. Les protocoles de mélange à un taux de dissipation à grande énergie fournissent des concentrations plus élevées de gouttelettes avec des ratios surface:volume élevés qui demeurent en suspension dans la solution d'essai pendant une plus longue période et qui sont moins susceptibles de se fusionner de nouveau). Par conséquent, la toxicité est plus étroitement liée aux concentrations mesurées d'hydrocarbures dans les solutions d'essai, et non aux concentrations nominales de pétrole dispersé ajouté dans une solution d'essai (Schein *et al.* 2009; Wu *et al.* 2012; Gardiner *et al.* 2013; Adams *et al.* 2014b; Martin *et al.* 2014).

### **Diluant**

L'utilisation d'eau douce par rapport à l'eau de mer comme diluant aura une incidence sur le comportement des hydrocarbures dans la solution, en particulier en ce qui concerne la densité et la flottabilité des gouttelettes. La salinité a aussi une incidence sur l'accumulation et la toxicité des hydrocarbures chez les organismes aquatiques, car les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des constituants du pétrole connus pour causer une toxicité chronique, sont moins solubles dans l'eau de mer comparativement à l'eau douce. Le CROSERF fournit des directives sur le type et la qualité de l'eau de dilution pour les essais de toxicité (Aurand et Coelho 2005). La spécification de l'eau de mer en tant qu'eau de dilution indique que les protocoles du CROSERF ont été conçus pour les espèces et les applications marines, en particulier dans les interventions en cas de déversements de grands volumes d'hydrocarbures en milieu marin. Les essais effectués avec de l'eau douce ont parfois besoin de modifications pour donner des résultats optimaux. En outre, les déversements de pétrole dans les environnements aquatiques pourraient aussi concerner des systèmes aquatiques qui sont turbides en raison, entre autres, de niveaux élevés de productivité primaire (cellules d'algues dans l'eau) ou de particules inorganiques en suspension en raison de l'érosion. Peu de publications ont signalé des solides en suspension dans l'eau contenant le diluant, principalement parce la plupart utilisent des fournitures de laboratoire d'eau filtrée.

### **Ratio pétrole/eau**

Les volumes de mélange d'huile et d'eau pour préparer la solution WAF sont souvent indiqués en tant que ratios pétrole/eau. La composition et la concentration de la solution d'essai dépendent de la quantité et des proportions relatives des hydrocarbures dans le pétrole et des taux de séparation uniques de chaque composante du pétrole dans l'eau. Dans la littérature examinée, les ratios pétrole/eau variaient de 1:106 667 à 1:1. Compte tenu de l'influence du ratio pétrole/eau sur la composition chimique des solutions d'essai, il devrait être inclus dans tous les rapports d'essai.

### **Dispersion chimique : Ratio dispersant/pétrole**

Le ratio dispersant/pétrole est le rapport du volume de dispersant appliqué et du volume de pétrole dans le récipient de mélange utilisé pour la préparation de la solution CEWAF. Il est important de choisir un ratio dispersant/pétrole approprié, car les concentrations qui sont trop élevées peuvent entraîner un excédent de dispersant dans l'eau et risquent de présenter une toxicité aiguë qui n'est pas représentative des conditions actuelles observées dans les opérations d'intervention. Les concentrations qui sont trop faibles pourraient réduire l'efficacité des agents dispersants. La modification du ratio dispersant/pétrole modifie la tension superficielle du pétrole; la dispersion est la plus grande lorsque la tension superficielle est réduite au maximum (Khelifa *et al.* 2007). Si on applique des agents dispersants pour imiter l'utilisation de dispersants lors de déversements réels, le ratio dispersant/pétrole devrait être

conforme au taux d'application recommandé fourni par le fabricant. Le ratio maximal utilisé dans les sites de déversement est de 1:20 en fonction de la conformité de l'intervention aux taux d'application publiés sur les étiquettes des produits dispersants (ASTM STP 1282). À ce titre, un ratio dispersant/pétrole de 1:1 serait jugé non réaliste et ne serait pas utilisé dans un protocole d'intervention en cas de déversement. Compte tenu de la nature extrêmement visqueuse, qui ne permet donc pas leur traitement au moyen d'agents dispersants après un déversement, il n'existe pas de publications à ce jour précisant un ratio dispersant/pétrole optimal ou une énergie de mélange nécessaire pour générer des solutions chimiquement dispersées de bitume dilué pour les essais de toxicité.

Le potentiel de synergie entre l'agent dispersant et le pétrole dispersé sur la toxicité a été le sujet de débats et met en évidence l'importance de témoins appropriés dans les essais de toxicité du pétrole. Outre les témoins positifs pour garantir les effets toxiques et les témoins négatifs pour évaluer la santé des organismes mis à l'essai, il faut inclure des témoins pour tous les solvants ou pour toutes les méthodes afin d'améliorer le mélange du pétrole et de l'eau. On peut estimer la toxicité potentielle du dispersant dans le mélange en mesurant les concentrations d'agents dispersants dans la solution-mère de CEWAF pour les comparer à un ensemble de données exposition-réponse sur le dispersant seul. On ignore cependant si les méthodes existantes permettent de différencier le « dispersant libre » du dispersant associé aux gouttelettes de pétrole dans les échantillons CEWAF.

### **Méthodes de caractérisation du pétrole et des solutions d'essai**

L'analyse détaillée quantitative du pétrole dans les solutions d'essai permettra d'obtenir de l'information sur les concentrations réelles d'hydrocarbures individuels auxquels les organismes mis à l'essai ont été exposés (Harris *et al.* 2014). Il est essentiel de caractériser les solutions d'essai en mesurant la concentration de chaque composante de pétrole dans les solutions d'essai et dans le stock initial de pétrole pour tenir compte de l'altération. Étant donné que les hydrocarbures sont hydrophobes, il est essentiel de mesurer les changements temporels de leurs concentrations, sur des périodes données pour les protocoles statiques ou de renouvellement, et sur toute la durée du test. En ce qui concerne les études comparant la toxicité des solutions WAF et CEWAF, les concentrations mesurées sont également nécessaires pour appuyer les discussions au sujet de l'utilisation des agents dispersants (Clark *et al.* 2001).

Le principal défaut de la déclaration de concentrations de charge nominales uniquement est l'hypothèse selon laquelle le protocole utilisé donnera la même concentration d'huile dans la solution de stock WAF ou CEWAF que celle obtenue dans une autre étude indépendante dans laquelle les concentrations ont été mesurées (ou qui sera comparée). Comme nous l'avons mentionné précédemment, cette hypothèse est très problématique, même lorsqu'on utilise le même pétrole, en raison des nombreux facteurs qui ont une incidence sur la dispersion du pétrole dans la solution WAF ou CEWAF, y compris les facteurs d'altération qui ne peuvent pas être rigoureusement reproduits. En outre, qu'il s'agisse d'une solution WAF ou CEWAF, la taille des gouttelettes d'hydrocarbures aurait une incidence sur la disponibilité et l'analyse chimique pourrait ne pas faire la distinction entre les grandes et les petites gouttelettes.

Les huiles sont des mélanges tellement complexes qu'il n'est pas possible d'identifier chaque composé présent dans les pétroles bruts et de l'assigner à un groupe désigné (p. ex., définitions des hydrocarbures pétroliers totaux, Bejarano *et al.* [2013]). Cependant, avec les améliorations récentes de la capacité et de l'accessibilité de l'analyse CG-SM, l'augmentation du nombre

d'analytes déterminés et leurs concentrations pourraient être prises en considération dans l'interprétation des données collectées. Le tableau 1 fait état d'une liste recommandée d'analytes à analyser.

*Tableau 1 : Liste d'analytes cibles minimaux aux fins d'analyse des composés volatils et semi-volatils par CG-DIF ou CG-SM pour faciliter les comparaisons interlaboratoires des résultats (d'après Adams et al. (2017)).*

<b>Méthode d'analyse</b>	<b>Liste d'analytes minimaux</b>	
<b>Analyse des composés volatils</b>	<b>Saturés</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pentane</li> <li>• 2-méthylpentane</li> <li>• Hexane</li> <li>• Cyclopentane</li> <li>• 2,4-diméthylpentane</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cyclohexane</li> <li>• Heptane</li> <li>• Cycloheptane</li> <li>• Octane</li> <li>• Nonane</li> </ul>
<b>Analyse des composés semi-volatils (facultative)</b>	<b>Non saturés</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Benzène</li> <li>• Toluène</li> <li>• Éthylbenzène</li> <li>• p-xylène</li> <li>• m-xylène</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• o-xylène</li> <li>• n-propylbenzène</li> <li>• Cumène</li> <li>• Autres C<sub>3</sub>-benzènes</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naphthalènes (C<sub>0</sub>-C<sub>4</sub>)</li> <li>• Biphényl</li> <li>• Dibenzofuranne</li> <li>• Acénaphthylène</li> <li>• Acénaphthène</li> <li>• Fluorènes (C<sub>0</sub>-C<sub>3</sub>)</li> <li>• Anthracène</li> <li>• Phénanthrène</li> <li>• Phénanthrènes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>) / Anthracènes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)</li> <li>• Dibenzothiophènes (C<sub>0</sub>-C<sub>4</sub>)</li> <li>• Benzo[b]fluorène</li> <li>• Fluoranthène</li> <li>• Pyrène</li> <li>• Pyrènes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>) / Fluoranthènes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naphthobenzothiophènes (C<sub>0</sub>-C<sub>4</sub>)</li> <li>• Benzo[a]anthracène</li> <li>• Chrysène + Triphénylène</li> <li>• Chrysènes (C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>)</li> <li>• Benzo[b]fluoranthène</li> <li>• Benzo[j+k]fluoranthène</li> <li>• Benzo[a]fluoranthène</li> <li>• Benzo[e]pyrène</li> <li>• Benzo[a]pyrène</li> <li>• Pérylène</li> <li>• Indéno[1,2,3-c,d]pyrène</li> <li>• Dibenzo[a,h]anthracène</li> <li>• Benzo[g,h,i]pérylène</li> </ul>

<sup>1</sup> Liste des HAP51 totaux non saturés adaptée de la liste des HAP50 de Forth *et al.* (2016), plus pérylène tiré d'Aurand et Coelho (2005).

## **Régime d'exposition et résultats**

### **Espèce, stade biologique et durée d'exposition des organismes d'essai**

Bien que le CROSERF ait recommandé l'utilisation d'espèces d'eau tempérée, l'exploration et l'exploitation récentes du pétrole dans l'Arctique ont permis d'élargir l'éventail des espèces d'essai et des conditions d'essai pertinentes. Par conséquent, les espèces sélectionnées pour

les essais de toxicité normalisés devraient être celles qui sont disponibles localement ou précisées dans les méthodes d'essai de toxicité normalisées (p. ex., Environnement Canada 1998).

La sensibilité à l'exposition au pétrole varie en fonction du stade biologique de l'organisme mis à l'essai; les premiers stades de développement des poissons ont tendance à être les plus sensibles (McIntosh *et al.* 2010; Binder et Stegeman 1983). En général, on utilise des poissons juvéniles et adultes lorsque l'objectif de l'essai est d'évaluer la létalité aiguë ( $\leq 4$  jours) ou de tester des réactions physiologiques. Les essais chroniques ( $> 4$  jours) sont généralement effectués avec des embryons afin d'évaluer les effets sublétaux. Les effets retardés qui sont exprimés au-delà de la période de l'exposition au pétrole pourraient aussi être pris en considération au moment d'élaborer une conception expérimentale.

### **Régime d'exposition**

Les organismes mis à l'essai peuvent être exposés à des solutions d'essai dans des régimes d'exposition différents : statiques, semi-statiques, intermittents ou à flux continu. Le choix des régimes d'exposition est essentiel pour déterminer le résultat des essais de toxicité et leur utilité. Pour les tests utilisant des concentrations d'hydrocarbures variables dans le temps dans les solutions d'essai, il faudrait évaluer les interactions entre le temps, la concentration et l'étendue des effets à l'aide de modèles statistiques afin de déterminer s'il existe des relations uniformes et prévisibles qui permettraient d'améliorer les comparaisons entre les conditions des essais et entre les laboratoires d'essai. Les conceptions d'essais avec des concentrations d'hydrocarbures variables dans le temps devraient être guidées par les tendances temporelles observées des concentrations d'hydrocarbures aux sites de déversements de pétrole réels. Quelle que soit la méthode d'essai de toxicité retenue, la caractérisation chimique des solutions d'essai est essentielle pour décrire les changements dans la composition et la concentration du pétrole au fil du temps, en particulier pour les produits non altérés.

### **Effets mesurés et paramètres**

La relation entre l'ampleur des effets toxiques et l'exposition aux hydrocarbures sert à calculer des paramètres précis qui peuvent être utilisés pour comparer les résultats entre les études. Selon la conception de l'expérience, les effets létaux et sublétaux peuvent être mesurés pendant l'exposition, directement après l'exposition ou à un ou des moments précis après le transfert en eau limpide (c.-à-d. effets prolongés ou retardés). Les paramètres peuvent être mesurés pendant toute la durée d'exposition ou nécessiter l'échantillonnage ou l'analyse des organismes après un temps d'exposition précis ou à un stade de développement déjà susmentionné. Les paramètres sont exprimés comme l'effet mesuré après une durée d'exposition fixe à une concentration précise.

Les effets peuvent également être indiqués à des niveaux d'effet précis. La « concentration sans effet observé » (CSEO) et la « concentration minimale avec effet observé » (CMEO) ont été désignées comme étant les paramètres les plus souvent utilisés en écotoxicologie par Harris *et al.* (2014), mais elles ont été beaucoup critiquées en raison du biais potentiel causé par l'espacement irrégulier des concentrations d'exposition mesurées et leur grande sensibilité aux écarts au seuil de toxicité.

Pour les essais de toxicité, la concentration létale médiane (CL50) et la concentration efficace médiane (CE50, effets sublétaux) étaient les paramètres les plus courants indiqués. Les effets sublétaux étaient évalués le plus souvent chez les embryons de poisson et comprenaient, entre autres, les malformations, le développement freiné, la capacité natatoire réduite, la maladie du

sac bleu, l'altération de l'expression génique et les malformations cardiovasculaires. Les poissons présentant les effets les plus graves n'atteindront probablement pas l'âge adulte.

### **Cadre recommandé**

Les méthodes du CROSERF fournissent des lignes directrices concernant la préparation de milieux d'essai pour l'évaluation de la toxicité du pétrole dans l'eau de mer, mais elles n'ont pas été élaborées pour évaluer la toxicité des pétroles lourds ou pour être utilisées dans le cas d'expositions en l'eau douce. En outre, elles n'ont pas fait l'objet d'une mise à jour depuis 2005.

L'avis scientifique fournit un cadre proposé concernant les méthodes visant à évaluer la toxicité du pétrole sur les organismes aquatiques pour produire des résultats plus comparables, améliorer l'uniformité entre les études, recueillir plus de données pertinentes et tenir compte des environnements dulcicoles et des espèces vivant dans des eaux non tempérées (p. ex. les espèces de l'Arctique).

Le cadre proposé fournit une orientation sur les conceptions expérimentales, la préparation du pétrole dispersé physiquement et chimiquement, la caractérisation physique et chimique des hydrocarbures mis à l'essai et des solutions d'essai, les essais de toxicité et les exigences de déclaration. Cela permettra d'améliorer la transférabilité, la reproductibilité et la comparabilité des données toxicologiques produites par plusieurs praticiens dont les domaines et le niveau d'expertise varient.

Le cadre proposé mentionne les protocoles du CROSERF pour les essais de toxicité, met en évidence les modifications largement acceptées des méthodes originales, y compris celles qui sont recommandées par Adams *et al.* (2017), et fournit des conseils précis pour les essais effectués avec des produits du bitume dilué.

Le CROSERF visait à élaborer des méthodes d'essai normalisées, tout en offrant des scénarios d'essai qui représentaient des modèles plus réalistes d'un déversement en mer. Les méthodes du CROSERF ont été décrites comme utiles pour comparer la toxicité du pétrole, mais limitées dans leur représentation des scénarios environnementaux du monde réel (Bejarano *et al.* 2014; Coelho *et al.* 2013). Cela est particulièrement le cas dans le cadre de la nouvelle réalité des rejets constants et prolongés de pétrole provoqués par les explosions de puits de pétrole à de grandes profondeurs (déversement de la plateforme Deepwater Horizon en 2010), notamment l'application prolongée d'agents dispersants et la vaste répartition des panaches de pétrole dissous et particulaire en eau profonde (Beyer *et al.* 2016). Ce scénario est particulièrement préoccupant au Canada, étant donné qu'une exploitation pétrolière et gazière frontalière au large devrait se déplacer vers des eaux plus profondes des plateaux continentaux en Arctique et sur la côte est. D'autres scénarios émergents comprennent les déversements de pétrole et bitume dilué dans les écosystèmes dulcicoles et de l'Arctique.

Le cadre proposé ne vise pas à être « réaliste », car il est impossible que les essais en laboratoire comprennent chaque combinaison des conditions rencontrées à différents sites de déversement. Il n'est pas non plus possible de mettre à l'essai toutes les espèces, tous les régimes ou durées d'exposition, toutes les conditions environnementales, et toutes les méthodes d'essai de même que toutes les mesures ne sont pas pratiques. Il convient de porter une attention particulière au temps, au personnel et aux coûts des paramètres recommandés pour élaborer des protocoles d'essai. Il faut trouver un compromis entre la quantité de renseignements dont les organismes de réglementation ont besoin et la qualité des recherches qui peuvent être menées en fonction des contraintes temporelles et budgétaires. Par

conséquent, les recommandations de protocole doivent être souples pour permettre de mettre à l'essai différentes conditions environnementales typiques des déversements propres à chaque site.

En réponse à ces enjeux, le cadre proposé des méthodes d'essai recommandées résume les protocoles définis par le CROSERF pour les essais de toxicité du pétrole en milieu marin avec des solutions WAF et CEWAF et suggère des modifications pour répondre aux enjeux des essais (Tableau 2). Le résumé distingue les essais de toxicité aiguë et chronique, et est divisé en sections correspondant aux exigences relatives aux éléments suivants :

- Des énoncés explicites des objectifs de l'essai
- La conception expérimentale
- Les essais de toxicité
- La caractérisation physique et chimique du pétrole mis à l'essai
- La caractérisation chimique des solutions d'essai
- La mesure des réponses et le calcul des paramètres
- Des directives sur la présentation des résultats

Pour chaque méthode, les critères présentés devraient être pris en compte lors de la mise à l'essai des produits pétroliers. Néanmoins, les méthodes d'essai doivent être assez souples pour qu'il soit possible de les appliquer aux conditions propres au site ou à des hydrocarbures aux caractéristiques uniques, en particulier si les essais sont appuyés par suffisamment d'analyses chimiques pour comprendre les relations entre l'exposition et les effets communs à toutes les huiles. Bon nombre des recommandations pour les méthodes d'essai indiquées dans le tableau 2 sont inchangées par rapport à la version originale des lignes directrices du CROSERF (Aurand et Coelho 2005).

Dans le tableau 2, lorsque des modifications ont été apportées, ou si le centre d'intérêt a changé, ces changements sont [indiqués en bleu et mis entre crochets] et leur justification est expliquée par Adams *et al.* (2017). Ces modifications s'appliquent également à d'autres produits pétroliers aux caractéristiques uniques ou extrêmes, comme le mazout lourd ou le brut léger de Bakken.

Ce cadre permettra une certaine souplesse (p. ex., espèces mises à l'essai), mais établira des normes de base ou des exigences minimales (c.-à-d. pétrole d'origine, ratio dispersant/pétrole, analytes, formulaires de données, paramètres) pour l'étalonnage interlaboratoires et la validation du cadre.

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

Région de la capitale nationale

*Tableau 2 : Cadre proposé pour les essais de toxicité du pétrole dispersé physiquement et chimiquement pour les poissons réalisés à l'appui des évaluations réglementaires et des comparaisons de la toxicité entre les huiles, les espèces et les conditions d'essai, fondé sur la révision du protocole initial du CROSERF.<sup>1</sup>*

**1. Conception expérimentale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF) <sup>2</sup>	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF) <sup>2</sup>
1.1. Espèce mise à l'essai/stade biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Si possible, espèces habituellement mises à l'essai par ECCC, l'EPA ou l'OCDE et stades biologiques ou espèces « modèles » couramment utilisées]</li> <li>• [Sinon, justifier]</li> </ul>	
1.2. Plage de concentrations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Englober une plage allant de non toxique à toxique afin de pouvoir calculer les paramètres</li> </ul>	
1.3. Temps d'exposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicité aiguë – [Suivre le protocole d'essai standard (voir 1.1), généralement 96 h]</li> <li>• Toxicité chronique – [Suivre le protocole d'essai standard (voir 1.1)]</li> <li>• Si des paramètres sont nécessaires pour des temps d'exposition plus courts (p. ex., CL50 sur 12 h), observer les réponses à des intervalles courts (p. ex., 1, 2, 4, 8 ou 16 h après le début)]</li> </ul>	
1.4. Options pour le régime d'exposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régimes d'essai acceptables : non-renouvellement statique (NRS), renouvellement statique (RS) et à flux continu afin de reconnaître les objectifs de l'essai.</li> </ul>	
1.5. Type/qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Eau douce à] eau de mer, caractérisée par une analyse chimique</li> <li>• Eau douce : caractériser [le pH, l'alcalinité, la conductivité, la dureté totale, le COT.]</li> <li>• Eau salée et eau saumâtre : caractériser [la conductivité ou la salinité, le pH, le COT.]</li> </ul>	
1.6. État du pétrole	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pétrole altéré ou non altéré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pétrole dispersé altéré ou non altéré</li> </ul>

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

1.7. Témoins	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eau uniquement</li> <li>• [Les témoins positifs sont recommandés, s'il y a lieu]</li> <li>• [Par exemple, pour tester une huile qui ne l'a pas encore été, inclure un pétrole bien connu à titre de substance toxique de référence (p. ex., pétrole brut de la baie Prudhoe [PBCO], Alberta Sweet Mixed Blend [ASMB])]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eau uniquement</li> <li>• [Les témoins positifs sont recommandés, s'il y a lieu]</li> <li>• [Par exemple, pour tester une huile qui ne l'a pas encore été, inclure un pétrole bien connu à titre de substance toxique de référence (p. ex., PBCO, ASMB)]</li> <li>• [Témoin pour l'agent dispersant (p. ex., CEWAF de Nujol à certains ratios pétrole/eau et dispersant/pétrole, pour tester l'huile)]</li> </ul>
--------------	--	--

**2. Préparation des solutions d'essai**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
2.1. Entreposage et manutention du pétrole et des dispersants	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les stocks frais de pétrole doivent être soigneusement mélangés dans un récipient fermé et entreposés dans des contenants métalliques ou en verre hermétiquement fermés avec un espace de tête minimum. [Consulter les recommandations sur la manutention des hydrocarbures volatils dans la norme ASTM D4057.]</li> <li>• [L'huile doit être caractérisée physiquement et chimiquement au moment de la réception, lors de la première utilisation si elle a été stockée pendant plus d'un mois et à la fin des expériences si elles durent plus d'un mois.]</li> <li>• [Séparer le brut frais en volumes nécessaires pour une utilisation quotidienne, et les entreposer à 4° C dans des contenants scellés avec un espace libre minimal; les mélanger à nouveau s'ils sont stockés pendant plus d'un mois.]</li> <li>• [Limiter l'entreposage autant que possible avant les essais et ouvrir les bouteilles aussi peu souvent que possible.]</li> <li>• [Utiliser les mêmes procédures pour les stocks frais de dispersants, mais sans la caractérisation physique ou chimique.]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
2.2. Altération du pétrole	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Les méthodes ASTM D86 ou D2892 peuvent être utilisées pour altérer le pétrole artificiellement, mais il ne faut pas utiliser des températures supérieures à 130° C afin d'éviter de modifier chimiquement le pétrole (y compris par la déshydratation des cycloalcanes et la rupture de liaisons chimiques). Dans les conditions de distillation sous vide (méthode ASTM D1160), la température maximale recommandée est 200° C.]</li> <li>[Altérer à un poids constant ou une perte ciblée, sans excéder 48 h.]</li> </ul>	
2.3. Eau de dilution	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliser la même source d'eau pour conserver et acclimater les stocks de poissons, pour préparer les solutions WAF/CEWAF et pour préparer les solutions d'essai.</li> <li>[Eau douce : caractériser le pH, l'alcalinité, la conductivité, la dureté totale, le COT.]</li> <li>Eau salée et eau saumâtre : caractériser [la conductivité ou la salinité, le pH, le COT.]</li> </ul> <p>Essais avec de l'eau salée :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Filtration minimale de 0,45 µm</li> <li>Il est recommandé d'utiliser de l'eau de mer locale; la diluer avec de l'eau désionisée, au besoin, afin d'atteindre la salinité visée.</li> <li>L'eau de mer reconstituée est acceptable si elle soutient une bonne survie et une bonne santé des organismes mis à l'essai.</li> </ul> <p>Essais avec de l'eau douce :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>[Filtration minimale de 0,45 µm si l'eau provient d'une eau de surface non traitée]</li> <li>[Pour les sources d'eau municipales, traiter jusqu'à ce que le chlore total soit inférieur à 10 µg/l]</li> </ul>	
2.4. Dissolution du pétrole dans l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lot : Brassage, mélange</li> <li>[Flux continu : Pompes, colonnes de désorption du pétrole]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lot : Brassage, mélange avec les agents dispersants chimiques</li> <li>[Flux continu : Pompes]</li> </ul>
2.5. Ratios pétrole/eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Essais de toxicité aiguë et chronique : 25 g/l ou suffisamment de pétrole pour que les concentrations d'hydrocarbures dans les solutions WAF et CEWAF ne soient pas limitées par la quantité d'huile ajoutée, telle qu'elle est indiquée par le pétrole flottant résiduel après le mélange et par l'analyse chimique des solutions de stock.]</li> </ul>	
2.6. Température de mélange	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Mélanger à la température ambiante (20-22°C)]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
2.7. Luminosité pendant le mélange	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le mélange doit être effectué dans l'obscurité ou sous un [faible éclairage] fluorescent de laboratoire aux [UV]</li> </ul>	
2.8. Ajout du pétrole	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Ajouter une quantité connue d'hydrocarbures au centre de la surface de l'eau pendant le mélange]</li> <li>Calculer la masse produite par la différence de poids</li> </ul>	
2.9. Taille du bac de mélange	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Aucune restriction]</li> </ul>	
2.10. Espace de tête	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Essais de toxicité aiguë : espace libre de 20 à 25 % dans un bac de mélange scellé]</li> <li>[Essais de toxicité chronique : récipient de mélange ouvert]</li> </ul>	
2.11. Énergie de mélange	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lors de l'utilisation d'un barreau d'agitation magnétique, la quantité d'énergie appliquée est jugée uniquement par la profondeur du tourbillon mélangeur.</li> <li>[Pour les solutions WAF et CEWAF, ajuster le brassage pour obtenir un tourbillon mélangeur équivalant à 20 - 25 % de la profondeur de l'eau (Clark <i>et al.</i> 2001).]</li> <li>[Les méthodes de mélange avec une énergie supérieure et une dispersion chimique peuvent être utiles pour mélanger des hydrocarbures dont la viscosité est plus élevée.]</li> <li>[Pour les solutions HEWAF et HECEWAF, utiliser un mélangeur à tourbillon et la sonication afin de mélanger complètement l'huile et l'eau.]</li> <li>Effectuer un essai préalable sur le pétrole afin de déterminer comment il faut ajouter le pétrole et les dispersants à l'eau et si des émulsions de pétrole dans l'eau se forment. Dans ce dernier cas, réduire l'énergie de mélange ou essayer un ratio pétrole/eau différent.</li> <li>[Lorsqu'ils sont disponibles, utiliser des appareils / protocole standards dont le taux de dissipation de l'énergie est connu.]</li> </ul>	
2.12. Durée du mélange	<ul style="list-style-type: none"> <li>Devrait être de [18 h pour s'adapter au cycle de 24 h de préparation quotidienne des solutions et éviter les biais dus à la croissance microbienne.]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le temps de brassage total devrait être de 18 h pour [s'adapter au cycle de 24 h de préparation quotidienne des solutions] et éviter les biais dus à la croissance microbienne. [Ajouter l'agent dispersant immédiatement après l'établissement du tourbillon de pétrole.]</li> </ul>
2.13. Ratio dispersant/pétrole	<ul style="list-style-type: none"> <li>S. O.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>[1:20]</li> </ul>

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
2.14. Ajout du dispersant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. O.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajouter une quantité connue de dispersant aux hydrocarbures au centre du tourbillon après l'apparition du tourbillon.</li> <li>• Calculer la masse produite par la différence de poids</li> <li>• Ne pas mélanger le pétrole et le dispersant à l'avance</li> </ul>
2.15. Temps de sédimentation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Sédimentation pendant 6 h avant l'extraction de la couche aqueuse pour permettre aux gouttelettes de pétrole de remonter à la surface]</li> <li>• [Utiliser immédiatement – ne pas entreposer avant l'utilisation]</li> </ul>	
2.16. Gradients de dilution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparer des gradients avec une dilution variable des solutions de stock WAF ou CEWAF, [en préparant une série de colonnes de désorption du pétrole contenant des gradients de concentrations du pétrole dans le gravier ou à l'aide de dilutions variables d'un flux continu d'eau contaminée par le pétrole produite par les systèmes de pompage et de mélange du pétrole.]</li> <li>• Des dilutions en série d'une solution de stock ne sont pas recommandées en raison d'un biais potentiel dans les proportions relatives d'hydrocarbures de solubilité différente dans l'eau.</li> </ul>	
2.17. Entreposage des solutions d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Ne pas entreposer les solutions d'essai.]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

Région de la capitale nationale

**3. Essais de toxicité**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
3.1. Espèce mise à l'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les lignes directrices pour l'élevage et la manipulation des poissons doivent respecter celles publiées par l'un des organismes suivants : ECCC, l'ASTM, l'OCDE, l'EPA, etc., et les protocoles locaux de soin des animaux.</li> <li>• [Lorsque les poissons sont nourris, le renouvellement quotidien de la solution doit suivre immédiatement l'alimentation, de préférence en transférant les poissons dans une solution d'essai fraîche dans un réservoir propre. Il convient de nettoyer à fond l'ancien réservoir afin d'éliminer les débris et les pellicules organiques qui absorbent les hydrocarbures ou qui contiennent des bactéries susceptibles de créer des métabolites des hydrocarbures.]</li> <li>• [Retirer les animaux morts chaque jour pour éviter l'accumulation de la demande biologique en oxygène (bactéries) et de matières organiques pouvant absorber les hydrocarbures.]</li> </ul>	
3.2. Charge en biomasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Suivre le protocole standard pour chaque organisme mis à l'essai]</li> </ul>	
3.3. Volume de la solution d'essai et taille du contenant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Suivre le protocole standard pour chaque organisme mis à l'essai]</li> </ul>	
3.4. Matériaux du conteneur d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Entièrement en verre (sans joint, c.-à-d. pas d'aquarium avec des plaques de verre assemblées par des joints d'étanchéité en silicone) ou en acier inoxydable]</li> <li>• [Éviter les plastiques, à l'exception du téflon]</li> </ul>	
3.5. Aération	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Toxicité aiguë – Réduire au minimum l'aération des essais de létalité aiguë afin de limiter la volatilisation et l'altération des composés causant une narcose aiguë, mais maintenir une aération suffisante pour soutenir une saturation &gt; 60 % (EPA 850.1075).]</li> <li>• [Toxicité chronique – Faibles taux d'aération suffisants pour maintenir les concentrations d'oxygène dans la plage optimale pour chaque espèce mise à l'essai.]</li> </ul>	
3.6. Contenants d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toxicité aiguë – Récipient fermé pour conserver les composés volatils (couvert, mais étanche à l'air)</li> <li>• [Toxicité chronique – Récipient ouvert]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
3.7. Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Létalité (p. ex., CL50 sur 96 h)</li> <li>• « Effet initial » narcose / moribondité (CE50 sur 0,5 à 1 h)</li> <li>• [Toxicité sublétales (CE50; p. ex., toxicité pour les embryons, la croissance, la survie, le comportement, la reproduction, les réactions moléculaires, physiologiques).]</li> </ul>	

**4. Caractérisation de l'huile**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
4.1. Composition chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Saturés, aromatiques, résines et asphaltènes (SARA)]</li> <li>• [COV, y compris les BTEX, les hydrocarbures pétroliers totaux (fractions du CCME) (CCME 2001)]</li> <li>• [HAP et HAP totaux (voir la liste des analytes minimaux au tableau 1)]</li> <li>• [Dans la mesure du possible, caractériser les hydrocarbures pétroliers par distillation simulée à haute température (p. ex., ASTM D7169)]</li> </ul>	
4.2. Caractéristiques physiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Viscosité, densité]</li> </ul>	
4.3. Entreposage et manipulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entreposer dans des contenants métalliques ou en verre hermétiquement fermés avec un espace libre minimal</li> <li>• Ouvrir les contenants aussi peu souvent que possible (voir la section 2.1, Entreposage et manutention du pétrole et des dispersants)</li> <li>• Entreposer dans l'obscurité à [4 °C]</li> <li>• Caractérisation chimique recommandée du pétrole entreposé afin de surveiller les changements de la composition au fil du temps</li> </ul>	

**5. Caractérisation des solutions d'essai**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
5.1. Échantillonnage, entreposage et manipulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Prélever les échantillons d'eau pour les analyses d'hydrocarbures dans des solutions de stock WAF et CEWAF fraîches avant les essais de toxicité.]</li> <li>• [Prélever les échantillons d'eau pour les analyses d'hydrocarbures dans chaque solution d'essai au début et à la fin d'un essai de toxicité (de préférence plus souvent) afin de comparer les concentrations mesurées de pétrole aux dilutions nominales.]</li> <li>• [Les concentrations les plus élevées de solutions d'essai doivent être échantillonnées fréquemment (<math>N \geq 3</math> à intervalles raisonnables tout au long de l'essai) pour décrire les tendances temporelles des concentrations de pétrole et calculer les concentrations moyennes avec une mesure de l'écart.]</li> <li>• [Envisager des regroupements lorsque les volumes de solution d'essai sont limités.]</li> <li>• [Pour les expositions statiques ou à renouvellement quotidien statiques, la concentration la plus élevée doit être échantillonnée de façon répétée sur un cycle 24 heures de renouvellements de la solution afin de décrire le régime de l'exposition variable dans le temps.]</li> <li>• [Si les échantillons sont analysés à l'externe par un laboratoire de pétrochimie qualifié (recommandé), consulter le laboratoire à l'avance au sujet de l'échantillonnage, du regroupement du volume des échantillons, des bouteilles, des agents de préservation, des conditions d'entreposage, du temps d'entreposage, du transport et du choix des normes internes et des normes de récupération.]</li> <li>• [Les échantillons doivent être traités (p. ex., extraits) au laboratoire dans les 14 jours suivant la collecte, et analysés dans les 14 jours suivant le traitement. Les échantillons doivent être conservés à 4 °C pendant le transport et l'entreposage.]</li> </ul>	
5.2. Hydrocarbures pétroliers totaux ( $C_{10} - C_{36}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Analyser les hydrocarbures pétroliers totaux provenant des fractions du CCME (CCME 2001)]</li> <li>• Ne pas corriger pour tenir compte de la récupération analytique</li> <li>• Limite de détection d'au moins 10 ppm pour les n-alcanes présents dans l'étalon</li> </ul>	
5.3. COV, y compris les BTEX ( $C_6 < C_{10}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Voir la liste des analytes cibles minimaux dans le tableau 1]</li> <li>• [Les COV doivent être mesurés selon la méthode EPA SW-846]</li> </ul>	
5.4. Composés semi-volatils et HAP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Voir la liste minimum des HAP, y compris les homologues alkylés, dans le tableau 1]</li> <li>• [HAP totaux tels qu'ils sont définis comme la somme des HAP à partir de la liste recommandée]</li> <li>• Ne pas corriger pour tenir compte de la récupération analytique</li> <li>• Limite de détection d'au moins 10 ppm pour les HAP qui figurent dans la norme</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
5.5. Analyse rapide de l'huile (p. ex., détection par fluorescence et U.V.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Les méthodes d'analyses rapides semi-quantitatives peuvent compléter d'autres méthodes d'analyse quantitatives pour les caractérisations répétées des solutions WAF, CEWAF et d'essai, à condition d'analyser un sous-ensemble d'échantillons parallèles par les méthodes quantitatives.]</li> <li>[Effectuer un étalonnage à l'aide de solutions standards si elles sont disponibles, en utilisant la même matrice que les solutions d'essai.]</li> </ul>	

**6. Mesure des réponses, calcul des paramètres**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
6.1. Statistiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Doivent inclure une analyse statistique des données, y compris la variabilité (p. ex., les valeurs de CL50 et CE50, notamment les limites de confiance par des tests statistiques appropriés pour des données binomiales ou continues).]</li> <li>[Exprimer les paramètres en termes d'hydrocarbures pétroliers totaux mesurés et des HAP totaux mesurés, ou d'autres analytes, s'il y a lieu.]</li> </ul>	

**7. Lignes directrices pour les rapports : lorsque les méthodes s'écartent de la norme, ces changements doivent être signalés (voir d'autres directives à l'annexe 4 dans Adams *et al.* [2017]).**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
7.1. Objectifs de l'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>[Énoncer explicitement les objectifs de l'essai]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
7.2. Justification et détails de la conception de l'expérience	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Expliquer comment la conception de l'expérience répond aux objectifs de l'essai]</li> <li>• [Indiquer tous les témoins et justifier l'inclusion de chacun]</li> <li>• [Fournir des détails sur les plages des concentrations d'essai, le régime d'exposition prévu (p. ex., concentrations constantes ou décroissantes), les réponses mesurées et la taille des échantillons]</li> <li>• [Préciser les hypothèses inhérentes aux méthodes appliquées pour tester la toxicité et caractériser les solutions d'essai, et discuter de l'importance du non-respect de ces hypothèses]</li> </ul>	
7.3. Justification et détails des méthodes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Décrire toutes les méthodes de préparation des solutions d'essai, les essais de toxicité, les analyses chimiques du pétrole et des solutions d'essai, la manipulation des données et les analyses statistiques]</li> <li>• [Faire référence aux protocoles publiés qui ont été suivis, indiquer tout écart par rapport au protocole publié et fournir une justification pour tout changement]</li> <li>• [Donner suffisamment de détails sur les méthodes d'essai pour qu'un autre laboratoire puisse reproduire l'expérience]</li> </ul>	
7.4. Caractéristiques de l'huile mise à l'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Résultats de la caractérisation physique et chimique du pétrole au moment de la réception, de la mise à l'essai et à la fin de l'essai, en mettant l'accent sur toute perte des composés volatils due à l'altération, les concentrations des composés de faible poids moléculaire (&lt;500) pour les essais de létalité aiguë et les concentrations des hydrocarbures pétroliers totaux et des HAP totaux pour les essais de toxicité chronique]</li> <li>• [Pour les pétroles altérés artificiellement, préciser la température maximale de la méthode utilisée]</li> </ul>	
7.5. Caractéristiques des solutions d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Décrire la conception de l'échantillonnage]</li> <li>• [Comparer les concentrations mesurées (avec la taille de l'échantillon et une mesure de l'écart) aux concentrations nominales du pétrole]</li> <li>• [Indiquer les autres caractéristiques de la qualité de l'eau, y compris la moyenne (écart, <i>N</i>) de la salinité, l'alcalinité, la température, le pH, l'oxygène]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
7.6. Variabilité de la concentration de la solution d'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Concentrations d'hydrocarbures mesurées pendant la durée de l'expérience, y compris les changements des concentrations dans les intervalles entre les renouvellements de la solution pour les protocoles RS. Tracer le graphique du taux de décroissance des concentrations mesurées dans les solutions d'essai sur 24 h et sur la durée totale de l'expérience, avec une mesure de l'écart et de <i>N</i>.]</li> <li>• [Pour les essais de létalité aiguë à T=0 et à la fin de l'essai, indiquer les mesures des composés volatils et des composés de faible poids moléculaire (&lt;500) pour démontrer l'étendue des pertes dues à l'altération]</li> <li>• [Pour les essais de toxicité chronique, consigner la moyenne (écart, <i>M</i>) des concentrations mesurées de pétrole au fil du temps à partir des concentrations la plus élevée, de mi-niveau et témoin]</li> <li>• [Comparer les concentrations mesurées aux dilutions nominales]</li> </ul>	
7.7. Caractéristiques des organismes mis à l'essai	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Origine, âge et stade biologique des organismes mis à l'essai; préciser s'ils proviennent d'une installation d'aquaculture ou d'un élevage à l'interne]</li> <li>• [Étendue du poids et poids moyen des organismes mis à l'essai et taux de charge de la biomasse dans les solutions d'essai (p. ex., g biomasse/l de solution d'essai)]</li> <li>• Taux de mortalité de la population du stock dans la semaine précédant l'essai</li> <li>• [Taux de mortalité dans chaque concentration de pétrole, y compris les témoins, tout au long de l'essai]</li> <li>• [Tout comportement inhabituel ou signe de stress ou de mauvais état de santé]</li> </ul>	

**Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin  
d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les  
organismes aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

	Nature de la solution d'essai	
	Dispersion physique (WAF)	Dispersion chimique (eau de mer, CEWAF)
7.8. Statistiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [Préciser les méthodes statistiques utilisées pour estimer la CL50, la CE50 ou d'autres données sur la toxicité]</li> <li>• [Afficher tous les résultats obtenus à l'aide des concentrations mesurées des hydrocarbures en tant que mesure de l'exposition]</li> <li>• [Inclure la taille de l'échantillon et une mesure de l'écart (de préférence les limites de confiance de 95 %)]</li> <li>• [Noter et justifier toute manipulation des données, y compris l'identification et l'élimination des valeurs aberrantes et le calcul des ratios, et consigner toute possibilité de biais statistique.]</li> </ul>	

- 1 Lorsque les méthodes du CROSERF ont été modifiées, ou si le centre d'intérêt a changé, ces changements sont [indiqués en bleu et mis entre crochets] Leur justification est expliquée dans Adams *et al.* (2017). Si les propriétés des huiles mises à l'essai (p. ex., la viscosité) risquent d'interagir avec les méthodes d'analyse (p. ex., la dispersion du pétrole) et d'avoir une incidence sur l'efficacité du mélange ou le résultat des essais de toxicité, des expériences préliminaires sont recommandées pour indiquer s'il est nécessaire de modifier les méthodes afin d'éviter un biais. Il est également recommandé de décrire ces changements en détail et de les justifier.
- 2 WAF fait référence à la fraction d'hydrocarbures adaptée à l'eau, produite par un mélange à énergie faible, moyenne ou élevée d'huile et d'eau, modifiée à partir des méthodes du CROSERF. De même, CEWAF désigne une WAF améliorée chimiquement et produite par un mélange à énergie faible, moyenne ou élevée.

## **Sources d'incertitude**

Plusieurs modifications apportées à la méthode du CROSERF ont été signalées depuis sa première publication. La méthode n'ayant pas fait l'objet d'une mise à jour depuis 2005, ces modifications ont rendu les comparaisons entre les études difficiles et ont contribué à un manque d'uniformité dans les analyses de données. Le cadre proposé pour les essais de toxicité des hydrocarbures réduira les incertitudes et le manque d'uniformité dans les essais de toxicité et améliorera la compréhension des effets des pétroles lourds sur les écosystèmes aquatiques.

## **CONCLUSIONS**

Le présent avis scientifique propose un cadre pour améliorer l'orientation sur les conceptions expérimentales des essais de toxicité du pétrole, la préparation du pétrole dispersé physiquement et chimiquement, la caractérisation physique et chimique des pétroles mis à l'essai et des solutions d'essai, des essais de toxicité et les exigences de déclaration. Tout en réduisant les sources d'incertitude, le cadre permettra d'améliorer la transférabilité, la reproductibilité et la comparabilité des données toxicologiques produites par plusieurs praticiens possédant des expertises variées.

Les résultats de cet effort amélioreront la comparabilité et la qualité des données en vue d'appuyer la prise de décisions liée aux incidences potentielles et à l'atténuation des répercussions des déversements d'hydrocarbures sur les environnements aquatiques.

Ce cadre sera renforcé en faisant participer un public plus large composé d'intervenants afin de parvenir à un consensus sur une norme mondiale.

## **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

### **Besoins prioritaires en matière de recherche**

Alors que des rapports récents sur la pollution du pétrole ont permis de cerner les besoins en matière de recherche concernant la compréhension du devenir, du comportement et des effets des hydrocarbures dans les écosystèmes aquatiques du Canada, en particulier dans les eaux douces et les eaux de l'Arctique (Lee *et al.* 2015; NAS 2016), le présent examen a permis de déterminer les besoins axés sur les méthodes utilisées pour les essais de toxicité du pétrole et l'évaluation de facteurs ayant une incidence sur les résultats des essais de toxicité.

Les cinq (5) besoins prioritaires suivants en matière de recherche ont été déterminés pour peaufiner le cadre proposé :

- Expérience d'évaluation de l'effet de i) l'espace libre dans le récipient de mélange, ii) du ratio pétrole/eau et iii) du volume d'essai sur la composition chimique des solutions d'essai pour améliorer les corrélations avec la toxicité.
- Élaborer une méthode (ou des systèmes) routinière pour déterminer l'énergie de mélange ou fournir un protocole pour produire des solutions d'essai dans une plage de taux connus de dissipation de l'énergie.
- Déterminer les composés standards de référence et les huiles de référence qui peuvent être utilisés pour normaliser les méthodes d'essai.

- Élaborer des méthodes d'analyse rapides pour la caractérisation chimique des hydrocarbures mis à l'essai et des solutions d'essai.
- Élaborer des méthodes normalisées pour les analyses SARA de la caractérisation de l'huile.

### **Prochaines étapes**

- Étant donné que le processus initial du CROSERF était fondé sur le consensus, entre les praticiens de l'industrie, du gouvernement et du milieu universitaire, y compris les essais comparatifs interlaboratoires entre les laboratoires participants, il faudrait suivre un processus similaire afin que toutes les recommandations répondent aux besoins des utilisateurs des méthodes. Les joueurs clés internationaux, y compris les membres fondateurs du CROSERF, et les principaux représentants scientifiques et techniques de l'industrie, du milieu universitaire et du gouvernement, les laboratoires commerciaux et les organismes de réglementation, devraient participer à l'élaboration d'une méthode normalisée révisée pour l'évaluation des effets biologiques des hydrocarbures pétroliers sur les écosystèmes aquatiques qui inclut des pétroles lourds et des produits commerciaux, comme le bitume dilué.

## **SOURCES DE RENSEIGNEMENTS**

Le présent avis scientifique résume le compte rendu d'un atelier intitulé pour la mise au point de méthodes normalisées de mesure de la toxicité afin d'évaluer les effets biologiques du pétrole lourd sur les écosystèmes aquatiques. L'atelier a été organisé à Ottawa (Ontario), du 31 janvier au 2 février 2017, dans le cadre du processus de consultation scientifique nationale. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

Adams, J., Bornstein, J.M., Munno, K., Hollebone, B., King, T., Brown, R.S., and Hodson, P.V. 2014. Identification of compounds in heavy fuel oil that are chronically toxic to rainbow trout embryos by effects-driven chemical fractionation. *Environ. Toxicol. Chem.* 33: 825–835.

Adams, J., Charbonneau, K., Tuori, D., Brown, R.S. and Hodson, P.V. 2017. Review of Methods for Measuring the Toxicity to Aquatic Organisms of the Water Accommodated Fraction (WAF) and Chemically-Enhanced Water Accommodated Fraction (CEWAF) of petroleum. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/9316. x + 108 p.

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

Aurand, D., and Coelho, G. 2005. Cooperative aquatic toxicity testing of dispersed oil and the Chemical Response to Oil Spills: Ecological Effects Research Forum (CROSERF). Ecosystem Management & Associates, Inc. Technical Report. 105 p.

Bejarano, A.C., Levine, E., and Mearns, A.J. 2013. Effectiveness and potential ecological effects of offshore surface dispersant use during the Deepwater Horizon Oil Spill: A retrospective analysis of monitoring data. *Environ. Monit. Assess.* 185: 10281–10295.

- Bejarano, A.C., Clark, J.R., and Coelho, G.M. 2014. Issues and challenges with oil toxicity data and implications for their use in decision-making: A quantitative review. *Environ. Toxicol. Chem.* 33: 732–742.
- Beyer, J., Trannum, H.C., Bakke, T., Hodson, P.V, and Collier, T.K. 2016. Environmental effects of the Deepwater Horizon oil spill: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 110: 28–51.
- Binder, R.L., and Stegeman, J.J. 1983. Basal levels and induction of hepatic aryl hydrocarbon hydroxylase activity during the embryonic period of development in brook trout. *Biochem. Pharmacol.* 32: 1324–1327.
- CCME. 2001. [Méthode de référence pour le standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers dans le sol – méthode du 1<sup>er</sup> volet](#). Conseil canadien des ministres de l'Environnement, Winnipeg (Manitoba). (Consulté le 27 février 2017)
- Clark, J.R., Bragin, G.E., Febbo, E.J., and Letinski, D.J. 2001. Toxicity of physically and chemically dispersed oils under continuous and environmentally realistic exposure conditions : Applicability to dispersant use decisions in spill response planning. *In International Oil Spill Conference Proceedings*: 1249–1255.
- Coelho, G., Clark, J., and Aurand, D. 2013. Toxicity testing of dispersed oil requires adherence to standardized protocols to assess potential real-world effects. *Environ. Pollut.* 177: 185–188.
- Environnement Canada. 1998. Méthode d'essai biologique : essais toxicologiques sur des salmonidés (truite arc-en-ciel) aux premiers stades de leur cycle biologique. SPE1/RM/28. 2<sup>e</sup> éd. Centre de technologie environnementale, Environnement Canada, Ottawa (Ontario), Canada.
- Forth, H.P., Mitchelmore, C.L., Morris, J.M., and Lipton, J. 2016. Characterization of oil and water accommodated fractions used to conduct aquatic toxicity testing in support of the Deepwater Horizon Oil Spill Natural Resource Damage Assessment. *Environ. Toxicol. Chem.* 36(6): 1450-1459. doi.org/10.1002/etc.3672.
- Gardiner, W.W., Word, J.Q., Word, J.D., Perkins, R.A., McFarlin, K.M., Hester, B.W., Word, L.S., and Ray, C.M. 2013. The acute toxicity of chemically and physically dispersed crude oil to key Arctic species under Arctic conditions during the open-water season. *Environ. Toxicol. Chem.* 32(10): 2284–2300.
- Harris, C.A., Scott, A.P., Johnson, A.C., Panter, G.H., Sheahan, D., Roberts, M., and Sumpter, J.P. 2014. Principles of sound ecotoxicology. *Environ. Sci. Technol.* 48: 3100–3111.
- Khelifa, A., Fingas, M., Hollebone, B.P., and Brown, C.E. 2007. Effects of chemical dispersants on oil physical properties and dispersion. *In Proceedings of the 13th Arctic and Marine Oil Spill Program Technical Seminar (AMOP)*, Environment Canada, Ottawa (Ontario), 105–116.
- Lee, K., Boufadel, M., Chen, B., Foght, J., Hodson, P., Swanson, S., Venosa, A. 2015. Expert panel report on the behaviour and environmental impacts of crude oil released into aqueous environments. Royal Society of Canada, Ottawa (Ontario). ISBN: 978-1—928140-02-3
- Martin, J.D., Adams, J., Hollebone, B.P., King, T., Brown, R.S., Hodson, P.V. 2014. Chronic toxicity of heavy fuel oils to fish embryos using multiple exposure scenarios. *Environ. Toxicol. Chem.* 33: 677–687.

- Marty, G.D., Heintz, R.A., and Hinton, D.E. 1997. Histology and teratology of pink salmon larvae near the time of emergence from gravel substrate in the laboratory. *Can. J. Zool.* 75: 978–988.
- McIntosh, S., King, T., Wu, D., and Hodson, P.V. 2010. Toxicity of dispersed weathered crude oil to early life stages of Atlantic herring (*Clupea harengus*). *Environ. Toxicol. Chem.* 29: 1160–1167.
- Nordtug, T., Olsen, A.J., Altin, D., Meier, S., Overrein, I., Hansen, B.H., and Johansen, O. 2011. Method for generating parameterized ecotoxicity data of dispersed oil for use in environmental modelling. *Mar. Pollut. Bull.* 62: 2106–2113.
- Schein, A., Scott, J.A., Mos, L., and Hodson, P.V. 2009. Oil dispersion increases the apparent bioavailability and toxicity of diesel to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ. Toxicol. Chem.* 28: 595–602.
- Singer, M.M., Aurand, D., Bragin, G.E., Clark, J.R., Coelho, G.M., Sowby, M.L., and Tjeerdema, R.S. 2000. Standardization of the preparation and quantitation of water-accommodated fractions of petroleum for toxicity testing. *Mar. Pollut. Bull.* 40: 1007–1016.
- Singer, M.M., Aurand, D.V., Coelho, G.M., Bragin, G.E., Clark, J.R., Sowby, M., and Tjeerdema, R.S. 2001. Making, measuring, and using water-accommodated fractions of petroleum for toxicity testing. *In International Oil Spill Conference Proceedings 2001.* 2: 1269–1274.
- Wu, D., Wang, Z., Hollebhone, B., McIntosh, S., King, T., and Hodson, P.V. 2012. Comparative toxicity of four chemically dispersed and undispersed crude oils to rainbow trout embryos. *Environ. Toxicol. Chem.* 31: 754–765.

## **ANNEXE 1 – GLOSSAIRE**

<b>Terme</b>	<b>Définition</b>
Agent dispersant	Produit chimique ou mélange de produits chimiques appliqué, par exemple, à un déversement de pétrole pour disperser la phase huileuse en petites gouttelettes dans la phase aqueuse.
Altération	Série de changements de la composition et des propriétés du pétrole déversé découlant de divers processus environnementaux, notamment la propagation, l'évaporation, la photooxydation, la dissolution, l'émulsification et la biodégradation, entre autres.
ANSC	Pétrole brut Alaska North Slope
CEWAF	Fraction adaptée à l'eau améliorée chimiquement. Solution d'hydrocarbures et gouttelettes de pétrole en suspension créées lorsqu'un agent dispersant chimique est ajouté à du pétrole et de l'eau par brassage.

**Cadre pour l'élaboration de méthodes  
normalisées afin d'évaluer la toxicité des  
hydrocarbures pétroliers sur les organismes  
aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

Terme	Définition
CL50	CL signifie « concentration létale » et correspond à la concentration d'un produit chimique qui tue 50 % des animaux soumis à l'essai pendant la période d'observation.
CMEO	Concentration minimale avec effet observé
CSEO	Concentration sans effet observé
Exposition intermittente	Se rapporte à une exposition où les organismes sont placés dans une enceinte statique ferme sans espace de tête au-dessus de la solution d'essai. Ils sont maintenus dans la solution pendant une période donnée, puis retirés et placés dans de l'eau limpide.
Fracturation	Également appelée fracturation hydraulique; méthode non conventionnelle pour récupérer le pétrole liquide provenant de dépôts d'huile de schiste qui, autrement, ne libèrerait pas le gaz ou le liquide dans le réservoir.
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HAP totaux	Hydrocarbures aromatiques polycycliques totaux
HECEWAF	Fraction adaptée à l'eau améliorée chimiquement à grande énergie. Solution d'hydrocarbures et gouttelettes de pétrole en suspension créées lorsque le pétrole et l'eau sont mélangés au moyen d'une agitation à grande énergie.
HEWAF	Fraction adaptée à l'eau à grande énergie
MESA	Hydrocarbures moyens d'Amérique du Sud
PBCO	Pétrole brut de la baie Prudhoe
SARA	Saturés, aromatiques, résines et asphaltènes
Systèmes à flux continu	Renvoient à une exposition constante au cours de laquelle les organismes sont placés dans une solution d'essai non diluée dans une enceinte d'essai à flux continu. Les pompes sont activées et y envoient une solution d'essai à concentration constante (pas de dilution de la solution d'essai). Pendant ce type d'exposition, il faut veiller à ce que les composantes de la solution d'essai ne s'échappent pas à travers les parois du tube.

**Cadre pour l'élaboration de méthodes  
normalisées afin d'évaluer la toxicité des  
hydrocarbures pétroliers sur les organismes  
aquatiques**

**Région de la capitale nationale**

<b>Terme</b>	<b>Définition</b>
WAF	Fraction adaptée à l'eau (WAF) du pétrole : Hydrocarbures qui se sépareront du pétrole dans l'eau pendant un brassage ou un mélange doux; peut contenir des gouttelettes, contrairement aux fractions hydrosolubles.

**CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :**

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Région de la capitale nationale

Pêches et Océans Canada

200, rue Kent

Ottawa (Ontario) K1A 0E6

Téléphone : 613-990-0293

Courriel : [csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](mailto:csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)

Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/)

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2017



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2017. Cadre pour l'élaboration de méthodes normalisées afin d'évaluer la toxicité des hydrocarbures pétroliers sur les organismes aquatiques. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis. Sci. 2017/053.

*Also available in English:*

DFO. 2017. *A Framework for the Development of Standard Methods to Evaluate the Toxicity of Petroleum Hydrocarbons on Aquatic Organisms. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2017/053.*