



Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic

Caractérisation complémentaire de certaines zones d'accumulation de sédiments de la haute Chaudière en 2015



Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction régionale et le Bureau de coordination des urgences du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Elle s'inscrit dans le plan d'action mis en œuvre par le MDDELCC pour faire face au déversement de pétrole dans la rivière Chaudière survenu le 6 juillet 2013, lors de l'accident ferroviaire de Lac-Mégantic.

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire disponible à cette adresse :

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp>

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974

Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Direction régionale du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches
675, route Cameron, bureau 200
Sainte-Marie (Québec) G6E 3V7
Téléphone : 418 386-8000, poste 259

Ce document peut être consulté sur le site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques à l'adresse suivante :

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/lac-megantic/chaudiere.htm>

Référence à citer

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. 2017. *Tragédie ferroviaire de Lac-Mégantic – Caractérisation complémentaire de certaines zones d'accumulation de sédiments de la haute Chaudière en 2015*, Québec, Direction régionale et Bureau de coordination des urgences du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. 41 pages et 2 annexes

Dépôt légal – 2017
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-550-78420-3 (en ligne)

Tous droits réservés pour tous les pays.
© Gouvernement du Québec, 2017

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction

Clément Lapierre¹
Frédéric Dechamplain²

Échantillonnage / terrain

Jean-Pierre Mootz¹
Jean-François Roy¹
Kevin Paquet³
Maxime Provençal³
Charles Bergeron⁴
Yan Labrie⁴
Nathanaël Pépin-Coulombe⁴
François Perron⁴

Analyses en laboratoire

Paule Émilie Groleau⁵
Félix Dupont⁵
Karine Côté⁵
Annie St-Germain⁵
Éric Lachance⁵
Jenny Wan⁵
Direction de l'analyse chimique⁵

Révision scientifique

Mélanie Desrosiers⁵
David Berryman⁶
Lyne Pelletier⁶
Johanne Laberge⁷

¹ Direction régionale du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches

² Direction régionale du Centre de contrôle environnemental de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches, Bureau de coordination des urgences

³ Direction de l'expertise hydrique, équipe d'arpentage

⁴ Direction de l'expertise hydrique, équipe de plongée

⁵ Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

⁶ Direction générale du suivi de l'état de l'environnement

⁷ Direction des lieux contaminés

RÉSUMÉ

Les sédiments de la rivière Chaudière ont été contaminés par le pétrole déversé lors de l'accident ferroviaire survenu le 6 juillet 2013 à Lac-Mégantic. Dans son deuxième rapport, publié en 2015, le Comité expert sur la rivière Chaudière a constaté qu'il subsiste une contamination résiduelle dans les sédiments malgré les travaux de nettoyage réalisés en 2013 et en 2014. Le Comité a donc recommandé la réalisation d'une étude de caractérisation complémentaire en 2015, dont les objectifs étaient les suivants :

- Connaître l'état de contamination de la zone d'accumulation au PK 4,5 après les travaux de décontamination par dragage de 2014 et la crue printanière de 2015;
- Évaluer l'impact de la crue printanière de 2015 sur les principales zones d'accumulation contaminées recensées en 2014 et déterminer l'étendue potentielle de la contamination résiduelle;
- Déterminer le niveau de contamination de certaines zones d'accumulation de la haute Chaudière qui n'ont pas été caractérisées en 2013 ou 2014.

Dans leur ensemble, les résultats démontrent qu'en 2015, les sédiments situés dans les 15 premiers kilomètres de la rivière Chaudière portent encore la marque du déversement de pétrole survenu le 6 juillet 2013. Plus particulièrement, les données recueillies lors de cette étude ont permis de tirer les constats suivants :

Zone draguée en 2014 au PK 4,5

Malgré les travaux de dragage réalisés en 2014, une contamination résiduelle en hydrocarbure est encore présente dans la zone draguée. Toutefois, le niveau de contamination en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (HP C₁₀-C₅₀) après dragage et la crue printanière de 2015 est largement inférieur à celui existant avant dragage. En effet, le pourcentage des stations d'échantillonnage excédant la valeur de référence pour les effets aigus (VRA) est passé de 58 % avant dragage à 19 % après la crue printanière de 2015. De plus, la médiane des résultats est passée de 1 500 mg/kg avant les travaux à 360 mg/kg après la crue printanière.

Par ailleurs, des quatre stations analysées pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), une seule station d'échantillonnage présente des concentrations d'HAP qui excèdent la concentration d'effets fréquents (CEF). Les facteurs de dépassement de la CEF à cette station varient entre 1,08 et 2,33.

Zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014

Une contamination résiduelle en HP C₁₀-C₅₀ est encore présente à 12 des 14 stations échantillonnées après la crue printanière de 2015. Toutefois, le niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ après la crue printanière de 2015 est largement inférieur à celui existant en 2014. En effet, la concentration maximale mesurée en 2015 à toutes les stations est inférieure à celle mesurée en 2014. Ceci indique que des processus d'atténuation naturelle seraient en cours. De plus, le pourcentage des stations excédant la VRA est passé de 71 % en 2014 à seulement 29 % après la crue printanière de 2015. Enfin, la médiane des résultats est passée de 1 300 mg/kg en 2014 à 380 mg/kg après la crue printanière.

Par ailleurs, des dix stations analysées pour les HAP, quatre présentent des concentrations d'HAP qui excèdent la CEF. Les facteurs de dépassement de la CEF à ces stations varient entre 1,07 et 2,64.

Nouvelles zones d'accumulation

Cinq des quinze nouvelles stations échantillonnées en 2015 présentent une concentration en HP C₁₀-C₅₀ au-delà de la valeur de référence pour les effets chroniques (VRC), dont deux, excèdent également la VRA. Ces cinq stations sont localisées entre le barrage du lac Mégantic et le PK 12,440. Les dix stations qui ont présenté une concentration inférieure à la VRC sont toutes situées en aval du PK 12,440.

Par ailleurs, les concentrations en HAP mesurées à deux des nouvelles stations de 2015 sont toutes inférieures à la CEF et même inférieures à la concentration d'effets probables.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	iv
Mise en contexte	x
1. Introduction	1
2. Méthodologie	2
2.1 Échantillonnage	2
2.1.1 Échantillonnage au secteur PK 4,5	2
2.1.2 Échantillonnage des zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014	3
2.1.3 Échantillonnage des nouvelles zones d'accumulation	3
2.1.4 Méthode de prélèvement	4
2.1.5 Programme d'assurance et de contrôle de qualité sur le terrain	4
2.1.6 Localisation des stations d'échantillonnage	4
2.2 Observations visuelles de la contamination lors de l'échantillonnage	4
2.3 Analyses de laboratoire	5
2.4 Données recueillies sur le terrain et en laboratoire	6
2.5 Interprétations des données	6
3. Résultats	7
3.1 Secteur PK 4,5 (zone draguée en 2014)	7
3.1.1 Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ (HP C ₁₀ -C ₅₀)	7
3.1.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	7
3.1.3 État de la contamination en HP C ₁₀ -C ₅₀ avant et après dragage	8
3.2 Zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014	9
3.2.1 Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ et observations visuelles	9
3.2.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques alkylés	9
3.2.3 Évolution du niveau de contamination en HP C ₁₀ -C ₅₀ entre 2014 et 2015	10
3.3 Nouvelles zones d'accumulation	10
3.3.1 Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ et observations visuelles	10

3.3.2	Hydrocarbures aromatiques polycycliques	11
3.4	Étendue de la contamination dans chacune des zones d'accumulation	11
3.5	Origine et évolution des produits pétroliers dans la rivière Chaudière	12
3.6	Contrôle de qualité	13
4.	Conclusion	14
4.1	Secteur PK 4,5 (zone draguée en 2014)	14
4.2	Zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014	14
4.3	Nouvelles zones d'accumulation	15
4.4	Autres conclusions	15
5.	Références bibliographiques	16
	Annexes	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Secteur du PK 4,5 : description des échantillons prélevés et des paramètres analysés en 2015 _____	17
Tableau 2. Stations désignées très contaminées en 2014 : description des échantillons prélevés et des paramètres analysés en 2015 _____	18
Tableau 3. Nouvelles zones d'accumulation : description des échantillons prélevés et des paramètres analysés en 2015 _____	19
Tableau 4. Système de classification des observations visuelles de la contamination _____	20
Tableau 5. Observations visuelles dans les zones d'accumulation : localisation et description des tracés _____	21
Tableau 6. Nombre d'échantillons analysés et méthodes d'analyse _____	22
Tableau 7. Concentrations en 2015 des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ dans le secteur du PK 4,5 (secteur dragué en 2014) _____	23
Tableau 8. Concentrations en 2015 des hydrocarbures aromatiques polycycliques supérieures à la CEP dans le secteur du PK 4,5 (secteur dragué en 2014) _____	24
Tableau 9. Statistiques relatives aux hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ avant et après dragage dans le secteur du PK 4,5 _____	25
Tableau 10. Concentrations en 2015 des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ aux stations très contaminées recensées en 2014 _____	26
Tableau 11. Concentrations en 2015 des hydrocarbures aromatiques polycycliques supérieures à la CEP aux stations très contaminées recensées en 2014 _____	27
Tableau 12. Statistiques relatives aux hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ mesurés en 2014 et en 2015 aux stations très contaminées recensées en 2014 _____	28
Tableau 13. Concentrations des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015 _____	29
Tableau 14. Statistiques relatives aux hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015 _____	30
Tableau 15. Compilation des observations visuelles dans les zones d'accumulation _____	31
Tableau 16. Vérification de la représentativité des travaux d'échantillonnage pour l'analyse des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ _____	31
Tableau 17. Vérification de la représentativité des travaux d'échantillonnage pour l'analyse de la perte à 105 °C ____	32
Tableau 18. Vérification de la représentativité des travaux d'échantillonnage pour l'analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques _____	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ mesurées en 2015 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation après dragage et une crue printanière)	33
Figure 2.	Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurées en 2015 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation après dragage et une crue printanière)	34
Figure 3.	Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ mesurées en 2014 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation avant les travaux de dragage)	35
Figure 4.	Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ mesurées en 2014 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation immédiatement après les travaux de dragage)	36
Figure 5.	Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ en 2015 aux stations désignées très contaminées en 2014	37
Figure 6.	Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques polycycliques en 2015 aux stations désignées très contaminées en 2014	38
Figure 7.	Concentrations maximales d'hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ en 2014 et en 2015 aux stations désignées très contaminées en 2014 en fonction de la distance au barrage du lac Mégantic	39
Figure 8.	Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015	40
Figure 9.	Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015	41

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1	Fréquence d'apparition des irisations et concentrations maximales en hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ dans les zones d'accumulation caractérisées en 2015	42
Annexe 2	Avis du CEAEQ sur les profils des chromatogrammes issus des analyses d'IPP (identification des produits pétroliers) et HAP alkylés sur les échantillons prélevés dans la rivière Chaudière en 2015	54

MISE EN CONTEXTE

Le 6 juillet 2013, un train de 72 wagons transportant 7,679 millions de litres de pétrole brut a déraillé dans le centre-ville de Lac-Mégantic. Un incendie s'est déclaré, provoquant des explosions ainsi que l'émission et le déversement de pétrole et d'autres contaminants dans l'environnement. Des quelque six millions de litres de pétrole déversés ou brûlés, il a été estimé qu'environ 100 000 litres se sont déversés dans la rivière Chaudière à partir du centre-ville de Lac-Mégantic.

Au cours de l'été et de l'automne 2013, des équipes ont été mises à pied d'œuvre pour nettoyer le littoral et, autant que possible, le fond de la rivière par des méthodes manuelles. Au cours de la même période, un grand nombre d'observations visuelles et de nombreux échantillonnages ont été réalisés pour évaluer le niveau et l'étendue de la contamination du milieu par le pétrole et ses produits dérivés.

En janvier 2014, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a confié à un comité d'experts le mandat de dégager un état de situation de la rivière sur la base des résultats obtenus en 2013, de déterminer les impacts potentiels sur l'écosystème et d'élaborer un plan de gestion de la contamination résiduelle. Le plan proposé par le Comité expert a été adopté par le Ministère et rendu public le 12 mai 2014.

Le plan de gestion de la contamination résiduelle de la rivière Chaudière (MDDELCC, 2014) visait cinq objectifs et comprenait 14 projets à réaliser en 2014-2015. Deux de ces projets concernaient, d'une part, la caractérisation exhaustive des sédiments du lac Mégantic et de la rivière Chaudière et, d'autre part, l'enlèvement des sédiments dans la zone la plus contaminée de la rivière située à environ 4,5 km en aval du barrage du lac Mégantic (PK 4,5).

Le 27 novembre 2015, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques a rendu public le deuxième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers (MDDELCC, 2015). Ce rapport fait état des résultats obtenus par le plan de gestion de la contamination résiduelle de la rivière et propose un deuxième plan d'action comprenant neuf projets à réaliser en 2015-2017. Le présent rapport présente les résultats du projet 1.1 intitulé *Caractérisation complémentaire de certaines zones d'accumulation de sédiments de la haute Chaudière en 2015*. Il s'agit du rapport final de ce projet.

1. INTRODUCTION

À l'automne 2014, des travaux d'enlèvement des sédiments contaminés ont été réalisés dans le secteur le plus contaminé de la rivière Chaudière, situé à environ 4,5 km en aval du barrage du lac Mégantic (PK 4,5). De plus, les études de caractérisation des sédiments réalisées à plusieurs endroits dans la rivière en 2014 ont permis de constater que la contamination des sédiments par les hydrocarbures pétroliers a diminué de façon marquée de 2013 à 2014. Il subsiste toutefois une contamination résiduelle importante dans des zones d'accumulation de sédiments fins de la haute Chaudière, principalement dans les 15 premiers kilomètres de la rivière. Plus spécifiquement, en excluant le secteur du PK 4,5, il y a 14 stations échantillonnées en 2014 réparties dans neuf zones d'accumulation de sédiments fins qui ont présenté des concentrations d'hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ supérieures à la valeur de référence pour les effets aigus ou des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques supérieures à la concentration d'effets fréquents. Enfin, une photo-interprétation de la haute Chaudière a permis de recenser des zones d'accumulation susceptibles d'avoir été contaminées par le déversement pétrolier de 2013 qui n'avaient pas été échantillonnées lors des études de caractérisation réalisées en 2013 et 2014.

Ainsi, dans son deuxième rapport, le Comité expert a recommandé la réalisation, en 2015, d'une étude de caractérisation complémentaire des sédiments de la rivière dont les objectifs étaient les suivants :

- Connaître l'état de contamination de la zone d'accumulation au PK 4,5 après les travaux de décontamination de 2014 et la crue printanière de 2015;
- Évaluer l'impact de la crue printanière de 2015 sur les principales zones d'accumulation contaminées recensées en 2014 et déterminer l'étendue potentielle de la contamination résiduelle;
- Déterminer le niveau de contamination de certaines zones d'accumulation de la haute Chaudière qui n'ont pas été caractérisées en 2013 ou 2014.

Le présent rapport présente le programme de caractérisation complémentaire des sédiments réalisé par le Ministère au printemps et à l'été 2015 ainsi que les résultats obtenus.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage a été établie en fonction des caractéristiques des zones d'accumulation et des objectifs poursuivis.

2.1.1 Échantillonnage au secteur PK 4,5

Des travaux de décontamination ont été réalisés à l'automne 2014 dans le secteur du PK 4,5. Ils ont consisté au dragage d'une bande d'environ 10 à 15 m de largeur sur environ 180 m de longueur localisée sur la rive gauche de la rivière. La superficie draguée a été de l'ordre de 2 675 m².

Lors des travaux de dragage, le débit au barrage Mégantic a été maintenu entre 2,3 et 4,5 m³/s. Une portion des travaux a été réalisée dans le littoral inondé par dragage hydraulique et une autre partie a été réalisée dans le littoral exondé par excavation manuelle. À la fin des travaux, la portion exondée du littoral a été remblayée avec des sols propres, puis recouverte d'un tapis à base de fibre de coco. Afin d'éviter d'endommager le tapis de fibre de coco, qui a été mis en place pour stabiliser la pente, aucun échantillon de sédiments n'a été prélevé en 2015 sous ce tapis.

Les travaux d'échantillonnage au PK 4,5 ont été réalisés le 25 mai 2015 et le débit au barrage Mégantic a été maintenu à 3 m³/s afin de reproduire des conditions hydrauliques similaires à celles qui prévalaient lors des travaux de décontamination.

Afin d'évaluer le niveau de contamination de ce secteur, un total de 25 échantillons de sédiments, incluant quatre duplicatas, ont été prélevés aux 21 stations d'échantillonnage listées dans le tableau 1. Ce tableau présente les principales mesures, observations et analyses associées à chacun des échantillons.

Stations d'échantillonnage dans le littoral inondé

En 2015, la localisation des stations d'échantillonnage a été établie afin de couvrir l'ensemble de la zone draguée en 2014. Toutefois, le patron d'échantillonnage a dû être adapté afin de tenir compte de la granulométrie du littoral qui, par endroits, était trop grossière pour permettre le prélèvement d'échantillons à des fins d'analyses chimiques.

Ainsi, en 2015, dix-sept stations d'échantillonnage réparties sur le littoral inondé dragué en 2014 ont fait l'objet d'un prélèvement. Tous ces prélèvements ont été réalisés à l'extérieur du tapis de fibre de coco.

Les échantillons ont tous été prélevés entre 0 et 0,05 m sous la surface des sédiments, par des plongeurs de la Direction de l'expertise hydrique à l'aide de deux pots d'un litre en verre. Le contenu des deux pots était par la suite versé dans un plateau d'aluminium afin d'y retirer les feuilles, morceaux de bois et autres débris organiques ainsi que le surplus d'eau. Par la suite, les sédiments étaient mélangés manuellement avec un gant de nitrile afin d'obtenir un échantillon homogène. Les prélèvements étant faits à l'intérieur d'une superficie très limitée, l'échantillon final est considéré de type ponctuel.

La profondeur de l'eau aux stations d'échantillonnage a varié entre 0,26 et 2,11 m.

Stations d'échantillonnage sur le littoral exondé

Quatre stations d'échantillonnage ont fait l'objet d'un prélèvement de type composé sur le littoral exondé. Trois de ces prélèvements ont été effectués dans la mince couche de sédiments (entre 0 et 0,01 m) déposée par la crue

printanière sur le tapis de fibre de coco. Le quatrième échantillon a été prélevé en bordure de l'île, dans la partie aval du PK 4,5, entre 0 et 0,05 m de profondeur. Chaque échantillon composé a été constitué de cinq sous-échantillons répartis uniformément à l'intérieur d'une bande de 1 m sur 5 m parallèle à la rive. Les sous-échantillons, de volumes égaux, ont été prélevés manuellement avec une spatule en acier inoxydable préalablement nettoyée, puis versés dans un plateau d'aluminium afin d'y retirer les feuilles, morceaux de bois et autres débris organiques ainsi que le surplus d'eau. Par la suite, les sédiments ont été mélangés manuellement avec un gant de nitrile afin d'obtenir un échantillon homogène.

2.1.2 Échantillonnage des zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014

À l'exclusion du secteur dragué au PK 4,5, les travaux de caractérisation de sédiments effectués en 2014 ont permis de recenser 14 stations d'échantillonnage où au moins un échantillon présentait des concentrations d'hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (HP C₁₀-C₅₀) supérieures à la valeur de référence pour les effets aigus ou des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques supérieures à la concentration d'effets fréquents. Toutes ces stations ont fait l'objet d'un nouvel échantillonnage en 2015 et sont localisées entre le PK 1,0 et le PK 14,5.

Les travaux d'échantillonnage des zones d'accumulation désignées comme étant très contaminées en 2014 se sont déroulés sur une période de huit jours entre le 15 juin et le 8 juillet 2015. Le débit au barrage Mégantic a été maintenu entre 3,2 et 6,0 m³/s durant les journées d'échantillonnage afin de reproduire des conditions hydrauliques similaires à celles qui prévalaient lors des études précédentes.

Dans le cadre de la campagne d'échantillonnage de 2015, tous les échantillons ont été prélevés à la même profondeur dans les sédiments et selon le même protocole d'échantillonnage (échantillon ponctuel ou composé) que lors de l'échantillonnage de 2014. Ainsi, les résultats obtenus en 2015 pour chaque échantillon peuvent être comparés individuellement avec les résultats obtenus en 2014. Tous les échantillons ont été prélevés manuellement avec une spatule en acier inoxydable préalablement nettoyée, puis versés dans un plateau d'aluminium afin d'y retirer les feuilles, morceaux de bois et autres débris organiques ainsi que le surplus d'eau. Par la suite, les sédiments ont été mélangés manuellement avec un gant de nitrile afin d'obtenir un échantillon homogène.

Un total de 24 échantillons de sédiments, incluant quatre duplicatas, a été prélevé aux 14 stations d'échantillonnage désignées très contaminées en 2014. Les principales mesures, observations et analyses associées à ces échantillons sont indiquées au tableau 2.

2.1.3 Échantillonnage des nouvelles zones d'accumulation

Les résultats obtenus dans le cadre des études de caractérisation réalisées en 2013 et en 2014 ont permis de constater un lien étroit entre le niveau de contamination des sédiments et les conditions hydrauliques de la rivière. Ainsi, les niveaux de contamination les plus élevés sont souvent associés à des zones d'accumulation de sédiments fins.

Parmi les zones d'accumulation de sédiments fins détectées par photo-interprétation et qui n'avaient pas été échantillonnées dans les caractérisations de 2013 et 2014, le Ministère en a sélectionné 15 susceptibles d'avoir été contaminées lors du déversement de pétrole de 2013 ou subséquentement par le dépôt de sédiments contaminés. Parmi ces 15 nouvelles zones d'accumulation, cinq sont situées entre le PK 0 et le PK 15, neuf sont situées entre le PK 15 et le PK 31,5 et une est située au PK 81,4.

Les travaux d'échantillonnage des nouvelles zones d'accumulation se sont déroulés sur une période de huit jours entre le 15 juin et le 8 juillet 2015. Le débit au barrage Mégantic a été maintenu entre 3,2 et 6 m³/s durant les journées d'échantillonnage afin de reproduire des conditions hydrauliques similaires à celles qui prévalaient lors des études précédentes.

Avant d'être échantillonnées, ces nouvelles zones ont fait l'objet d'une vérification visuelle sur le terrain afin de déterminer l'endroit d'échantillonnage le plus susceptible de contenir des sédiments contaminés. Un échantillon de sédiments de type composé a été prélevé dans chacune des zones d'accumulation entre 0 et 0,05 m de profondeur. Par la suite, une vérification visuelle était effectuée à 0,15 m de profondeur dans les sédiments. Si de la contamination était observée à 0,15 m, un second échantillon de type composé était prélevé entre 0,15 et 0,20 m de profondeur.

Chaque échantillon composé a été constitué de cinq sous-échantillons répartis uniformément à l'intérieur d'une bande de 1 m sur 5 m parallèle à la rive. Les sous-échantillons, de volumes égaux, ont été prélevés manuellement avec une spatule en acier inoxydable préalablement nettoyée, puis versés dans un plateau d'aluminium afin d'y retirer les feuilles, morceaux de bois et autres débris organiques ainsi que le surplus d'eau. Par la suite, les sédiments ont été mélangés manuellement avec un gant de nitrile afin d'obtenir un échantillon homogène. Un total de 26 échantillons de sédiments incluant deux duplicatas a été prélevé aux 15 stations d'échantillonnage localisées dans les nouvelles zones d'accumulation. Les principales mesures, observations et analyses associées à ces échantillons sont indiquées au tableau 3.

2.1.4 Méthode de prélèvement

À l'exception des quelques particularités mentionnées aux sous-sections précédentes, les méthodes de nettoyage des équipements utilisés, le prélèvement des échantillons et les modalités de conservation de ceux-ci sont conformes au cahier 1, Généralités, et au cahier 5, Échantillonnage des sols, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales (MDDEP, 2008)*, disponible à l'adresse suivante :

<http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage.htm>

2.1.5 Programme d'assurance et de contrôle de qualité sur le terrain

Certains échantillons ont été prélevés en double sur le terrain dans le but de valider le processus d'échantillonnage et la reproductibilité des résultats. Pour tous les paramètres analysés, à l'exception du carbone organique total, un minimum de 10 % du nombre total d'échantillons prélevés dans le cadre de l'étude a fait l'objet d'une analyse en duplicata. Les tableaux 1, 2 et 3 indiquent les échantillons et les analyses réalisées en duplicata.

2.1.6 Localisation des stations d'échantillonnage

La localisation de toutes les stations d'échantillonnage du secteur PK 4,5 a été réalisée à l'aide d'une station totale (tachéomètre électronique).

La localisation de toutes les stations d'échantillonnage situées dans les zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014 et celles situées dans les nouvelles zones d'accumulation a été réalisée à l'aide d'un appareil GPS Garmin ayant une précision de trois à cinq mètres.

2.2 Observations visuelles de la contamination lors de l'échantillonnage

Les zones d'accumulation de sédiments couvrent généralement de grandes superficies (quelques centaines à quelques milliers de mètres carrés) et peuvent s'étendre sur plusieurs mètres de longueur (quelques dizaines à quelques centaines de mètres). De plus, la nature et la granulométrie des sédiments à l'intérieur d'une même zone d'accumulation sont très variables. Ainsi, l'évaluation précise du niveau de contamination d'une zone d'accumulation est très difficile à établir en se basant uniquement sur les résultats d'analyses chimiques puisque celles-ci ne fournissent qu'une information très ponctuelle.

Afin de compléter l'information disponible pour évaluer l'étendue et le niveau de contamination de chaque zone d'accumulation, une nouvelle méthodologie d'observation visuelle a été élaborée pour la présente étude. Cette nouvelle approche implique de parcourir la zone d'accumulation en marchant dans le littoral inondé, et ce, parallèlement à la rive. Durant ce parcours, la fréquence d'apparition des irisations à la surface de l'eau produite par le brassage des sédiments est notée. Le parcours peut alors être subdivisé en sections homogènes en termes de fréquence d'apparition des irisations. Le tableau 4 présente la classification utilisée pour établir le niveau de contamination d'une section en fonction de la fréquence d'apparition des irisations.

De façon plus détaillée, la méthodologie d'observation visuelle implique les étapes suivantes :

- Étape 1 : Le littoral inondé de la zone d'accumulation est parcouru à pied de l'aval vers l'amont. La profondeur de l'eau ne doit pas dépasser 0,5 m;
- Étape 2 : Un repère est placé au début du parcours pour marquer le début d'une section;
- Étape 3 : L'inspecteur se déplace parallèlement à la rive en brassant les sédiments avec les pieds à l'intérieur d'une bande d'environ 1 m de largeur. Dans le littoral constitué de galets et blocs ou lorsque la pente du littoral est trop abrupte, les sédiments sont brassés à l'aide d'une pelle;
- Étape 4 : Lorsque l'inspecteur constate un changement de classification dans son parcours, un repère est placé pour indiquer la fin de la section et le début d'une autre section. Les étapes 3 et 4 sont reprises jusqu'à ce que la zone d'accumulation ait été parcourue sur toute sa longueur;
- Étape 5 : Le parcours de la zone d'accumulation est par la suite refait en sens inverse (de l'amont vers l'aval). Les différentes sections sont alors géolocalisées en utilisant la fonction « tracé » du GPS. Un fichier de type *.gpx est ainsi constitué pour chaque section délimitée par les repères mis en place lors des étapes précédentes.

Un total de 62 tracés totalisant 3 645 mètres a été réalisé. À l'exception de la zone d'accumulation autour de la station ZA-59, où un problème technique est survenu, des tracés ont été réalisés dans toutes les zones d'accumulation échantillonnées en 2015. À chaque tracé correspond une cote d'irisation, ce qui permet d'établir un « niveau de contamination » en se basant sur les observations visuelles. Le tableau 5 présente la description des observations constatées pour chaque tracé réalisé.

2.3 Analyses de laboratoire

Tous les échantillons prélevés ont été transmis et analysés au Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

Les paramètres suivants ont été analysés :

- Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (HP C₁₀-C₅₀)
- Perte de poids à 105 °C (perte à 105 °C)
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques et dérivés alkylés (HAP)
- Identification de produits pétroliers (IPP)
- Carbone organique total (COT)

Les tableaux 1, 2 et 3 indiquent les paramètres analysés pour chacun des échantillons prélevés tandis que le tableau 6 précise le nombre d'échantillons analysés pour chaque paramètre ainsi que les méthodes d'analyses utilisées.

2.4 Données recueillies sur le terrain et en laboratoire

Toutes les informations recueillies relativement aux stations d'échantillonnage et aux échantillons prélevés ainsi que tous les résultats d'analyses chimiques ont été intégrés à la base de données à référence spatiale créée spécifiquement pour la contamination des sédiments de la rivière Chaudière. Les fichiers des tracés correspondant aux observations visuelles ont également été intégrés à la base de données.

2.5 Interprétations des données

Afin d'évaluer le degré de contamination des sédiments, les résultats d'analyses chimiques ont été comparés à des critères préétablis. Ainsi, les HP C₁₀-C₅₀ ont été évalués en fonction des concentrations seuils ayant un effet sur la vie aquatique (MDDEFP, 2013), soit les valeurs de référence d'effets chroniques (VRC) et d'effets aigus (VRA). Les critères VRC et VRA sont respectivement de 164 et de 832 mg/kg. Des critères semblables (concentration d'effets rares, concentration d'effets probables et concentration d'effets fréquents) ont été utilisés pour évaluer le niveau de contamination des sédiments en HAP (EC et MDDEP, 2007). Les critères considérés pour les HAP en mg/kg sont les suivants :

	CER	CEP	CEF
2-Méthylnaphtalène	0,0160	0,20	0,38
Acénaphène	0,0037	0,09	0,94
Acénaphthylène	0,0033	0,13	0,34
Anthracène	0,0160	0,24	1,10
Benzo(a)anthracène	0,0140	0,39	0,76
Benzo(a)pyrène	0,0110	0,78	3,20
Dibenzo (a,h) anthracène	0,0033	0,14	0,20
Chrysène	0,0260	0,86	1,60
Fluoranthène	0,0470	2,40	4,90
Fluorène	0,0100	0,14	1,20
Naphtalène	0,0170	0,39	1,20
Phénanthrène	0,0250	0,52	1,10
Pyrène	0,0290	0,88	1,50

Dans le présent rapport, aux fins des calculs statistiques, la valeur d'un résultat d'analyse a été considérée comme étant égale à zéro lorsque le résultat réel est inférieur à la limite de détection, et égale à la limite de détection lorsque la mention « détecté, mais non quantifié » est inscrite au certificat d'analyse. De plus dans ces calculs, lorsque plusieurs échantillons ont été analysés à une même station, seul le résultat le plus élevé a été retenu. Par ailleurs, afin de faciliter la représentation de la distribution spatiale sur les figures, seul le résultat le plus élevé obtenu à une station a été considéré. C'est pourquoi, dans l'exposé des résultats et dans les titres de figures, il est question des « concentrations maximales ».

3. RÉSULTATS

3.1 Secteur PK 4,5 (zone draguée en 2014)

3.1.1 Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (HP C₁₀-C₅₀)

Le tableau 7 présente les concentrations des HP C₁₀-C₅₀ mesurées en 2015 dans le secteur du PK 4,5 ainsi que le niveau de dépassement par rapport aux valeurs de référence établies. Ce tableau présente également la cote d'irisation constatée à proximité de ces échantillons lors des tracés d'observations visuelles. Enfin, la figure 1 présente la distribution spatiale des HP C₁₀-C₅₀ en considérant la concentration maximale à chaque station.

Les résultats obtenus en 2015 indiquent que :

- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est au-delà de la VRA à 4 des 21 stations d'échantillonnage. Ces quatre stations sont localisées dans la partie amont de la zone draguée en 2014;
- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est au-delà de la VRC, mais inférieure à la VRA à 9 des 21 stations d'échantillonnage;
- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est inférieure à la VRC à 8 des 21 stations d'échantillonnage;
- La valeur maximale des concentrations mesurées en HP C₁₀-C₅₀ est de 3 800 mg/kg, soit près de cinq fois la VRA;
- Les stations présentant les concentrations les plus élevées en HP C₁₀-C₅₀ se retrouvent généralement à des endroits où de l'irisation continue a été observée en marchant dans l'eau.

3.1.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP ont été analysés aux quatre stations ayant présenté un dépassement de la VRA en HP C₁₀-C₅₀ en 2015, soit aux stations DR505 (840 mg/kg), DR506 (910 mg/kg), DR509 (1 200 mg/kg) et DR521 (3 800 mg/kg).

Deux des quatre échantillons analysés ont des paramètres dont les résultats dépassent la concentration d'effets probables (CEP) et l'un de ceux-ci à des paramètres dont les résultats dépassent la concentration d'effets fréquents (CEF). Ces résultats sont présentés au tableau 8, accompagnés de leur facteur de dépassement par rapport à ces valeurs de référence. La figure 2 présente quant à elle la distribution spatiale des quatre stations analysées pour leurs concentrations en HAP ainsi que le niveau de contamination maximale pour chacune de ces stations par rapport à la concentration d'effets rares (CER), la CEP et la CEF.

Les résultats obtenus en 2015 indiquent que :

- La concentration de certains HAP est au-delà de la CER aux quatre stations analysées;
- La concentration de certains HAP est au-delà de la CEP à deux des quatre stations analysées (DR505 et DR506);
- La concentration de certains HAP est au-delà de la CEF à la station DR505 (pyrène, phénanthrène, acénaphthylène, benzo(a)anthracène);

- Les facteurs de dépassement de la CEF varient entre 1,08 et 2,33, le facteur le plus élevé ayant été constaté pour le pyrène;
- L'ampleur des dépassements de la CEP ou de la CEF pour les HAP n'est pas proportionnelle à l'ampleur des dépassements de la VRA pour les HP C₁₀-C₅₀. En effet, les dépassements de la CEP et de la CEF ont été retrouvés aux deux stations les moins contaminées en HP C₁₀-C₅₀ parmi celles dépassant la VRA (DR505 et DR506).

3.1.3 État de la contamination en HP C₁₀-C₅₀ avant et après dragage

Entre mai et septembre 2014, le secteur du PK 4,5 a fait l'objet de plusieurs campagnes d'échantillonnage afin d'établir son niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ avant dragage. En outre, immédiatement après la réalisation des travaux de dragage, la firme Conestoga-Rovers & Associés (Québec) inc. (CRA) a effectué un échantillonnage des sédiments afin d'évaluer le niveau de contamination résiduelle de la zone draguée. Enfin, la campagne d'échantillonnage réalisée en 2015 dans ce même secteur a permis d'évaluer le niveau de contamination de la zone draguée après une première crue printanière.

Le tableau 9 présente, pour le secteur dragué, la concentration maximale en HP C₁₀-C₅₀ obtenue à chaque station en 2014 avant et après dragage, ainsi que celle obtenue en 2015 après la crue printanière. Ce tableau présente également quelques statistiques relatives à la qualité des sédiments avant et après dragage. La figure 3 présente les résultats et la distribution spatiale des HP C₁₀-C₅₀ obtenus avant dragage, tandis que la figure 4 présente ceux obtenus immédiatement après dragage par CRA. Les résultats de 2015 ont quant à eux déjà été présentés à la figure 1.

Les résultats obtenus indiquent que :

- Le niveau de contamination des sédiments après dragage est largement inférieur à celui existant avant dragage :
 - Le pourcentage des stations excédant la VRA est passé de 58 % avant dragage à 4,5 % immédiatement après les travaux et à 19 % après la crue printanière;
 - La concentration maximale des HP C₁₀-C₅₀, qui était de 29 000 mg/kg avant les travaux, était de 2 200 mg/kg immédiatement après les travaux et de 3 800 mg/kg après la crue printanière;
 - La médiane des résultats est passée de 1 500 mg/kg avant les travaux à 130 mg/kg immédiatement après les travaux et à 360 mg/kg après la crue printanière;
- Après les travaux de dragage et la crue printanière de 2015, une contamination résiduelle supérieure à la VRC persiste à 13 des 21 stations échantillonnées. De plus, à quatre de ces treize stations, la contamination résiduelle est supérieure à la VRA;
- Le niveau de contamination après la crue printanière de 2015 est légèrement plus élevé que celui déterminé par CRA immédiatement après le dragage. Cela pourrait s'expliquer par le déplacement des sédiments contaminés lors de la crue printanière. Cette légère augmentation pourrait également être liée à la variabilité dans la distribution spatiale de la contamination puisque les échantillons de 2015 n'ont pas été prélevés exactement aux mêmes endroits et selon la même méthodologie que ceux prélevés par CRA.

3.2 Zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014

3.2.1 Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ et observations visuelles

Le tableau 10 présente les concentrations mesurées en 2015 des HP C₁₀-C₅₀ aux 14 stations d'échantillonnage désignées très contaminées en 2014 ainsi que le niveau de dépassement par rapport aux valeurs de référence établies. Ce tableau présente également la cote d'irisation constatée à proximité de ces échantillons lors des tracés d'observations visuelles. Enfin, la figure 5 présente la distribution spatiale des HP C₁₀-C₅₀ mesurés en 2015 en considérant la concentration maximale à chaque station.

Les résultats obtenus en 2015 indiquent que :

- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est au-delà de la VRA à 4 des 14 stations d'échantillonnage. Ces quatre stations sont localisées dans deux zones d'accumulation distinctes, soit aux environs du PK 8,0 (EHC-1) et aux environs du PK 8,6 (STA-9A, STA-9B et EHC-4);
- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est au-delà de la VRC, mais inférieure à la VRA à 8 des 14 stations d'échantillonnage;
- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est inférieure à la limite de détection à 2 des 14 stations d'échantillonnage;
- La valeur maximale des concentrations mesurées en HP C₁₀-C₅₀ est de 1 600 mg/kg à la station EHC-1 (PK 8,047);
- Les stations présentant les concentrations les plus élevées en HP C₁₀-C₅₀ se retrouvent généralement à des endroits où de l'irisation continue a été observée en marchant dans l'eau.

3.2.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques alkylés

Les HAP ont été analysés aux endroits ayant présenté un dépassement de la CEF en 2014 (même station et même profondeur) ainsi que sur tous les autres échantillons ayant présenté une concentration d'HP C₁₀-C₅₀ supérieure à la VRA. Les HAP ont ainsi été analysés aux stations d'échantillonnage suivantes : EHC-1, EHC-4, SED-PK0,75, STA-6A, STA-9A, STA-9B, ZA-42, ZA-53, ZA-59 et DR-30.

Le tableau 11 présente les concentrations d'HAP mesurées en 2015 et supérieures à la CEP et à la CEF aux stations désignées contaminées en 2014 ainsi que le facteur de dépassement par rapport à ces valeurs de référence. Enfin, la figure 6 présente la distribution spatiale des HAP ainsi que le niveau de contamination maximale à chaque station par rapport à la CER, à la CEP et à la CEF.

Les résultats obtenus en 2015 indiquent que :

- Tous les échantillons analysés ont un ou plusieurs paramètres dont la concentration est supérieure à la CER;
- La concentration de certains HAP est au-delà de la CEP ou à la CEF à 4 des 10 stations analysées;

- Le dépassement des paramètres au-delà de la CEF a été constaté aux stations suivantes :
 - ZA-42 (phénanthrène);
 - STA-6A (pyrène, phénanthrène et benzo(a)anthracène);
 - EHC-4 (pyrène);
 - ZA-59 (pyrène);
- Les facteurs de dépassement de la CEF varient entre 1,07 et 2,64, le facteur le plus élevé ayant été constaté pour le phénanthrène à la station STA-6A;
- Les dépassements de la CEP ou de la CEF pour les HAP ne sont pas nécessairement associés au dépassement de la VRA pour les HP C₁₀-C₅₀. En effet, parmi les cinq échantillons présentant des dépassements de la CEP ou de la CEF, quatre ont une concentration en HP C₁₀-C₅₀ entre la VRC et la VRA et un seul dépasse légèrement la VRA. Les dépassements les plus élevés en HAP ont même été observés sur un échantillon de la station STA-6A dont la concentration en HP C₁₀-C₅₀ est seulement de 200 mg/kg.

3.2.3 Évolution du niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ entre 2014 et 2015

Le tableau 12 présente, pour l'année 2014 et l'année 2015, les concentrations maximales d'HP C₁₀-C₅₀ obtenues à chacune des stations désignées très contaminées en 2014. Ce tableau présente également quelques statistiques relatives à la qualité des sédiments en 2014 par rapport à celle de 2015. Les graphiques à la figure 7 présentent les concentrations maximales d'HP C₁₀-C₅₀ mesurées en 2014 et en 2015 à chacune des stations désignées très contaminées en fonction de leur distance par rapport au barrage du lac Mégantic.

La comparaison entre les résultats obtenus en 2015 et ceux obtenus en 2014 révèle que le niveau de contamination après la crue printanière de 2015 est largement inférieur à celui existant en 2014 et plus particulièrement :

- La concentration maximale mesurée en 2015 est, pour toutes les stations, inférieure à celle mesurée en 2014, ce qui indique que des processus d'atténuation naturelle seraient en cours;
- Le pourcentage des stations excédant la VRA est passé de 71 % en 2014 à 29 % après la crue printanière;
- La concentration maximale des HP C₁₀-C₅₀, qui était de 6 000 mg/kg à la station 24 en 2014, était de 1 600 mg/kg après la crue printanière à la station EHC-1;
- La médiane des résultats est passée de 1 300 mg/kg en 2014 à 380 mg/kg après la crue printanière.

3.3 Nouvelles zones d'accumulation

3.3.1 Hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ et observations visuelles

Quinze zones d'accumulation détectées par photo-interprétation, qui n'avaient pas été échantillonnées dans les caractérisations de 2013 et 2014, ont été sélectionnées aux fins de la campagne d'échantillonnage de 2015. Un total de 26 échantillons de sédiments, incluant deux duplicatas, a été prélevé aux 15 stations d'échantillonnage localisées dans les nouvelles zones d'accumulation. Tous les échantillons ont été analysés pour les HP C₁₀-C₅₀.

Le tableau 13 présente les concentrations des HP C₁₀-C₅₀ mesurées dans les 15 nouvelles zones d'accumulation échantillonnées pour la première fois en 2015 ainsi que le facteur de dépassement par rapport aux valeurs de référence établie. Ce tableau présente également la cote d'irisation constatée à proximité de ces stations d'échantillonnage lors des tracés d'observations visuelles. Quant au tableau 14, il présente uniquement la concentration maximale d'HP C₁₀-C₅₀ obtenue à chaque station et quelques statistiques relatives à la qualité des sédiments dans les zones d'accumulation échantillonnées. Enfin, la figure 8 présente la distribution spatiale des HP C₁₀-C₅₀ en considérant la concentration maximale à chaque station.

Les résultats obtenus en 2015 indiquent que :

- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est au-delà de la VRA à 2 des 15 stations d'échantillonnage (ZA-46 et ZA-48). Ces deux stations sont localisées dans des zones d'accumulation aux environs du PK 4,0 et au PK 4,4;
- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est au-delà de la VRC, mais inférieure à la VRA à 3 des 15 stations d'échantillonnage (ZA-40, ZA-56 et ZA-57);
- Les cinq stations ayant présenté une concentration supérieure à la VRC sont toutes localisées en amont du PK 12,5;
- La concentration des HP C₁₀-C₅₀ est inférieure à la VRC à 10 des 15 stations d'échantillonnage, lesquelles sont toutes situées en aval du PK 12,5;
- La valeur maximale des concentrations mesurées en HP C₁₀-C₅₀ est de 1 400 mg/kg, soit près de deux fois la VRA;
- La médiane des concentrations maximales mesurées à chaque station en HP C₁₀-C₅₀ est de 47 mg/kg, soit largement inférieure à la VRC;
- Les stations présentant des concentrations en HP C₁₀-C₅₀ au-delà la VRC se retrouvent toutes à des endroits où de l'irisation continue a été observée en marchant dans l'eau.

3.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les HAP ont été analysés aux deux stations ayant présenté un dépassement de la VRA en HP C₁₀-C₅₀, soit aux stations ZA-46 (1 400 mg/kg) et ZA-48 (1 400 mg/kg). Dans les deux cas, aucun paramètre n'a montré une concentration supérieure à la CEP ou à la CEF. Par contre, certains HAP ont présenté une concentration supérieure à la CER aux deux stations. La figure 9 présente la distribution spatiale des HAP ainsi que le niveau de contamination maximale à chaque station.

3.4 Étendue de la contamination dans chacune des zones d'accumulation

Afin de compléter l'information disponible pour évaluer l'étendue et le niveau de contamination des zones d'accumulation, une nouvelle méthodologie d'observation visuelle a été élaborée pour la caractérisation complémentaire de 2015. La fréquence d'apparition des irisations a été notée lors de la réalisation de 62 tracés distincts. Ces tracés ont été réalisés de façon à couvrir l'ensemble des zones d'accumulation échantillonnées en 2015. La longueur totale des tracés effectués sur le littoral est de 3 645 m et 49 stations échantillonnées en 2015 sont situées vis-à-vis un tracé ou à moins de cinq mètres d'un tracé. Le tableau 15 et les figures de l'annexe 1 montrent la relation entre le niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ mesuré aux stations échantillonnées en 2015 et les cotes d'irisation notées lors de la réalisation des tracés d'observations visuelles.

Les résultats obtenus indiquent que :

- En termes de longueur, près de la moitié des zones d'accumulation caractérisées en 2015 ne présentent aucune trace visuelle de contamination. Plus spécifiquement :
 - 1 755 des 3 645 m de tracé (48,1 %) ne présentent aucune trace visuelle de contamination lors du brassage des sédiments;
 - 1 055 des 3 645 m de tracé (28,9 %) ont une fréquence d'apparition de l'irisation qualifiée de rare à occasionnelle lors du brassage des sédiments;
 - 835 des 3 645 m de tracé (22,9 %) ont une fréquence d'apparition de l'irisation qualifiée de continue lors du brassage des sédiments;
- Les tracés d'observations visuelles réalisés selon la méthodologie élaborée en 2015 s'avèrent un outil utile pour préciser l'étendue d'une zone de contamination, car :
 - Toutes les stations ayant présenté une concentration en HP C₁₀-C₅₀ supérieure à la VRA sont situées à proximité d'un tracé ayant une fréquence d'apparition de l'irisation qualifiée de continue;
 - Toutes les stations ayant présenté une concentration en HP C₁₀-C₅₀ supérieure à la VRC sont situées à proximité d'un tracé ayant une fréquence d'apparition de l'irisation qualifiée de rare à continue;
 - Toutes les stations échantillonnées à proximité d'un tracé sans aucune irisation ont des concentrations en HP C₁₀-C₅₀ inférieures à la limite de détection ou inférieures à la limite de quantification de la méthode d'analyse, c'est-à-dire également inférieures à la VRC;
- L'information obtenue à partir des tracés d'observations visuelles doit être combinée à l'analyse des HP C₁₀-C₅₀ afin d'évaluer adéquatement le niveau de contamination d'une zone d'accumulation. En effet, même si les tracés visuels indiquent la présence d'hydrocarbure, il y a des cas où les concentrations en HP C₁₀-C₅₀ ne sont pas problématiques. Dans les faits, 13 des 32 stations situées à proximité d'un tracé ayant une fréquence d'apparition de l'irisation qualifiée de rare à continue ont une concentration en HP C₁₀-C₅₀ inférieure à la VRC;
- L'information obtenue en 2015 à partir des tracés d'observations visuelles combinée à l'analyse des HP C₁₀-C₅₀ a permis d'identifier sept zones d'accumulation dont le niveau et l'étendue de la contamination sont préoccupants. Il s'agit des zones d'accumulation situées aux environs des PK suivants : PK 2,88 (rive droite), PK 3,96 (rive droite), PK 4,44 (rives gauche et droite), PK 6,61 (rive gauche), PK 8,11 (rive gauche); PK 8,65 (rive gauche) et PK 12,43 (rive gauche, rive droite et île).

3.5 Origine et évolution des produits pétroliers dans la rivière Chaudière

Des échantillons de pétrole brut prélevés directement dans les wagons ont été analysés aux laboratoires du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Ces analyses ont été réalisées sur des échantillons de pétrole prélevés dans un wagon altéré par l'accident (tank 19) et dans un wagon intact (tank 54). L'information recueillie en 2013 sur ces échantillons de pétrole sert de référence afin d'évaluer l'origine du pétrole retrouvé dans les sédiments et son évolution dans le temps. Cette évaluation se base notamment sur une interprétation des chromatogrammes obtenus par l'analyse d'identification des produits pétroliers et sur une interprétation des profils des HAP alkylés.

La méthodologie employée et les principales constatations du CEAEQ quant à l'origine du pétrole retrouvé dans les sédiments de la rivière Chaudière et son évolution dans le temps sont présentées à l'annexe 2.

L'interprétation des informations recueillies en 2015 lors de la caractérisation chimique des sédiments prélevés dans la rivière Chaudière indique que :

- Les hydrocarbures observés dans les sédiments présentent toujours, malgré une certaine dégradation, des similitudes avec le pétrole provenant du wagon altéré (tank 19);
- Les hydrocarbures observés dans les sédiments du secteur dragué (PK 4,5) sont toutefois beaucoup plus dégradés que dans le reste de la rivière. Il n'est pas impossible que les manipulations des sédiments lors des opérations de dragage puissent avoir engendré une altération différente de celle observée dans les autres zones d'accumulation.

Ainsi, en 2015, malgré les différents processus d'atténuation en cours, les sédiments de la rivière Chaudière portent encore la marque du déversement de pétrole survenu le 6 juillet 2013.

3.6 Contrôle de qualité

Dans le but de valider le processus d'échantillonnage et la reproductibilité des résultats, un minimum de 10 % des échantillons a fait l'objet d'un duplicata. Ainsi, 10 duplicatas ont été analysés pour les paramètres HP C₁₀-C₅₀ et la perte à 105 °C et trois duplicatas ont été analysés pour les HAP.

Les tableaux 16 et 17 présentent les résultats obtenus et le pourcentage d'écart entre les résultats des échantillons et de leurs duplicatas pour les HP C₁₀-C₅₀ et pour la perte à 105 °C. Les pourcentages d'écart se situent entre 0 et 17 % pour les HP C₁₀-C₅₀ et entre 0,2 et 3 % pour la perte à 105 °C. La variation dans les pourcentages d'écart est inférieure à la valeur maximale acceptable établie à 30 % dans le *Guide de caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments* (MDDELCC et ECCC, 2016) et le *Guide de procédures : Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie* (MEF, 1995). Le processus d'échantillonnage et la reproductibilité des résultats pour ces paramètres sont donc acceptables.

Le tableau 18 présente les résultats obtenus et le pourcentage d'écart entre les résultats des échantillons et de leurs duplicatas pour tous les HAP pour lesquels il existe des critères de qualité. Lorsque les résultats sont supérieurs à la limite de quantification (> LD et > DNQ), les pourcentages d'écart pour les stations DR521 et ZA-53 sont généralement inférieurs ou légèrement supérieurs à la valeur maximale acceptable de 30 %. Toutefois, pour la station SED-PK0,75, les pourcentages d'écart sont plus importants, se situant généralement entre 150 et 160 %. La variation importante dans les concentrations mesurées dans les échantillons et leurs duplicatas indique une hétérogénéité de la contamination en HAP dans les sédiments. Étant donné cette hétérogénéité, seules les concentrations les plus élevées mesurées à une station ont été considérées dans l'interprétation des résultats.

4. CONCLUSION

À la suite de la recommandation du Comité expert de procéder à une caractérisation complémentaire des sédiments de la rivière Chaudière en 2015, des échantillons de sédiments ont été prélevés à 21 stations dans la zone draguée en 2014 au PK 4,5, à 14 autres stations désignées très contaminées en 2014 et dans 15 zones d'accumulation qui n'avaient jamais été échantillonnées auparavant.

Dans leur ensemble, les résultats démontrent qu'en 2015, les sédiments de la rivière Chaudière portent encore la marque du déversement de pétrole survenu le 6 juillet 2013. Plus particulièrement, les données recueillies lors de cette étude ont permis de tirer les constats suivants :

4.1 Secteur PK 4,5 (zone draguée en 2014)

- Après les travaux de dragage, une contamination résiduelle en HP C₁₀-C₅₀ et en HAP est encore présente après la crue printanière de 2015. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées dans la partie amont de la zone draguée.
- Le niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ après dragage est largement inférieur à celui existant avant dragage :
 - Le pourcentage des stations excédant la VRA est passé de 58 % avant dragage à seulement 4,5 % immédiatement après les travaux et à 19 % après la crue printanière de 2015;
 - La concentration maximale des HP C₁₀-C₅₀, qui était de 29 000 mg/kg avant les travaux, était de 2 200 mg/kg immédiatement après les travaux et de 3 800 mg/kg après la crue printanière;
 - La médiane des résultats est passée de 1 500 mg/kg avant les travaux à 130 mg/kg immédiatement après les travaux et à 360 mg/kg après la crue printanière.
- Le niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ après la crue printanière de 2015 est légèrement plus élevé que celui déterminé par CRA immédiatement après le dragage. Cela pourrait s'expliquer par un déplacement des sédiments contaminés lors de la crue printanière ou par l'hétérogénéité de la contamination dans les sédiments.
- La concentration de certains HAP est au-delà de la CER aux quatre stations analysées. Toutefois, une seule station présente des concentrations d'HAP qui excèdent la CEF. Les facteurs de dépassement de la CEF à cette station varient entre 1,08 et 2,33.

4.2 Zones d'accumulation désignées très contaminées en 2014

- Le niveau de contamination en HP C₁₀-C₅₀ après la crue printanière de 2015 est largement inférieur à celui existant en 2014 et, plus particulièrement :
 - La concentration maximale mesurée en 2015 est, pour toutes les stations, inférieure à celle mesurée en 2014, ce qui indique que des processus d'atténuation naturelle seraient en cours;
 - Le pourcentage des stations excédant la VRA est passé de 71 % en 2014 à 29 % après la crue printanière;

- La concentration maximale des HP C₁₀-C₅₀, qui était de 6 000 mg/kg en 2014, était de 1 600 mg/kg après la crue printanière;
- La médiane des résultats est passée de 1 300 mg/kg en 2014 à 380 mg/kg après la crue printanière.
- Dix des quatorze stations désignées très contaminées en 2014 ont été analysées pour les HAP. À toutes ces stations, un ou plusieurs paramètres ont une concentration supérieure à la CER. Toutefois, quatre stations présentent des concentrations d'HAP qui excèdent la CEF. Les facteurs de dépassement de la CEF à ces stations varient entre 1,07 et 2,64.

4.3 Nouvelles zones d'accumulation

- Cinq des quinze stations présentent une concentration en HPvC₁₀-C₅₀ au-delà de la VRC, dont deux excèdent également la VRA. Ces cinq stations sont localisées entre le barrage du lac Mégantic et le PK 12,440.
- Les concentrations de certains HAP sont au-delà de la CER aux deux stations analysées. Toutefois, aucun HAP n'a montré une concentration supérieure à la CEP.
- Les dix stations ayant présenté une concentration inférieure à la VRC sont toutes localisées en aval du PK 12,440. Ceci suggère que les probabilités sont faibles de recenser de nouvelles zones d'accumulation très contaminées en aval du PK 15.

4.4 Autres conclusions

- Les tracés d'observations visuelles réalisés, selon la méthode utilisée dans la présente étude, se sont avérés utiles pour préciser l'étendue d'une zone de contamination.
- L'information obtenue en 2015 à partir des tracés d'observations visuelles combinée à l'analyse des HP C₁₀-C₅₀ a permis d'identifier sept zones d'accumulation dont le niveau et l'étendue de la contamination sont préoccupants. Il s'agit des zones d'accumulation situées aux environs des PK suivants : PK 2,88 (rive droite), PK 3,96 (rive droite), PK 4,44 (rives gauche et droite), PK 6,61 (rive gauche), PK 8,11 (rive gauche), PK 8,65 (rive gauche) et PK 12,43 (rive gauche, rive droite et île).
- Malgré une certaine dégradation, les hydrocarbures présents dans les sédiments en 2015 ont encore des similitudes avec le pétrole provenant du wagon altéré (tank 19). Les hydrocarbures présents dans les sédiments du secteur dragué (PK 4,5) sont toutefois beaucoup plus dégradés que dans le reste de la rivière. Il est possible que le brassage des sédiments lors des opérations de dragage ait causé une altération différente de celle observée dans les autres zones d'accumulation.

5. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- MEF, 1995. *Guide de procédures : Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*. Direction des laboratoires, ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 49 p.
- EC et MDDEP, 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration*. Environnement Canada et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 39 p.
- MDDEP, 2008. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités*. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 58 p. et 3 annexes.
- MDDEFP, 2013. *Lignes directrices pour l'évaluation de la qualité des sédiments du lac Mégantic et de la rivière Chaudière, en lien avec l'accident ferroviaire du 6 juillet 2013*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs du Québec, 6 p.
- MDDELCC, 2014. *Rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – Constats, recommandations, actions proposées*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 62 p.
- MDDELCC, 2015. *Tragédie ferroviaire du Lac-Mégantic – Deuxième rapport du Comité expert sur la contamination résiduelle de la rivière Chaudière par les hydrocarbures pétroliers – Constats, recommandations, actions proposées pour 2015-2017*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 64 p.
- MDDELCC et ECCC, 2016. *Guide de caractérisation physico-chimique et toxicologique des sédiments*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques et Environnement et Changement climatique Canada, 2016. 62 pages + annexes.

Tableau 1. Secteur du PK 4,5 : description des échantillons prélevés et des paramètres analysés en 2015

Station	Date de prélèvement	Type d'échantillon	Profondeur début (m)	Profondeur fin (m)	Littoral	Profondeur d'eau (m)	Contamination visuelle	Contamination olfactive	Description du substrat	Numéro de laboratoire	Paramètres analysés	Duplicata
DR503	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,261	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Limon-sableux	L033164-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR504	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,018	Très légère irisation dans plateau	Odeur légère de pétrole	Sable limono-argileux	L033164-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR505	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,44	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Limon avec bcp débris bois	L033164-06	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
DR506	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,597	Très légère irisation dans plateau	Odeur légère de pétrole	Limon	L033164-07	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
DR506	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,597	Très légère irisation dans plateau	Odeur légère de pétrole	Limon	L033164-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	Duplicata de L033164-07 (N° station au Labo DR500)
DR507	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,353	Très légère irisation dans plateau	Pas d'odeur de pétrole	Limon avec bcp débris bois	L033164-08	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR508	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,265	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Limon avec bcp débris bois	L033164-09	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
DR509	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,824	Très légère irisation dans plateau	Odeur bien perceptible	Limon avec débris bois et cailloux	L033164-10	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
DR509	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,824	Très légère irisation dans plateau	Odeur légère de pétrole	Limon avec débris bois et cailloux	L033164-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	Duplicata de L033164-10 (N° station au Labo DR501)
DR510	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,494	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Limon avec un peu débris bois et cailloux	L033164-11	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR511	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	2,114	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Sable très grossier, gravier	L033164-12	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR512	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,793	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Sable très grossier, gravier	L033164-13	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR513	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,83	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Limon avec sable grossier	L033164-14	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR513	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,83	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Limon avec sable grossier	L033164-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	Duplicata de L033164-14 (N° station au Labo DR502)
DR514	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,877	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Sable très grossier, gravier	L033164-15	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR515	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,849	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Sable-limoneux	L033164-16	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR516	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	1,548	Pas d'irisation observée	Odeur légère de pétrole	Limon avec bcp débris bois	L033164-17	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR517	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,372	Pas d'irisation observée	Odeur légère de pétrole	Limon avec bcp débris bois	L033164-18	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR518	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,413	Pas d'irisation observée	Pas d'odeur de pétrole	Sable fin	L033164-19	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR519	2015-05-25	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,506	Pas d'irisation observée	Odeur bien perceptible	Limon	L033164-20	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR520	2015-05-25	Composite	0,00	0,01	Exondé	0	Très légère irisation lorsqu'immergé sous l'eau	Pas d'odeur de pétrole	Silt argileux gris avec beaucoup de fibre de noix de coco	L033164-21	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR521	2015-05-25	Composite	0,00	0,01	Exondé	0	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Silt gris foncé, trace d'argile un peu de fibre de noix de coco	L033164-22	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
DR521	2015-05-25	Composite	0,00	0,01	Exondé	0	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Silt gris foncé, trace d'argile un peu de fibre de noix de coco	L033523-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	Duplicata de L033164-22 (reprise d'analyse DR521)
DR522	2015-05-25	Composite	0,00	0,01	Exondé	0	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Sable silteux gris avec beaucoup de fibre de noix de coco	L033164-23	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
DR523	2015-05-25	Composite	0,00	0,05	Exondé	0	Très légère irisation lorsqu'immergé sous l'eau	Pas d'odeur de pétrole	Sable, traces de silt et argile gris, un peu de matière organique	L033164-24	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	

Tableau 2. Stations désignées très contaminées en 2014 : description des échantillons prélevés et des paramètres analysés en 2015

Station	Date de prélèvement	Type d'échantillon	Profondeur début (m)	Profondeur fin (m)	Littoral	Profondeur d'eau (m)	Contamination visuelle	Contamination olfactive	Description du substrat	Numéro de laboratoire	Paramètres analysés	Duplicata
24	2015-06-15	Ponctuel	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	100% argile	L033535-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
32	2015-06-16	Ponctuel	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Silt, matière organique, sable	L033538-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
EHC-1	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel très évident	Odeur forte	Sable, silt, matière organique	L033543-11	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
EHC-1	2015-06-17	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel très évident	Odeur forte	Sable, silt, matière organique	L033543-12	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
EHC-2	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Sable, silt, matière organique, gravier, argile	L033543-10	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
EHC-4	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable, silt, matière organique	L033543-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
EHC-4	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable, silt, matière organique	L033543-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	Duplicata de L033543-04
EHC-4	2015-06-17	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable, silt, matière organique	L033543-06	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
SED-PK0,75	2015-07-08	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Sable-limoneux	L033788-07	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
SED-PK0,75	2015-07-08	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Sable-limoneux	L033788-08	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	Duplicata de L033788-07
STA-6A	2015-06-16	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Pas d'odeur de pétrole	Limon sableux	L033538-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
STA-6A	2015-06-16	Composite	0,15	0,20	Inondé	0,20	Visuel évident	Odeur	Limon sableux avec copeaux de bois	L033538-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
STA-9A	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Inondé	0,30	Visuel évident	Odeur	Plage sable, silt, argile	L033543-07	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
STA-9B	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable, silt, argile	L033543-08	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
STA-9B	2015-06-17	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable, silt, argile, bcp copeaux bois	L033543-09	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-42	2015-07-08	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Odeur	Limon, argile, sable bcp matière organique	L033788-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
ZA-42	2015-07-08	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Limon, argile, sable bcp matière organique	L033788-06	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
ZA-50	2015-06-16	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Matière organique, silt, sable	L033538-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-53	2015-07-07	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Irisation sur l'eau	Pas d'odeur de pétrole	Sable 100%	L033789-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
ZA-53	2015-07-07	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Irisation sur l'eau	Pas d'odeur de pétrole	Sable 100%	L033789-06	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	Duplicata de L033789-05
ZA-59	2015-06-25	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Limon, sable, matière organique	L033619-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-59	2015-06-25	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Limon, sable, matière organique	L033619-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	Duplicata de L033619-01
ZA-59	2015-06-25	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Limon, sable, avec beaucoup matière organique	L033619-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
DR30	2015-06-16	Ponctuel	0,00	0,05	Inondé	0,45	Visuel évident	Odeur forte	Limon-sableux	L033538-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	

Tableau 3. Nouvelles zones d'accumulation : description des échantillons prélevés et des paramètres analysés en 2015

Station	Date de prélèvement	Type d'échantillon	Profondeur début (m)	Profondeur fin (m)	Littoral	Profondeur d'eau (m)	Contamination visuelle	Contamination olfactive	Description du substrat	Número de laboratoire	Paramètres analysés	Duplicata
ZA-40	2015-07-08	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable, limon	L033788-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-40	2015-07-08	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Limon, argile, sable bcp matière organique	L033788-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-46	2015-07-08	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur forte	Limon, argile, bcp matière org, plantes aquatiques	L033788-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-46	2015-07-08	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur forte	Limon, argile, bcp matière org, plantes aquatiques	L033969-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	Duplicata de L033788-01
ZA-46	2015-07-08	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur forte	Limon, argile, bcp matière org, plantes aquatiques	L033788-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-48	2015-06-15	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Limon sableux	L033535-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, HAP alkylés	
ZA-48	2015-06-15	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Irisation sur l'eau	Odeur	Limon sableux avec beaucoup de copeaux de bois	L033535-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C, IPP, HAP alkylés	
ZA-56	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Pas d'odeur de pétrole	Argile 100%	L033543-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-56	2015-06-17	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Pas d'odeur de pétrole	Argile 100%	L033543-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	Duplicata de L033543-01
ZA-56	2015-06-17	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Sable noir et cailloux	L033543-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-57	2015-06-26	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Limon, sable	L033616-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-57	2015-06-26	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur forte	Limon, sable, avec beaucoup de matière organique	L033616-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-61	2015-06-25	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Limon, sable, avec beaucoup de matière organique	L033619-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-61	2015-06-25	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Limon, sable, avec beaucoup de matière organique	L033619-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-62	2015-06-25	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Sable à 100%	L033619-06	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-76	2015-06-26	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Argile 100%	L033616-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-76	2015-06-26	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Visuel évident	Odeur	Argile 100% avec bcp matières organiques	L033616-05	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-78	2015-07-07	Ponctuel	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Argile à 100%	L033789-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-81	2015-07-07	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Limon-argile	L033789-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-81	2015-07-07	Composite	0,15	0,20	Exondé	0,00	Irisation sur l'eau	Pas d'odeur de pétrole	Limon-argile, cailloux	L033789-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-86X	2015-07-07	Ponctuel	0,00	0,05	Exondé	0,00	Irisation sur l'eau	Pas d'odeur de pétrole	Limon, argile, débris de bois	L033789-04	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-90	2015-06-18	Composite	0,00	0,05	Inondé	0,10	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Plage argile-limon submergée	L033545-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-90	2015-06-18	Composite	0,15	0,20	Inondé	0,10	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Plage argile-limon submergée	L033545-02	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-92	2015-06-18	Composite	0,00	0,05	Inondé	0,10	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Plage argile-limon submergée	L033545-03	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-95	2015-06-16	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Argile 100%	L033538-06	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	
ZA-125	2015-06-26	Composite	0,00	0,05	Exondé	0,00	Aucune contamination	Pas d'odeur de pétrole	Limon, sable, cailloux	L033616-01	HP C ₁₀ -C ₅₀ , Perte à 105 °C	

Tableau 4. Système de classification des observations visuelles de la contamination

Classification de la section (cote d'irisation)	Description
0	Aucune irisation
1	Irisation rare (3 pastilles d'irisation ou moins observées par 10 mètres parcourus)
2	Irisation occasionnelle (4 à 10 pastilles d'irisation observées par 10 mètres parcourus)
3	Irisation continue (plus d'une pastille d'irisation par mètre parcouru)

Tableau 5. Observations visuelles dans les zones d'accumulation : localisation et description des tracés

PK approximatif du centre des tracés	Nom du tracé	Cote	Niveau de contamination	Longueur approximative du tracé (m)	N° Station près du tracé
2,90	58-3	3	Irisation continue	50	ZA-40
2,93	59-3	3	Irisation continue	40	
3,98	57-3	3	Irisation continue	65	ZA-46
4,45	6-3	3	Irisation continue	40	ZA-48
4,60	4-3	3	Irisation continue	65	DR503 à DR-508, DR520, DR521
4,65	5-3	3	Irisation continue	10	
4,68	2-3	3	Irisation continue	25	DR519
5,30	10-3	3	Irisation continue	75	STA-6A, DR30
5,92	13-3	3	Irisation continue	25	32
6,63	56-3	3	Irisation continue	75	ZA-53
8,00	28-3	3	Irisation continue	55	EHC-1
8,60	23-3	3	Irisation continue	30	STA-9A, STA-9B
8,65	25-3	3	Irisation continue	25	EHC-4
9,05	21-3	3	Irisation continue	35	ZA-56
12,40	49-3	3	Irisation continue	220	ZA-57
2,85	62-2	2	Irisation occasionnelle	40	
5,34	9-2	2	Irisation occasionnelle	40	
5,40	8-2	2	Irisation occasionnelle	130	24
5,67	15-2	2	Irisation occasionnelle	25	ZA-50
15,67	44-2	2	Irisation occasionnelle	20	
15,75	41-2	2	Irisation occasionnelle	35	
20,15	51-2	2	Irisation occasionnelle	20	
31,47	18-2	2	Irisation occasionnelle	30	ZA-95
1,00	63-1	1	Irisation rare	30	SED-PK0,75
2,93	60-1	1	Irisation rare	55	
4,65	3-1	1	Irisation rare	100	DR509 à DR518, DR522
4,70	1-1	1	Irisation rare	65	DR523
5,25	11-1	1	Irisation rare	35	
5,50	7-1	1	Irisation rare	65	
5,64	38-1	1	Irisation rare	40	
5,95	14-1	1	Irisation rare	20	
8,10	27-1	1	Irisation rare	110	EHC-2
15,70	42-1	1	Irisation rare	20	
20,13	50-1	1	Irisation rare	50	ZA-76
20,17	52-1	1	Irisation rare	35	
24,56	30-1	1	Irisation rare	20	ZA-86x
29,30	35-1	1	Irisation rare	20	
29,35	34-1	1	Irisation rare	50	
2,80	61-0	0	Aucune irisation	50	ZA-42
5,69	16-0	0	Aucune irisation	20	
5,90	12-0	0	Aucune irisation	30	
6,66	55-0	0	Aucune irisation	25	
8,20	26-0	0	Aucune irisation	45	
8,64	24-0	0	Aucune irisation	35	
9,00	20-0	0	Aucune irisation	25	
9,10	22-0	0	Aucune irisation	70	
15,63	43-0	0	Aucune irisation	60	
15,69	45-0	0	Aucune irisation	30	ZA-61
15,72	40-0	0	Aucune irisation	25	
16,65	46-0	0	Aucune irisation	120	
16,65	47-0	0	Aucune irisation	90	ZA-62
20,50	53-0	0	Aucune irisation	25	ZA-78
22,00	54-0	0	Aucune irisation	70	ZA-81
24,45	32-0	0	Aucune irisation	100	
24,53	29-0	0	Aucune irisation	50	
24,59	31-0	0	Aucune irisation	160	
29,28	36-0	0	Aucune irisation	90	ZA-90
29,40	33-0	0	Aucune irisation	50	
29,60	37-0	0	Aucune irisation	200	ZA-92
31,45	17-0	0	Aucune irisation	30	
31,50	19-0	0	Aucune irisation	25	
81,40	48-0	0	Aucune irisation	330	ZA-125

Tableau 6. Nombre d'échantillons analysés et méthodes d'analyse

Paramètres et méthodes d'analyse	Secteur du PK 4,5	Zones d'accumulation très contaminées en 2014	Nouvelles zones d'accumulation	Duplicatas (nombre (%))
Hydrocarbures pétroliers (C₁₀ - C₅₀) (MA.400 – HYD.1.1)	21	20	24	10 (15,4 %)
Perte de poids à 105 °C (MA.100 – S.T. 1.1)	21	20	24	10 (15,4 %)
Hydrocarbures aromatiques polycycliques et dérivés alkylés (MA.400 – HAP 1.1)	4	11	3	3 (15,8 %)
Identification de produits pétroliers (MA.408 – IdePet 1.0)	5	2	2	1 (11,1 %)
Carbone organique total (MA.405 – C1.1)	1	0	0	0 (0 %)

Tableau 7. Concentrations en 2015 des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans le secteur du PK 4,5 (secteur dragué en 2014)

Point kilométrique (km)	N° de station	N° de laboratoire	Date du prélèvement	Profondeur (m)		Teneur (mg/kg)	Limite de détection (mg/kg)	Critère en dépassement	Facteur de dépassement de la VRC (164 mg/kg)	Facteur de dépassement de la VRA (832 mg/kg)	Cotes d'irisation des tracés visuels
				De	À						
4,571	DR503	L033164-04	2015-05-25	0,00	0,05	370	69	Effet chronique	2,26	0,44	Irisation continue
4,578	DR520	L033164-21	2015-05-25	0,00	0,01	570	84	Effet chronique	3,48	0,69	Irisation continue
4,584	DR504	L033164-05	2015-05-25	0,00	0,05	130	33	Détecté, sous les critères	0,79	0,16	Irisation continue
4,589	DR505	L033164-06	2015-05-25	0,00	0,05	840	110	Effet aigu	5,12	1,01	Irisation continue
4,591	DR506	L033164-07	2015-05-25	0,00	0,05	830	79	Effet chronique	5,06	1,00	Irisation continue
4,591	DR506	L033164-01	2015-05-25	0,00	0,05	910	59	Effet aigu	5,55	1,09	Irisation continue
4,592	DR521	L033523-01	2015-05-25	0,00	0,01	3700	98	Effet aigu	22,56	4,45	Irisation continue
4,592	DR521	L033164-22	2015-05-25	0,00	0,01	3800	110	Effet aigu	23,17	4,57	Irisation continue
4,594	DR507	L033164-08	2015-05-25	0,00	0,05	370	78	Effet chronique	2,26	0,44	Irisation continue
4,600	DR508	L033164-09	2015-05-25	0,00	0,05	690	100	Effet chronique	4,21	0,83	Irisation continue
4,611	DR509	L033164-10	2015-05-25	0,00	0,05	1200	66	Effet aigu	7,32	1,44	Irrisation rare ou continue *
4,611	DR509	L033164-02	2015-05-25	0,00	0,05	890	61	Effet aigu	5,43	1,07	Irrisation rare ou continue *
4,618	DR510	L033164-11	2015-05-25	0,00	0,05	450	83	Effet chronique	2,74	0,54	Irisation rare
4,627	DR522	L033164-23	2015-05-25	0,00	0,01	370	68	Effet chronique	2,26	0,44	Irisation rare
4,628	DR511	L033164-12	2015-05-25	0,00	0,05	34	34	Détecté, sous les critères	0,21	0,04	Irisation rare
4,634	DR512	L033164-13	2015-05-25	0,00	0,05	0	31	Non détecté	0,00	0,00	Irisation rare
4,643	DR513	L033164-14	2015-05-25	0,00	0,05	36	36	Détecté, sous les critères	0,22	0,04	Irisation rare
4,643	DR513	L033164-03	2015-05-25	0,00	0,05	36	36	Détecté, sous les critères	0,22	0,04	Irisation rare
4,645	DR514	L033164-15	2015-05-25	0,00	0,05	31	31	Détecté, sous les critères	0,19	0,04	Irisation rare
4,651	DR515	L033164-16	2015-05-25	0,00	0,05	38	38	Détecté, sous les critères	0,23	0,05	Irisation rare
4,657	DR516	L033164-17	2015-05-25	0,00	0,05	360	63	Effet chronique	2,20	0,43	Irisation rare
4,662	DR517	L033164-18	2015-05-25	0,00	0,05	190	48	Effet chronique	1,16	0,23	Irisation rare
4,665	DR518	L033164-19	2015-05-25	0,00	0,05	33	33	Détecté, sous les critères	0,20	0,04	Irisation continue
4,665	DR519	L033164-20	2015-05-25	0,00	0,05	260	52	Effet chronique	1,59	0,31	Irisation continue
4,675	DR523	L033164-24	2015-05-25	0,00	0,05	40	40	Détecté, sous les critères	0,24	0,05	Irrisation rare ou continue *

* La station d'échantillonnage est localisée à la jonction des 2 tracés et la limite de précision du GPS ne permet pas de confirmer quel tracé est le plus représentatif de la station.

Tableau 8. Concentrations en 2015 des hydrocarbures aromatiques polycycliques supérieures à la CEP dans le secteur du PK 4,5 (secteur dragué en 2014)

Point kilométrique (km)	N° de station	N° de laboratoire	Profondeur (m)		Paramètres (*)	Teneur (mg/kg)	Limite de détection (mg/kg)	Critère en dépassement	Concentrations d'effets probables (CEP)	Facteur de dépassement de la CEP	Concentrations d'effets fréquents (CEF)	Facteur de dépassement de la CEF
			De	À								
4,589	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Pyrène	3,500	0,020	CEF	0,880	3,98	1,500	2,33
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Phénanthrène	2,000	0,020	CEF	0,520	3,85	1,100	1,82
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Acénaphthylène	0,540	0,020	CEF	0,130	4,15	0,340	1,59
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Benzo(a)anthracène	0,820	0,020	CEF	0,390	2,10	0,760	1,08
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Naphtalène	1,100	0,020	CEP	0,390	2,82	1,200	0,92
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Fluoranthène	3,200	0,020	CEP	2,400	1,33	4,900	0,65
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Chrysène	0,900	0,020	CEP	0,860	1,05	1,600	0,56
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Benzo(a)pyrène	1,100	0,030	CEP	0,780	1,41	3,200	0,34
	DR505	L033164-06	0,00	0,05	Anthracène	0,350	0,020	CEP	0,240	1,46	1,100	0,32
4,591	DR506	L033164-01	0,00	0,05	Fluorène	0,150	0,020	CEP	0,140	1,07	1,200	0,12
	DR506	L033164-01	0,00	0,05	Pyrène	1,500	0,010	CEP	0,880	1,70	1,500	1,00
	DR506	L033164-01	0,00	0,05	Phénanthrène	0,840	0,010	CEP	0,520	1,62	1,100	0,76
	DR506	L033164-01	0,00	0,05	Benzo(a)anthracène	0,470	0,010	CEP	0,390	1,21	0,760	0,62
	DR506	L033164-01	0,00	0,05	Acénaphthylène	0,200	0,010	CEP	0,130	1,54	0,340	0,59

Notes :

Les HAP ont été analysés aux stations suivantes : DR505; DR506; DR509 et DR521.

Tous les échantillons analysés présentent au moins un paramètre au-delà de la concentration d'effets rares (CER).

Tableau 9. Statistiques relatives aux hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ avant et après dragage dans le secteur du PK 4,5

Période d'échantillonnage	Avant dragage (2014)		Après dragage (2014)		Après dragage (2015)	
Nombre de résultats	24		22		21	
Résultat le plus faible (mg/kg)	0		0		0	
10e centile	41		0		33	
Médiane	1 500		130		360	
90e centile	7 880		465		910	
Résultat le plus élevé (mg/kg)	29 000		2 200		3 800	
% des stations ≤ VRC	20,8 %		77,3 %		33,3 %	
% des stations entre VRC et VRA	20,8 %		18,2 %		50,0 %	
% des stations > VRA	58,3 %		4,5 %		19,0 %	
Concentrations maximales en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (mg/kg) aux stations d'échantillonnage						
	Avant dragage (2014)		Après dragage (2014)		Après dragage (2015)	
	N° de station	Résultats	N° de station	Résultats	N° de station	Résultats
	DR40	200	EX-01	140	DR503	370
	DR41	34	IN-01	420	DR520	570
	DR42	8 000	EX-02	2 200	DR504	130
	DR45	350	IN-02A	100	DR505	840
	DR47	110	IN-02B	140	DR506	910
	DR48	38	EX-03	470	DR521	3 800
	DR49	1 100	IN-03A	93	DR507	370
	DR50	900	IN-03B	110	DR508	690
	DR56	2 300	EX-04	0	DR509	1 200
	DR57	5 700	IN-04A	0	DR510	450
	DR58	7 600	IN-04B	0	DR522	370
	DR101	29 000	EX-05	0	DR511	34
	DR102	4 000	IN-05A	0	DR512	0
	DR103	5 200	IN-05B	160	DR513	36
	DR105	1 900	EX-06	130	DR514	31
	DR106	11 000	IN-06A	76	DR515	38
	DR107	380	IN-06B	150	DR516	360
	DR109	0	EX-07	130	DR517	190
	DR111	610	IN-07A	370	DR518	33
	DR112	220	IN-07B	630	DR519	260
	DR114	49	EX-08	130	DR523	40
	STA-5A	2 200	IN-08	110		
	STA-1002	3 000				
	DR-104	3 200				

Note : Tous les résultats ont été obtenus sur des échantillons prélevés à des stations différentes

Tableau 10. Concentrations en 2015 des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ aux stations très contaminées recensées en 2014

Point kilométrique (km)	N° de station	N° de laboratoire	Date du prélèvement	Profondeur (m)		Teneur (mg/kg)	Limite de détection (mg/kg)	Critère en dépassement	Facteur de dépassement de la VRC (164 mg/kg)	Facteur de dépassement de la VRA (832 mg/kg)	Cotes d'irisation des tracés visuels
				De	À						
1,009	SED-PK0,75	L033788-07	2015-07-08	0,00	0,05	160	35	DéTECTÉ, sous les critères	0,98	0,19	Irisation rare
1,009	SED-PK0,75	L033788-08	2015-07-08	0,00	0,05	330	36	Effet chronique	2,01	0,40	Irisation rare
2,878	ZA-42	L033788-05	2015-07-08	0,00	0,05	420	55	Effet chronique	2,56	0,50	Irisation rare
2,878	ZA-42	L033788-06	2015-07-08	0,15	0,20	380	65	Effet chronique	2,32	0,46	Irisation rare
5,267	STA-6A	L033538-01	2015-06-16	0,00	0,05	340	45	Effet chronique	2,07	0,41	Irisation continue
5,267	STA-6A	L033538-02	2015-06-16	0,15	0,20	200	46	Effet chronique	1,22	0,24	Irisation continue
5,282	DR30	L033538-03	2015-06-16	0,00	0,05	610	52	Effet chronique	3,72	0,73	Irisation continue
5,396	24	L033535-03	2015-06-15	0,00	0,05	0	42	Non détecté	0,00	0,00	Irisation occasionnelle
5,658	ZA-50	L033538-05	2015-06-16	0,15	0,20	340	40	Effet chronique	2,07	0,41	Irisation occasionnelle
5,92	32	L033538-04	2015-06-16	0,00	0,05	270	62	Effet chronique	1,65	0,32	Irisation continue
6,637	ZA-53	L033789-05	2015-07-07	0,15	0,20	0	36	Non détecté	0,00	0,00	Irisation continue
6,637	ZA-53	L033789-06	2015-07-07	0,15	0,20	0	36	Non détecté	0,00	0,00	Irisation continue
8,047	EHC-1	L033543-11	2015-06-17	0,00	0,05	760	75	Effet chronique	4,63	0,91	Irisation continue
8,047	EHC-1	L033543-12	2015-06-17	0,15	0,20	1600	110	Effet aigu	9,76	1,92	Irisation continue
8,107	EHC-2	L033543-10	2015-06-17	0,00	0,05	470	49	Effet chronique	2,87	0,56	Irisation rare
8,631	STA-9A	L033543-07	2015-06-17	0,00	0,05	890	46	Effet aigu	5,43	1,07	Irisation continue
8,632	STA-9B	L033543-08	2015-06-17	0,00	0,05	890	72	Effet aigu	5,43	1,07	Irisation continue
8,632	STA-9B	L033543-09	2015-06-17	0,15	0,20	740	110	Effet chronique	4,51	0,89	Irisation continue
8,649	EHC-4	L033543-04	2015-06-17	0,00	0,05	410	52	Effet chronique	2,50	0,49	Irisation continue
8,649	EHC-4	L033543-05	2015-06-17	0,00	0,05	490	54	Effet chronique	2,99	0,59	Irisation continue
8,649	EHC-4	L033543-06	2015-06-17	0,15	0,20	950	63	Effet aigu	5,79	1,14	Irisation continue
14,257	ZA-59	L033619-01	2015-06-25	0,00	0,05	170	37	Effet chronique	1,04	0,20	Aucun tracé réalisé à cause d'un problème technique
14,257	ZA-59	L033619-02	2015-06-25	0,00	0,05	160	39	DéTECTÉ, sous les critères	0,98	0,19	
14,257	ZA-59	L033619-03	2015-06-25	0,15	0,20	320	47	Effet chronique	1,95	0,38	

Tableau 11. Concentrations en 2015 des hydrocarbures aromatiques polycycliques supérieures à la CEP aux stations très contaminées recensées en 2014

Point kilométrique (km)	N° de station	N° de laboratoire	Profondeur (m)		Paramètres	Teneur (mg/kg)	Limite de détection (mg/kg)	Critère en dépassement	Concentrations d'effets probables (CEP)	Facteur de dépassement de la CEP	Concentrations d'effets fréquents (CEF)	Facteur de dépassement de la CEF
			De	À								
1,009	SED-PK0,75	L033788-08	0,00	0,05	Benzo(a)anthracène	0,760	0,006	CEP	0,390	1,95	0,760	1,00
	SED-PK0,75	L033788-08	0,00	0,05	Phénanthrène	0,870	0,006	CEP	0,520	1,67	1,100	0,79
	SED-PK0,75	L033788-08	0,00	0,05	Pyrène	1,300	0,006	CEP	0,880	1,48	1,500	0,87
2,878	ZA-42	L033788-05	0,00	0,05	Phénanthrène	1,200	0,010	CEF	0,520	2,31	1,100	1,09
	ZA-42	L033788-05	0,00	0,05	Benzo(a)anthracène	0,470	0,010	CEP	0,390	1,21	0,760	0,62
	ZA-42	L033788-05	0,00	0,05	Pyrène	1,100	0,010	CEP	0,880	1,25	1,500	0,73
	ZA-42	L033788-06	0,15	0,20	Acénaphthylène	0,240	0,010	CEP	0,130	1,85	0,340	0,71
	ZA-42	L033788-06	0,15	0,20	Naphtalène	0,990	0,010	CEP	0,390	2,54	1,200	0,82
5,267	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Phénanthrène	0,570	0,010	CEP	0,520	1,10	1,100	0,52
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Benzo(a)anthracène	1,400	0,006	CEF	0,390	3,59	0,760	1,84
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Phénanthrène	2,900	0,006	CEF	0,520	5,58	1,100	2,64
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Pyrène	2,400	0,005	CEF	0,880	2,73	1,500	1,60
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	2-Méthylnaphtalène	0,220	0,006	CEP	0,200	1,10	0,380	0,58
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Acénaphène	0,280	0,006	CEP	0,089	3,15	0,940	0,30
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Anthracène	0,690	0,006	CEP	0,240	2,88	1,100	0,63
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Benzo(a)pyrène	1,200	0,006	CEP	0,780	1,54	3,200	0,37
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Chrysène	1,200	0,006	CEP	0,860	1,40	1,600	0,75
8,649	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Fluoranthène	3,400	0,005	CEP	2,400	1,42	4,900	0,69
	STA-6A	L033538-02	0,15	0,20	Fluorène	0,290	0,006	CEP	0,140	2,07	1,200	0,24
	EHC-4	L033543-06	0,15	0,20	Pyrène	1,600	0,010	CEF	0,880	1,82	1,500	1,07
	EHC-4	L033543-06	0,15	0,20	Benzo(a)anthracène	0,670	0,010	CEP	0,390	1,72	0,760	0,88
14,257	EHC-4	L033543-06	0,15	0,20	Benzo(a)pyrène	1,000	0,010	CEP	0,780	1,28	3,200	0,31
	EHC-4	L033543-06	0,15	0,20	Phénanthrène	0,810	0,010	CEP	0,520	1,56	1,100	0,74
	ZA-59	L033619-03	0,15	0,20	Pyrène	1,700	0,010	CEF	0,880	1,93	1,500	1,13
	ZA-59	L033619-03	0,15	0,20	Acénaphthylène	0,180	0,010	CEP	0,130	1,38	0,340	0,53
14,257	ZA-59	L033619-03	0,15	0,20	Phénanthrène	0,820	0,010	CEP	0,520	1,58	1,100	0,75

Notes :

Les HAP ont été analysés aux stations suivantes : EHC-1; EHC-4; SED-PK0,75; STA-6A; STA-9A; STA-9B; ZA-42; ZA-53; ZA-59 ET DR-30.

Tous les échantillons analysés présentent au moins un paramètre au-delà de la concentration d'effets rares (CER).

Tableau 12. Statistiques relatives aux hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ mesurés en 2014 et en 2015 aux stations très contaminées recensées en 2014

Période d'échantillonnage	Année 2014		Année 2015	
Nombre de résultats	14		14	
Résultat le plus faible (mg/kg)	410		0	
10e centile	546		81	
Médiane	1 300		380	
90e centile	3 810		932	
Résultat le plus élevé (mg/kg)	6 000		1 600	
% des stations ≤ VRC	0 %		14,3 %	
% des stations entre la VRC et la VRA	28,6 %		57,1 %	
% des stations > VRA	71,4 %		28,6 %	
Concentrations maximales en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ à chacune des stations d'échantillonnage				
	Année 2014		Année 2015	
	24	6 000	24	0
	32	2 100	32	270
	DR30	670	DR30	610
	EHC-1	3 600	EHC-1	1 600
	EHC-2	1 300	EHC-2	470
	EHC-4	1 300	EHC-4	950
	SED-PK0,75	510	SED-PK0,75	330
	STA-6A	1 500	STA-6A	340
	STA-9A	1 400	STA-9A	890
	STA-9B	3 900	STA-9B	890
	ZA-42	1 000	ZA-42	420
	ZA-50	1 100	ZA-50	340
	ZA-53	410	ZA-53	0
	ZA-59	630	ZA-59	320

Tableau 13. Concentrations des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015

Point kilométrique (km)	N° de station	N° de laboratoire	Date du prélèvement	Profondeur (m)		Teneur (mg/kg)	Limite de détection (mg/kg)	Critère en dépassement	Facteur de dépassement de la VRC (164 mg/kg)	Facteur de dépassement de la VRA (832 mg/kg)	Cotes d'irisation des tracés visuels
				De	À						
2,865	ZA-40	L033788-03	2015-07-08	0,00	0,05	340	39	Effet chronique	2,07	0,41	Irisation continue
2,865	ZA-40	L033788-04	2015-07-08	0,15	0,20	150	39	DéTECTÉ, sous les critères	0,91	0,18	Irisation continue
3,959	ZA-46	L033969-01	2015-07-08	0,00	0,05	1400	50	Effet aigu	8,54	1,68	Irisation continue
3,959	ZA-46	L033788-01	2015-07-08	0,00	0,05	1400	50	Effet aigu	8,54	1,68	Irisation continue
3,959	ZA-46	L033788-02	2015-07-08	0,15	0,20	560	50	Effet chronique	3,41	0,67	Irisation continue
4,418	ZA-48	L033535-01	2015-06-15	0,00	0,05	430	46	Effet chronique	2,62	0,52	Irisation continue
4,418	ZA-48	L033535-02	2015-06-15	0,15	0,20	1400	48	Effet aigu	8,54	1,68	Irisation continue
9,056	ZA-56	L033543-02	2015-06-17	0,00	0,05	390	52	Effet chronique	2,38	0,47	Irisation continue
9,056	ZA-56	L033543-01	2015-06-17	0,00	0,05	350	57	Effet chronique	2,13	0,42	Irisation continue
9,056	ZA-56	L033543-03	2015-06-17	0,15	0,20	260	45	Effet chronique	1,59	0,31	Irisation continue
12,44	ZA-57	L033616-02	2015-06-26	0,00	0,05	300	46	Effet chronique	1,83	0,36	Irisation continue
12,44	ZA-57	L033616-03	2015-06-26	0,15	0,20	170	47	Effet chronique	1,04	0,20	Irisation continue
15,679	ZA-61	L033619-04	2015-06-25	0,00	0,05	0	34	Non détecté	0,00	0,00	Aucune irisation
15,679	ZA-61	L033619-05	2015-06-25	0,15	0,20	35	35	DéTECTÉ, sous les critères	0,21	0,04	Aucune irisation
16,634	ZA-62	L033619-06	2015-06-25	0,00	0,05	0	32	Non détecté	0,00	0,00	Aucune irisation
20,125	ZA-76	L033616-04	2015-06-26	0,00	0,05	52	52	DéTECTÉ, sous les critères	0,32	0,06	Irisation rare
20,125	ZA-76	L033616-05	2015-06-26	0,15	0,20	43	43	DéTECTÉ, sous les critères	0,26	0,05	Irisation rare
20,541	ZA-78	L033789-01	2015-07-07	0,00	0,05	0	42	Non détecté	0,00	0,00	Aucune irisation
22,04	ZA-81	L033789-02	2015-07-07	0,00	0,05	45	45	DéTECTÉ, sous les critères	0,27	0,05	Aucune irisation
22,04	ZA-81	L033789-03	2015-07-07	0,15	0,20	41	41	DéTECTÉ, sous les critères	0,25	0,05	Aucune irisation
24,548	ZA-86X	L033789-04	2015-07-07	0,00	0,05	48	48	DéTECTÉ, sous les critères	0,29	0,06	Irisation rare
29,278	ZA-90	L033545-01	2015-06-18	0,00	0,05	40	40	DéTECTÉ, sous les critères	0,24	0,05	Aucune irisation
29,278	ZA-90	L033545-02	2015-06-18	0,15	0,20	41	41	DéTECTÉ, sous les critères	0,25	0,05	Aucune irisation
29,555	ZA-92	L033545-03	2015-06-18	0,00	0,05	47	47	DéTECTÉ, sous les critères	0,29	0,06	Aucune irisation
31,461	ZA-95	L033538-06	2015-06-16	0,00	0,05	47	47	DéTECTÉ, sous les critères	0,29	0,06	Aucune irisation à irisation occasionnelle*
81,404	ZA-125	L033616-01	2015-06-26	0,00	0,05	40	40	DéTECTÉ, sous les critères	0,24	0,05	Aucune irisation

* La station d'échantillonnage est localisée à la jonction des 2 tracés et la limite de précision du GPS ne permet pas de confirmer quel tracé est le plus représentatif de la station.

Tableau 14. Statistiques relatives aux hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015

Période d'échantillonnage	2015	
Nombre de résultats	15	
Résultat le plus faible (mg/kg)	0	
10e centile (mg/kg)	14	
Médiane (mg/kg)	47	
90e centile (mg/kg)	996	
Résultat le plus élevé (mg/kg)	1 400	
% des stations ≤ VRC	66,7 %	
% des résultats entre VRC et VRA	20,0 %	
% des stations > VRA	13,3 %	
Concentrations maximales en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (mg/kg) aux stations d'échantillonnage		
	N° de station	Teneur (mg/kg)
	ZA-40	340
	ZA-46	1 400
	ZA-48	1 400
	ZA-56	390
	ZA-57	300
	ZA-61	35
	ZA-62	0
	ZA-76	52
	ZA-78	0
	ZA-81	45
	ZA-86X	48
	ZA-90	41
	ZA-92	47
	ZA-95	47
	ZA-125	40

Tableau 15. Compilation des observations visuelles dans les zones d'accumulation

	Longueur (m)	% des tracés en fonction du niveau d'irisation	Nombre de stations* ≤ VRC	% stations ≤ VRC	Nombre de stations* > VRC et ≤ VRA	% stations > VRC et ≤ VRA	Nombre de stations* > VRA	% stations > VRA
Tracés réalisés dans les zones d'accumulation	3 645	n/a	20	n/a	19	n/a	10	n/a
Zones d'accumulation avec irisation continue	835	22,9 %	3	15,0 %	11	57,9 %	10	100,0 %
Zones d'accumulation avec irisation occasionnelle	340	9,3 %	2	10,0 %	1	5,3 %	0	0,0 %
Zones d'accumulation avec irisation rare	715	19,6 %	8	40,0 %	7	36,8 %	0	0,0 %
Zones d'accumulation sans irisation	1 755	48,1 %	7	35,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %

* La concentration maximale et la cote d'irisation maximale ont été considérées dans l'établissement du nombre de stations.

Tableau 16. Vérification de la représentativité des travaux d'échantillonnage pour l'analyse des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀

No Station	DR506	DR509	DR513	DR521	EHC-4	SED-PK0,75	ZA-53	ZA-59	ZA-46	ZA-56
N° Labo échantillon	L033164-07	L033164-10	L033164-14	L033164-22	L000543-04	L033788-07	L033789-05	L033619-01	L033788-01	L033543-01
Résultat (mg/kg)	830	1 200	36	3 800	410	160	36	170	1 400	350
Limite de détection (mg/kg)	79	66	36	110	52	35	36	37	50	57
Ratio (résultat / LD)	11	18	1	35	8	5	1	5	28	6
N° Labo duplicata	L033164-01	L033164-02	L033164-03	L033523-01	L000543-05	L033788-08	L033789-06	L033619-02	L033969-01	L033543-02
Résultat (mg/kg)	910	890	36	3 700	490	330	36	160	1 400	390
Limite de détection (mg/kg)	59	61	36	98	54	36	36	39	50	52
Ratio (résultat / LD)	15	15	1	38	9	9	1	4	28	8
Pourcentage d'écart (%)	2,3 %	7,4 %	0,0 %	0,7 %	4,4 %	17,3 %	0,0 %	1,5 %	0,0 %	2,7 %

Le résultat réel est inférieur à la limite de détection. Pour permettre les calculs, le résultat inscrit à ce tableau est la limite de détection.

Le résultat réel est inférieur à la limite de quantification. Pour permettre les calculs, le résultat inscrit à ce tableau est la limite de détection.

Tableau 17. Vérification de la représentativité des travaux d'échantillonnage pour l'analyse de la perte à 105 °C

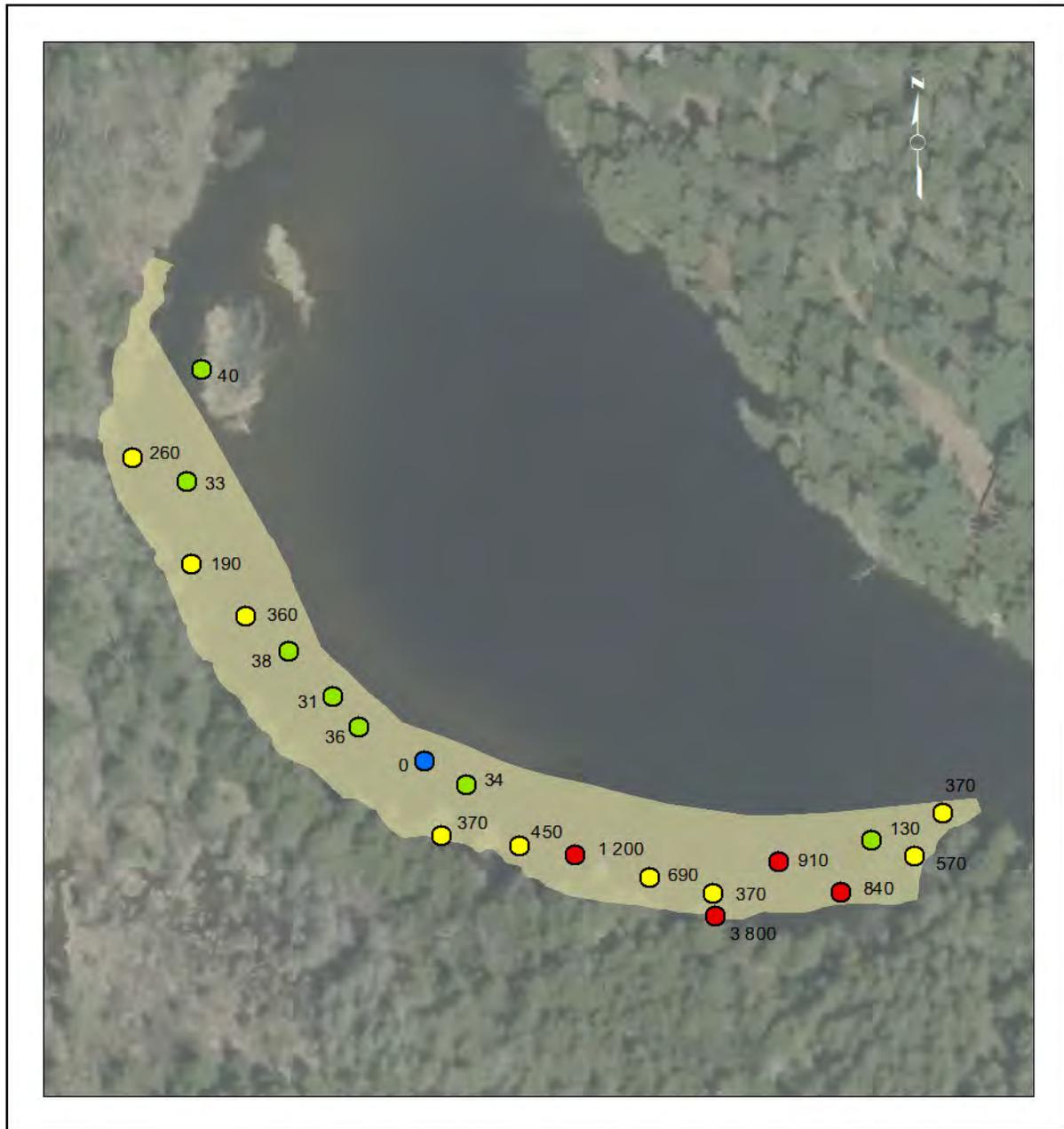
No Station	DR506	DR509	DR513	DR521	EHC-4	SED-PK0,75	ZA-53	ZA-59	ZA-46	ZA-56
N° Labo échantillon	L033164-07	L033164-10	L033164-14	L033164-22	L000543-04	L033788-07	L033789-05	L033619-01	L033788-01	L033543-01
Résultat (%)	63,4	62	20,4	74,1	49,2	25,8	18,4	28,3	48,1	47,1
Limite de détection (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ratio (résultat / LD)	634	620	204	741	492	258	184	283	481	471
N° Labo duplicata	L033164-01	L033164-02	L033164-03	L033523-01	L000543-05	L033788-08	L033789-06	L033619-02	L033969-01	L033543-02
Résultat (%)	62,8	59,1	22	69,8	48,1	22,9	19,5	29,7	44,2	46,4
Limite de détection (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ratio (résultat / LD)	628	591	220	698	481	229	195	297	442	464
Pourcentage d'écart (%)	0,2 %	1,2 %	1,9 %	1,5 %	0,6 %	3,0 %	1,5 %	1,2 %	2,1 %	0,4 %

Tableau 18. Vérification de la représentativité des travaux d'échantillonnage pour l'analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques

N° de station	DR521			SED-PK0,75			ZA-53		
	L033164-22	L033523-01	Pourcentage d'écart	L033788-07	L033788-08	Pourcentage d'écart	L033789-05	L033789-06	Pourcentage d'écart
Paramètres	(mg/kg)	(mg/kg)		(mg/kg)	(mg/kg)		(mg/kg)	(mg/kg)	
2-Méthylnaphtalène	0,020	0,010	67 %	0,007	0,006	15 %	0,006	0,007	15 %
Acénaphène	0,020	0,010	67 %	0,007	0,035	133 %	0,006	0,007	15 %
Acénaphylène	0,020	0,010	67 %	0,007	0,044	145 %	0,006	0,007	15 %
Anthracène	0,020	0,010	67 %	0,007	0,160	183 %	0,007	0,007	0 %
Benzo(a)anthracène	0,100	0,089	12 %	0,079	0,760	162 %	0,008	0,007	13 %
Benzo(a)pyrène	0,140	0,120	15 %	0,071	0,550	154 %	0,010	0,007	35 %
Chrysène	0,160	0,086	60 %	0,094	0,670	151 %	0,026	0,024	8 %
Dibenzo(a,h)anthracène	0,010	0,010	0 %	0,008	0,012	40 %	0,020	0,010	67 %
Fluoranthène	0,310	0,220	34 %	0,230	1,900	157 %	0,071	0,066	7 %
Fluorène	0,020	0,012	50 %	0,007	0,041	142 %	0,007	0,007	0 %
Naphtalène	0,020	0,010	67 %	0,007	0,006	15 %	0,023	0,007	107 %
Phénanthrène	0,140	0,100	33 %	0,110	0,870	155 %	0,050	0,048	4 %
Pyrène	0,250	0,170	38 %	0,160	1,300	156 %	0,031	0,028	10 %

Le résultat réel est inférieur à la limite de détection. Pour permettre les calculs, le résultat inscrit à ce tableau est la limite de détection.

Le résultat réel est inférieur à la limite de quantification. Pour permettre les calculs, le résultat inscrit à ce tableau est la limite de détection.

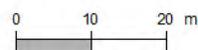


Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA
- Zone draguée en 2014

Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015),
 Ministère du Développement durable,
 Environnement et Lutte contre les changements climatiques



LOCALISATION



Ministère du Développement durable,
 Environnement et Lutte contre les changements climatiques
 Québec

Figure 1. Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ mesurées en 2015 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation après dragage et une crue printanière)

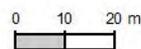


Classe de concentration

- <= à limite détection
- <= à la CER
- Exède CER mais <= à la CEP
- Exède CEP mais <= à la CEF
- Exède CEF
- Zone d'accumulation

Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

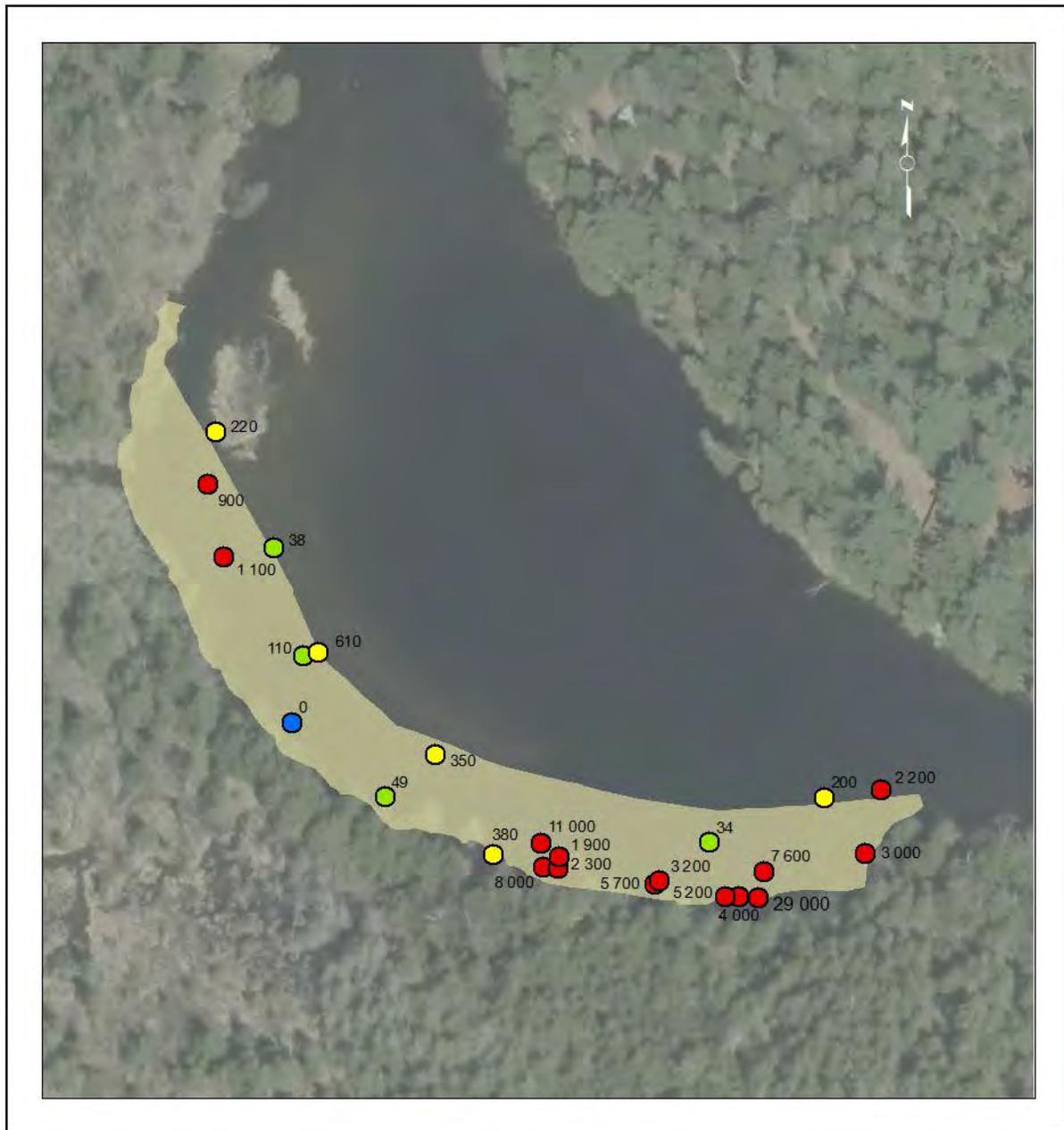


LOCALISATION



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques
Québec

Figure 2. Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurées en 2015 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation après dragage et une crue printanière)

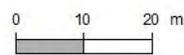


Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA
- Zone draguée en 2014

Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015),
 Ministère du Développement durable,
 Environnement et Lutte contre les changements climatiques

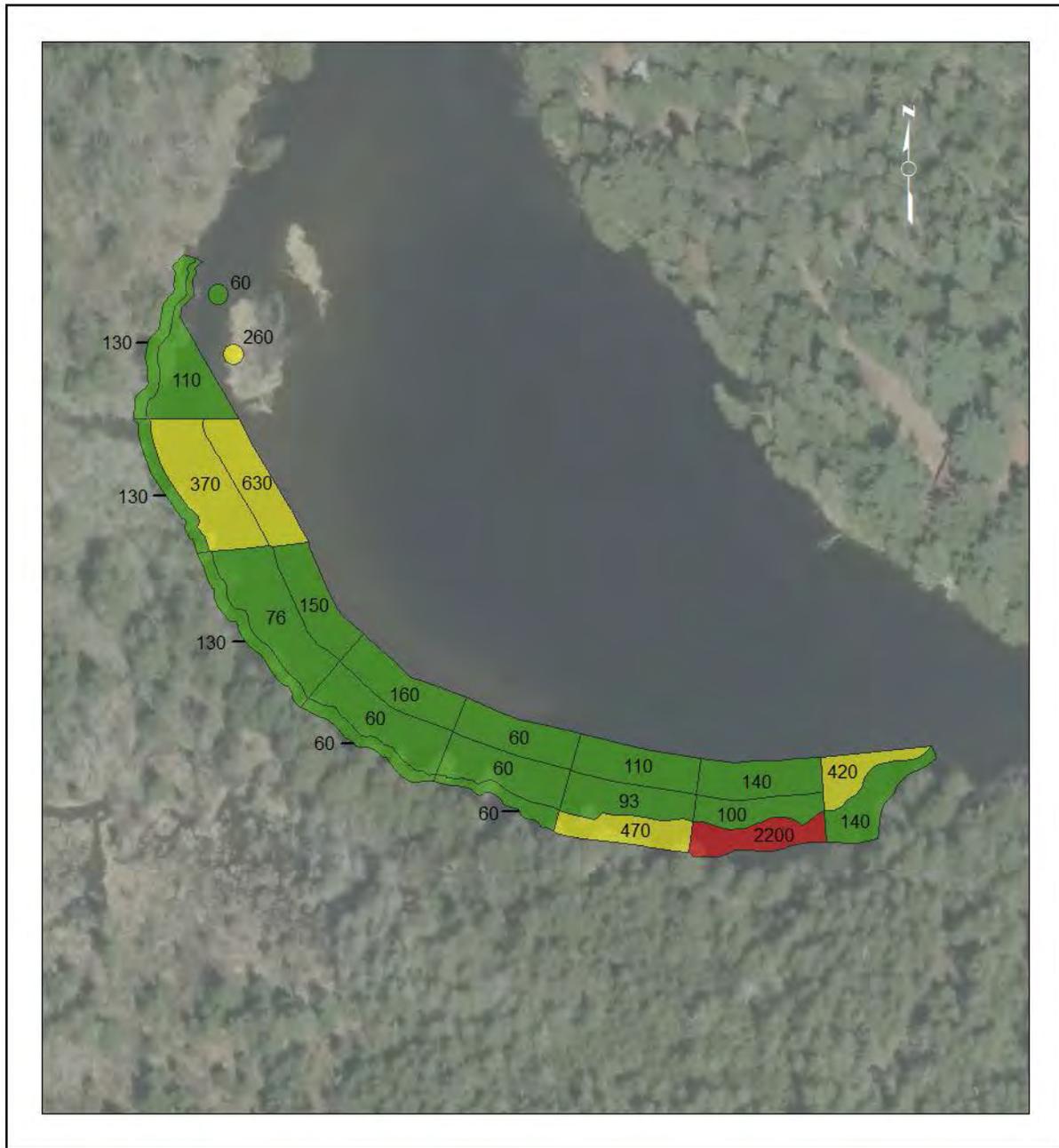


LOCALISATION



Development durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques
Québec

Figure 3. Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ mesurées en 2014 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation avant les travaux de dragage)

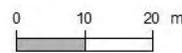


Classe de concentration

- Inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Excède la VRA

Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015),
 Ministère du Développement durable,
 Environnement et Lutte contre les changements climatiques



LOCALISATION



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques
Québec

Figure 4. Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ mesurées en 2014 dans la zone draguée du secteur PK 4,5 (caractérisation immédiatement après les travaux de dragage)

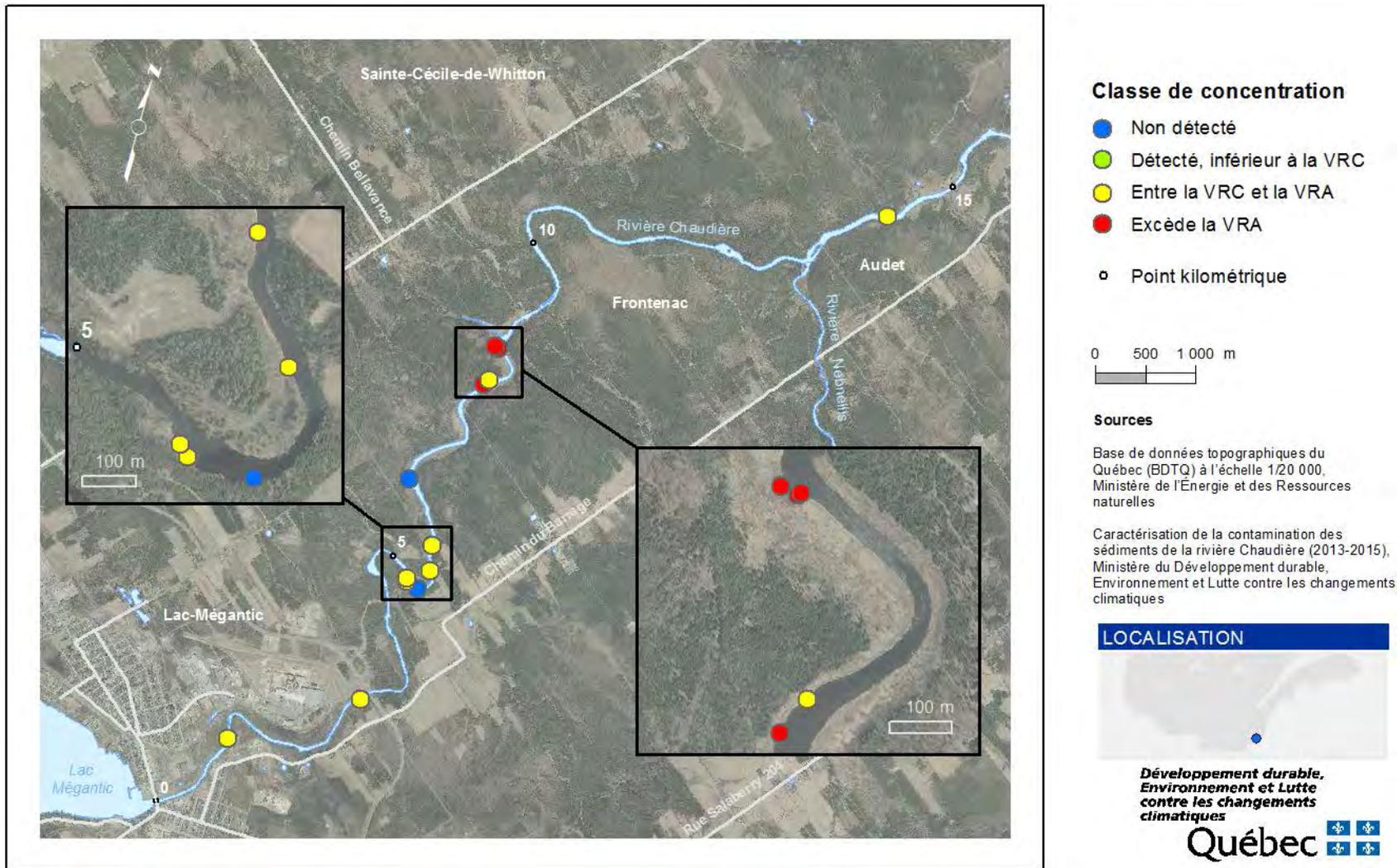


Figure 5. Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ en 2015 aux stations désignées très contaminées en 2014

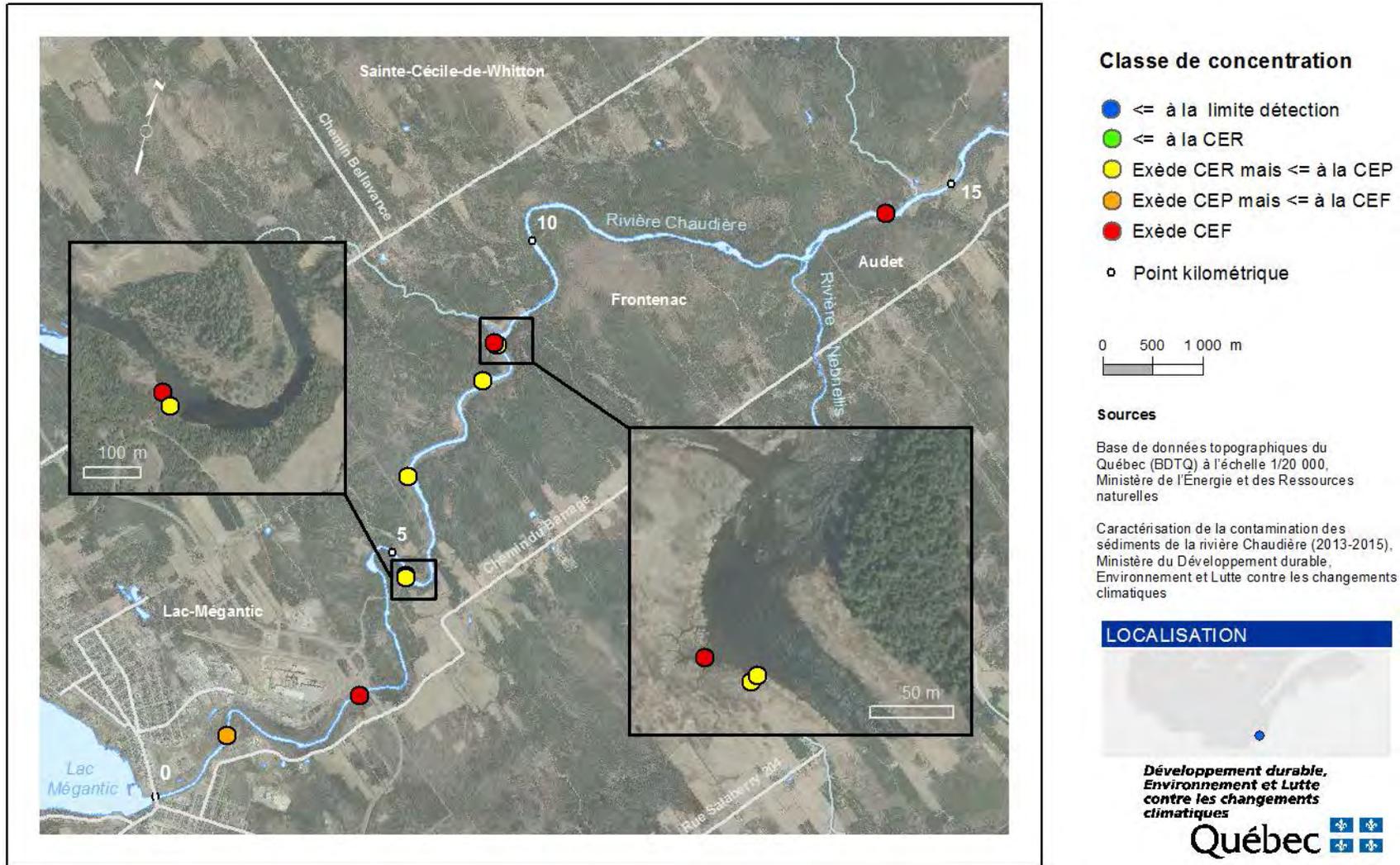


Figure 6. Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques polycycliques en 2015 aux stations désignées très contaminées en 2014

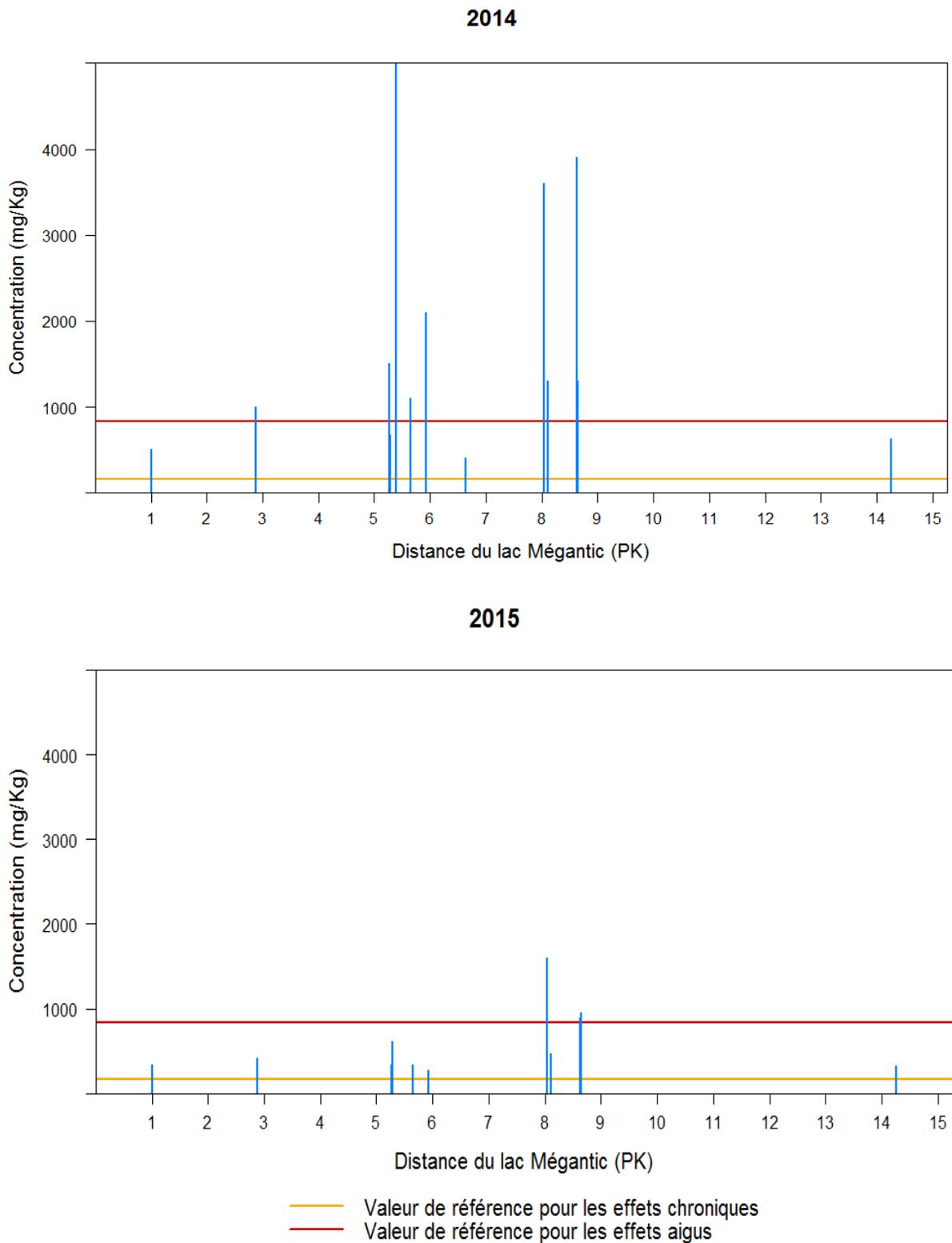


Figure 7. Concentrations maximales d'hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ en 2014 et en 2015 aux stations désignées très contaminées en 2014 en fonction de la distance au barrage du lac Mégantic

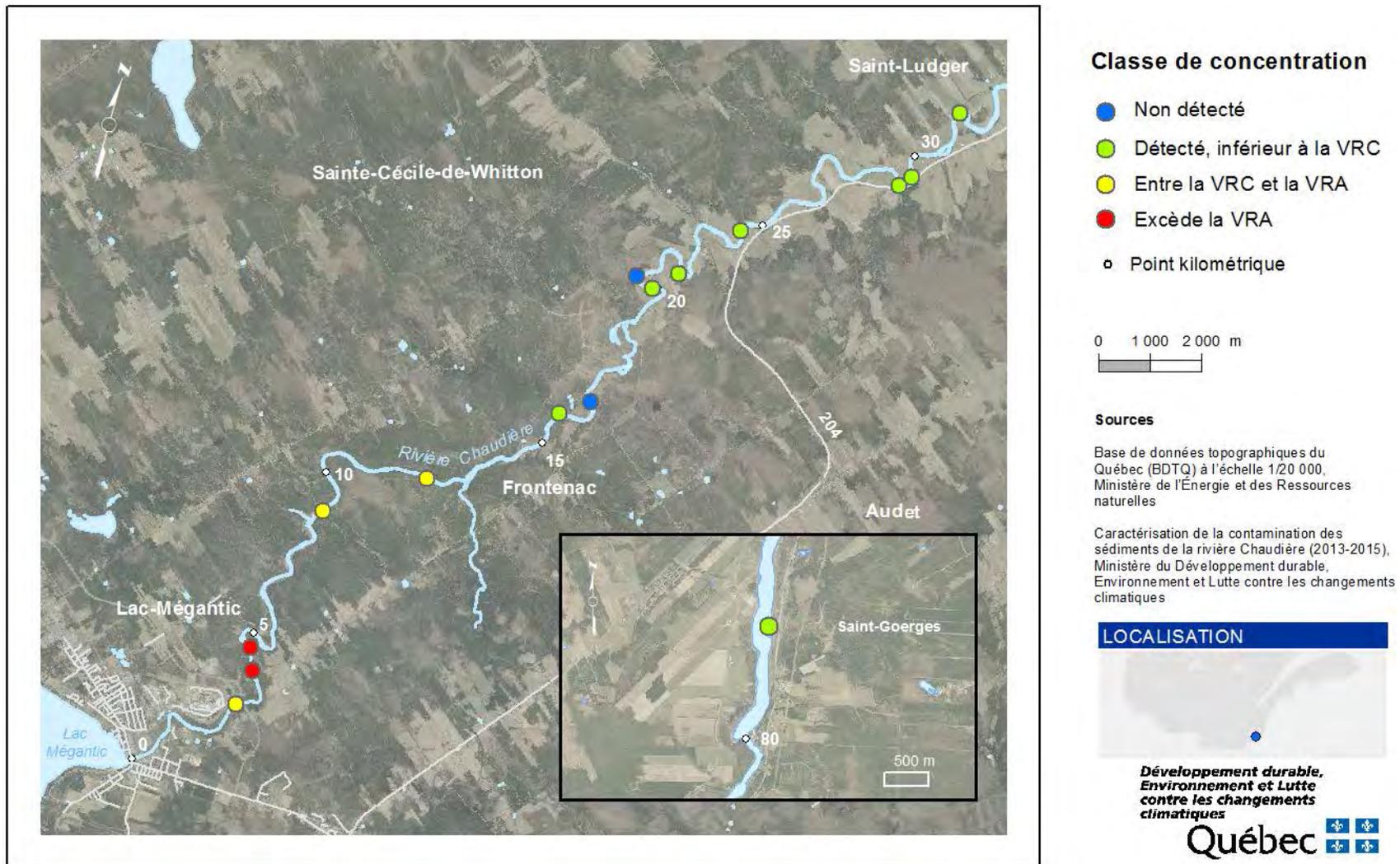


Figure 8. Concentrations maximales des hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015

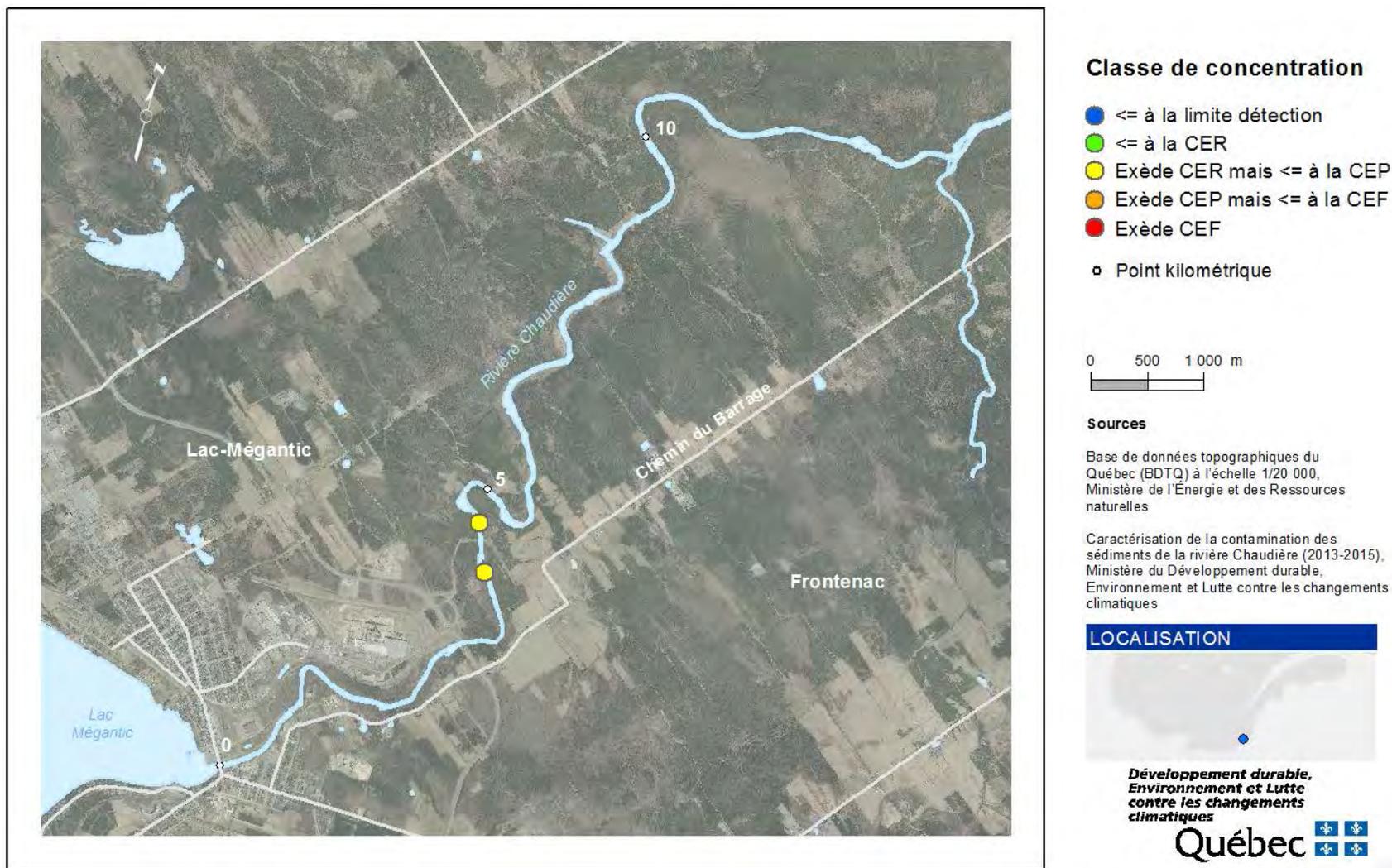
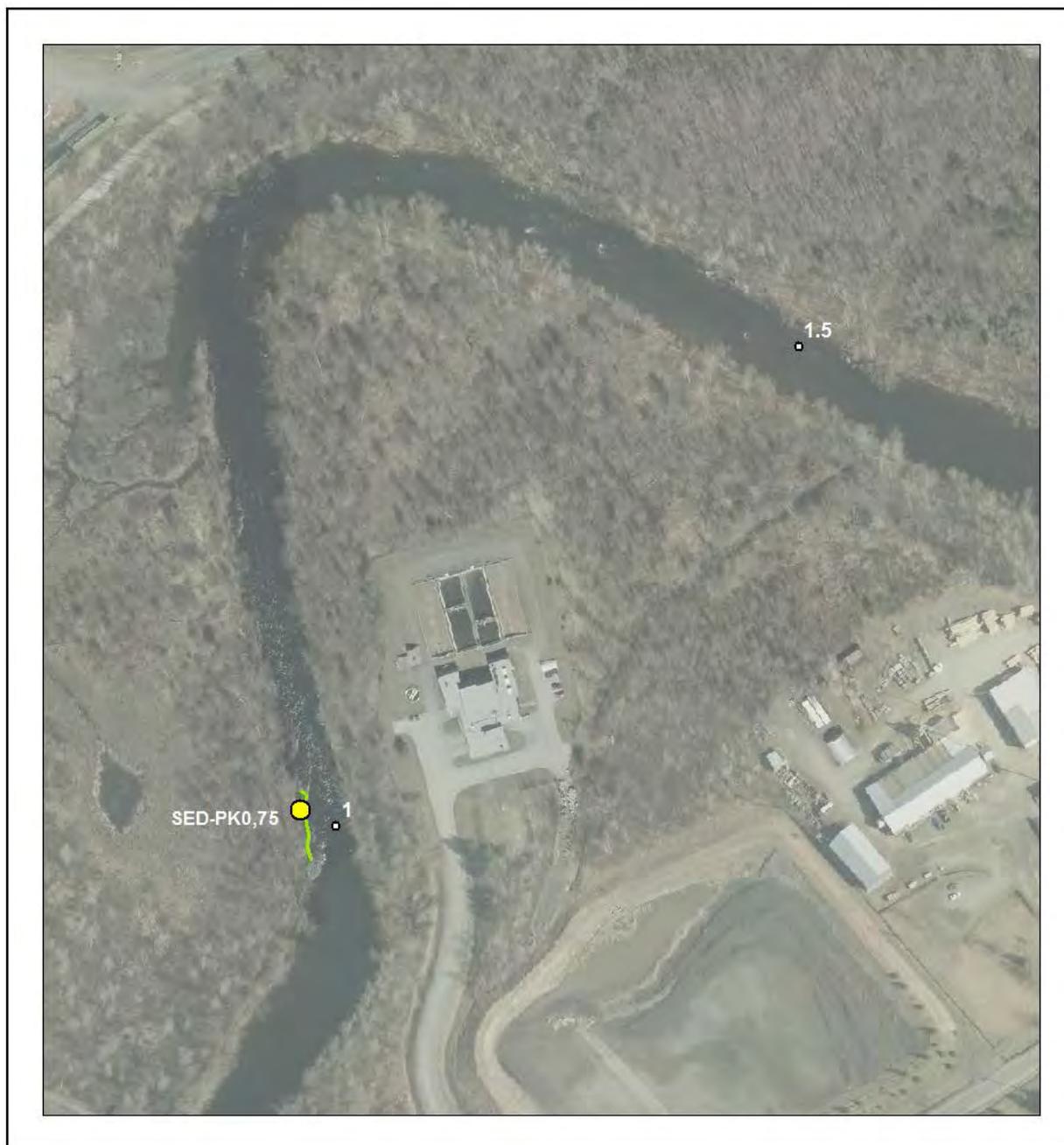


Figure 9. Concentrations maximales des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les nouvelles zones d'accumulation échantillonnées en 2015

ANNEXES

Annexe 1 Fréquence d'apparition des irisations et concentrations maximales en hydrocarbures pétroliers C10-C50 dans les zones d'accumulation caractérisées en 2015



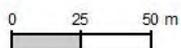
Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue

- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

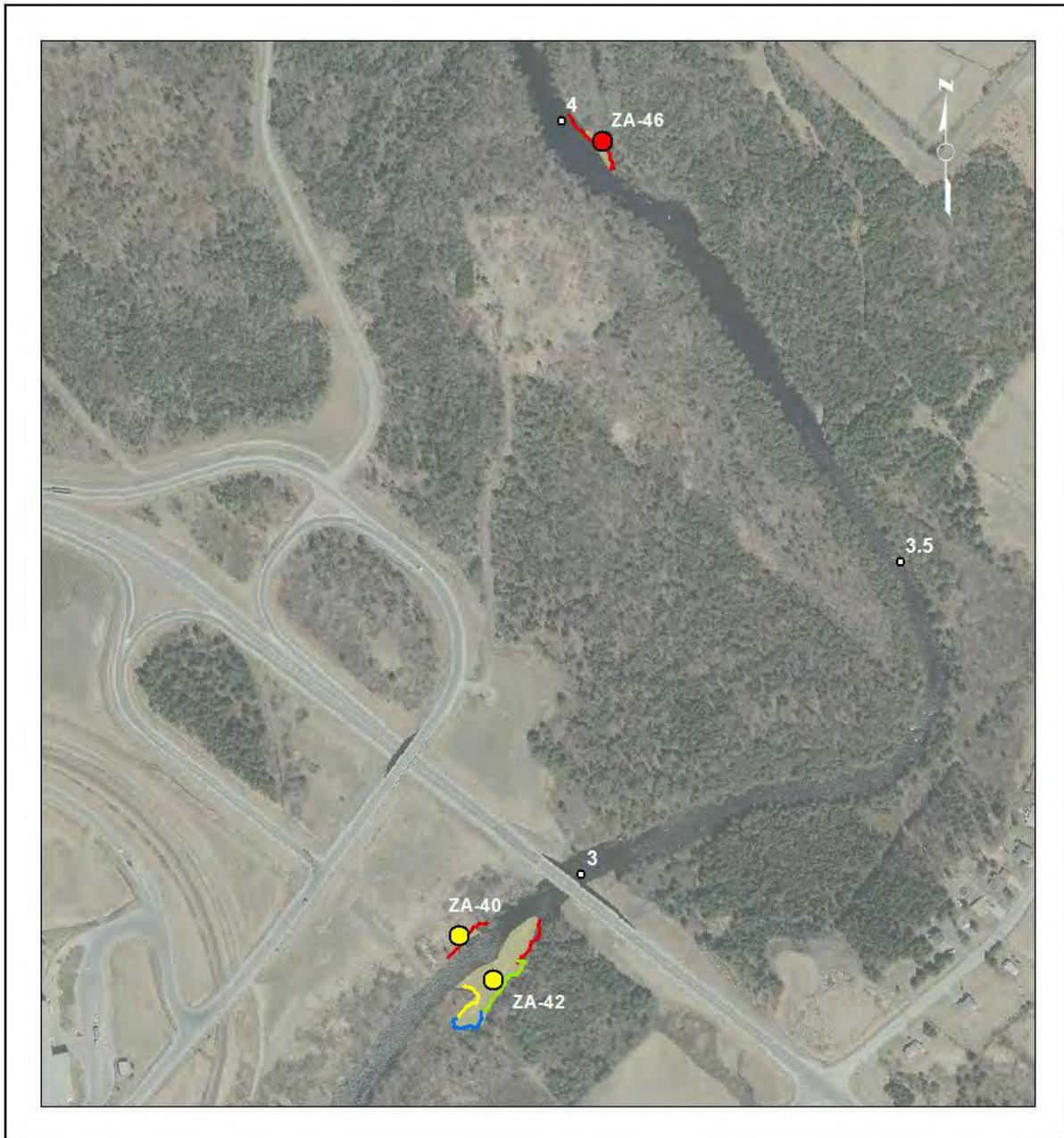
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



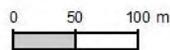


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

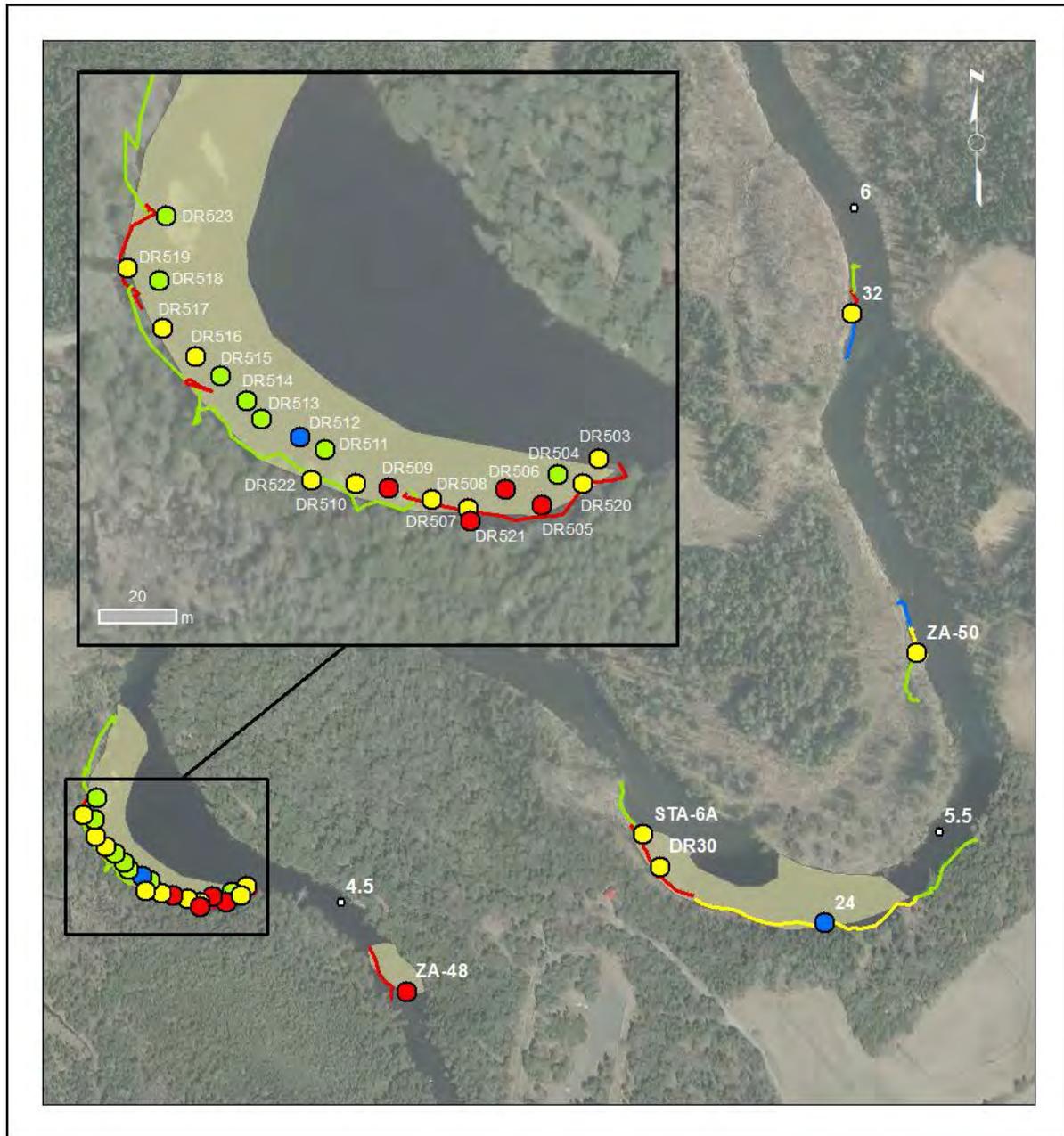
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



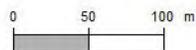


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



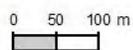


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



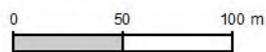


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- ◻ Non détecté
- ◻ Détecté, inférieur à la VRC
- ◻ Entre la VRC et la VRA
- ◻ Supérieur à la VRA



Source

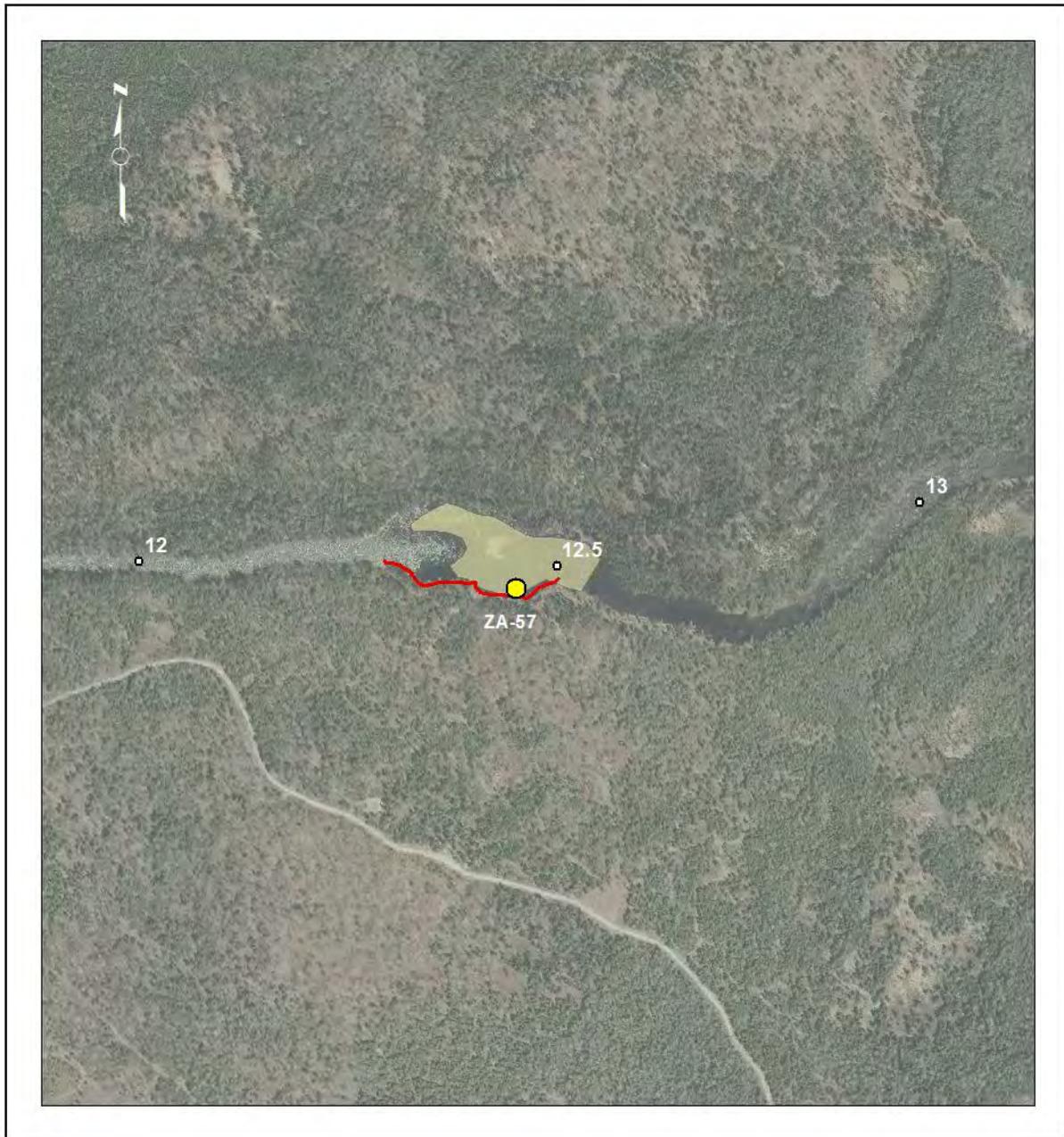
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



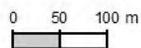


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

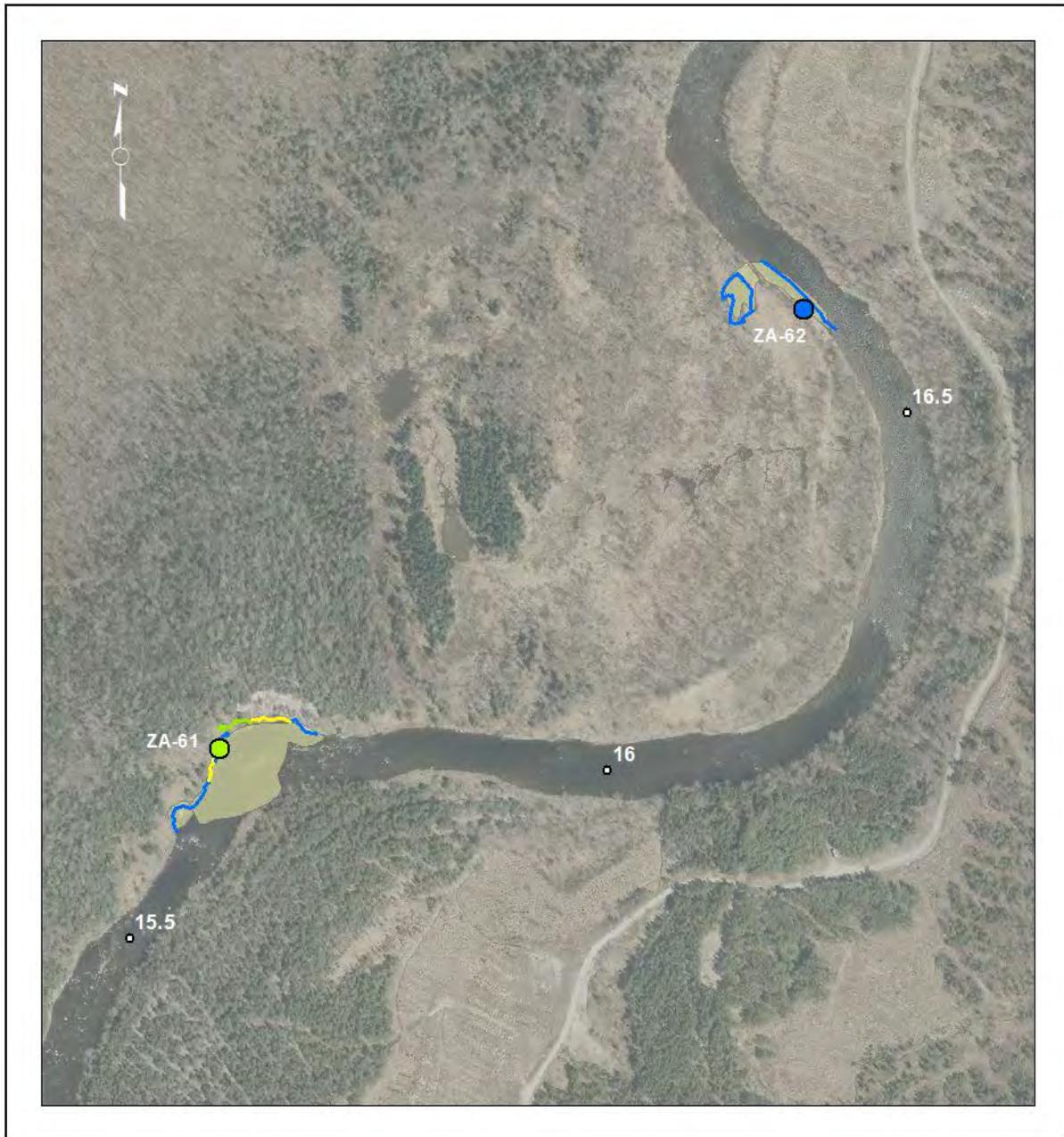
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



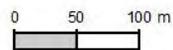


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

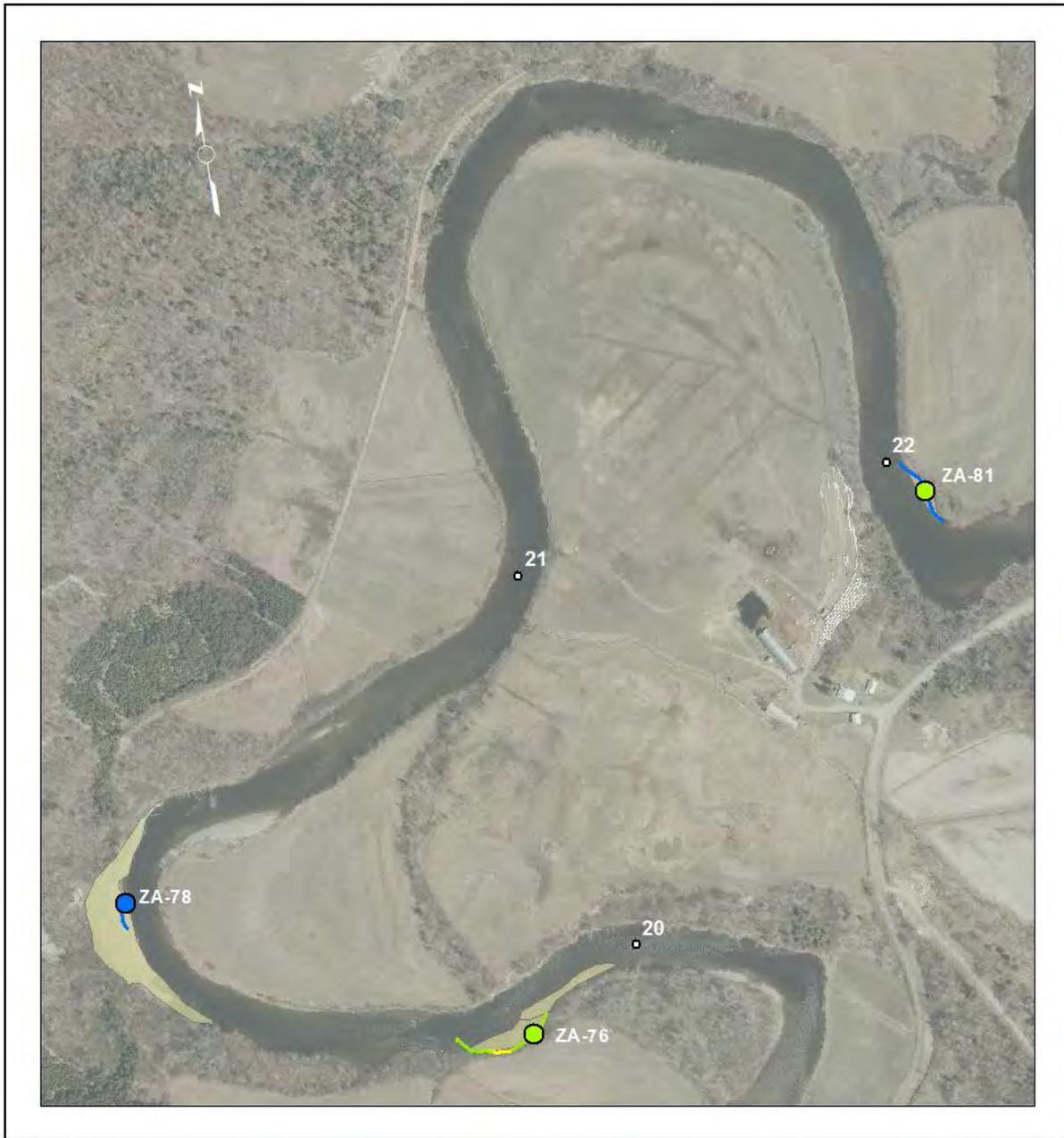
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



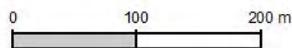


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

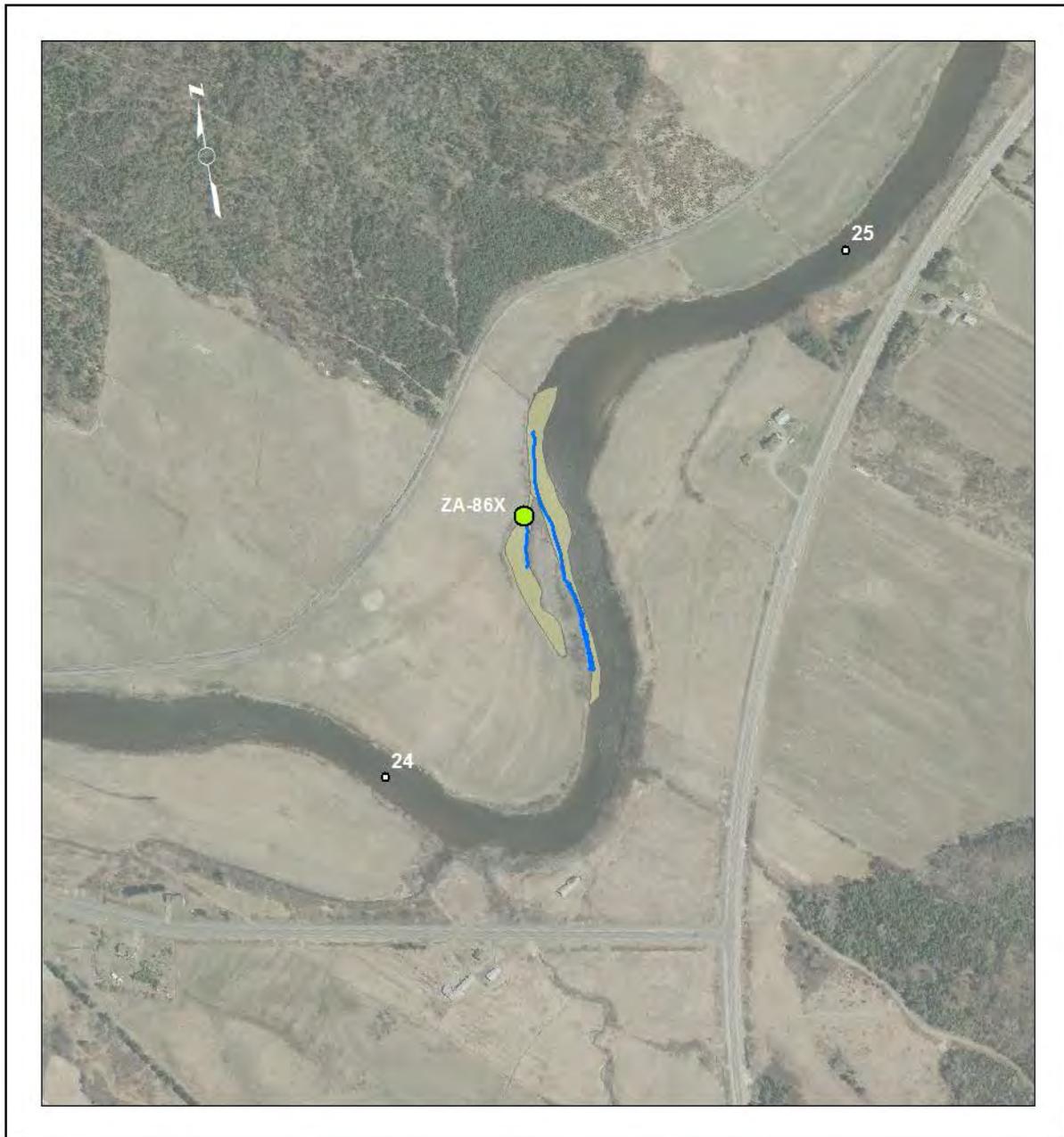
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



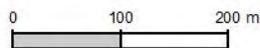


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

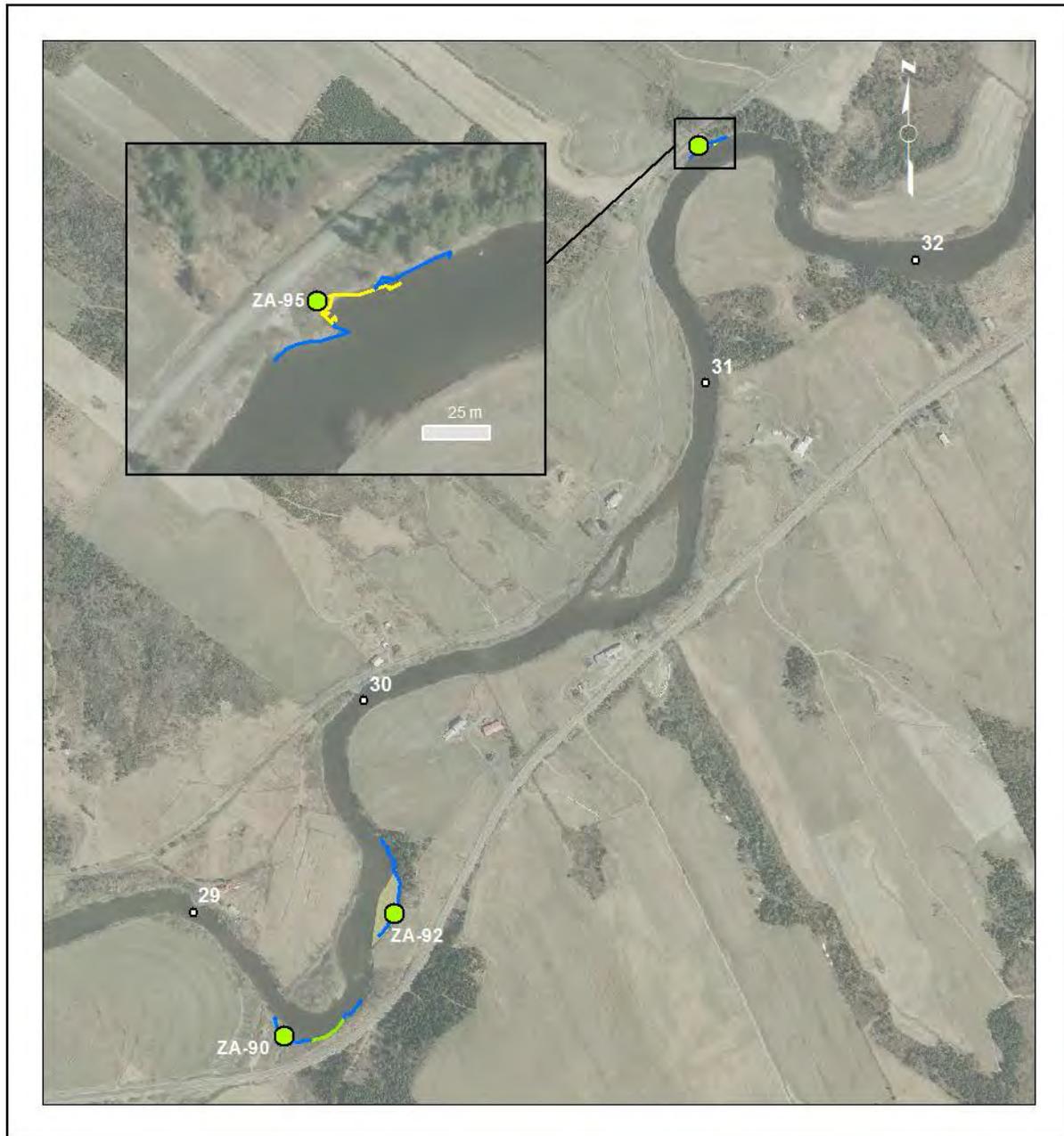
Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



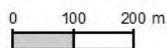


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- o Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



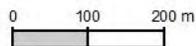


Classe d'irisation

- Aucune
- Rare
- Occasionnelle
- Continue
- ◻ Point kilométrique
- Zone d'accumulation

Classe de concentration

- Non détecté
- Détecté, inférieur à la VRC
- Entre la VRC et la VRA
- Supérieur à la VRA



Source

Caractérisation de la contamination des sédiments de la rivière Chaudière (2013-2015), Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Localisation



Développement durable,
 Environnement et Lutte
 contre les changements
 climatiques



Annexe 2 Avis du CEAEQ sur les profils des chromatogrammes issus des analyses d'IPP (identification des produits pétroliers) et HAP alkylés sur les échantillons prélevés dans la rivière Chaudière en 2015

1. Échantillons de pétrole brut

Des échantillons de pétrole brut prélevés directement dans les wagons ont été analysés aux laboratoires du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) et utilisés comme référence. La figure 1 présente les chromatogrammes obtenus par la méthode d'identification des produits pétroliers (IPP), par chromatographie en phase gazeuse, pour un échantillon prélevé dans un wagon altéré par l'accident (tank 19) et un échantillon prélevé dans un wagon intact (tank 54). Le profil présenté à la figure 1B est typique d'un pétrole brut. On peut observer que la chaleur et/ou la combustion ont grandement altéré le profil (figure 1A). Les hydrocarbures légers en début de chromatogramme sont disparus et les plus lourds sont regroupés entre les balises C12 à C34.

Le profil altéré (A) a été observé dans les échantillons de sédiments contaminés prélevés en 2013, dans les mois suivant l'accident. La mention « pouvant s'apparenter au profil de l'échantillon du tank 19 » a donc été ajoutée aux certificats d'IPP. Il est à noter que les profils sont comparés uniquement par similitude, et il ne peut jamais être exclu que d'autres sources de contamination, démontrant des profils similaires, puissent être impliquées.

La figure 1C présente le profil des HAP alkylés de l'échantillon prélevé du tank 19. Les HAP alkylés forment un profil typique en cloche pour chaque groupe homologue. Par exemple, le naphthalène non alkylé (C0-naphthalène) sera en moins grande proportion comparativement aux naphthalènes sur lesquels un méthyle ou plusieurs alkyles (méthyles ou éthyles) sont greffés (C1/C2/C3-naphthalène). Le naphthalène sur lequel quatre alkyles sont greffés (C4-naphthalène) est par contre moins prédominant. En résumé, le profil cloche présente le patron suivant pour chaque HAP : $C0 < C1 < C2 < C3 > C4$. Ceci est caractéristique des produits pétroliers (Wang et Stout, 2007) et facilement observable dans le cas d'un brut non raffiné.

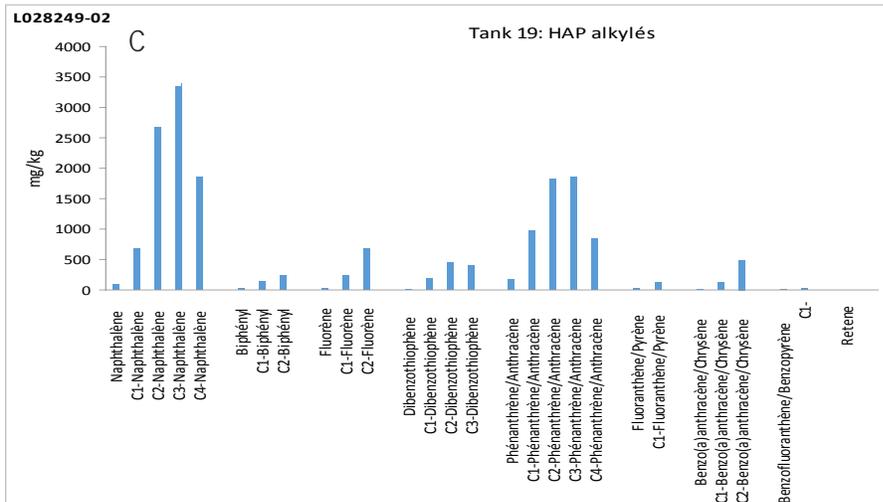
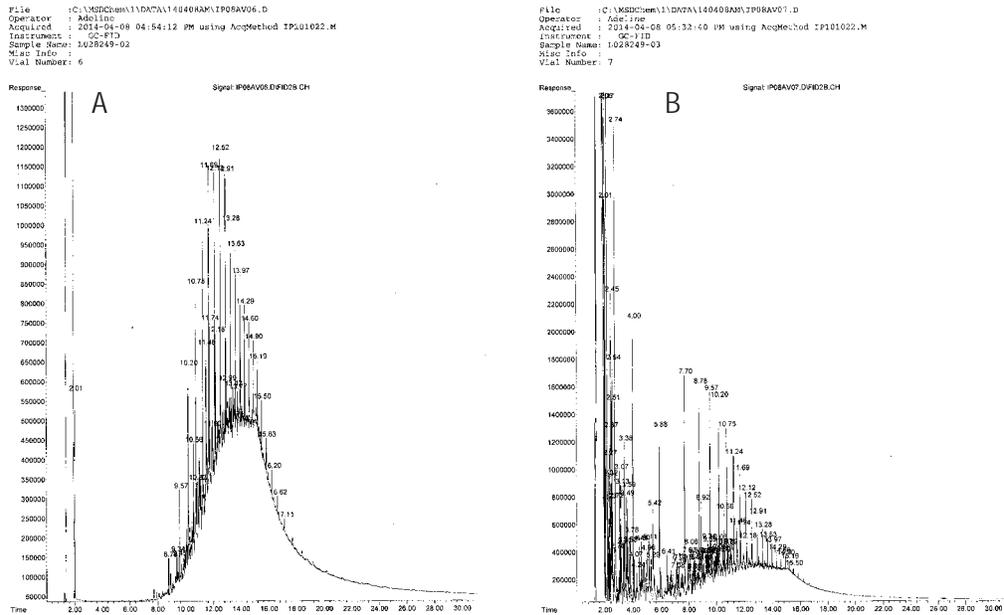


Figure 1 Profils des pétroles prélevés dans un wagon altéré (tank 19) sur le site de l'incendie (A) et dans un wagon intact (tank 54) à Nantes (B). Profil des HAP alkylés de l'échantillon du tank 19 (C)

2. Profils observés en 2014

En 2014, le même profil d'hydrocarbures s'apparentant au tank 19 a été observé dans plusieurs échantillons de sédiments prélevés dans la rivière Chaudière, avec la tendance que les pics plus effilés s'atténuent suite à l'altération de l'hydrocarbure. Par exemple, l'échantillon L028766-10 prélevé à la station DR49 (secteur PK 4,5) est présenté à la figure 2. Les hydrocarbures non définis entre les balises C14 et C36 sont encore présents, mais les pics effilés (les cheveux) ont grandement diminué.

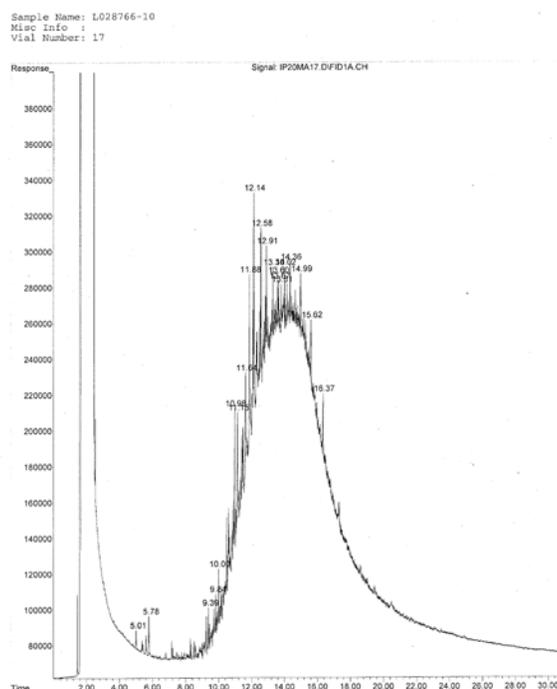


Figure 2 Exemple du profil dégradé s'apparentant au tank 19 dans les échantillons prélevés dans la rivière Chaudière en 2014, soit après un an d'atténuation naturelle

On avait toutefois alors noté que la dégradation qui fait disparaître les pics caractéristiques tend également à rendre le profil de plus en plus comparable à un profil d'huile raffinée (huile lourde). Au-delà d'un certain seuil de dégradation, il devient plus difficile de discriminer l'hydrocarbure et le recours à des marqueurs plus précis est nécessaire, d'où l'utilité des HAP alkylés ou d'autres marqueurs plus exploratoires comme le pristane et le phytane, décrits plus loin.

3. Échantillons prélevés en 2015

Certains des échantillons prélevés en 2015 sont plus difficiles à apparenter. En fait, deux types de profil ont été observés dépendamment de la zone d'échantillonnage. Il semble que les zones non draguées présentent un profil différent de la zone du PK 4,5, où un dragage mécanique a été réalisé.

3.1. Zones d'accumulation non draguées

Dans la rivière Chaudière, quelques zones d'accumulation ont présenté des niveaux de concentration plus élevés en hydrocarbures pétroliers. Les profils obtenus sur ces échantillons sont présentés à la figure 3, où l'on peut apprécier la similitude avec le pétrole du tank 19. La dégradation est toutefois notable. Ces échantillons ont tous été prélevés dans des zones d'accumulation, autres que la zone du PK 4,5 qui a été draguée en 2014. L'atténuation est donc naturelle et les profils sont relativement comparables aux profils observés en 2014.

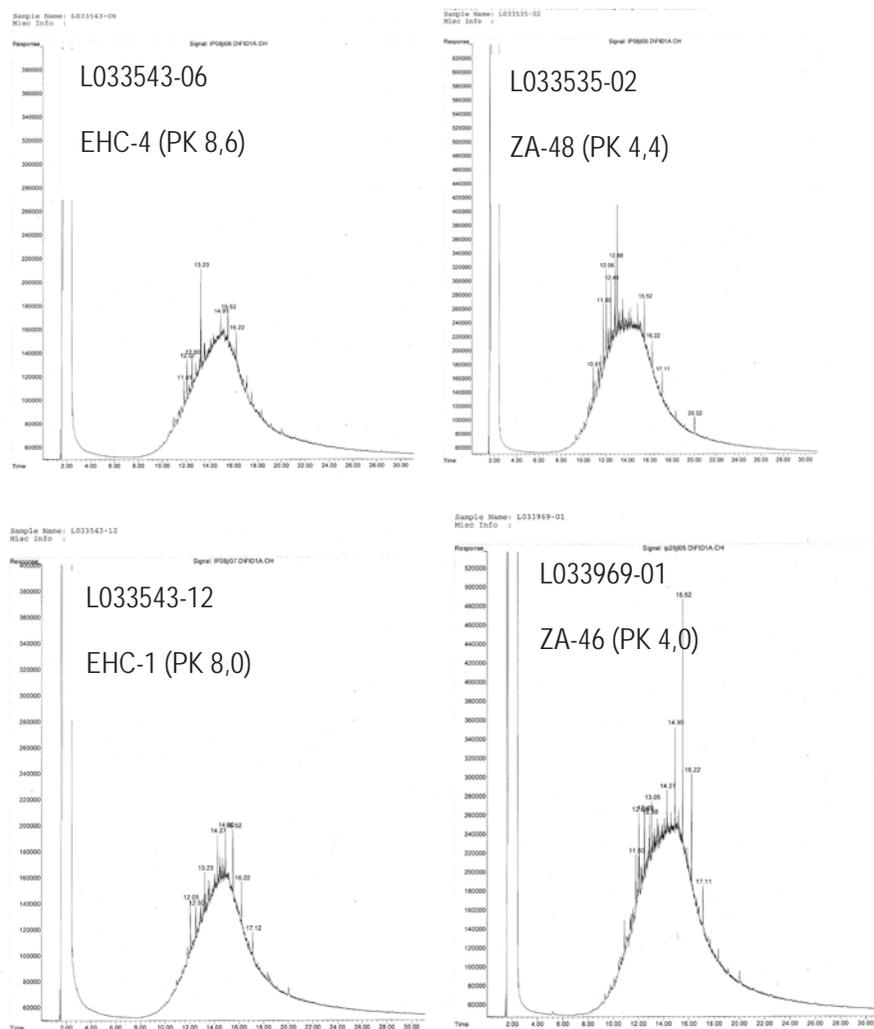


Figure 3 Profils des échantillons prélevés dans la rivière Chaudière en 2015 (zones d'accumulations).

De plus, les profils en HAP démontrent aussi pour ces quatre échantillons une bonne corrélation avec les HAP du tank 19 (figures 4 et 5). Bien que certains HAP non spécifiques pouvant provenir d'autres sources soient présents en plus forte proportion, les HAP alkylés caractéristiques du brut du tank 19 sont visibles, avec le profil « cloche » typique, ce qui est particulièrement évident pour les échantillons des stations ZA-48 et ZA-46 (figure 5). Règle générale, les concentrations des groupements alkylés s'interprètent comme suit dans le cas d'un pétrole brut : $C0 < C1 < C2 < C3 > C4$. Toutefois, plus les HAP se dégradent, plus la proportion de C3 et de C4 peut augmenter, parce qu'ils sont plus résistants à la dégradation (les alkyls protègent la structure). À l'inverse, on ne retrouve pratiquement pas de C3 ou C4 sur les HAP provenant d'autres sources, notamment de la combustion du bois (source pyrogénique) (Wang et Stout, 2007).

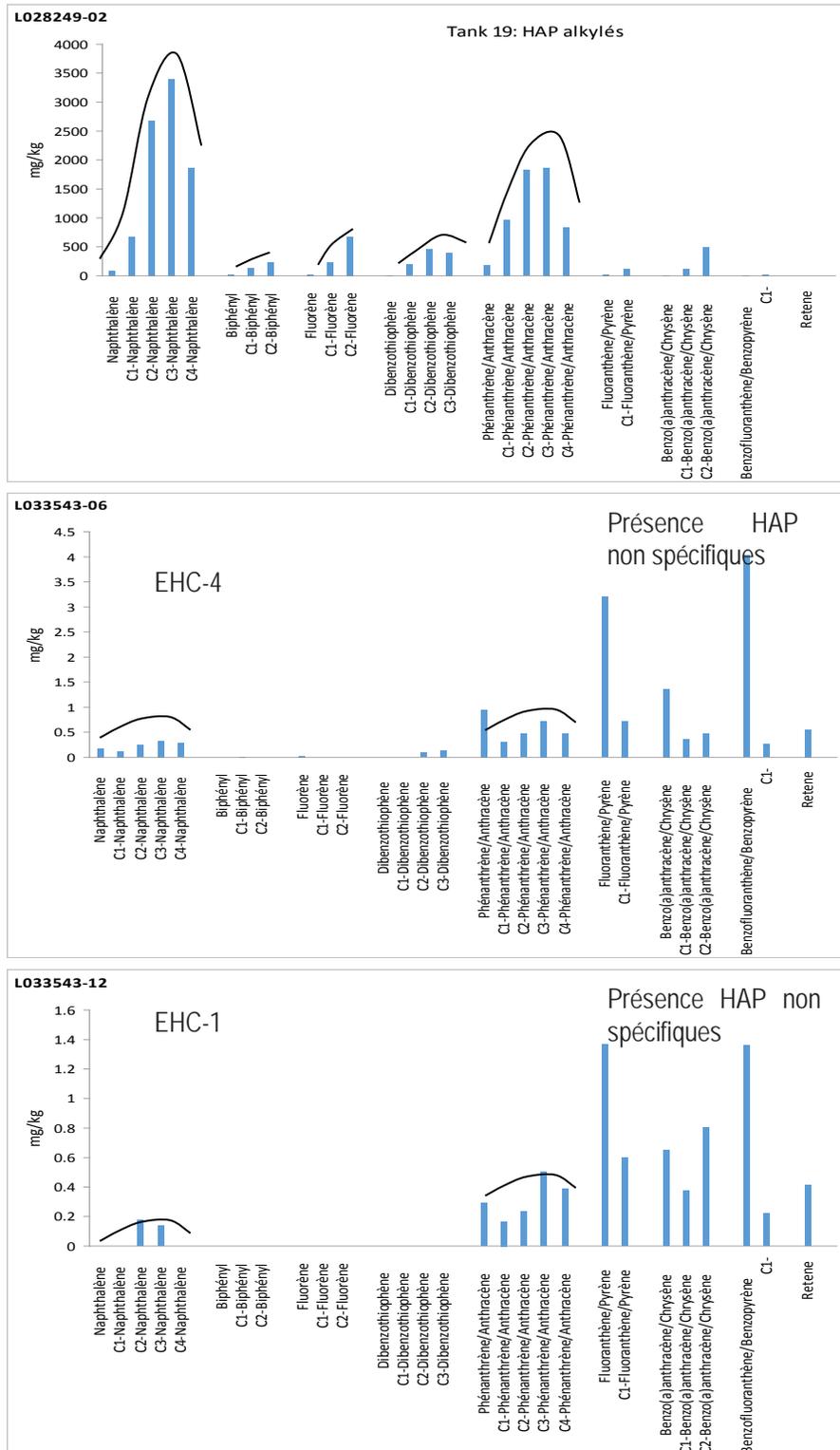


Figure 4 Les échantillons L033543-06 et L033543-12 présentent des traces des HAP alkylés du brut, mais également plusieurs HAP d'autres sources (possiblement pyrogéniques).

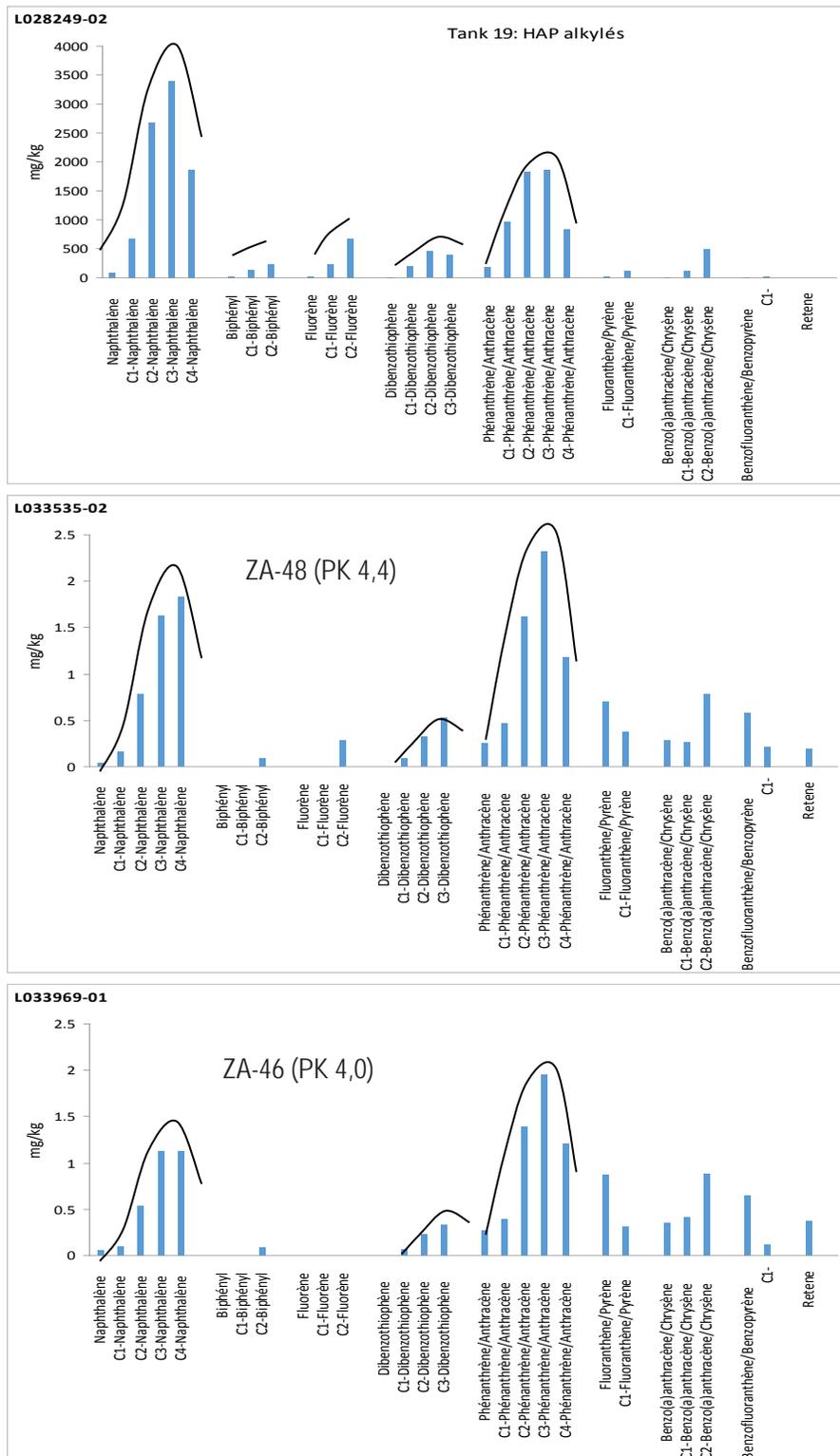


Figure 5 Les échantillons L033535-02 et L033969-01 présentent surtout des HAP alkylés du brut.

3.2 Zone draguée en 2014 (secteur du PK 4,5)

Le secteur du PK 4,5 présente toujours une contamination en HP C₁₀-C₅₀, même après décontamination. Le dragage semble avoir altéré les profils des hydrocarbures obtenus. La figure 6 présente les profils des échantillons prélevés dans cette zone; ils sont plus différents de ceux du tank 19 et des étalons d'analyse en laboratoire. Les échantillons prélevés aux stations DR500, DR506 et DR521 présentent les profils les plus semblables au pétrole du tank 19, mais très fortement altérés. Toujours selon les profils de la figure 6, les échantillons des stations DR505, DR508 et DR509 sont vraiment très dégradés et ne sont plus comparables aux étalons ni au tank 19. À ce stade, la comparaison de profils devient plus difficile, mais des traces des HAP alkylés du tank 19 ont été détectées dans certains de ces échantillons (figures 7 et 8). Leur proportion est faible par rapport aux HAP non spécifiques, c'est-à-dire provenant possiblement de sources pyrogéniques. (Note : les échantillons DR506 et DR508 n'avaient pas été analysés pour les HAP alkylés.)

Il est possible que les échantillons de cette zone soient plus altérés suite à la décontamination qui a eu lieu. La manipulation mécanique qui a été effectuée a pu engendrer une altération différente de celle qui s'est produite plus naturellement dans les autres zones d'accumulation.

D'autres marqueurs ont été recherchés de manière exploratoire afin de caractériser la contamination. Entre autres, le pristane et le phytane, deux composés généralement présents dans tous les produits pétroliers et reconnus pour être plus résistants que les alcanes (Wang et Stout, 2007) ont été détectés. Pour ajouter à la spécificité de cet indice, ces composés ont été interprétés en ratio (figure 9). Le ratio entre ces deux composés se situe entre 1,2 et 1,4 pour tous les échantillons de pétrole brut (comme ceux du tank 19) et est plus faible pour les échantillons de sédiments. Toutefois, ces molécules n'ont pas été détectées dans les échantillons dont les concentrations en HP C₁₀-C₅₀ étaient non détectables, ce qui renforce la spécificité de cet indice. Toutefois, cette observation est exploratoire puisque le CEAEQ vient tout juste de commencer le suivi de ces marqueurs et peu de données sont disponibles pour interpréter avec certitude.

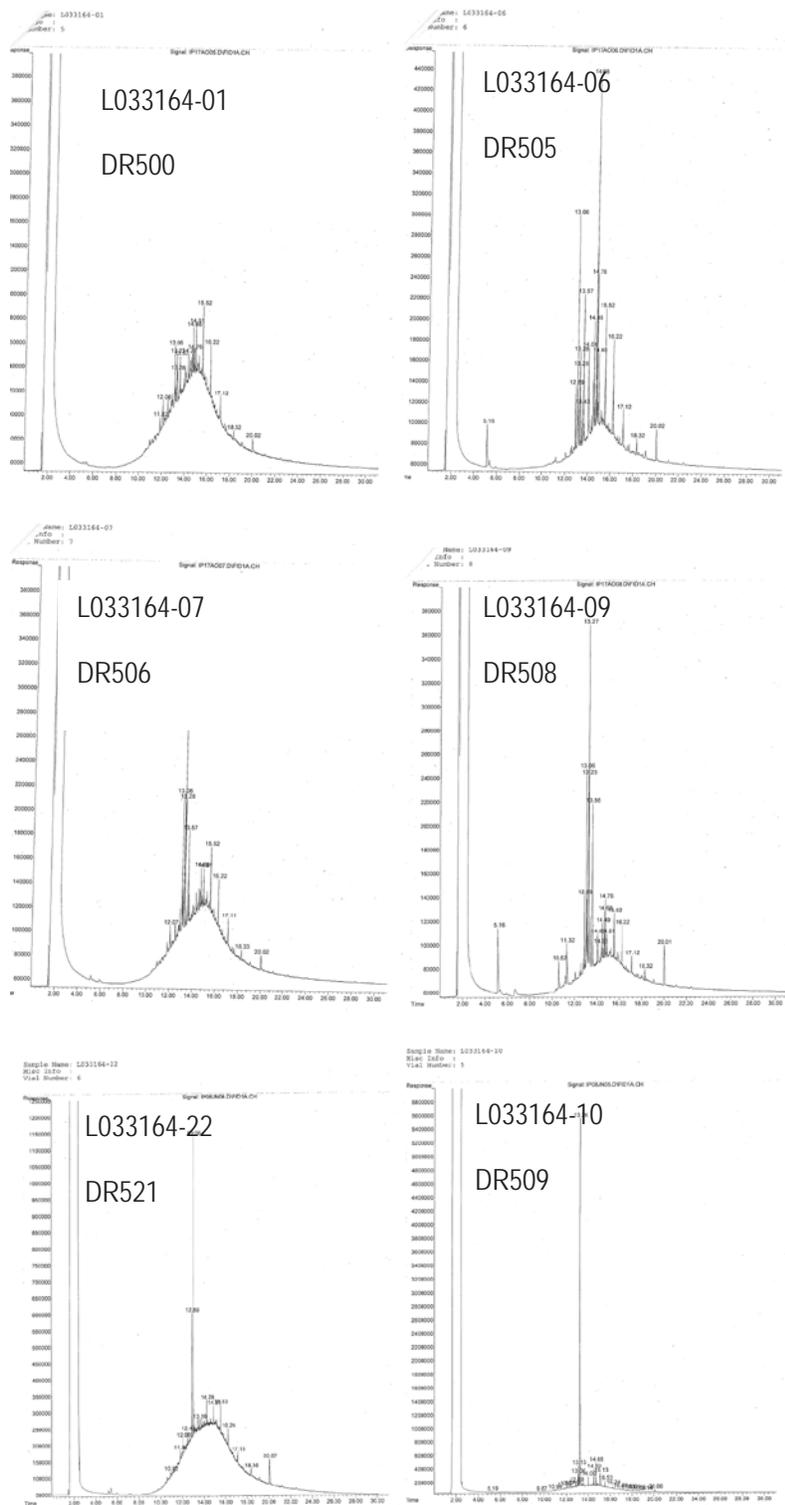


Figure 6 Profils des échantillons prélevés dans la rivière Chaudière en 2015 au PK 4,5

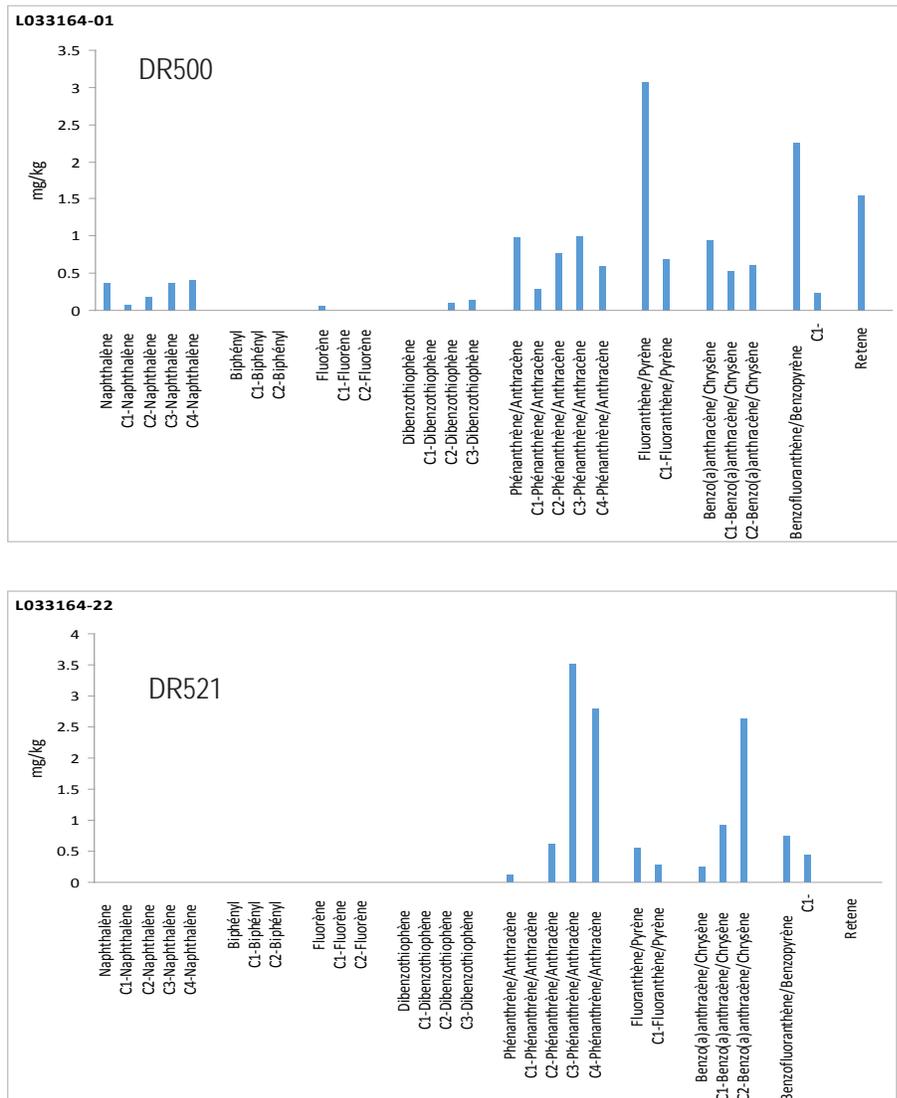


Figure 7 Les échantillons DR500 (L033164-01) et DR521 (L033164-22) présentent des traces d'HAP alkylés du brut, mais également une forte proportion d'HAP pyrogéniques.

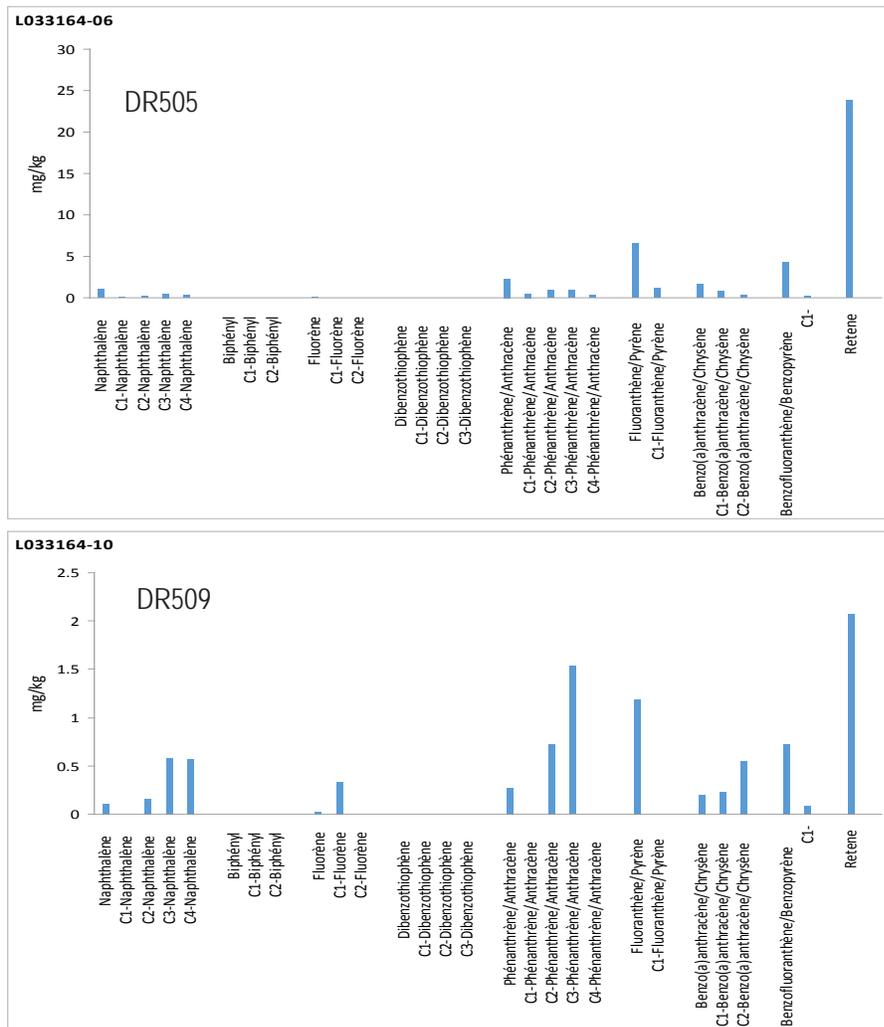


Figure 8 Les échantillons DR505 (L033164-06) et DR509 (L033164-10) présentent des traces d'HAP alkylés du brut, mais également une forte proportion d'HAP pyrogéniques.

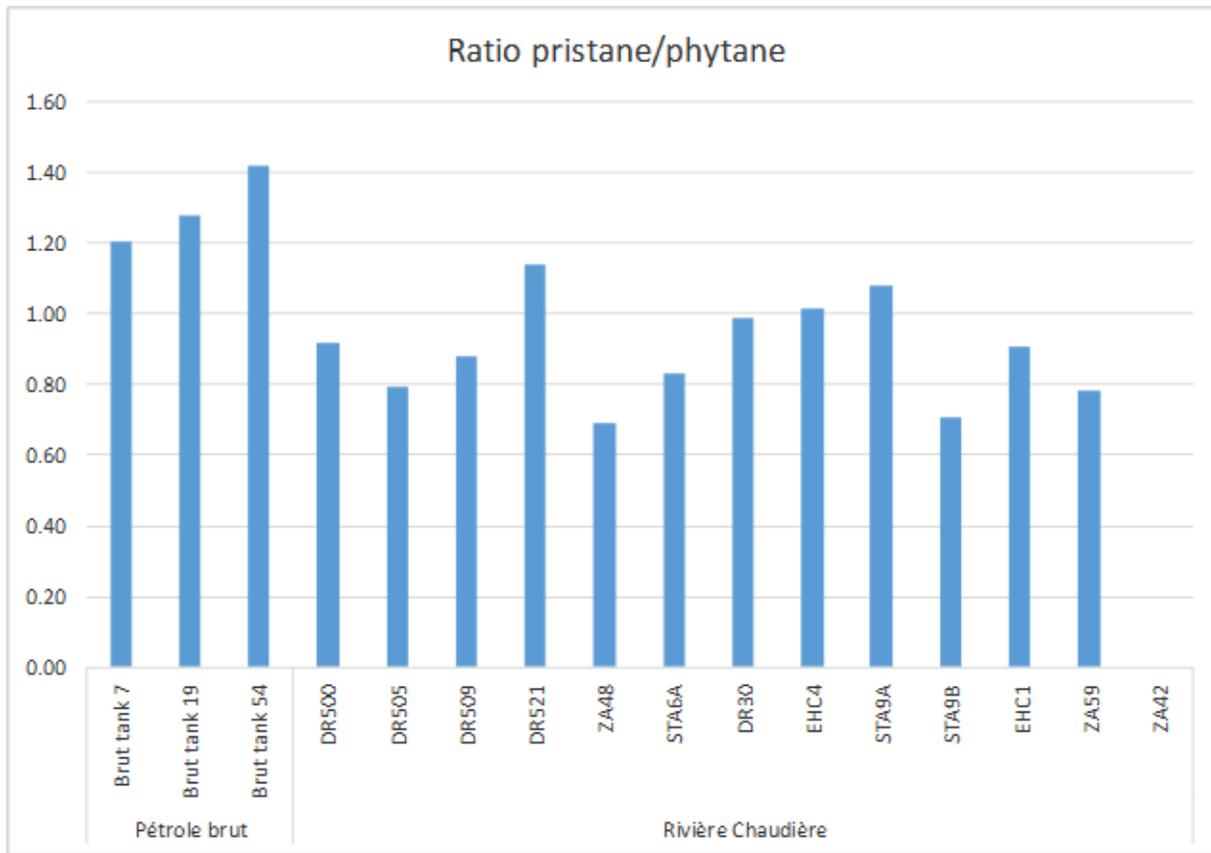


Figure 9 Ratio pristane/phytane dans les échantillons de pétrole brut et les échantillons de la rivière Chaudière les plus contaminés, prélevés en 2015. L'absence de ratio pour l'échantillon ZA42 indique également l'absence de ces deux composés dans l'échantillon.

5. Conclusion

En conclusion, les échantillons de sédiments prélevés dans la rivière Chaudière en 2015 présentent des profils fortement altérés, comme le démontrent les profils IPP. La présence des HAP alkylés caractéristiques du pétrole du tank 19 relie la contamination au déversement de 2013. De plus, de nouveaux marqueurs reconnus pour leur résistance à l'altération, soit les pristane et phytane, sont toujours présents lorsque les HAP alkylés le sont également.

Ainsi, en 2015, malgré les différents processus d'atténuation en cours, les sédiments de la rivière Chaudière portent encore la marque du déversement de pétrole du 6 juillet 2013.

**Avis technique : Paule Emilie Groleau, Ph. D., chimiste
CEAEQ, 19 mai 2016**

Référence bibliographique

WANG, ZHENDI, ET SCOTT A. STOUT. *Oil spill environmental forensics : fingerprinting and source identification*. Elsevier, Burlington, MA, 2007 (ISBN 0-12-369523-6).



**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**

Québec 