



# ÉTUDE DIAGNOSTIQUE DU LAC DES RAPIDES

## Troisième étude

Février 2019

Rédaction : Clara Othoniel, Jean-Gabriel S. Jasmin, Ghassen Ibrahim  
Tests statistiques : Ghassen Ibrahim

Organisme de bassins versants Duplessis - 1005 boul. Laure, Bureau 305 Sept-Îles (QC) G4R 4S6

# Sommaire

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>I</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>VI</b>
<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>8</b>
<b>1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Réglementation et zonage</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 Activités municipales</b> .....	<b>11</b>
<b>1.3 Activités récréotouristiques</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4 Activités de transport aérien</b> .....	<b>13</b>
<b>1.5 Activités industrielles</b> .....	<b>14</b>
<b>1.6 Dépotoirs clandestins</b> .....	<b>16</b>
<b>2 MÉTHODOLOGIE</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Collecte de données</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 Localisation des stations .....	17
2.1.2 Paramètres analysés .....	20
2.1.3 Échantillonnage.....	22
2.1.3.1 Mesures in situ .....	22
2.1.3.2 Analyses en laboratoire .....	22
2.1.4 Récapitulatif .....	23
<b>2.2 Analyses statistiques</b> .....	<b>24</b>
2.2.1 ANOVA et test de kruskal wallis .....	24
2.2.2 Test de t (Student) et test de Wilcoxon-Mann-Whitney.....	25
<b>2.3 Critères de qualité</b> .....	<b>25</b>
<b>3 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Caractérisation de l'eau des lacs</b> .....	<b>28</b>
3.1.1 Physico-chimie .....	28
3.1.1.1 Température et oxygène dissous .....	28
3.1.1.2 pH .....	35
3.1.1.3 Conductivité .....	41
3.1.1.4 Alcalinité .....	43
3.1.2 État trophique .....	44

3.1.2.1	Nutriments .....	44
3.1.2.1.1	Phosphore total .....	45
3.1.2.1.2	Azote.....	49
3.1.2.2	Carbone organique dissous .....	53
3.1.2.3	Chlorophylle a.....	56
3.1.2.4	Évaluation du niveau trophique du lac des Rapides.....	60
3.1.3	Teneurs en hydrocarbures et éléments métalliques .....	62
3.1.3.1	Hydrocarbures pétroliers .....	63
3.1.3.1.1	Généralités.....	63
3.1.3.1.2	Résultats .....	63
3.1.3.2	Hydrocarbures aromatiques polycycliques .....	71
3.1.3.2.1	Généralités.....	71
3.1.3.2.2	Résultats .....	72
3.1.3.3	Éléments métalliques .....	74
3.1.3.3.1	Généralités.....	74
3.1.3.3.2	Résultats .....	75
<b>3.2</b>	<b>Caractérisation des sédiments des lacs .....</b>	<b>88</b>
3.2.1	Phosphore total.....	88
3.2.2	Carbone organique total .....	91
3.2.3	Teneurs en hydrocarbures et éléments métalliques .....	94
3.2.3.1	Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> .....	94
3.2.3.2	Hydrocarbures aromatiques polycycliques .....	96
3.2.3.3	Éléments métalliques .....	104
3.2.3.4	Classement des sédiments .....	112
<b>3.3</b>	<b>Caractérisation des tributaires.....</b>	<b>112</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>116</b>
<b>4.1</b>	<b>Physico-chimie du lac .....</b>	<b>117</b>
<b>4.2</b>	<b>État trophique .....</b>	<b>118</b>
<b>4.3</b>	<b>Teneurs en hydrocarbures et éléments métalliques .....</b>	<b>119</b>
<b>4.4</b>	<b>Tributaires .....</b>	<b>124</b>
<b>4.5</b>	<b>Recommandations .....</b>	<b>125</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>127</b>
	<b>ANNEXES .....</b>	<b>133</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Extrait du plan de zonage de la Ville de Sept-Îles (M. Archambault, com. pers., 2016) ..9	
Figure 2 : Carte des titres miniers et sites d'extraction aux abords du lac des Rapides ..... 15	
Figure 3 : Localisation des dépotoirs clandestins présents sur le territoire du bassin versant du lac des Rapides ..... 16	
Figure 4 : Localisation des stations d'échantillonnage..... 19	
Figure 5 : Détail des paramètres analysés..... 24	
Figure 6 : Fondements des critères de qualité de l'eau de surface (MDDEFP, 2013) ..... 26	
Figure 7 : Évolution de la température des stations de lacs en fonction des saisons..... 29	
Figure 8 : Évolution de la teneur en oxygène des stations E1 à E11 en fonction des saisons ..... 32	
Figure 9 : Évolution du pH des stations E1 à E11 en fonction des saisons..... 36	
Figure 10 : Niveau d'acidité des lacs au Québec (MELCC, 2018c)..... 38	
Figure 11 : Origine de l'acidité des lacs du Québec méridional (MELCC, 2018c) ..... 39	
Figure 12 : Évolution de la conductivité des stations E1 à E9 en fonction des saisons..... 42	
Figure 13 : Concentrations moyennes, minimales et maximales en phosphore total de l'eau du lac des Rapides (stations E1 à E9) par saison ..... 45	
Figure 14 : Comparaison des valeurs moyennes, maximums et minimums des teneurs en phosphore total entre les trois études diagnostiques pour le lac des Rapides ..... 48	
Figure 15 : Teneurs en azote total des stations du lac des Rapides (mg/L), campagne 2017-2018 ..... 51	
Figure 16 : Concentrations moyennes, minimales et maximales en carbone organique dissous de l'eau du lac des Rapides (stations E1 à E9) par saison ..... 54	
Figure 17 : Comparaison des valeurs moyennes, maximums et minimums des teneurs en carbone organique dissous entre les trois études diagnostiques pour le lac des Rapides ..... 55	
Figure 18 : Évolution de la teneur en chlorophylle <i>a</i> des stations E1 à E11 obtenue à partir des données de la sonde multiparamètres en fonction des saisons ..... 57	
Figure 19 : Teneurs en phosphore total dans les sédiments du lac des Rapides par saison, Sed1 à Sed6 (g/kg)..... 89	
Figure 20: Teneurs en phosphore total dans les sédiments du lac des Rapides par saison, pour les trois campagnes d'échantillonnage..... 90	
Figure 21 : Teneurs en carbone organique total dans les sédiments du lac des Rapides par saison (%)..... 91	
Figure 22 : Concentrations en COT (%) par saison et par stations (Sed1 à Sed6) ..... 93	
Figure 23 : Teneurs en phosphore total dans les tributaires T2 et T3 par saison ..... 114	
Figure 24 : Teneurs en carbone organique dissous dans les tributaires T2 et T3 par saison..... 115	

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Dispositions s'appliquant aux lots compris dans les zones adjacentes au Lac des Rapides autres que la zone 406 CN (Ville de Sept-Îles, 2018) ..... 10	
Tableau 2 : Répartition des échantillons pour l'étude 2017-2018..... 18	

Tableau 3 : Détails des paramètres mesurés <i>in situ</i> .....	20
Tableau 4 : Détails des paramètres mesurés en laboratoire.....	21
Tableau 5 : Comparatif des données de profondeurs pour les périodes 2015-2016 et 2017-2018 .....	22
Tableau 6: Critères de qualité de l'eau de surface de l'oxygène dissous - Usage <i>Protection de la vie aquatique (effet chronique)</i> (MDDEFPP, 2013).....	34
Tableau 7 : Critères de qualité de l'eau de surface du pH (MDDEFPP, 2013).....	40
Tableau 8 : Alcalinité des stations E1 à E9 en fonction des saisons (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) .....	43
Tableau 9 : Teneurs en phosphore total des stations E1 à E11 en fonction des saisons (µg/L) ...	45
Tableau 10 : Teneurs en différentes formes de l'azote relevées aux stations E1 à E11 en fonction des saisons.....	50
Tableau 11 : Critères de qualité de l'eau de surface de l'azote ammoniacal (mg/L) (MDDELCC, 2013).....	52
Tableau 12 : Teneurs en carbone organique dissous aux stations E1 à E11 en fonction des saisons (mg/L) .....	53
Tableau 13 : Teneur en chlorophylle <i>a</i> des stations E1 à E11 en fonction des saisons et des campagnes d'échantillonnage (µg/L) .....	59
Tableau 14 : Classes de détermination des niveaux trophiques (MELCC, 2018e) .....	60
Tableau 15 : Comparaison des classes trophiques sur les trois années d'échantillonnage.....	62
Tableau 16 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> des stations E1 à E11 en fonction des saisons (mg/L).....	63
Tableau 17 : Critères de qualité de l'eau de surface des hydrocarbures pétroliers (mg/L) (MDDEFPP, 2013) .....	64
Tableau 18 : Respect des critères de qualité pour l'usage <i>Protection de la vie aquatique</i> des teneurs en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , stations E1 à E11 en fonction des saisons .....	66
Tableau 19 : Respect du critère de l'usage <i>Protection de la vie aquatique (effet chronique et aigu)</i> pour l'essence et le pétrole brut lors des campagnes de printemps au lac des rapides sur les trois années d'échantillonnage (stations E1 à E9).....	68
Tableau 20 : Respect du critère de l'usage <i>Protection de la vie aquatique (effet chronique et aigu)</i> pour l'essence et le pétrole brut lors des campagnes d'automne au lac des rapides sur les trois années d'échantillonnage (stations E1 à E9).....	68
Tableau 21 : Respect du critère de l'usage <i>Protection de la vie aquatique (effet chronique et aigu)</i> pour l'essence et le pétrole brut lors des campagnes d'hiver au lac des rapides sur les trois années d'échantillonnage (stations E1 à E9).....	69
Tableau 22 : Critères de qualité de l'eau de surface des HAP dosés (µg/L) (MDDEFPP, 2013) .....	72
Tableau 23 : Teneurs en HAP détectés dans l'eau (µg/L).....	72
Tableau 24 : Limites de détection des HAP pour les différentes campagnes en 2017-2018 (µg/L) (MDDEFPP, 2013) .....	73
Tableau 25 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, été 2017 (µg/L)	75
Tableau 26 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, automne 2017 (µg/L) .....	76
Tableau 27 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, hiver 2018 (µg/L) .....	77

Tableau 28 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, printemps 2018 (µg/L) .....	78
Tableau 29 : Critères de qualité de l'eau de surface pour les éléments métalliques dosés (µg/L) (MDDEFP, 2013) .....	80
Tableau 30 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison été 2017 (µg/L) .....	81
Tableau 31 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison automne 2017 (µg/L).....	81
Tableau 32 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison hiver 2018 (µg/L) .....	82
Tableau 33 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison printemps 2018 (µg/L).....	82
Tableau 34 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E11 saison été 2017 (µg/L) .....	85
Tableau 35 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E11 saison automne 2017 (µg/L).....	85
Tableau 36 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E10 saison hiver 2018 (µg/L) .....	85
Tableau 37 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E11 saison printemps 2018 (µg/L).....	86
Tableau 38 : Comparatif des données de phosphore dans les sédiments pour les trois études diagnostiques (g/kg) .....	89
Tableau 39 : Teneurs en phosphore total dans les sédiments par saison, stations Sed10 et Sed11 (g/kg) .....	90
Tableau 40 : Comparatif des données de carbone organique total dans les sédiments entre la deuxième et la troisième étude diagnostique, stations Sed1 à Sed6 (%) .....	92
Tableau 41 : Teneurs en carbone organique total dans les sédiments par saison, stations Sed10 et Sed11 (%).....	93
Tableau 42 : Teneurs en C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> des stations Sed1 à Sed6 (lac des Rapides) en fonction des saisons (mg/kg).....	94
Tableau 43 : Grille des critères génériques pour les sols pour les hydrocarbures pétroliers (mg/kg matière sèche, ppm).....	95
Tableau 44 : Comparatif des teneurs en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> dans les sédiments du lac des Rapides pour les trois études diagnostiques (mg/kg) .....	95
Tableau 45 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> dans les sédiments par saison, stations Sed10 et Sed11 (mg/kg) .....	96
Tableau 46 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, été 2017 (mg/kg) ..	98
Tableau 47 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, automne 2017 (mg/kg) .....	99
Tableau 48 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, hiver 2018 (mg/kg) .....	100
Tableau 49 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, printemps 2018 (mg/kg) .....	101

Tableau 50 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed10 et Sed11, été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018 (mg/kg).....	103
Tableau 51 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, été 2017 (mg/kg) .....	105
Tableau 52 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, automne 2017 (mg/kg).....	106
Tableau 53 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, hiver 2018 (mg/kg) .....	107
Tableau 54 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, printemps 2018 (mg/kg).....	108
Tableau 55 : Nombre de dépassements des critères CER et CSE dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6 .....	109
Tableau 56 : Nombre de dépassements des critères CER et CSE par métaux pour l'ensemble de la campagne d'échantillonnage .....	109
Tableau 57 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed10 et Sed11, saisons été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018 (mg/kg) .....	111
Tableau 58 : Teneurs en nutriments, carbone organique dissous et alcalinité des tributaires du lac des Rapides .....	113
Tableau 59 : Récapitulatif des teneurs en nutriments et carbone organique dissous des tributaires T2 et T3 sur les trois études diagnostiques .....	116

## Liste des annexes

Annexe 1 : Méthodes utilisées et limites de détection.....	134
Annexe 2 : Critères de qualité de l'eau de surface au Québec - Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons.....	136
Annexe 3 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> mesurées lors des trois études diagnostiques du lac des Rapides, stations E1 à E9 (mg/L).....	137
Annexe 4 : Teneurs en HAP mesurées lors des quatre campagnes saisonnières (µg/L).....	138
Annexe 5 : Respect des critères de qualité de l'eau de surface pour les éléments métalliques, lac des Rapides.....	142
Annexe 6 : Courriel d'Eurofins reçu le 29 mars 2018 concernant le bris de l'échantillon Sed3 pour la campagne d'hiver 2018 .....	146

## Avant-propos

La Ville de Sept-Îles a mandaté l'Organisme de bassins versants (OBV) Duplessis pour la réalisation d'une troisième étude diagnostique du lac des Rapides à la suite de la première étude réalisée sur la période 2013-2014 et de la deuxième étude réalisée sur la période 2015-2016 (OBV Duplessis, 2014a ; OBV Duplessis, 2016).

L'ensemble de la démarche, entamée en 2013, a eu pour objectif d'acquérir des connaissances sur la caractérisation de l'état du lac des Rapides qui accueille le site de prélèvement principal de l'alimentation en eau potable de la ville et qui est également le siège de nombreuses activités.

Tout comme la précédente, cette troisième étude a été réalisée de manière conjointe. L'OBV Duplessis s'est chargé de la planification et de la réalisation des travaux d'échantillonnage (localisation des stations, paramètres à analyser, etc.) avec l'assistance de deux membres de la compagnie BB Marine, engagée par la Ville de Sept-Îles. La Ville de Sept-Îles a également mis à disposition la sonde de mesures de terrain et assuré l'envoi des échantillons pour les analyses en laboratoire. Enfin, l'OBV Duplessis s'est chargé de l'analyse des résultats et de la rédaction du présent rapport.



## Introduction

Dans le contexte de renforcement de la réglementation relative à l'eau potable (entrée en vigueur du *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* en août 2014), la Ville de Sept-Îles a entrepris une démarche de caractérisation de son principal site de prélèvement pour la production d'eau potable, le lac des Rapides, situé entièrement sur le territoire de la ville. Ce réseau d'alimentation dessert près de 25 000 habitants (*réseau Sept-Îles centre-ville*) (Ville de Sept-Îles, 2015). Le lac des Rapides est également le siège de plusieurs activités, qu'elles soient récréotouristiques (Centre de plein air du Lac des Rapides) ou commerciales (base d'hydravions).

À ce titre, elle a confié la réalisation de son *Plan intégré de protection et de conservation* (PIPC) à la firme Les Services exp en décembre 2013 (Les Services Exp, 2013), et a mandaté l'OBV Duplessis pour la réalisation d'une première étude diagnostique du lac, publiée en octobre 2014 (OBV Duplessis, 2014a), suivie d'une deuxième étude publiée en décembre 2016 (OBV Duplessis, 2016). La présente étude constitue la troisième étude réalisée sur le lac des Rapides dans le cadre de la caractérisation de l'état du lac.

L'objectif de cette troisième étude est de valider les observations relevées précédemment et d'acquérir davantage de données de caractérisation du lac des Rapides (compartiment eau et sédiments) et des tributaires.

Pour cette troisième étude, les données de suivi du lac ont été recueillies sur la période 2017-2018, à travers quatre saisons, soit été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018. Tel que précédemment, le suivi a été effectué sur différents compartiments, soit la colonne d'eau, les sédiments et les tributaires. Globalement, ce sont les mêmes stations qui ont été suivies (eau et sédiments). Les sols à proximité du lac n'ont pas été échantillonnés puisqu'ils ne présentaient pas de contamination lors de la première étude diagnostique.

Le rapport se compose de quatre parties. Après un rappel de description du site du lac et de ses environs, la méthodologie suivie et les analyses réalisées sont abordées dans la seconde partie. La présentation des résultats de l'étude constitue la troisième partie, et les conclusions et recommandations pour un suivi ultérieur du lac sont présentées dans la dernière section.

# 1 Description du site d'étude

Concernant les caractéristiques physiques et biologiques du site d'étude et de ses environs, le lecteur est invité à se référer à la deuxième étude diagnostique dans laquelle elles ont été détaillées (OBV Duplessis, 2016). Les caractéristiques physiques portent sur le climat, la géologie et la description du bassin versant et du réseau hydrographique du lac. Les caractéristiques biologiques portent sur la flore du bassin versant et sur l'ichtyofaune recensée dans le lac des Rapides.

Cette section s'intéresse aux caractéristiques du milieu humain (actualisées par rapport à l'étude précédente).

## 1.1 Réglementation et zonage

Depuis la dernière étude diagnostique du lac des Rapides (OBV Duplessis, 2016), des modifications ont été apportées au règlement de zonage de la Ville de Sept-Îles en 2018 (n°2007-103) (Ville de Sept-Îles, 2018). Cependant, aucune nouvelle modification ne vient affecter le zonage ou la réglementation dans la zone du bassin versant du lac des Rapides. En ce sens, l'information présentée dans cette section est tirée de la deuxième étude diagnostique du lac des Rapides.

Le plan de zonage de la ville (figure 1) indique que le lac des Rapides comprend trois zones : la zone 406 CN (conservation), qui occupe la majeure partie du lac, la zone 405 REC (récréation) dans laquelle se situent les chalets et la zone 408 I (industriel) comprenant le club Les Ailes du lac Rapide.

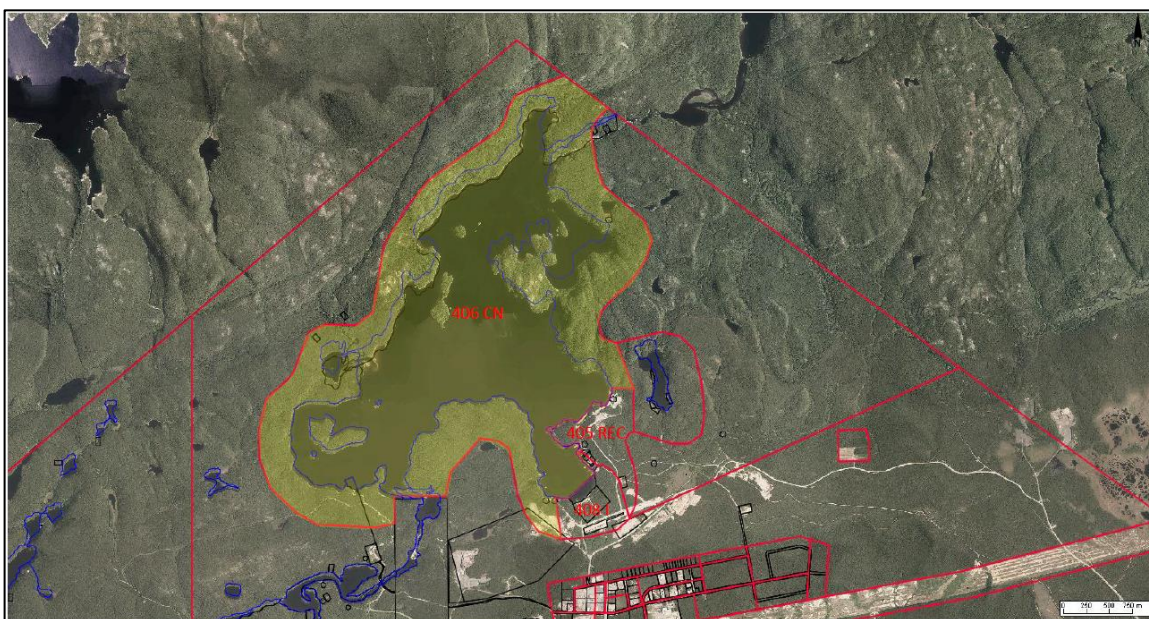


Figure 1 : Extrait du plan de zonage de la Ville de Sept-Îles (M. Archambault, com. pers., 2016)

Selon le règlement de zonage, une zone de protection de 300 m est établie sur le pourtour des rives du lac des Rapides dans la zone 406 CN. Aucune construction permanente ou temporaire n'est autorisée dans cette zone. Pour les deux autres lots adjacents au lac, les dispositions suivantes s'appliquent (tableau 1) :

**Tableau 1 : Dispositions s'appliquant aux lots compris dans les zones adjacentes au Lac des Rapides autres que la zone 406 CN (Ville de Sept-Îles, 2018)**

	405-REC	408-I
• Ouverture au lac (m)	12	12
• Déboisement maximal (%) (excluant la rive)	30	30
• Largeur de la voie d'accès au lac (m)	4	4
• Largeur de la voie d'accès au bâtiment (m)	4	5
• Nombre de quais flottants maximal/terrain	2	1
• Largeur maximale des quais flottants (m)	12	(Note 1)
• Superficie maximale des quais flottants (m <sup>2</sup> )	60	100 (Note 1)

Note 1 : La largeur maximale du quai doit correspondre à une largeur équivalente à 3 m de passage libre plus la largeur d'une aile d'un hydravion, plus la largeur d'une aile d'un autre hydravion lorsqu'il s'agit d'un quai double.

De plus, dans la zone 408 I, toute construction ou aménagement doit respecter les dispositions suivantes :

- Tout réservoir d'essence doit être situé à 30 m minimum de la ligne des hautes eaux et être clôturé au pourtour sur une hauteur minimum de 1,8 m ;
- Une couverture boisée de 10 m de large doit être conservée / aménagée le long des lignes de terrain ;
- Les chemins d'accès à une propriété doivent être contrôlés par une guérite ;
- La zone de protection riveraine ou bande riveraine est fixée à 25 m dans les zones 408 I et 405 REC.

Aussi, au chapitre de la *Protection des puits et des points de captage de l'eau des réseaux d'aqueduc municipaux*, afin d'assurer le maintien de la qualité de la source d'approvisionnement en eau potable du Lac des Rapides, les activités suivantes sont spécifiquement exclues dans les zones 405-REC, 407-R et 408-I :

- Remisage désordonné de matériaux de quelque nature que ce soit ;
- Entreposage de tout contenant de matière inflammable ou vide de son contenu ;
- Dépotoir de toute sorte, cimetière d'automobile ou amas de bois ;
- Épandage de tout produit chimique.

Concernant le reste du bassin versant du lac des Rapides, deux principaux types d'affectation sont présents. Une aire d'affectation récréo-forestière occupe la majorité du bassin versant en partant du nord et la partie sud est occupée par une aire d'affectation récréo-touristique, correspondant à l'étendue des sentiers de ski de fond du Club Rapido (P. Gagnon com. pers., 2018). Par ailleurs, une partie de la Zec (zone d'exploitation contrôlée) Matimek est comprise dans le bassin versant du lac, à l'ouest (moins de 140 km<sup>2</sup>).

Six zones de refuge biologique<sup>1</sup> sont présentes sur le bassin versant du lac, dont quatre à proximité du lac de la Montagne et deux au nord-est du bassin versant, pour une superficie totale d'environ 12 km<sup>2</sup>.

Selon les données transmises par la MRC de Sept-Rivières (H. Deraps, com. pers., 2016), seul un bail de villégiature est localisé sur les berges du lac des Rapides, dans la baie Duclos. Plusieurs baux sont présents entre le lac des Rapides et le lac de la Montagne, le long de la rivière des Rapides, ainsi qu'aux abords du lac de la Montagne. D'autres baux sont situés entre le lac des Rapides et l'émissaire du lac Deschênes qui se jette ensuite dans la rivière des Rapides, juste en amont du lac des Rapides. Enfin, un bail est établi en amont de la baie Cachée. Un bail de villégiature ne signifie pas nécessairement la présence de constructions.

## 1.2 Activités municipales

### ▪ Site de prélèvement d'eau et usine de traitement de l'eau potable

Le site de prélèvement d'eau potable principal de la Ville de Sept-Îles se localise dans le lac des Rapides, plus précisément dans la baie des Crans, à environ 13 m de la rive et à une profondeur d'environ 8 m. L'eau est acheminée du site vers une usine de traitement d'eau qui dessert ensuite la quasi-totalité de la population de la ville (25 000 personnes).

## 1.3 Activités récréotouristiques

### ▪ Centre de plein air du Lac des Rapides

Géré par Tourisme Sept-Îles, le Centre de plein air du Lac des Rapides est situé au sud-est du lac, dans la baie à la sortie du lac Sans Nom, et offre à la population, l'été, différentes activités. En effet, le site récréotouristique dispose d'une plage aménagée pour la baignade et propose divers équipements en location : canots, kayaks, pédalos et surfs à pagaies.

La plage du Centre de plein air est suivie dans le cadre du programme Environnement-Plage du MELCC (MELCC, 2018a) qui analyse la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages participantes (nombre d'*Escherichia coli* / 100 mL). Le dernier prélèvement de la saison a été effectué en juillet 2018 et classait les eaux de la plage en catégorie A, c'est-à-dire avec une qualité excellente.

---

<sup>1</sup> Petites aires forestières soustraites aux activités d'aménagement forestier et aux activités minières dans lesquelles des habitats et des espèces sont protégés de façon permanente.

Hors de la zone récréative du lac des Rapides, d'autres plages en bordure du lac situées dans la baie des Crans ainsi que la baie Duclos sont accessibles par voiture ou à pied. Malgré l'aménagement de la plage située dans la zone du Centre de plein air du lac des Rapides, certains plaisanciers utilisent ces autres plages de manière clandestine (Les Services Exp, 2013).

- **Navigation de plaisance**

Des bateaux à moteur circulent sur le lac l'été. Néanmoins, le nombre moyen de fréquentation n'est pas connu. Dans le cadre de l'élaboration du PIPC, la firme exp a comptabilisé la fréquentation du plan d'eau sur trois journées au mois de juillet 2013. Neuf embarcations à moteur ont été comptabilisées la première journée, une la deuxième journée et trois, la troisième journée. Il est à noter que l'accès au lac est relativement difficile (absence de rampe de mise à l'eau).

- **Résidences secondaires**

Lors de la réalisation du PIPC, les rives du lac des Rapides, ainsi que du lac Sans Nom, à l'est, ont été parcourues afin de localiser la présence de résidences isolées. Six résidences secondaires ont été identifiées autour du lac des Rapides, sur les rives de la baie Duclos. S'ajoutent cinq résidences sur les rives du lac Sans Nom, qui se décharge dans le lac des Rapides *via* le tributaire T1, et une à proximité d'un petit lac au nord-est de la baie Ross.

À la suite du PIPC, une caractérisation des installations septiques, de l'occupation du terrain et des rives des propriétés et installations de la baie Duclos a été réalisée en mai 2016 par le Service de l'urbanisme de la Ville de Sept-Îles (Ville de Sept-Îles, 2016). Le rapport fait état de plusieurs propriétés possédant des installations septiques non conformes<sup>2</sup>. Sur les six lots répertoriés dans le PIPC, cinq ont une installation septique non conforme et le sixième n'a pas de bâtiment sur le terrain. La Ville de Sept-Îles travaille en collaboration avec le Ministère de l'énergie et des ressources renouvelables (MERN) afin de définir l'orientation à prendre sur les usages non conformes dans ce secteur (Denis Tétreault, com. pers., 2018). En effet, les baux sont de nature commerciale, toutefois seul un site semble répondre à cet usage. Du côté municipal, le zonage est industriel avec une seule possibilité d'usage, soit le commerce lié aux services aériens. Le ministère attend l'orientation du conseil municipal à savoir s'il désire maintenir ce zonage et donc cette industrie dans ce secteur du lac ou modifier le zonage et faire disparaître les usages non conformes dans un premier temps, puis dans un second temps, ceux protégés par droits acquis éventuellement lors de la cessation définitive des activités. Une fois cette orientation connue, le ministère va amorcer le ménage des baux dans le secteur de la Baie Duclos et la ville, de façon parallèle, les modifications au zonage et la mise aux normes des installations septiques le cas échéant, pour les sites qui seront toujours occupés et conformes aux règlements de zonage.

Lors de la réalisation du PIPC, la firme exp a procédé à l'analyse de la bande riveraine du lac et au calcul de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) selon le protocole du MELCC

---

<sup>2</sup> (Règlement sur le traitement des eaux usées des résidences isolées, Q2. R.22).

(MELCC, 2018b). La très grande majorité de la bande riveraine présente un IQBR de classe de qualité « excellente ». Une section de qualité « bonne » est observée au nord-ouest du tributaire de la rivière des Rapides et des indices de classe « moyenne » et « bonne » sont attribués à des sections dans la baie Duclos et la baie reliée au lac Sans Nom, notamment en raison de la présence des installations récréotouristiques et des chalets. À ce titre, le rapport de caractérisation des installations septiques (Ville de Sept-Îles, 2016) indique que ces rives dénudées « *présentent des niveaux de problématique puisque l'érosion des sols est active et donc, différents nutriments et polluants peuvent facilement atteindre le cours d'eau sans passer par une bande riveraine nécessaire et protectrice de ce milieu* ».

- **Club de ski de fond Rapido**

Le club de ski de fond Rapido de Sept-Îles est une corporation à but non lucratif, gérée de façon bénévole, qui offre des pistes de ski de fond (36,9 km) et des sentiers de raquettes (9,4 km) à l'est du lac des Rapides. Le bâtiment principal du club Rapido sert également de halte pour le sentier provincial de motoneige.

- **Club Norcycle**

Le club Norcycle est un club de vélo de montagne, basé également au lac des Rapides. Les sentiers de vélo offerts (16 km) utilisent les pistes de ski de fond et de raquettes du club Rapido.

## **1.4 Activités de transport aérien**

- **Base d'hydravions**

C'est dans la baie Duclos que se concentrent les activités de transport aérien du lac des Rapides, avec la présence d'une entreprise commerciale, Air Saguenay, et d'un club privé, Les Ailes du lac Rapide.

D'après les informations contenues dans le PIPC (Les Services Exp, 2013), les installations de Air Saguenay comprennent cinq bâtiments : un bâtiment utilisé par les pilotes muni d'installations sanitaires et d'une fosse septique, un entrepôt de réservoirs d'essence, un bâtiment abritant le puits souterrain d'approvisionnement en eau potable, un bâtiment accueillant les bureaux muni d'installations sanitaires et d'une fosse septique et une remise où sont entreposés des huiles et plusieurs bidons d'essence appartenant à des particuliers utilisant les quais pour la mise à l'eau de leur bateau. Les Ailes du lac Rapide est un club privé de propriétaires privés de chalets qui se sont regroupés afin de pouvoir se rendre à leurs chalets en hydravion. Ils disposent d'une roulotte, de quais et d'un réservoir d'essence.

## 1.5 Activités industrielles

### ▪ Titres miniers et sites d'extraction

Les titres miniers sur le bassin versant du lac des Rapides ont été mis à jour avec les données disponibles sous le catalogue Gestim, ressource du MERN en ligne (MERN, 2018a). Seuls les titres d'exploitation seront référencés dans cette section.

Selon la nature de la substance exploitée, il peut s'agir d'un *bail minier (BM)* ou d'un *bail d'exploitation de substances minérales de surface*, qui peuvent être en *bail exclusif (BEX)* ou en *bail non exclusif (BNE)* (MERN, 2018b).

Quatre entités de titres miniers d'exploitation sont répertoriées sur le bassin versant du lac des Rapides. Elles sont toutes situées à la limite sud du bassin (figure 2) :

- *Bail minier (BM)* : Béton provincial Ltée et Carrière et Transport Napoléon Brochu Ltée ;
- *Bail exclusif d'exploitation de substances minérales de surface (BEX)* : Béton provincial Ltée et Locations de L'Anse.

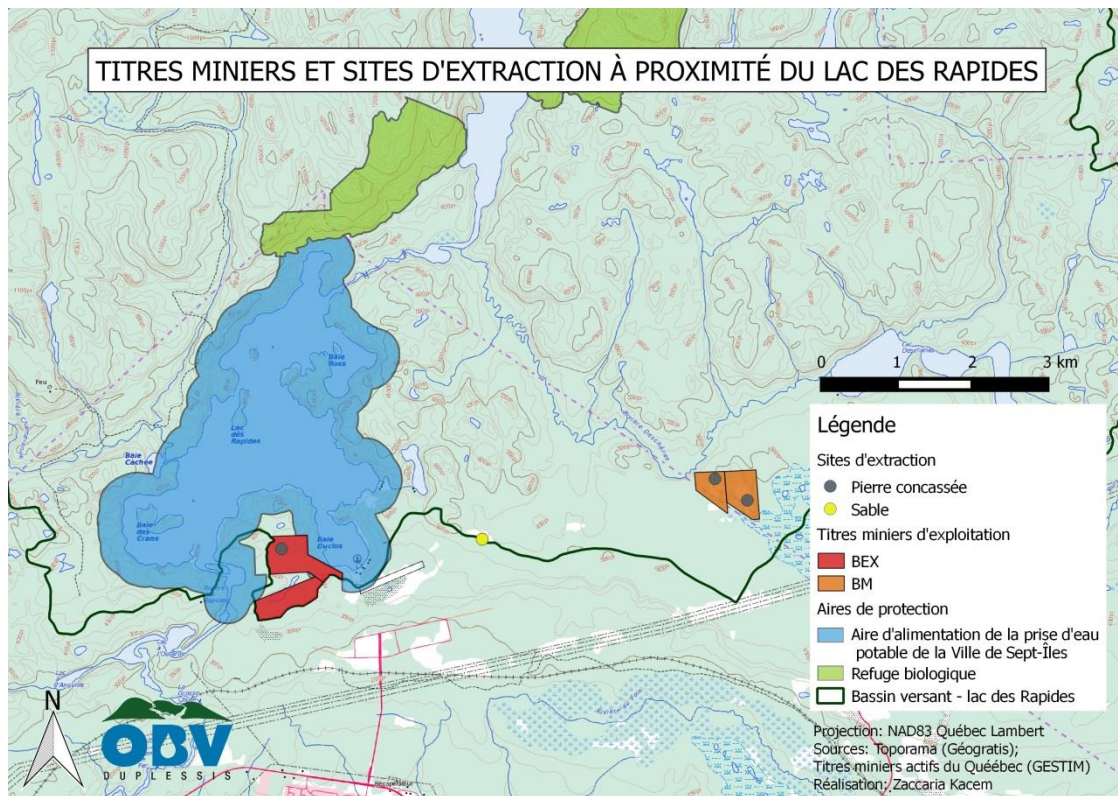
Parmi les sites d'extraction de substances minérales de surface sur le bassin versant du lac des Rapides, sont présents des sites d'exploitation de sable et de pierre concassée, tous au sud du bassin (figure 2) :

- Exploitations de sable, situés au même endroit :
  - Sept-Îles Métal Ltée (BNE) ;
  - Pavage Béton TC inc. (BNE) ;
  - Location Tempête (BNE).
- Exploitations de pierre concassée :
  - Location de L'Anse (BEX) ;
  - Béton Provincial Ltée (BM) ;
  - Carrière et Transport Napoléon Brochu Ltée (BM).

À noter que l'entreprise Location de l'Anse a entrepris à l'été 2018 des travaux d'expansion sur leur bail d'exploitation de surface (BEX), situé en bordure de la Baie Duclos (figure 2). Une section du chemin forestier se rendant à la nouvelle zone d'exploitation empiète sur le milieu humide se jetant dans la portion sud-ouest de la baie. Une zone de 1,9 hectares a été déboisée dans la portion nord-est du BEX à des fins d'exploitation future (Nathalie Després, com. pers., 2018).

La contrainte principale sur le bassin versant du lac des Rapides aux titres miniers est la zone de protection de l'aire de captage du lac des Rapides, qui constitue une réserve de l'État et dans laquelle l'exploration est interdite (Gazette officielle du Québec, 2009). Les six refuges biologiques présents sur le bassin versant constituent des contraintes dans lesquelles l'exploration est interdite à titre de suspension temporaire de l'octroi de titres miniers. Au nord-

est du bassin, se trouve une portion du projet d'aire protégée de la rivière Moisie faisant l'objet d'une suspension temporaire également, ainsi qu'une toute petite zone du projet d'aire protégée de la rivière Moisie qui est classée soustraite à l'activité minière.



**Figure 2 : Carte des titres miniers et sites d'extraction aux abords du lac des Rapides**

▪ **Industries déclarant à l'INRP**

Le registre de l'*Inventaire national des rejets de polluants* (INRP), géré par le ministère de l'environnement du Canada (MECC, 2016) a été consulté afin de vérifier la mise à jour des activités à proximité du lac des Rapides pouvant émettre des polluants, que ce soit dans l'atmosphère, dans l'eau ou dans le sol, éliminés et recyclés.

Dans la déclaration de 2016, ce sont toujours huit installations qui sont inscrites au registre de l'INRP sur le territoire de la ville de Sept-Îles, mais elles diffèrent des activités recensées en 2015 lors de la précédente étude. Cliffs Québec Mine de Fer Limitée et Mines Wabush ne sont plus inscrites au registre, alors que deux autres installations : Société Ferroviaire et Portuaire de Pointe-Noire-Terminal et Société Ferroviaire et Portuaire de Pointe-Noire-Site usine de bouletage sont dorénavant inscrites.

Sur ces huit installations, une installation effectue un rejet uniquement au sol, à environ 12 km du lac, et une autre uniquement dans l'eau, dans le fleuve Saint-Laurent. Les six autres installations émettent une part de leurs rejets polluants, ou l'ensemble, par voie atmosphérique. Compte tenu du transport possible des contaminants par voie atmosphérique, ce sont ces six



installations qui sont considérées comme potentiellement polluantes pour le lac, soit : Aluminerie Alouette inc., Imperial Oil, Inter-Cité constructions Ltée, IOC, Société Ferroviaire et Portuaire de Pointe-Noire-Terminal et Société Ferroviaire et Portuaire de Pointe-Noire-Site usine de bouletage.

Les polluants émis sont de nature et de teneurs variées. Les molécules recensées sont des composés de HAP, des oxydes d'azote, de soufre et de carbone, des fluorures, du soufre et des particules fines.

## 1.6 Dépotoirs clandestins

D'après la MRC de Sept-Rivières, un total de onze dépotoirs clandestins a été dénombré dans le bassin versant du lac des Rapides (Mbégou Faye, com. pers., 23 octobre 2018). Les dernières données disponibles, datant de 2013, indiquaient un nombre de 7 dépotoirs clandestins, soit une augmentation de 4 dépotoirs clandestins. Certains se trouvent à proximité du lac des Rapides tandis que d'autres sont répertoriés plus à la limite sud du bassin versant. Les superficies de ces dépotoirs varient de 2 à 150 m<sup>2</sup> et contiennent principalement des résidus de construction, des déchets divers de maison ainsi que des pièces de voitures. Pour le moment, aucun de ces dépotoirs n'a été nettoyé (figure 3).

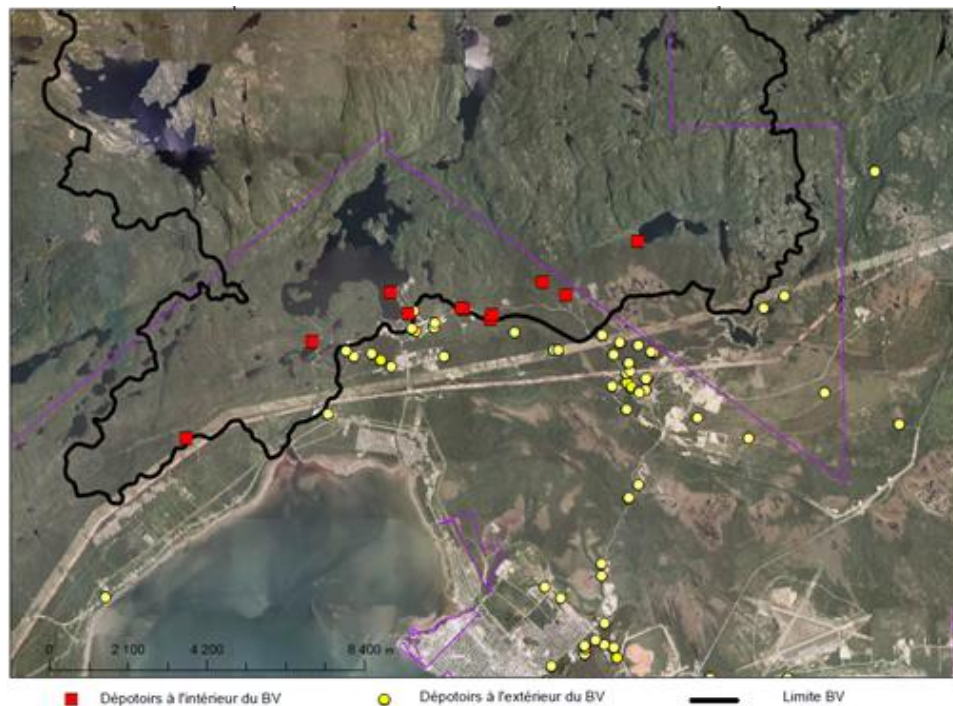


Figure 3 : Localisation des dépotoirs clandestins présents sur le territoire du bassin versant du lac des Rapides

## 2 Méthodologie

### 2.1 Collecte de données

La méthodologie employée lors de la troisième étude suit le même modèle que celle des deux précédentes études. Le lac a été suivi à travers ses différents compartiments : l'eau, les sédiments et les principaux tributaires. Les stations d'échantillonnage sont réparties sur l'ensemble du lac de manière à représenter les différents secteurs.

Afin de suivre à nouveau les variations saisonnières des différents paramètres, l'étude a été menée sur une année, à travers quatre campagnes saisonnières, soit été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018.

#### 2.1.1 Localisation des stations

La localisation des stations d'échantillonnage est présentée à la figure 4.

Concernant la qualité de l'eau, le suivi a été effectué auprès des mêmes stations que celles utilisées pour les deux précédentes études diagnostiques du lac des Rapides afin de pouvoir comparer les résultats (E1 à E9).

À ces stations, trois ont été initialement ajoutées dans le plan d'échantillonnage afin de recueillir des données provenant des trois principaux plans d'eau reliés au lac des Rapides, soit la Baie Cachée (E10) à l'ouest, le lac de la Montagne (E11) au nord et le lac Sans Nom à l'est (E12). L'objectif de ces stations était d'identifier, le cas échéant, la provenance de perturbations qui pourraient être observées dans les paramètres étudiés au lac des Rapides, de manière à savoir si elles sont intrinsèques au lac ou provenant de plans d'eau tributaires. Finalement, il n'a pas été possible d'échantillonner la station E12 pour les quatre saisons de la campagne d'échantillonnage dû à l'absence d'accès à une rampe de mise à l'eau, ainsi que la station E10 pour les saisons d'été, automne et printemps en raison d'un problème d'accès à la baie avec l'embarcation fournie par la compagnie employée pour assister l'OBV Duplessis. La station E11 n'a pas été échantillonnée en hiver en raison de sa localisation éloignée et l'impossibilité d'utiliser l'hydravion pour s'y rendre.

Les mêmes stations de tributaires ont été échantillonnées que lors de la précédente étude, soit la station T2, localisée au nord-est à l'embouchure de la rivière des Rapides et la station T3, correspondant à la rivière Championne via la baie Cachée, située dans la partie ouest du lac. Les stations de tributaires sont échantillonnées à toutes les saisons sauf à l'hiver pour des raisons de sécurité (couvert de glace fragile).

Concernant les sédiments, lors de la précédente étude, plusieurs stations de sédiments avaient été ajoutées dans la Baie des Crans et la Baie Duclos, afin d'y renforcer le suivi. Suite aux analyses effectuées, peu de variabilité y avait été observée. De ce fait, ce sont uniquement les six stations échantillonnées lors de la première étude qui ont été sélectionnées à nouveau pour

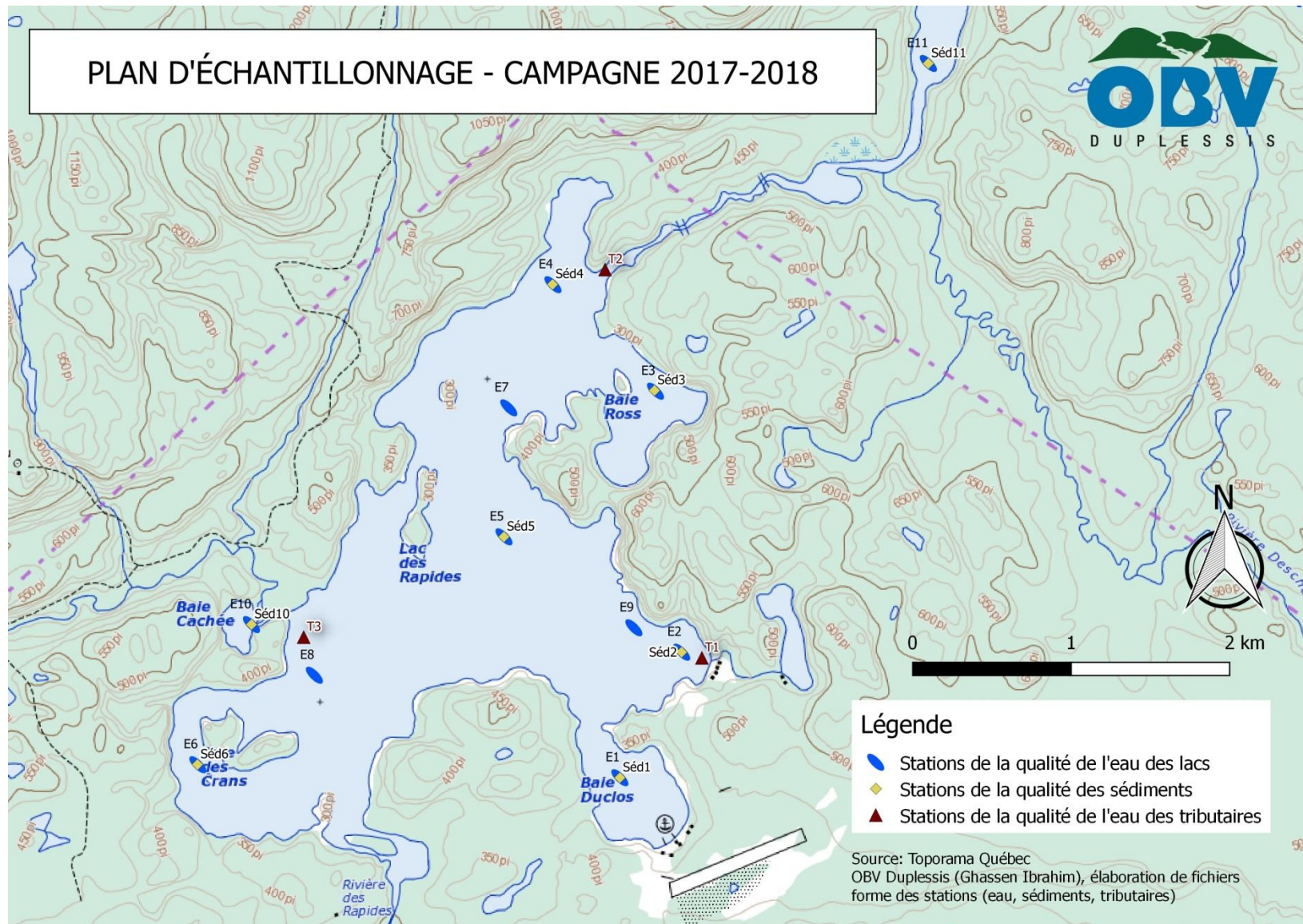
l'étude 2017-2018. La récolte des sédiments est effectuée aux mêmes emplacements que les stations de suivi de la qualité de l'eau. À ces six stations, une station supplémentaire avait été rajoutée dans chaque nouveau plan d'eau étudié, soit Sed10 dans la baie Cachée, Sed11 au lac de la Montagne et Sed9 au lac Sans Nom.

Le tableau 2 récapitule l'ensemble des échantillons réalisés dans le cadre de la troisième étude diagnostique.

**Tableau 2 : Répartition des échantillons pour l'étude 2017-2018**

Plan d'eau	Stations échantillonnées				
	Colonne d'eau	Sédiments	Saisons	Tributaires	Saisons
<b>Lac des Rapides</b>	E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9	Sed1, Sed2, Sed3, Sed4, Sed5, Sed6	É, A, H, P	T2, T3	É, A, P
<b>Baie Cachée</b>	E10	Sed10	H	-	-
<b>Lac de la Montagne</b>	E11	Sed11	É, A, P	-	-

*É : été 2017; A : automne 2017, H : hiver 2018, P : printemps 2018*



**Figure 4 : Localisation des stations d'échantillonnage**

## 2.1.2 Paramètres analysés

Deux types de paramètres ont été analysés. Premièrement, des données physico-chimiques ont été recueillies *in situ*, soit sur le terrain lors des campagnes d'échantillonnage. Celles-ci ont été mesurées directement dans l'eau des lacs à l'aide d'une sonde multiparamètre. Deuxièmement, des échantillons ont été récoltés, tant pour l'eau que les sédiments, et envoyés pour analyse en laboratoire. Les paramètres étudiés sont indiqués respectivement dans le tableau 3 et le tableau 4.

**Tableau 3 : Détails des paramètres mesurés *in situ***

Paramètres	Description	Où ?
<b>Mesures <i>in situ</i></b>		
<b>Température</b>	La température a une influence sur l'intensité et la diversité de la vie aquatique. Le profil vertical de température renseigne sur la présence et la force de la stratification thermique.	Eau des lacs
<b>Oxygène dissous</b>	L'oxygène dissous dans les lacs sert à la respiration des organismes aquatiques. Sa concentration varie en fonction de plusieurs facteurs (température de l'eau, profondeur du lac, concentration de matière organique et de nutriments, etc.). Les profils de profondeur de l'oxygène dissous donnent une indication de l'état trophique de l'eau.	Eau des lacs
<b>pH</b>	Le pH renseigne sur l'acidité des eaux. Il influence également fortement la diversité biologique des lacs ainsi que la quantité de nutriments et de métaux lourds dissous dans l'eau. (Lors de variations de pH vers un pH acide, certains métaux lourds toxiques se libèrent des sédiments et deviennent disponibles pour l'assimilation par les organismes aquatiques.)	Eau des lacs
<b>Conductivité</b>	La conductivité représente un indicateur de la teneur en ions et ainsi des substances dissoutes présentes dans l'eau. Les valeurs de conductivité sont essentiellement liées à la géologie locale.	Eau des lacs
<b>Chlorophylle <i>a</i></b>	Pigment vert retrouvé dans les plantes et les algues, la chlorophylle <i>a</i> est un indicateur de l'abondance (biomasse) des algues dans le lac. Il s'agit également d'un indicateur du niveau trophique de l'eau d'un lac.	Eau des lacs

**Tableau 4 : Détails des paramètres mesurés en laboratoire**

Paramètres	Description	Où ?
	<b>Analyses en laboratoire</b>	
<b>Phosphore total</b>	Élément nutritif essentiel à la croissance des plantes, il peut néanmoins, au-dessus d'une certaine concentration et lorsque les conditions sont favorables (faible courant, transparence adéquate, etc.), provoquer une croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques. Dans les sols et sédiments, la teneur en phosphore dépend beaucoup de la nature du substrat géologique.	Eau des lacs + Eau des tributaires + Sédiments
<b>Azote ammoniacal</b>	Dans les eaux naturelles, l'azote ammoniacal ou ammonium provient principalement du lessivage des terres agricoles ainsi que des eaux usées d'origines municipale et industrielle.	Eau des lacs + Eau des tributaires
<b>Azote total</b>	L'azote total comprend l'azote lié à la matière organique, l'azote ammoniacal, les nitrates et les nitrites.	Eau des lacs + Eau des tributaires
<b>Azote total Kjeldahl</b>	L'azote total Kjeldahl représente la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique.	Eau des lacs + Eau des tributaires
<b>Carbone organique dissous</b>	Le carbone organique dissous (COD) provient de la décomposition d'organismes végétaux ou animaux. Il permet de suivre l'évolution de la pollution organique des milieux aquatiques.	Eau des lacs + Eau des tributaires
<b>Alcalinité</b>	L'alcalinité se définit comme la capacité à neutraliser un acide. Elle est causée principalement par la présence des ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes et est augmentée par des apports d'origine domestique (phosphate, ammoniac, matières organiques) ou industrielle.	Eau des lacs + Eau des tributaires
<b>Chlorophylle <i>a</i></b>	Pigment vert retrouvé dans les plantes et les algues, la chlorophylle <i>a</i> est un indicateur de l'abondance (biomasse) des algues dans le lac. Il s'agit également d'un indicateur du niveau trophique de l'eau d'un lac.	Eau des lacs + Eau des tributaires
<b>Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub></b>	Composés organiques provenant de la distillation du pétrole.	Eau des lacs + Sédiments
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>	Les HAP proviennent à la fois de sources naturelles (essentiellement incendies de forêt) et anthropiques. Les sources anthropiques de HAP dans l'atmosphère sont principalement le chauffage au bois résidentiel et les alumineries. Les sources de rejets de HAP dans l'eau comprennent les produits traités à la créosote, les déversements de produits pétroliers, les usines métallurgiques et les cokeries, ainsi que les retombées de HAP présents dans l'atmosphère.	Eau des lacs + Sédiments
<b>Éléments métalliques</b>	Naturellement présents dans l'environnement, ils sont également rejetés dans l'environnement à partir de diverses sources humaines (procédés industriels, combustibles fossiles, transports, incinération de déchets, etc.).	Eau des lacs + Sédiments
<b>Carbone organique total</b>	La mesure du carbone organique total (COT) permet d'évaluer la quantité de matière organique présente dans des échantillons de sols et de sédiments. Il se présente sous différentes formes organiques dans les sédiments (matières humiques, substances chimiques, matières végétales et animales).	Sédiments

## 2.1.3 Échantillonnage

### 2.1.3.1 Mesures *in situ*

Les paramètres physico-chimiques récoltés *in situ* aux stations d'échantillonnage de qualité de l'eau des lacs E1 à E11, à l'aide d'une chaloupe à moteur, sont les suivants : la température, l'oxygène dissous, le pH, la conductivité et la teneur en chlorophylle *a*. Pour ce faire, les données ont été récoltées dans la colonne d'eau à l'aide de la sonde multiparamètre de la marque YSI, modèle EXO2, à intervalles réguliers de 2 mètres, à partir de 1 mètre de profondeur.

Les profondeurs moyennes des stations sont indiquées au tableau 5. Certaines différences sont présentes pour une même station à différentes saisons, ainsi que d'une année d'étude à l'autre. Ces valeurs sont surlignées en vert et en bleu respectivement dans le tableau 5. La bathymétrie irrégulière et la présence de fosses plus profondes dans le lac font en sorte qu'une différence de quelques mètres dans l'emplacement de la chaloupe peut enligner la sonde dans une zone plus profonde du lac, bien que ce soit à quelque mètres des coordonnées initiales de la station.

À noter que pour les stations E7 et E9, lors de l'échantillonnage 2015-2016, et pour toutes les stations lors de l'échantillonnage hivernal de 2018, le câble de la sonde multiparamètre mesurait 33 m de longueur alors que pour la période 2017-2018, un câble de 60 m a été utilisé, ce qui a permis d'atteindre une plus grande profondeur, et cela explique la différence de moyenne entre les deux études.

**Tableau 5 : Comparatif des données de profondeurs pour les périodes 2015-2016 et 2017-2018**

Station	Été 2017	Automne 2017	Hiver 2018	Printemps 2018	Moyenne 2017-2018	Moyenne 2015-2016	Moyenne 2013-2014
E1	5	5	5	7	5,5	10	11,75
E2	17	19	19	15	17,5	17	13,75
E3	17	15	15	13	15	14	15,25
E4	17	17	17	19	17,5	18	16
E5	5	5	5	7	5,5	6	5
E6	15	15	13	11	13,5	14	11,5
E7	41	41	31	41	38,5	25	-
E8	31	7	11	5	13,5	12	-
E9	49	53	31	57	47,5	29	-
E10	-	-	7	-	7	-	-
E11	31	31	-	31	31	-	-

### 2.1.3.2 Analyses en laboratoire

En plus des données récoltées *in situ*, des échantillons d'eau ont été prélevés à des fins d'analyses ultérieures en laboratoire. La récolte de ces échantillons a été réalisée selon les

recommandations générales du protocole élaboré dans le cadre du Réseau de surveillance volontaire des lacs (MDDEP et CRE des Laurentides, 2017).

Pour les stations de qualité d'eau des lacs (E1 à E11) ainsi que pour les deux stations de qualité de l'eau des tributaires (T2 et T3), les échantillons d'eau ont été récoltés à l'aide de bouteilles fournies par le laboratoire à 10 cm sous la surface de l'eau. L'analyse de ces échantillons permet d'évaluer la mesure des paramètres de l'alcalinité, les teneurs en nutriments (phosphore, azote), la chlorophylle *a*, le carbone organique dissous et les concentrations en hydrocarbures et éléments métalliques présents dans l'eau des lacs

La conservation et l'envoi des échantillons au laboratoire d'analyses ont été effectués selon les recommandations du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ, 2012).

Pour l'échantillonnage des sédiments (Sed1 à Sed6, Sed10 et Sed11), une benne Eckman a été utilisée suite à la collecte des données *in situ* et des échantillons d'eau de surface, afin de ne pas troubler l'eau avec des sédiments provenant de la benne lors de sa remontée et ainsi fausser les données récoltées subséquemment. Le protocole utilisé a été basé sur les directives du « *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime* » (Environnement Canada, 2002).

Pour l'échantillonnage 2017-2018, le laboratoire Eurofins essais environnementaux a été sélectionné comme laboratoire accrédité conformément aux normes et exigences du Programme d'accréditation des laboratoires d'analyses par le MELCC pour l'analyse des échantillons d'eau et de sédiments. Certaines analyses sont envoyées par le laboratoire en sous-traitance (phosphore total, chlorophylle *a*, azote total et azote total Kjeldhal).

Les méthodes employées et les limites de détection associées sont présentées à l'annexe 1.

#### **2.1.4 Récapitulatif**

La stratégie globale d'échantillonnage suit le même principe que lors de l'étude précédente. Les différentes procédures sont illustrées à la figure 5, avec la répartition des analyses selon les critères généraux de l'étude diagnostique.



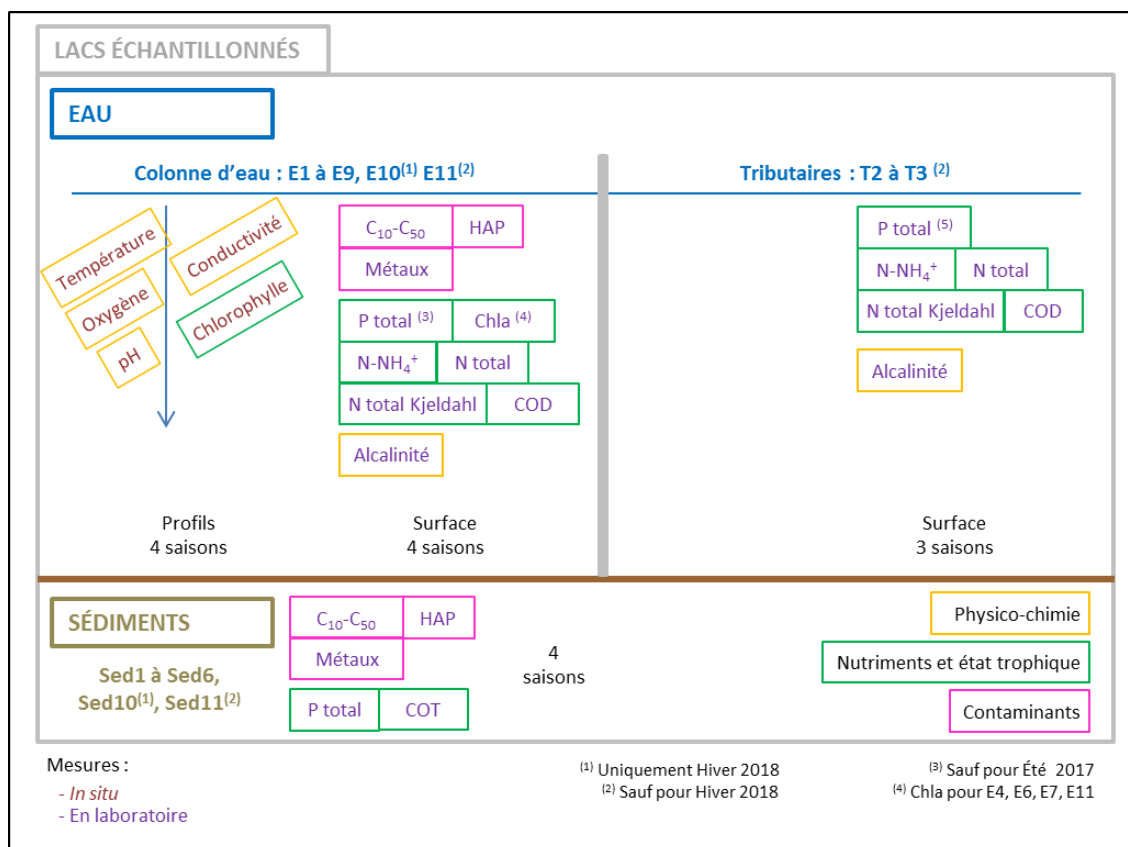


Figure 5 : Détail des paramètres analysés

## 2.2 Analyses statistiques

Des analyses statistiques ont été menées afin d'examiner les résultats obtenus dans le cadre de l'étude actuelle. Ensuite, lorsque cela était possible, des tests ont été effectués afin de comparer les résultats observés sur les trois études diagnostiques réalisées.

Les tests sont un outil indispensable afin de pouvoir comparer des moyennes d'échantillons différents en taille et en nombres, car ils prennent en compte ces biais. Ils permettent ainsi de déterminer si la différence de moyennes des X échantillons (dans notre cas plusieurs années) est significativement égale ou différente de 0.

### 2.2.1 ANOVA et test de kruskal wallis

Dans le but de tester l'évolution de certains paramètres de la qualité de l'eau au lac des Rapides sur les trois années d'étude, il a été nécessaire de comparer les valeurs moyennes de plusieurs variables limnologiques mesurées lors des campagnes d'échantillonnage des années 2013-2014, 2015-2016 et 2017-2018. Pour ce faire, l'analyse de variance (ANOVA) à une voie a été utilisée afin de comparer cette variation temporelle.

Dans le cas où l'analyse de variance s'avérait significative, le test post-hoc de Tukey a été appliqué afin d'identifier les paires d'échantillons dont les moyennes étaient significativement différentes. Si les données n'étaient pas normalement distribuées ou si les variances des échantillons étaient inégales, le test de Kruskal-Wallis a été appliqué. Dans le cas où le test de Kruskal-Wallis décelait une différence significative entre les moyennes, un test de Dunn était ensuite mené afin d'identifier précisément les paires dont les moyennes différaient significativement.

Ces tests sont utilisés pour comparer la moyenne de plus de deux échantillons et ont été appliqués pour les paramètres COD, pH et phosphore total.

### **2.2.2 Test de t (Student) et test de Wilcoxon-Mann-Whitney**

Les variables limnologiques soumises à l'analyse de variance et au test de Student sont celles relatives à la qualité de l'eau et l'état trophique du lac soient le phosphore total et le COD dans la colonne d'eau.

Lorsque les données des paramètres à tester étaient uniquement disponibles sur deux années et non trois (comparaison de moyenne de deux échantillons), des tests de Student ou de Wilcoxon-Mann-Whitney ont été menés. Dans le cas de données normalement distribuées et où les variances étaient égales, ce sont des tests paramétriques, plus précisément de Student, qui ont été conduits. Lorsque l'une ou l'autre de ces conditions n'était pas respectée, ce sont des tests non paramétriques, de Wilcoxon-Mann-Whitney qui ont été utilisés. Le test est considéré comme valide lorsque sa *p-value* est inférieure à 0,05 ; soit un résultat avec un intervalle de confiance de 95 %.

Ces tests ont été appliqués pour le paramètre azote total.

## **2.3 Critères de qualité**

Les critères de qualité sont utilisés comme référence afin de déterminer l'état du lac des Rapides. Concernant la qualité de l'eau, les données analysées en laboratoire et celles obtenues avec la sonde sont comparées aux critères de qualité de l'eau de surface définis par le MELCC (MDDEFP, 2013) pour les principaux usages de l'eau. Les critères de qualité sont définis ci-dessous (figure 6), soit *Prévention de la contamination* ; *Protection de la vie aquatique* ; *Protection de la faune terrestre piscivore* ; *Protection des activités récréatives et l'esthétique*. Pour ce qui est du critère *Prévention de la contamination*, ce sont les critères *eau et organismes aquatiques* qui seront pris en compte pour le lac des Rapides car il abrite la source d'eau potable de la ville de Sept-Îles. Pour les autres plans d'eau, lac de la Montagne et Baie Cachée, ce sont les critères *organismes aquatiques seulement* qui seront considérés.

### **Critères de qualité pour la prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques**

Les critères de prévention de la contamination (CPC) sont des critères de qualité déterminés pour protéger l'eau et les organismes aquatiques de toute contamination pouvant nuire à la consommation humaine actuelle et future.

Pour les eaux de surface où une prise d'eau potable est présente, les CPC sont calculés de façon à protéger un individu qui consommerait pendant toute sa vie une eau contaminée à cette concentration et des organismes aquatiques qui ont bioaccumulé la substance à partir de l'eau à la concentration du CPC. Dans ce cas, il faut se référer au critère de l'usage prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques).

### **Critères de qualité pour la protection de la vie aquatique**

La vie aquatique, tant celle qui est présente dans un plan d'eau que celle qui devrait s'y retrouver si le plan d'eau n'était pas déjà dégradé, doit être protégée contre toute agression provenant des effets directs des substances toxiques, ou des effets indirects liés, par exemple, à une baisse en oxygène dissous ou au dépôt de matières en suspension.

Deux critères de qualité chimiques sont déterminés pour assurer une protection à court et à long terme de tous les organismes aquatiques : un critère de vie aquatique aigu et un critère de vie aquatique chronique. Le critère de vie aquatique chronique (CVAC) est la concentration la plus élevée d'une substance qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques (et leur progéniture) lorsqu'ils y sont exposés quotidiennement pendant toute leur vie. Le critère de vie aquatique aigu (CVAA) est la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés.

### **Critères de qualité pour la protection de la faune terrestre piscivore**

La faune terrestre piscivore est définie ici par les espèces non domestiques des classes taxonomiques aves et mammalia (oiseaux et mammifères). Les critères de qualité pour la faune terrestre piscivore (CFTP) correspondent à la concentration d'une substance dans l'eau qui ne causera pas, sur plusieurs générations, de réduction significative de la viabilité ou de l'utilité (au sens commercial ou récréatif) d'une population animale exposée par sa consommation d'eau ou son alimentation. Le critère final pour la faune terrestre piscivore est la valeur la plus basse entre celle calculée pour protéger les espèces aviaires et celle calculée pour protéger les mammifères.

### **Critères de qualité pour la protection des activités récréatives et d'esthétique**

Les critères de qualité pour la protection des activités récréatives visent principalement à prévenir les dangers pour la santé liés au contact direct ou indirect avec l'eau mais ils couvrent aussi les aspects esthétiques de la ressource.

**Figure 6 : Fondements des critères de qualité de l'eau de surface (MDDEFP, 2013)**

Pour les échantillons de sédiments, les critères retenus sont les mêmes que lors de la deuxième étude diagnostique dont les explications sont reprises ici.

Les teneurs obtenues en hydrocarbures aromatiques polycycliques et métaux sont comparées aux critères de qualité indiqués dans le guide « *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration* » (Environnement Canada et MDDEP, 2007).

À partir de la base de données du Conseil canadien des ministres de l'environnement, ce guide fixe cinq valeurs de référence, selon les effets potentiels sur la vie aquatique, soit :

- **CER** : Concentration d'effets rares ;
- **CSE** : Concentration seuil produisant un effet ;
- **CEO** : Concentration d'effets occasionnels ;
- **CEP** : Concentration produisant un effet probable ;
- **CEF** : Concentration d'effets fréquents.

Par ailleurs, le guide définit trois contextes distincts dans lequel la gestion des sédiments au Québec se réalise : la « *prévention de la contamination des sédiments* », la « *gestion des déblais de dragage* » et la « *restauration de sites aquatiques contaminés* ».

Le contexte de gestion de la prévention de la contamination des sédiments est le contexte retenu dans le cadre de l'étude du lac des Rapides. Dans ce cas, le document de référence stipule que : « *pour la prévention de la contamination des sédiments due à un nouvel apport de contaminants dans un plan d'eau (exemple : rejets industriels ou urbains), la Concentration d'effets rares (CER) et la Concentration seuil produisant un effet (CSE) constituent les valeurs seuils qui permettent de définir le cadre de gestion* ».

Ainsi, les résultats obtenus dans les sédiments seront évalués en fonction de ces deux seuils, CER et CSE.

Il importe de souligner que, pour certains paramètres analysés en laboratoire, les limites de détection des appareils de mesure du laboratoire sont parfois trop élevées en comparaison aux critères de qualité. Ainsi, lorsque les concentrations mesurées de ces éléments-là sont inférieures aux limites de détection, il n'est pas possible de conclure quant au respect des critères de qualité. C'est notamment le cas des HAP cancérigènes totaux et de certains éléments métalliques (béryllium, cadmium, plomb et mercure) dans l'eau, et de 11 HAP sur 13 dosés et ayant des critères de qualité pour les sédiments.

Il a été validé avec le laboratoire que les limites de détections de leurs instruments d'analyse ne pouvaient être plus basses.

## 3 Résultats et discussions

Les résultats sont présentés par compartiment d'étude, soit la colonne d'eau, les sédiments et les tributaires. Au début de chaque section, un encadré permet de rappeler les principales caractéristiques du paramètre étudié et à la fin de chaque section, un encadré met en évidence ce qui est à retenir.

### 3.1 Caractérisation de l'eau des lacs

#### 3.1.1 Physico-chimie

##### 3.1.1.1 Température et oxygène dissous

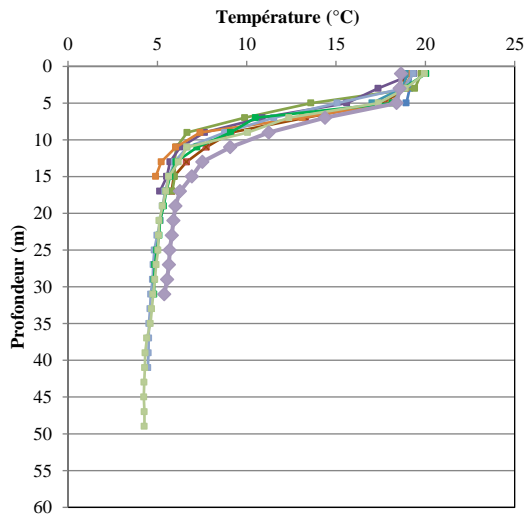
La température et l'oxygène dissous ont été mesurés dans les stations de qualité de l'eau du lac des Rapides (E1 à E9), aux quatre campagnes d'échantillonnage, et ce, sur toute la colonne d'eau, à intervalles réguliers de 2 m. Le suivi a été effectué uniquement en hiver à E10 (Baie Cachée), et à toutes les saisons sauf en hiver à E11 (lac de la Montagne).

Les profils verticaux de température renseignent sur la présence d'une stratification thermique et son intensité ainsi que la présence de brassage. La mesure de l'oxygène dissous est un indicateur du métabolisme du lac.

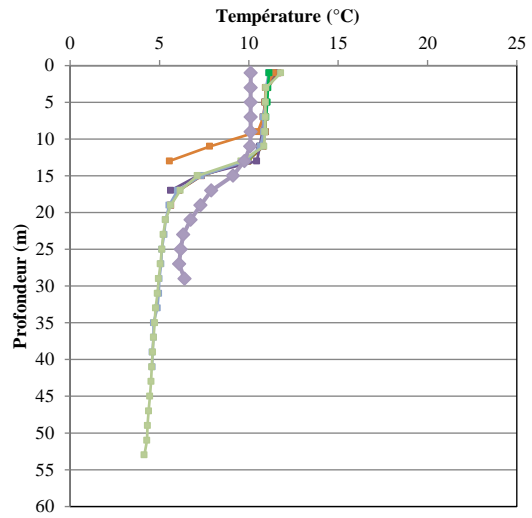
- **Température**

La température de l'eau influe sur la quantité d'énergie disponible pour la productivité biologique et les processus chimiques et physiques dans les lacs, y compris sur la quantité d'oxygène dissous qui protège la vie aquatique (Environnement Canada et Gestion des ressources hydriques du Manitoba, 2011). La température peut induire une stratification thermique du lac, c'est-à-dire la formation de couches d'eau distinctes superposées les unes sur les autres. La formation de ces couches est due à une différence de température entre les couches, ce qui entraîne une différence de densité de l'eau (CRE des Laurentides, 2009). De plus, la température influence la répartition et la composition des espèces végétales et animales d'un lac (Hade, 2003).

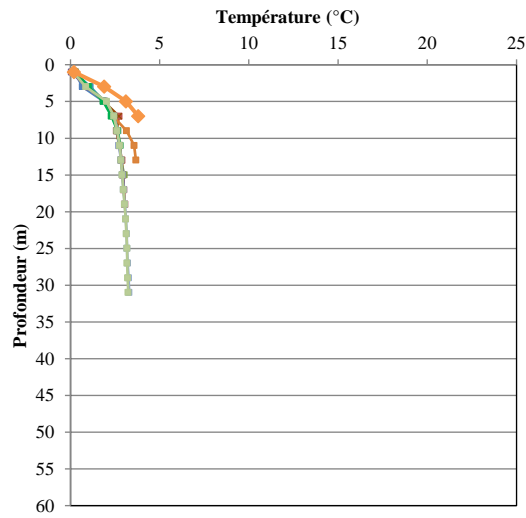
### Été 2017



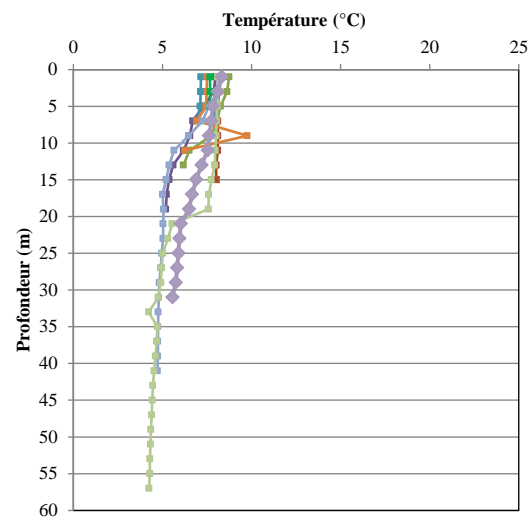
### Automne 2017



### Hiver 2018



### Printemps 2018



### Légende



Figure 7 : Évolution de la température des stations de lacs en fonction des saisons

La figure 7 illustre les profils de température aux quatre saisons d'échantillonnage pour toutes les stations de qualité de l'eau des lacs (E1 à E11).

De manière générale, le profil de température de l'ensemble des stations de qualité de l'eau est homogène.

À l'été 2017, la température de l'eau en surface des stations de qualité de l'eau du lac des Rapides s'élève à 19-20°C environ. Un changement brusque de température (diminution de près de 10 °C) est observé entre 5 et 10 m de profondeur : cette zone de transition thermique correspond à la thermocline et induit une stratification des couches d'eau, c'est-à-dire :

- une couche superficielle plus chaude, l'épilimnion, dans laquelle la lumière pénètre favorisant ainsi la croissance des végétaux aquatiques ;
- une couche de transition, le métalimnion, caractérisée par la thermocline ;
- et la couche plus profonde, l'hypolimnion, plus froide et plus dense (Cantin, 2009).

Enfin, les températures plus en profondeur avoisinent 5 °C.

Les températures estivales relevées à la surface de l'eau lors de l'échantillonnage de 2017 sont plus élevées que celles mesurées en 2015, mais légèrement plus basses que celles de 2013, et suivent les températures de l'air enregistrées lors des prises de données qui sont respectivement de 19°C, 15°C et 26°C. La thermocline a également été observée lors des échantillonnages estivaux de 2013 et 2015, entre 5 et 10 m.

À l'automne, les températures de l'air, plus froides à cette saison, ont refroidi la surface de l'eau (autour de 11-12°C). La thermocline est toujours visible mais s'est abaissée, entre 10 et 15 m, et les températures en profondeur sont proches de 4°C.

Les échantillonnages automnaux précédents (en 2013 et 2015) présentaient un profil de température homogénéisé sur toute la colonne d'eau (environ 6°C), indiquant que le lac était en brassage. En effet, les eaux superficielles, en refroidissant, sont plus denses et un peu de vent suffit à mélanger tout le lac. Il semblerait alors que la campagne d'échantillonnage d'automne 2017 a eu lieu avant le brassage automnal.

À l'hiver, la stratification thermique est inversée, ce qui laisse supposer que le brassage du lac s'est produit entre la campagne d'échantillonnage d'automne et celle d'hiver. La couche superficielle est située sous une couche de glace et est ainsi plus froide, avoisinant 0°C. Les températures augmentent légèrement avec la profondeur. En effet, entre 0 et 4°C, la densité de l'eau augmente, le maximum de densité de l'eau étant à 4°C. Ainsi, les températures de l'eau en profondeur atteignent 4°C. Les mêmes profils de température avaient été mis en évidence à travers les campagnes hivernales de 2015 et de 2013.

Enfin, au printemps, la température de l'air, de plus en plus élevée, va faire fondre la glace et réchauffer progressivement l'eau en surface, et lorsque celle-ci atteint 4°C, elle plonge

vers le fond pour se mélanger avec l'eau en profondeur, c'est le brassage printanier. Les températures de l'eau mesurées lors de la campagne printanière de 2018 indiquent des valeurs en surface comprises entre 7 et 9°C. Les températures diminuent avec la profondeur jusqu'à 4-5°C pour les stations les plus profondes. Ainsi, selon les profils de température obtenus, il apparaît que le brassage printanier du lac s'est déjà produit et que la stratification thermique se met doucement en place. C'est également ce qu'avait montré l'échantillonnage de 2015. En revanche, en 2013, la campagne printanière a eu lieu au moment du brassage et les températures relevées étaient homogènes sur toute la colonne d'eau (environ 4°C).

À noter que la station de qualité de l'eau du lac de la Montagne (E11) pour laquelle des mesures ont été prises aux campagnes d'été 2017, d'automne 2017 et de printemps 2018, présente les mêmes profils de température. La station E10 quant à elle semble présenter des températures plus élevées en hiver.

Tels que montrés dans les précédentes études, les profils verticaux de température indiquent que le lac est dimictique, avec deux brassages annuels, un au printemps et l'autre à l'automne. Les lacs dimictiques sont typiques des régions tempérées à saisons contrastées avec des hivers relativement froids (Hade, 2003).

#### **En résumé :**

- Profils de température homogènes entre les stations
- Présence d'une stratification thermique des masses d'eau à l'été avec une thermocline située en moyenne entre 5 et 10 m de profondeur, et d'une stratification thermique inversée à l'hiver
- Les profils de température de toutes les stations durant les quatre saisons de 2013 à 2017 confirment un double brassage annuel des masses d'eau (printemps et automne), caractéristique des lacs canadiens (lac dimictique)

#### **▪ Oxygène dissous**

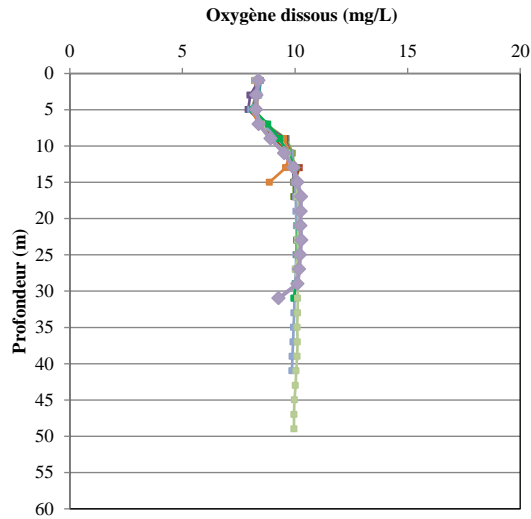
L'oxygène dissous est reconnu comme étant le paramètre le plus fondamental de la qualité de l'eau (CCMEa, 1999). Il provient principalement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques. La consommation d'oxygène, quant à elle, est liée notamment à la respiration des organismes aquatiques (animaux, plantes, microbes) et à la décomposition de la matière organique. Dans les plans d'eau étendus et profonds, l'oxygénation dépend des vents, des courants et des afflux qui entraînent la descente des eaux superficielles aérées (CCMEa, 1999). Les teneurs en oxygène dissous sont également influencées par d'autres processus physiques tels que la température. En effet, lorsque la température augmente, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue, ce qui a un effet important sur la vie aquatique.

La figure 8 présente les concentrations en oxygène dissous mesurées dans les stations de qualité de l'eau des lacs (E1 à E11), par saison.

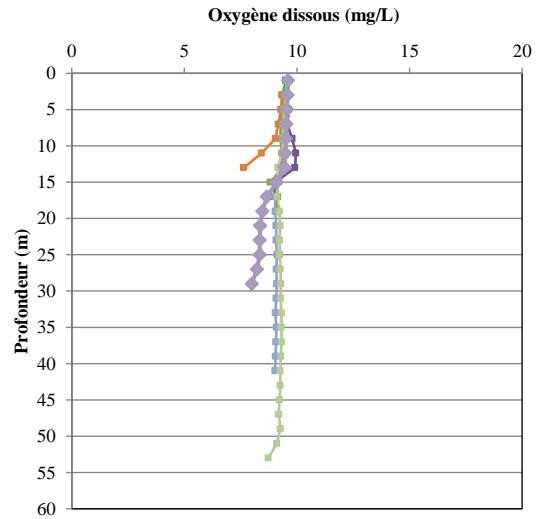


Globalement, l'ensemble des stations de qualité de l'eau des lacs affiche le même profil d'oxygène dissous, à l'exception de la station E6 située dans la Baie des Crans (abritant la source d'eau potable) et de la station E10 (Baie Cachée ; campagne d'hiver).

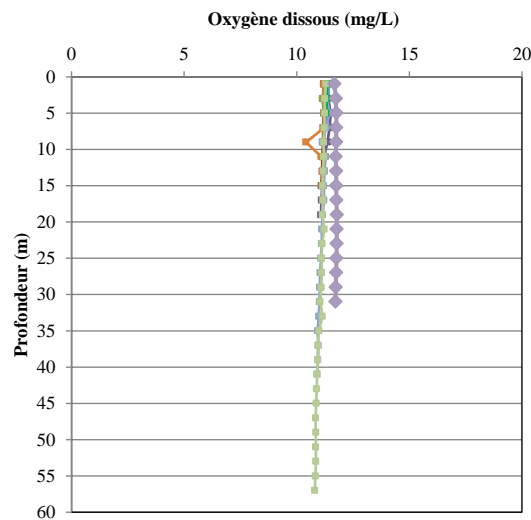
Été 2017



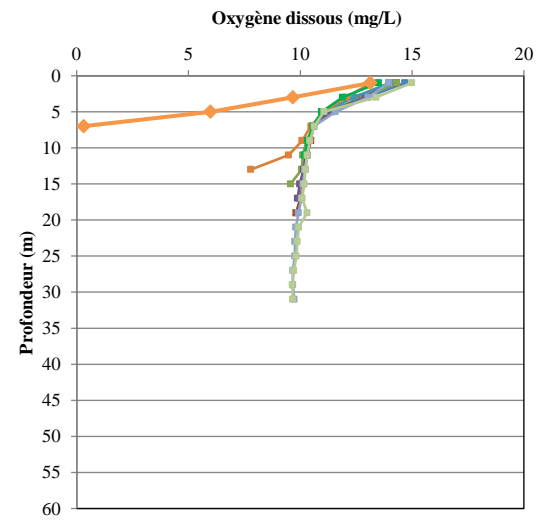
Automne 2017



Printemps 2018



Hiver 2018



Légende



Figure 8 : Évolution de la teneur en oxygène des stations E1 à E11 en fonction des saisons

Lors de la campagne estivale 2017, les teneurs en oxygène dissous relevées aux stations de qualité de l'eau du lac des Rapides sont plus faibles en surface (épilimnion), environ 8 mg/L. Elles augmentent rapidement dans le métalimnion pour atteindre environ 10 mg/L puis restent stables dans l'hypolimnion. La station E11 (lac de la Montagne) présente le même profil. L'augmentation des températures estivales entraîne une diminution de la concentration et de la solubilité de l'oxygène dissous dans la couche d'eau superficielle (CCMEa, 1999). À l'inverse, une baisse de température dans le métalimnion et l'hypolimnion induit une augmentation de la teneur en oxygène dissous (CCMEa, 1999). Le même profil avait été constaté lors de la campagne d'échantillonnage estival de 2015.

Lors de la campagne d'automne 2017, les concentrations en oxygène dissous mesurées sont majoritairement autour de 9-9,5 mg/L sur toute la colonne d'eau, avec une teneur minimale de 7,6 mg/L et une teneur maximale de 10,0 mg/L, indiquant que le lac est sur le point de basculer. Le même profil est notable au lac de la Montagne à travers la station E11. Les concentrations en oxygène dissous mesurées aux campagnes d'automne de 2015 et de 2013 étaient également globalement homogènes sur toute la colonne d'eau. La station E6 présente des teneurs plus faibles en profondeur que les autres stations de profondeur équivalente.

À l'hiver 2018, les teneurs en oxygène dissous en surface sont plus élevées qu'aux autres saisons pour toutes les stations de qualité de l'eau du lac des Rapides et comprises entre 13,2 et 15,0 mg/L. Les teneurs en oxygène diminuent avec la profondeur, avec une transition marquée entre les couches de 0 et 10 m. C'est également ce qui avait été observé lors de l'échantillonnage hivernal de 2015. À cette saison, logiquement, la glace formée prive la surface du lac de tout contact avec l'atmosphère (Secondat, 1952). Il est alors possible que les fortes teneurs observées dans la couche superficielle soient liées aux conditions de terrain. En effet, afin de mesurer l'oxygène dissous en hiver, il faut casser la glace en surface, d'une épaisseur d'environ 70 cm. Et l'agitation engendrée par la rupture de la glace pourrait être à l'origine de ces fortes teneurs. La diminution des teneurs en oxygène dans les couches inférieures peut être reliée aux processus de respiration et d'oxydation qui sont toujours présents et entraînent une consommation d'oxygène proportionnelle à la profondeur (CCMEa, 1999). La station E6 présente à nouveau des concentrations plus faibles en profondeur. La station E10 quant à elle affiche un profil relativement différent : en surface, la teneur mesurée est de 13,15 mg/L, puis les concentrations diminuent très fortement et rapidement, 9,68 mg/L à - 3 m et 6,0 mg/L à - 5 m, pour atteindre une concentration proche de l'anoxie au fond (0,33 mg/L). L'oxygène a pu être consommé par la respiration des organismes aquatiques et par la décomposition de la matière organique par les bactéries (CCMEa, 1999). Les conditions anoxiques peuvent d'une part entraîner des conséquences dommageables pour les autres organismes aquatiques (Hade, 2003), et d'autre part, favoriser la remise en circulation du phosphore contenu dans les sédiments (Labrecque, 2012) ; à noter que c'est d'ailleurs à cette station que la concentration la plus élevée en phosphore a été relevée lors de la campagne d'hiver : 10,3 µg/L pour une moyenne de 7,5 µg/L sur les stations E1 à E9. Pour rappel, cette station n'a pu être échantillonnée qu'à cette saison. Des mesures supplémentaires à toutes les saisons seraient nécessaires afin de vérifier si les résultats obtenus à l'hiver 2018 sont ponctuels ou non. Il

importe toutefois de rappeler que cette station est localisée dans une petite baie peu profonde, les conditions d'oxygénation de l'eau ne sont donc pas les mêmes que celles du lac de Rapides.

Au printemps 2018, les profils d'oxygène dissous des stations, y compris celui de la station E11, apparaissent globalement uniformes entre elles, sur toute la profondeur, et la concentration en oxygène dissous est d'environ 11-12 mg/L dans l'ensemble des stations. Cela est lié aux basses températures observées à cette saison (Secondat, 1952). Lors des campagnes printanières précédentes, les teneurs en oxygène dissous étaient également sensiblement les mêmes dans toute la colonne d'eau.

- **Critères de qualité**

Il n'existe qu'un seul critère de qualité de l'eau de surface lié à l'oxygène dissous, celui de la *Protection de la vie aquatique (effet chronique)*. Les concentrations en oxygène dissous ne devraient pas être inférieures aux valeurs contenues dans le tableau 6.

**Tableau 6: Critères de qualité de l'eau de surface de l'oxygène dissous - Usage *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* (MDDEFP, 2013)**

Température (°C)	Concentration d'oxygène dissous	
	Biote d'eau froide	
	% de saturation	mg/L
0	54	8
5	54	7
10	54	6
15	54	6
20	57	5
25	63	5

L'ensemble des teneurs en oxygène dissous obtenues au lac des Rapides respecte le critère de qualité pour le biote d'eau froide. Les eaux du lac sont bien oxygénées, sur toute la colonne d'eau, et ce, quelle que soit la saison de l'année. Néanmoins, deux données mesurées à la station E10 (localisée dans la Baie Cachée) lors de la campagne d'hiver 2018, 6 mg/L à 5 m de profondeur et 0,33 mg/L à 7 m de profondeur, dépassent les concentrations en oxygène dissous préconisées par le MELCC (MDDEFP, 2013).

Pour rappel, lors de l'année d'échantillonnage 2015-2016, l'ensemble des concentrations en oxygène dissous obtenues respectait également ce critère de qualité. En revanche, pour l'année d'échantillonnage 2013-2014, deux mesures n'étaient pas conformes (relevées à E4 en été et E1 en hiver) et une mesure était à la limite (relevée à E5 en hiver). Néanmoins, ces teneurs ont été mesurées en profondeur et le document de référence indique que dans les eaux de l'hypolimnion, la concentration naturelle en oxygène dissous est parfois plus faible que les concentrations mentionnées en tant que critère de qualité de l'eau de surface (MDDEFP, 2013).

#### En résumé :

- Eau du lac des Rapides bien oxygénée durant toute l'année
- Quelques teneurs en oxygène dissous dans l'hypolimnion (stations E1, E4 et E6) ne respectent pas le critère de qualité relatif à la Protection de la vie aquatique (effet chronique) ; toutefois, d'après le MELCC, la concentration naturelle en oxygène dissous dans l'hypolimnion est parfois plus faible que les concentrations mentionnées en tant que critère de qualité de l'eau de surface
- Station E10 (Baie Cachée) : concentrations relevées à l'hiver proches de l'anoxie en profondeur, probablement liées aux conditions locales (petite baie peu profonde)

#### 3.1.1.2 pH

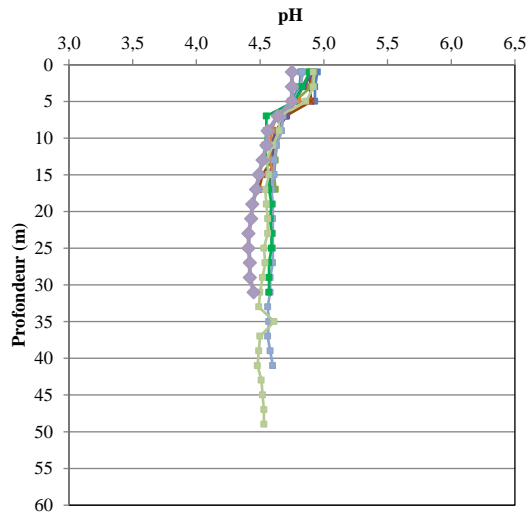
La mesure du pH dans l'eau permet d'en évaluer le niveau d'acidité. L'échelle de pH s'étend de 0 à 14, des valeurs acides à basiques. Le pH de l'eau est lié à la dissolution du CO<sub>2</sub> atmosphérique dans l'eau et l'équilibre des ions carbonates et bicarbonates (Moatar et *al.*, 1999). En général, le pH des eaux naturelles se situe entre 6 et 9 (Hade, 2003). Un lac est considéré acide quand son pH est inférieur ou égal à 5,5 unités de pH ; entre 5,5 et 6 les lacs sont désignés comme étant de transition (Dupont, 2004).

Au sein du milieu aquatique, le pH est grandement lié à l'environnement physique (géologie, sol, végétation) (CRE des Laurentides, 2009). Les processus biologiques influençant le pH sont les mêmes que ceux qui contrôlent l'oxygène dissous, soit la photosynthèse, qui provoque son augmentation, et les processus de respiration et minéralisation, qui induisent sa diminution (Groleau et *al.*, 2008). Des facteurs anthropiques sont également à l'origine de modifications du pH dans l'eau, comme les pluies acides résultant de la pollution atmosphérique. Les processus terrestres environnant agissent aussi sur la fluctuation du niveau du pH.

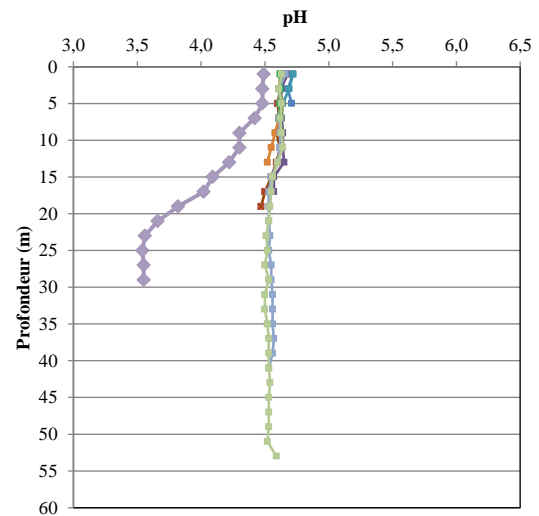
Des profils de profondeur pour le pH ont été réalisés pour chacune des stations et pour chaque campagne d'échantillonnage. Les résultats sont présentés à la figure 9.

Les valeurs de pH relevées dans l'eau du lac des Rapides, toutes saisons, stations et profondeurs confondues, sont comprises entre 4,10 et 5,15, ce qui signifie que le lac des Rapides est un lac acide (pH inférieur ou égale à 5,5). Pour rappel, lors de l'année d'échantillonnage 2013-2014, les valeurs variaient entre 3,9 et 5,4 et pour 2015-2016, elles oscillaient entre 3,08 et 6,11. Les valeurs relevées à la station E10 (Baie Cachée) en hiver sont dans la même gamme de valeurs que celles rencontrées dans l'eau du lac des Rapides. En revanche, les données mesurées à la station E11 (lac de la Montagne) aux trois autres saisons sont globalement plus faibles, entre 3,54 et 4,75.

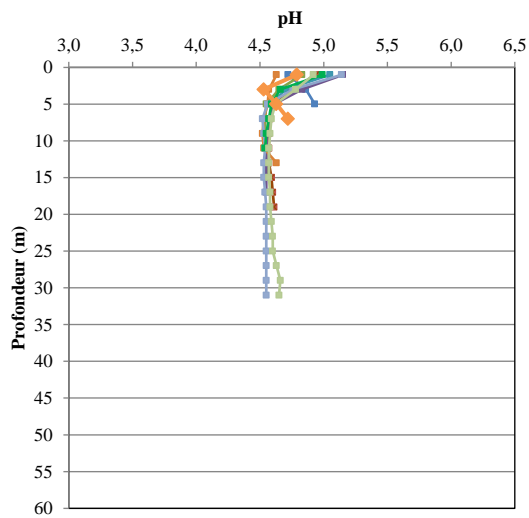
### Été 2017



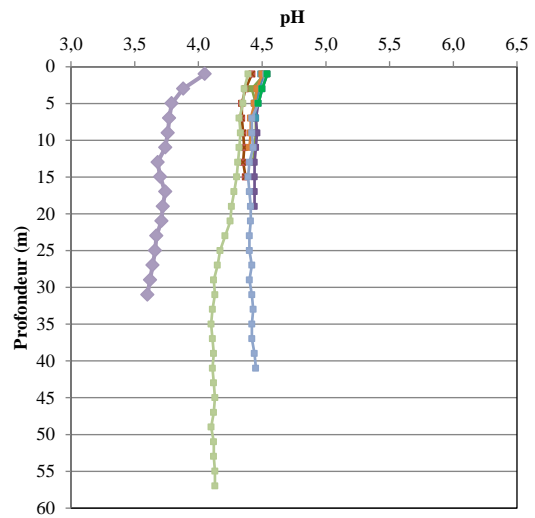
### Automne 2017



### Hiver 2018



### Printemps 2018



### Légende



Figure 9 : Évolution du pH des stations E1 à E11 en fonction des saisons

La nature du socle géologique de la région, majoritairement des roches granitiques sur le Bouclier canadien, conditionne en partie l'acidité du lac. De plus, les sols, qui sont en majorité des podzols, ainsi que la nature de la végétation de la région (essentiellement des forêts de résineux), induisent également la production de substances acides (acides humiques et fulviques), renforçant le caractère acide des eaux (OBV Duplessis, 2011a).

Lors de la campagne estivale de 2017, les données de pH sont légèrement plus élevées en surface puis une décroissance est observée sur quelques mètres en fonction de la profondeur, et les valeurs se stabilisent autour de 4,5-4,6.

À la campagne d'automne 2017, le pH varie peu aux stations de qualité de l'eau du lac des Rapides, les valeurs oscillant entre 4,47 et 4,72. Au lac de la Montagne, les valeurs de pH sont nettement plus basses, comprises entre 3,55 et 4,49. Le profil de cette station (E11) est marqué par une diminution bien plus prononcée en profondeur soit une différence de 0,94 entre la surface et le fond.

La campagne d'hiver 2018 est marquée par une plus grande variabilité dans les données de pH qui varient entre 4,52 et 5,15. Cette variabilité est plus visible au niveau des couches superficielles du lac, tandis que les valeurs dans le métalimnion et l'hypolimnion sont plus homogènes entre les stations.

C'est à la campagne du printemps 2018 que les valeurs de pH relevées dans l'eau du lac des Rapides sont les plus basses, comprises entre 4,10 et 4,54. Des valeurs plus faibles de pH avaient été observées également à cette saison lors des deux autres années d'échantillonnage. Cela pourrait être dû au choc acide printanier : l'hiver, les substances acides provenant des précipitations s'accumulent dans le couvert de neige et au début de la fonte printanière, celles-ci sont libérées en peu de temps dans l'eau, et peuvent alors abaisser le pH (Dupont, 2004). Globalement, les stations montrent un profil similaire, celui d'un pH légèrement décroissant avec la profondeur. La station E11, au lac de la Montagne, détient les valeurs de pH les plus basses au printemps. Celles-ci varient entre 3,6 et 4,05.

Pour l'année d'échantillonnage 2017-2018, les variations entre les stations sont moins fortes que celles observées pour l'année 2015-2016.

Au Québec, l'origine de l'acidité des lacs est, en grande partie, causée par l'acide humique lessivé des sols forestiers ou issu des tourbières. Le résultat donne une couleur rougeâtre à l'eau (Echleman et Hemond, 1985). Sur la Côte-Nord, lors des recensements réalisés par le ministère de l'Environnement entre 1986 et 1990, 33 % des lacs (de plus de 10 ha) étaient des lacs acides ( $\text{pH} < 5,5$ ) et près de 66 % des lacs étaient en transition ( $5,5 < \text{pH} < 6,0$ ) (Dupont, 2004). La figure 10 fait état des lacs acides au Québec. Outre les causes naturelles, l'acidification des lacs peut également provenir d'activités humaines. En effet, les oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) et le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) sont les causes les plus importantes de l'acidification des eaux apportées lors des précipitations (Dupont, 2004). Ces gaz (polluants) voyagent dans

l'atmosphère et au contact de l'humidité de l'air se transforment en acides sulfurique et nitrique et retombent sur le sol ou dans les plans d'eau. La mesure des sulfates ( $\text{SO}_4$ ) et des nitrates ( $\text{NO}_3$ ) est utilisée comme indicateur des apports en acides sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) et nitrique ( $\text{HNO}_3$ ). Afin de déterminer d'où provient l'acidité des lacs, un outil de classification, le nomogramme des lacs, a été développé à partir des concentrations relatives de sulfates, de carbonates (alcalinité) et d'anions organiques (MELCC, 2018c). La figure 11 montre que les lacs de la région de Sept-Îles sont naturellement acides (implication des pluies moindres). Cela concorde avec les analyses faites sur le sulfate et le nitrate présents dans le lac des Rapides lors de la deuxième diagnose en 2015-2016. Pour ces deux composés, les valeurs étaient très faibles.

La plupart des eaux naturelles contiennent des organismes qui affectent le pH et qui ont parfois un contrôle considérable sur ce dernier (Lower, 1996). L'activité produite par les phytoplanctons et les algues en est un bon exemple. Leur consommation de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) lors de la photosynthèse et leur production de  $\text{CO}_2$  lors de la respiration affectent la disponibilité des molécules d'ions  $\text{H}^+$  dans l'eau et de ce fait, contribuent au changement du pH (CRE Laurentides, 2009). Dans certains cas, l'ajout de l'activité bactérienne aérobie induite par la photosynthèse aura comme conséquence une augmentation du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) dans l'eau faisant ainsi baisser le pH (Lower, 1996). L'effet de la photosynthèse est particulièrement visible dans les lacs à pH supérieur à 6,3 où des variations diurnes sont observables. Toutefois, pour des lacs naturellement acides, ce phénomène n'affecte que faiblement le pH.

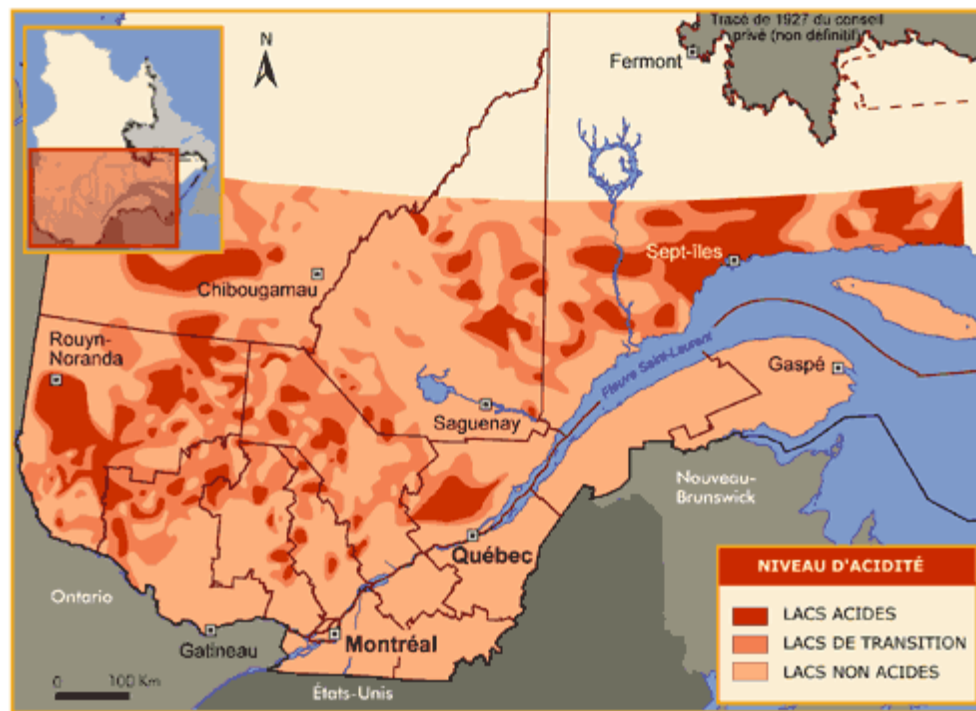
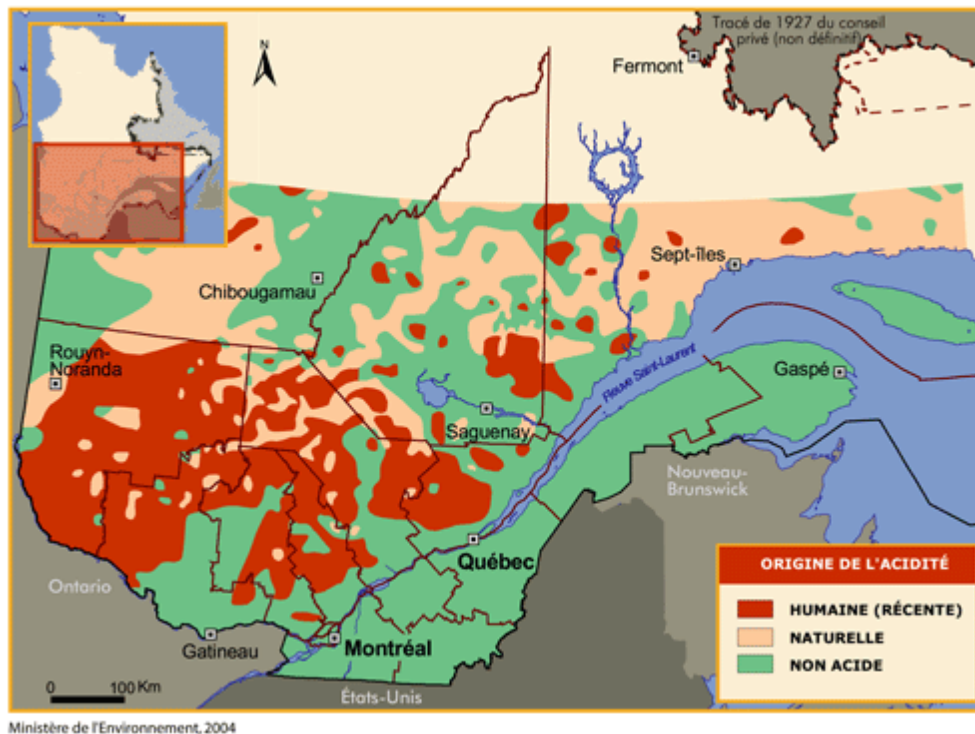


Figure 10 : Niveau d'acidité des lacs au Québec (MELCC, 2018c)



**Figure 11 : Origine de l'acidité des lacs du Québec méridional (MELCC, 2018c)**

Tel que mentionné plus haut dans l'outil de classification des lacs par le MELCC, l'alcalinité est une variable environnementale importante dans la compréhension de l'acidification. Tel observé à travers les échantillonnages de 2017-2018 (section 3.1.1.4) ainsi qu'avec ceux obtenus en 2015-2016 (OBV Duplessis, 2016), le lac des Rapides possède une faible capacité de neutralisation. Cela signifie que son pouvoir tampon est faible et qu'il est très vulnérable à l'acidification. La cause première est la nature géologique du bassin versant. Au Québec, la roche prédominante est le granite, très sensible à l'acidification. C'est pourquoi le lac des Rapides peut être sujet à un changement du pH sans toutefois, en savoir les causes.

Une autre piste d'explication de ce pH si bas pourrait se trouver dans les concentrations de carbone organique dissous (COD) retrouvés en grande quantité dans le lac des Rapides. Le COD est une manière indirecte d'estimer la teneur en acide organique naturel présent dans un lac (Skjelkvale et *al.*, 2005). De par son acidité, le COD affecte le fonctionnement des écosystèmes aquatiques d'eau douce en contribuant à la variabilité de l'acidité, du contrôle du transport des métaux trace et de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau (Evans et *al.*, 2005).

Un dernier facteur à prendre en considération serait la modification de l'usage des terres dans le bassin versant du lac des Rapides. L'écosystème du bassin versant peut être perturbé par l'installation de nouvelles activités qui affectent le couvert végétal, le drainage du sol et sa compaction peut modifier la quantité de COD lessivée vers les plans d'eau (Evans et *al.* 2005). Il y a également les bandes riveraines qui contribuent à freiner le ruissèlement. Bien que l'indice de qualité des bandes riveraines (IQBR) faites en 2013 n'ait pas montré d'anomalie



particulière (Les services EXP, 2013), un suivi devrait être poursuivi pour permettre de voir l'évolution des rives à proximité des zones anthropiques.

- **Critères de qualité**

Plusieurs critères de qualité des eaux de surface sont disponibles pour le pH (tableau 7). L'ensemble des valeurs de pH relevées dans le lac des Rapides, ainsi qu'à la Baie Cachée et au lac de la Montagne, ne respectent pas les critères de *Prévention de la contamination* et de la *Protection de la vie aquatique*. Le critère *Protection des activités récréatives et de l'esthétique* n'est pas non plus respecté, à l'exception de trois valeurs mesurées en surface aux stations E4, E5 et E7 à la campagne d'hiver 2018, et ce en considérant la valeur de référence à 5.

**Tableau 7 : Critères de qualité de l'eau de surface du pH (MDDEFPP, 2013)**

	Prévention de la contamination	Protection de la vie aquatique		Protection des activités récréatives et de l'esthétique
	Eau et organismes aquatiques	Effet aigu	Effet chronique	
<b>Valeurs de pH</b>	6,5 à 8,5	6,5 à 9	6,5 à 9,0	6,5 à 8,5
<b>Notes</b>	Cette concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable.	Les effets sur les poissons des valeurs de pH en dehors de cet intervalle sont donnés en annexe 2.	–	Si le pouvoir tampon de l'eau est très faible : 6,5 à 8,5. Il devrait être acceptable de se baigner dans une eau dont le pH se situe entre 5,0 et 9,0.

- **Analyses statistiques**

Afin de déterminer la tendance du pH dans le temps, les données de pH recueillies lors des quatre campagnes d'échantillonnage ont été comparées, et ce pour les années 2013-2014, 2015-2016 et 2017-2018. Une première comparaison des trois séries temporelles de donnée de pH nous indique que les valeurs les plus hautes, enregistrées durant ces trois ans, sont celles prises en 2013-2014. Une baisse significative a ensuite été observée en 2015-2016. Les données relevées en 2017-2018 montrent une hausse du pH en comparaison à 2015-2016 mais demeurent inférieures aux données prises en 2013-2014. Cette tendance est d'ailleurs validée par le test de Kruskal-Wallis. Celle-ci nous indique une différence significative entre les moyennes de données de pH prises durant les années 2013-2014, 2015-2016 et 2017-2018 ( $p=0,001 < 0,05$ ). Par la suite, le test de Dunn a permis d'isoler les paires dont les moyennes sont significativement différentes. Il apparaît que toutes les années sont significativement différentes entre elles. Autrement dit, les valeurs de pH prises en 2014-2015 sont significativement plus basses que les valeurs prises en 2015-2016 et en 2017-2018 et celle prises en 2017-2018 sont significativement plus hautes que les données prises en 2015-2016.

#### En résumé :

- Ensemble des données de pH inférieur à 5,5 : le lac des Rapides est un lac acide
- Valeurs de pH plus faibles au printemps, probablement dû au choc printanier acide (libération de polluants lors de la fonte des neiges)
- L'ensemble des valeurs de pH relevées dans le lac des Rapides, ainsi qu'à la Baie Cachée et au lac de la Montagne, ne respectent pas les critères de *Prévention de la contamination* et de la *Protection de la vie aquatique*
- Le critère *Protection des activités récréatives et de l'esthétique* n'est pas non plus respecté, à l'exception de trois valeurs mesurées en surface aux stations E4, E5 et E5 à la campagne d'hiver 2018, et ce, considérant le pH à 5

### 3.1.1.3 Conductivité

La conductivité est la capacité de l'eau à conduire l'électricité et constitue ainsi un indicateur de l'abondance d'ions dans l'eau. Elle augmente avec la teneur en solides dissous. Les valeurs de conductivité mesurées dans un lac sont généralement stables et dépendent majoritairement de la géologie locale (CRE des Laurentides, 2009). Toutefois, lorsque des changements de conductivité sont observés dans un lac, cela est régulièrement lié à un apport de substances dissoutes provenant du bassin versant.

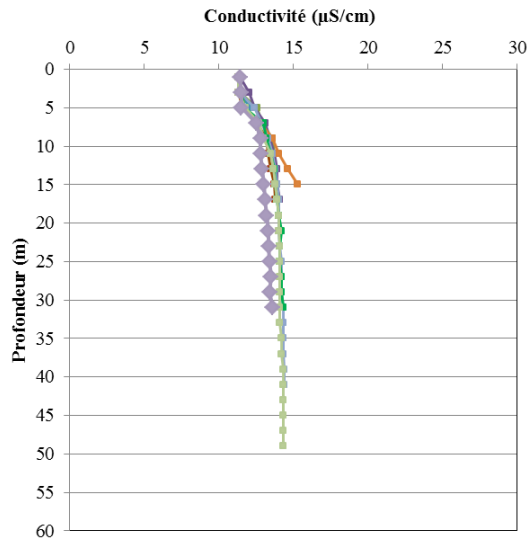
La conductivité a été mesurée à chaque station de qualité de l'eau du lac, sur toute la colonne d'eau et aux quatre saisons. La figure 12 présente les valeurs obtenues pour l'ensemble des stations à chaque saison.

La conductivité relevée est basse, entre 11,3 et 15,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , dans l'ensemble du lac et ce, pour les quatre campagnes d'échantillonnage. La plage de variation habituelle se situe entre 22,0 et 339,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (MELCC, 2018d).

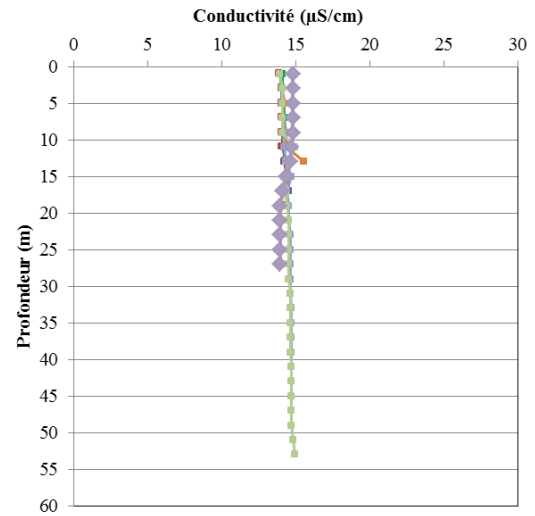
En se penchant sur les profils de conductivité (figure 12), il est possible d'observer une tendance dans les données, soit une augmentation de la conductivité en fonction de la profondeur jusqu'à stabilisation. Il est également possible d'observer une uniformité dans les concentrations entre les stations, les profils des stations étant relativement homogènes. Bien que les concentrations soient toutes basses, certaines variations entre les saisons sont notables. À la campagne d'été, la conductivité augmente légèrement avec la profondeur jusqu'à se stabiliser à environ 15 mètres de profondeur. À la campagne d'hiver, les valeurs en surface varient de 12,9 à 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$  d'une station à l'autre mais tendent rapidement à s'homogénéiser vers une profondeur de 5 mètres où les valeurs se stabilisent autour de 15,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans la colonne d'eau. Au niveau des saisons du printemps et de l'automne, les données sont similaires mais sont plus élevées que pour celle de l'été et moindres que celle de l'hiver. De plus, les profils sont plus homogènes que pour les deux autres saisons. Au printemps, la conductivité moyenne en surface est de 13,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et se stabilise progressivement autour de 14,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et à

l'automne, la conductivité varie faiblement, passant de 14,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en surface à 14,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en profondeur. Ces valeurs homogènes dans la colonne d'eau peuvent s'expliquer par le phénomène de brassage saisonnier qui se produit lors de ces deux saisons.

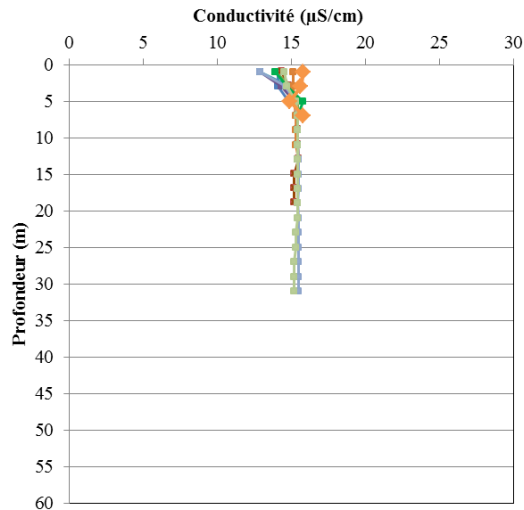
Été 2017



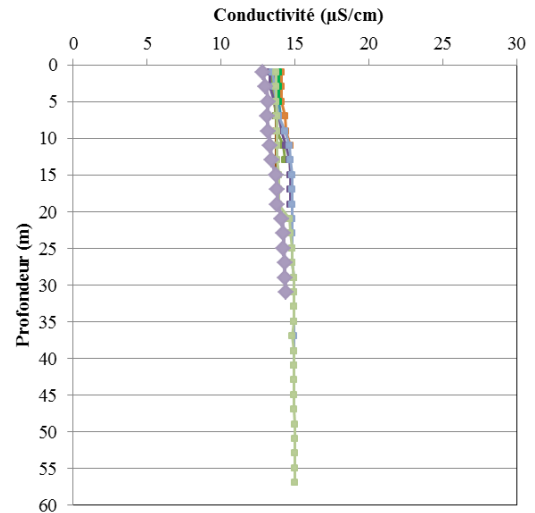
Automne 2017



Hiver 2018



Printemps 2018



**Légende**

- E1
- E2
- E3
- E4
- E5
- E6
- E7
- E8
- E9
- E10
- E11

**Figure 12 : Évolution de la conductivité des stations E1 à E9 en fonction des saisons**

- **Analyses statistiques**

Des tests statistiques non paramétriques de Kruskal-Wallis couplés à la méthode de Dunn ont été réalisés dans le but d'évaluer l'évolution de la conductivité entre les saisons lors de la campagne 2017-2018 d'une part et, d'autre part, de comparer les mêmes saisons à travers le temps, soit pour les trois campagnes d'échantillonnage.

Concernant la variation entre les saisons, les données de conductivité observée en été sont significativement plus faibles que pour les trois autres saisons et inversement, l'hiver serait la saison où la conductivité est la plus élevée dans la colonne d'eau. Au niveau des saisons du printemps et de l'automne, les données sont similaires entre elles mais sont statistiquement plus élevées que pour celles de l'été et moindre que celle de l'hiver.

**En résumé :**

- Faibles valeurs de conductivité : peu de solides dissous dans le lac des Rapides

### 3.1.1.4 Alcalinité

L'alcalinité de l'eau se définit comme la mesure de sa capacité à neutraliser des substances acides (Hade 2003). Elle est constituée par la somme des charges des bases faibles (carbonates, bicarbonates, borates, silicates, phosphates, etc.), ces ions se combinant aux ions  $H^+$  pour les neutraliser. La mesure de l'alcalinité s'exprime en milligrammes de carbonate de calcium par litre (mg/L  $CaCO_3$ ). Plus l'alcalinité de l'eau est élevée, meilleure est sa protection contre l'acidification (Dupont, 2004).

Compte tenu des caractéristiques géologiques du lac, où les roches carbonatées sont majoritairement absentes, il est attendu que la capacité de neutralisation du lac soit faible. En effet, les lacs du bouclier canadien présentent en général de faibles valeurs d'alcalinité et sont vulnérables face aux apports acides externes, tels que les pluies acides (Hade, 2003).

Les résultats obtenus au lac des Rapides sont présentés au tableau 8. Toutes les mesures sont inférieures à la limite de détection, fixée à 2 ou 3 mg/L  $CaCO_3$  selon la campagne d'analyse.

**Tableau 8 : Alcalinité des stations E1 à E9 en fonction des saisons (mg/L  $CaCO_3$ )**

Campagne d'échantillonnage	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Été 2017	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2
Automne 2017	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<3	-	<2
Hiver 2018	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-
Printemps 2018	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-	<2

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

À titre de comparaison, la valeur moyenne mesurée dans une étude réalisée sur 56 lacs au Québec est de 28,5 mg/L CaCO<sub>3</sub> (Tremblay and Pienitz, 2015).

- **Critères de qualité**

Un seul critère pour l'alcalinité est défini par le MELCC, il est relatif à la *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* (MDDEFP, 2013). Il est indiqué que la sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité et cette sensibilité est élevée lorsque l'alcalinité est inférieure à 10 mg/L CaCO<sub>3</sub>. C'est le cas des valeurs relevées au lac des Rapides lors de chaque échantillonnage, confirmant la sensibilité du lac à l'acidification, comme la plupart des lacs du Bouclier canadien (Dupont, 2004).

Pour rappel, les teneurs obtenues lors de l'année d'échantillonnage 2015-2016 sont sensiblement les mêmes.

**En Résumé :**

- Très faibles valeurs d'alcalinité (<2 mg/L CaCO<sub>3</sub>) relevées dans le lac des Rapides : le lac a un faible pouvoir de neutralisation et est ainsi sensible à l'acidification

### **3.1.2 État trophique**

Afin de déterminer l'état trophique du lac, les teneurs en phosphore total (Pt), en différentes formes de l'azote (azote ammoniacal N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ; azote total Kjeldahl N<sub>TK</sub> ; azote total) et en carbone organique dissous (COD) ont été mesurées en prélevant un échantillon de surface à chaque station de qualité de l'eau de surface du lac des Rapides. L'ensemble de ces mesures a été réalisé à chacune des quatre saisons d'échantillonnage. Les stations E10 et E11 ont également fait l'objet d'échantillonnage respectivement en hiver et à l'été, automne et printemps.

Aussi, les teneurs en chlorophylle *a* ont été mesurées avec la sonde selon des profils de profondeur, sur les quatre saisons d'étude pour toutes les stations du lac des Rapides (E1 à E9), en hiver pour la station de la Baie Cachée (E10) et à l'été, au printemps et à l'automne pour la station du lac de la Montagne (E11). Trois échantillons de surface ont également été prélevés lors des quatre saisons pour analyses en laboratoire aux stations E4, E6, E7 et E11.

#### **3.1.2.1 Nutriments**

Les nutriments sont vitaux dans les lacs pour le développement des organismes aquatiques. Ils constituent la base du réseau trophique soutenant l'ensemble de l'écosystème aquatique (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2016). L'azote et le phosphore sont les deux nutriments les plus rencontrés dans un lac.

### 3.1.2.1.1 Phosphore total

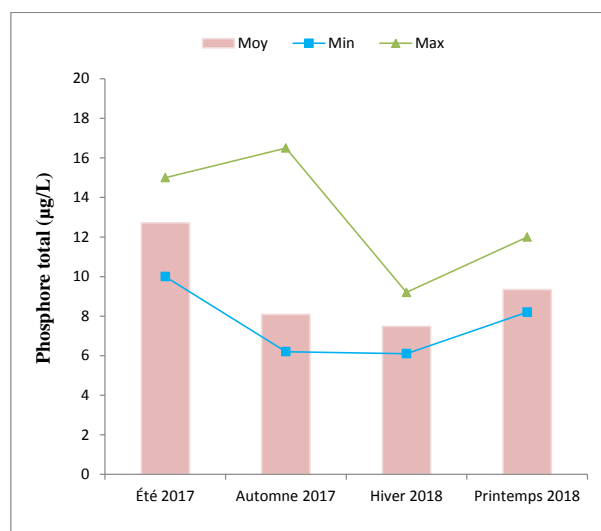
Le phosphore est l'élément nutritif limitant la croissance algale en lac, c'est-à-dire qu'il est celui qui contrôle la production primaire. Ainsi, des teneurs basses en phosphore constituent l'élément clé pour que le lac ne bascule pas en état d'eutrophisation.

Les apports de phosphore aux plans d'eau peuvent être naturels : érosion des roches, ruissellement lié aux précipitations, relargage interne par les sédiments du lac. Ils peuvent également être liés aux activités humaines dans les bassins versants : installations septiques, usines de traitement d'eaux usées, rejets industriels, activités agricoles et forestières.

Le tableau 9 affiche les teneurs en phosphore total des stations E1 à E11 selon les saisons tandis que la figure 13 présente les variations des teneurs moyennes, minimales et maximales des teneurs en phosphore total de l'eau du lac des Rapides par saison.

**Tableau 9 : Teneurs en phosphore total des stations E1 à E11 en fonction des saisons (µg/L)**

Campagne d'échantillonnage	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Été 2017	12,5	13,0	14,0	10,0	13,0	12,0	15,0	12,0	13,0	-	12,0
Automne 2017	6,6	7,3	7,5	6,2	6,3	7,6	16,5	7,2	7,6	-	7,8
Hiver 2018	7,8	7,2	9,2	7,0	6,4	8,1	6,1	6,7	8,9	10,3	-
Printemps 2018	8,2	9,1	9,2	9,3	12,0	8,9	9,4	8,7	9,3	-	11,0
<i>Moyenne par station</i>	8,8	9,2	10,0	8,1	9,4	9,2	11,8	8,7	9,7		10,3



**Figure 13 : Concentrations moyennes, minimales et maximales en phosphore total de l'eau du lac des Rapides (stations E1 à E9) par saison**

Les teneurs relevées pour l'été 2017 sont élevées (teneurs comprises entre 10,0 et 15,0 µg/L) en comparaison aux autres saisons, à l'exception de la station E7, à l'automne 2017, qui affiche une teneur de 16,5 µg/L. À l'automne 2017, outre la concentration mesurée à E7, les teneurs sont plus basses et varient entre 6,2 et 7,6 µg/L. À l'hiver 2018, les concentrations obtenues sont plus variables et oscillent entre 6,1 et 9,2 µg/L. Enfin, au printemps 2018, les teneurs remontent légèrement et sont comprises entre 8,2 et 12,0 µg/L (figure 13).

La station E7 semble présenter des teneurs plus fortes en phosphore total. En effet, outre la valeur particulièrement élevée mesurée à la campagne d'automne (16,5 µg/L), elle présente également la teneur la plus élevée à la campagne d'été (15,0 µg/L). Lors de la campagne de printemps, la concentration en phosphore total relevée à cette station (9,4 µg/L) est supérieure à la moyenne calculée sur l'ensemble des stations du lac des Rapides (9,3 µg/L). En revanche, lors de la campagne d'hiver, elle affiche la concentration la plus faible (6,1 µg/L). Pour rappel, E7 est située entre la station E4 (nord du lac, à proximité de l'embouchure de la rivière des Rapides) et la station E5 (au centre du lac).

La station E10, échantillonnée seulement à l'hiver, présente une teneur plus élevée que celles du lac des Rapides : 10,3 µg/L, la moyenne sur les stations du lac des Rapides étant de 7,5 µg/L. La station E11 quant à elle, affiche la deuxième teneur plus élevée au printemps et à l'automne ; à l'été, la concentration mesurée à cette station (12,0 µg/L) est proche de la moyenne obtenue sur l'ensemble des stations du lac des Rapides (12,7 µg/L).

- **Critères de qualité**

Les critères de qualité de l'eau de surface du phosphore total concernent deux usages en lac : *Protection des activités récréatives et de l'esthétique* et *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* (MDDEFP, 2013) . La comparaison à ces critères nécessite de connaître l'état de référence du lac. Tel que vu dès lors de la première étude diagnostique du lac des Rapides, cette valeur n'est pas connue pour ce lac.

Néanmoins, à titre indicatif, le lac des Eudistes a été sélectionné comme lac de référence à partir des données de la *Banque de données sur la qualité du milieu aquatique*<sup>3</sup>. Ce lac est situé dans la MRC de Minganie, à plus de 80 km à l'est du lac des Rapides. Il se localise sur la bande côtière comme le lac des Rapides et est isolé des activités anthropiques. Il a été échantillonné trois fois, entre 1980 et 1983, et la valeur moyenne de la concentration en phosphore total est de 6,05 µg/L.

Il est ainsi supposé que la valeur moyenne du phosphore total dans le lac des Rapides, à la même époque, était similaire à celle du lac des Eudistes, où l'assise géologique, l'écosystème environnant et le climat sont comparables.

---

<sup>3</sup> Banque colligeant toutes les données que le Ministère a recueillies sur les milieux aquatiques du Québec depuis 1979 ([http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/Atlas\\_interactif/stations/stations\\_rivieres.asp](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/Atlas_interactif/stations/stations_rivieres.asp)).

Les valeurs à respecter pour les deux critères de qualité mentionnés ci-haut sont les mêmes et s'appliquent à la période sans glace (Berryman, 2006) :

- Pour les lacs oligotrophes dont la concentration naturelle est ou était de moins de 10 µg/L, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle, sans dépasser un maximum de 10 µg/L afin d'éviter l'eutrophisation des lacs oligotrophes ;
- Pour les lacs dont la concentration naturelle se trouve ou se trouvait entre 10 et 20 µg/L, le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle, sans dépasser un maximum de 20 µg/L afin d'éviter l'eutrophisation des lacs.

La valeur démontrant que le lac ne s'est pas dégradé serait alors, à titre indicatif, de 9,07 µg/L<sup>4</sup>.

La moyenne des teneurs en phosphore total hors période de glace (soit campagnes d'été, d'automne et de printemps) relevées dans l'eau du lac des Rapides est de 10,05 µg/L, ce qui signifie que les critères *Protection des activités récréatives et de l'esthétique* et *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* ne sont pas respectés, en se basant sur la valeur de référence du lac des Eudistes.

Pour la saison été 2017, toutes les concentrations mesurées en phosphore total dans le lac des Rapides et le lac de la Montagne, soit 10 valeurs, dépassent cette limite approximative utilisée pour les deux critères. Pour l'automne 2017, la station E7 est la seule station dépassant les critères avec une concentration très élevée de 16,5 µg/L. La campagne hivernale n'est pas prise en compte car, pour rappel, les critères de qualité ne s'appliquent pas en période de glace. Enfin, lors de la campagne de printemps 2018, dans le lac des Rapides, 6 stations présentent des dépassements de cette valeur de référence sur les 9 stations échantillonnées, soit E2, E3, E4, E5, E7 et E9. La station E11 au lac de la Montagne affiche aussi une teneur supérieure au critère. En somme, pour les trois saisons où les critères s'appliquent, un total de 18 échantillons dépasse la valeur approximative des critères de qualité d'eau, sur un total de 30. Sur ces 18 teneurs, 5 d'entre elles possèdent une concentration de moins de 9,5 µg/L. Il faut rappeler que la valeur de 9,07 µg/L déterminée pour les critères est estimée en raison de l'absence de valeur de référence pour le lac des Rapides.

- **Comparaison interannuelle**

Les teneurs obtenues lors de la première étude (2013-2014) oscillaient entre 4,2 et 9,7 µg/L, avec une moyenne de 6,8 µg/L sur l'ensemble des stations de qualité de l'eau du lac (hors période de glace), et 3 teneurs en phosphore total dépassaient la valeur de référence sur les 18 obtenues sur l'ensemble des saisons (hors période de glace) et des stations. Lors de la deuxième étude des Rapides, les données de l'été ne sont pas disponibles, il n'est donc pas

---

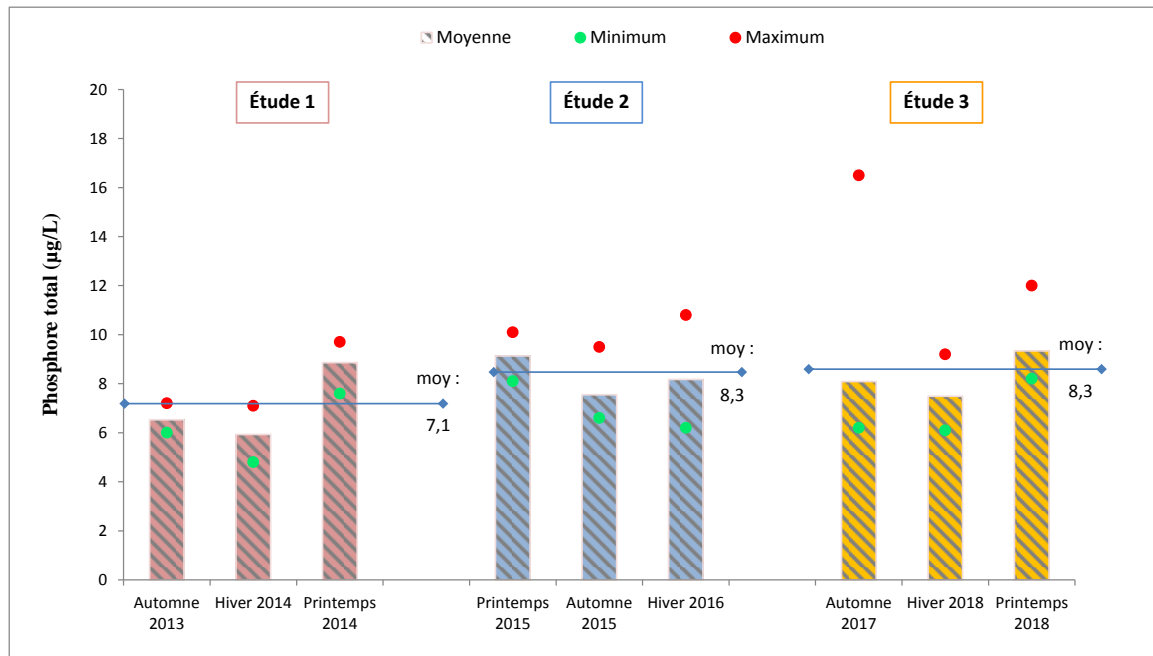
<sup>4</sup>  $6,05 + (50 \% * 6,05) = 9,07$



possible de comparer pour cette saison. Pour les deux autres saisons à considérer (automne et printemps), sur les 18 concentrations en phosphore relevées dans l'eau du lac des Rapides, 6 ne respectaient pas les critères de qualité et la moyenne des teneurs en phosphore total pour ces deux saisons étaient de 8,3 µg/L.

En considérant les mêmes stations sur l'ensemble des années d'échantillonnage, soit E1 à E6 (à des fins de comparaison plus précise), la moyenne des teneurs en phosphore total pour l'année 2013-2014 reste 6,8 µg/L ; pour 2015-16, elle reste également à 8,3 µg/L ; en revanche, pour 2017-2018, elle est de 9,6 µg/L, ce qui signifie que les critères sont également dépassés.

Une analyse comparative de l'ensemble des données de phosphore total a été réalisée entre les résultats des trois études diagnostiques. La figure 14 présente graphiquement cette comparaison. À noter que les valeurs des campagnes estivales de 2013 et 2017 n'ont pas été représentées car celles de l'été 2015 ne sont pas disponibles. De manière générale, les valeurs semblent plus élevées au printemps.



**Figure 14 : Comparaison des valeurs moyennes, maximums et minimums des teneurs en phosphore total entre les trois études diagnostiques pour le lac des Rapides**

- **Analyses statistiques**

Un test de Kruskal-Wallis (car les données ne sont pas distribuées normalement) a été menée afin de mettre en évidence la tendance évolutive du phosphore durant les trois années d'échantillonnage. Celle-ci indique qu'il y a une différence significative entre les moyennes des trois années de mesures de phosphore. Le test post-hoc de Dunn a par la suite permis d'identifier les années qui sont significativement différentes entre elles, soient les paires d'années 2013-2014 vs 2017-2018 (augmentation en 2017-2018) et 2013-2014 vs 2015-2016 (augmentation en 2015-2016).

#### En Résumé :

- Pour la campagne 2017-2018, l'été 2017 est la saison où les concentrations sont les plus élevées
- Concentration naturelle en phosphore du lac des Rapides inconnue
- En se basant sur la concentration naturelle relevée au lac des Eudistes : Non-respect des critères de qualité *Protection des activités récréatives et de l'esthétique et Protection de la vie aquatique* (effet chronique) pour les teneurs en phosphore total recueillies lors de la dernière année d'échantillonnage (2017-2018)
- Augmentation significative des teneurs en phosphore total entre la campagne 2013-2014 et 2017-2018

#### 3.1.2.1.2 Azote

L'azote est également un nutriment important pour les plantes et les algues aquatiques. Il est très peu disponible naturellement et représente ainsi un indicateur d'apports en provenance d'activités humaines (agriculture, stations d'épuration, etc.) ou de la fixation de l'azote atmosphérique par les cyanobactéries et les macrophytes (APEL, 2014).

Dans le cadre de cette étude, les teneurs en azote ont été suivies à travers les paramètres de l'azote ammoniacal, de l'azote total et de l'azote total Kjeldahl :

- azote total : somme de l'azote présent sous toutes ses formes, soit l'azote organique, l'azote ammoniacal ainsi que les nitrates et les nitrites ;
- azote total Kjeldahl : représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal contenu dans l'eau (APEL, 2014).
- azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) : forme ionisée (non toxique) de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ , forme toxique). L'ammoniac est le résultat de la transformation de la matière organique azotée par les microorganismes. La présence d'azote ammoniacal est un bon indicateur de rejets d'origine humaine ou industrielle dans un milieu aquatique

Le tableau 10 présente les teneurs obtenues à chaque station de qualité de l'eau des lacs pour les différentes formes d'azote dosées.

**Tableau 10 : Teneurs en différentes formes de l'azote relevées aux stations E1 à E11 en fonction des saisons**

	Campagne d'échantillonnage	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Azote ammoniacal (N mg/L)	Été 2017	0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02
	Automne 2017	0,07	0,06	0,08	0,09	0,06	0,15	0,08	0,07	0,08	-	0,07
	Hiver 2018	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,02	<0,02	-
	Printemps 2018	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	-
	Campagne d'échantillonnage	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Azote total (N mg/L)	Été 2017	0,27	0,25	0,31	0,23	0,21	0,21	0,30	0,23	0,26	-	0,22
	Automne 2017	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	-	0,4
	Hiver 2018	0,2	0,3	1,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	-
	Printemps 2018	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-	0,2
	Campagne d'échantillonnage	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Azote total Kjeldahl (N mg/L)	Été 2017	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	-	<0,8
	Automne 2017	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	-	<0,8
	Hiver 2018	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
	Printemps 2018	<0,8	1,0	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	-	<0,8

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

#### ▪ Azote total

La figure 15 affiche les teneurs en azote total aux différentes stations pour chaque saison de la campagne 2017-2018. Les teneurs en azote total au printemps et à l'été semblent plus faibles que pour les deux autres saisons. Lors de la campagne estivale, les teneurs varient de 0,21 à 0,31 mg/L et pour ce qui est de la campagne printanière, les concentrations obtenues sont de 0,2 mg/L à l'exception des stations E1 et E2 qui présentent une concentration de 0,3 mg/L. Les teneurs relevées à la campagne automnale sont comprises entre 0,3 et 0,5 mg/L et lors de la campagne d'hiver, à l'exception de la teneur mesurée à E3 (1 mg/L), les données varient entre 0,2 et 0,5 mg/L. Les teneurs relevées dans les deux autres plans d'eau sont semblables à celles du lac des Rapides (tableau 10). Pour rappel, il n'y a pas de critère de qualité pour le paramètre azote total ; néanmoins le MELCC considère que les concentrations moyennes varient de 0,19 à 2,4 mg/L et qu'une teneur supérieure à 1,0 mg/L indique l'influence de la présence d'activité anthropique, souvent associée à l'agriculture (MELCC, 2018d). Selon cette échelle, les valeurs observées dans le lac semblent basses pour les quatre saisons, à l'exception de la teneur relevée à E3 en hiver. Les teneurs relevées lors de la campagne 2017-2018 semblent légèrement plus élevées que celles rencontrées en 2013-2014 (en 2015-2016, ce paramètre n'avait pas été mesuré). En effet, en 2013-2014, les concentrations en azote total varient entre 0,20 et 0,28 mg/L sur l'ensemble des stations de qualité de l'eau du lac, et, en 2017-2018, elles sont comprises entre 0,2 et 0,5 mg/L à l'exception de la teneur mesurée à E3 en hiver (1,0 mg/L).

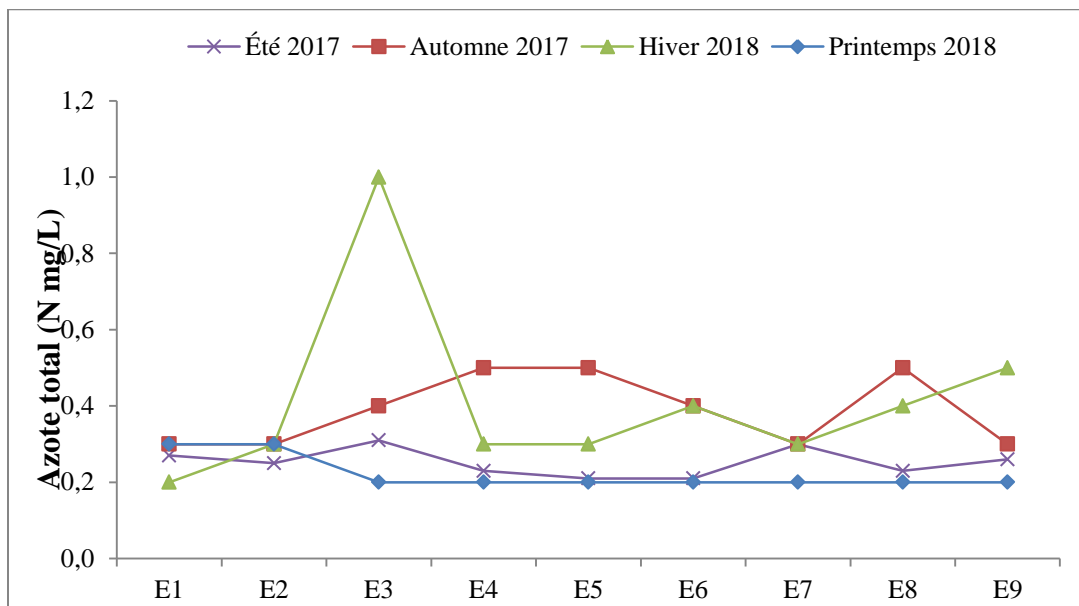


Figure 15 : Teneurs en azote total des stations du lac des Rapides (mg/L), campagne 2017-2018

#### ▪ Azote total Kjeldhal

Pour l'ensemble des données récoltées sur les quatre campagnes d'échantillonnage, une seule valeur est supérieure à la limite de détection de 0,8 mg/L ; elle a été relevée à la campagne de printemps 2018 à la station E7 et est de 1,0 mg/L. Il n'existe pas de critère pour ce paramètre. Concernant les données relevées lors des deux années d'échantillonnage précédentes, en 2013-2014, l'azote total Kjeldahl n'a pas été mesuré. En 2015-2016, sur l'ensemble des concentrations relevées (automne, hiver et printemps ; ce paramètre n'a pas été mesuré lors de la saison estivale), seules 2 sont supérieures à la limite de détection qui était alors de 0,04 mg/L. Ainsi, il ne semble pas y avoir différence entre ces deux années d'échantillonnage.

#### ▪ Azote ammoniacal

Pour les campagnes de l'été 2017, de l'hiver 2018 et du printemps 2018, les teneurs relevées dans le lac des Rapides sont généralement sous la limite de détection, qui est de 0,02 mg/L ou égale à 0,02 mg/L. Pour ces trois saisons, la seule valeur plus élevée s'observe au printemps à la station E7 avec une teneur en azote ammoniacal de 0,04 mg/L, ce qui reste relativement bas. En automne 2017, toutes les teneurs analysées sont supérieures à la limite de détection, variant de 0,06 à 0,15 mg/L, ce qui est significativement plus élevée que les trois autres saisons. À noter que les concentrations mesurées dans la Baie Cachée et au lac de la Montagne aux quatre saisons sont similaires à celles relevées dans le lac des Rapides.

#### • Comparaison interannuelle

Concernant l'année d'échantillonnage 2013-2014, ce paramètre avait été échantillonné seulement lors des saisons d'automne et d'hiver. En 2015-2016, les teneurs en azote

ammoniacal avaient été relevées lors des campagnes d'automne, d'hiver et de printemps. Ainsi, pour une comparaison entre années, seules les saisons d'automne et d'hiver peuvent être prises en compte. À l'automne 2017, les concentrations semblent plus élevées, comprises entre 0,06 et 0,15 mg/L tandis qu'à l'automne 2015, les concentrations étaient toutes inférieures à la limite de détection de 0,02 mg/L et à l'automne 2013, les teneurs relevées oscillaient entre 0,02 et 0,03 mg/L. En revanche, pour ce qui est de la saison hivernale, les concentrations en azote ammoniacal semblent similaires sur l'ensemble des trois années, environ 0,02 mg/L ou moins, à l'exception d'une teneur relevée à E4 à l'hiver 2016 qui est de 0,16 mg/L.

- **Critères de qualité**

Des critères relatifs aux usages *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* et *Protection de la vie aquatique (effet aigu et chronique)* sont définis pour l'azote ammoniacal (MDDEFP, 2013). Le tableau 11 présente ces critères. L'azote total et l'azote total Kjeldahl ne disposent pas de critère de qualité de l'eau de surface. Toutefois, une concentration en azote total plus élevée que 1,0 mg/l dans les eaux de surface est considérée comme étant indicatrice d'une problématique de surfertilisation dans le milieu (MELCC, 2018d).

**Tableau 11 : Critères de qualité de l'eau de surface de l'azote ammoniacal (mg/L) (MDDELCC, 2013)**

	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	Protection de la vie aquatique	
		(effet aigu)	(effet chronique)
Azote ammoniacal	0,2	24*	1,2*

*\*dépend du pH et de la température. Les critères les plus sévères ont été choisis au regard du pH et de la température mesurés*

Concernant les critères de *qualité de protection de la vie aquatique*, effet chronique et aigu, les concentrations obtenues pour la campagne 2017-2018 sont toutes largement inférieures aux valeurs les plus contraignantes des critères, au vu des conditions de pH et de température mesurés, soit respectivement 1,2 et 24 mg/L. Le constat est le même pour la prévention de la contamination, ce qui permet d'affirmer que les niveaux d'azote ammoniacal respectent les critères de qualité de l'eau de surface.

- **Analyses statistiques**

Seuls des tests statistiques pour le paramètre azote total ont pu être menés. En effet, pour les autres paramètres (azote ammoniacal et azote total Kjeldahl), des teneurs inférieures aux limites de détection ont été relevées et il est impossible d'utiliser ces données dans un test statistique.

Afin de déterminer la tendance évolutive de l'azote total, seules les données recueillies lors des années d'échantillonnage 2013-2014 et 2017-2018 ont été prises en compte puisque l'azote total n'a pas été mesuré en 2015-2016. Pour ce faire, un test de Wilcoxon-Mann-Whitney a été utilisée afin de prendre en compte la différence de taille des deux échantillons car l'azote

total a été suivi à travers 6 stations en 2013-2014 alors qu'en 2017-2018, ce sont 9 stations qui ont été échantillonnées pour ce paramètre. Il en ressort que la différence entre les deux moyennes est bien significative (P=0.006).

**En résumé :**

- Pas de problématique observée en lien avec l'azote (sous ses différentes formes)
- Augmentation des concentrations en azote total depuis la première année d'échantillonnage (2013-2014) pouvant être due à des sources naturelles (lessivage des sols, décomposition de la matière organique, etc.) ou anthropiques (dysfonctionnement des fosses septiques, activités forestières, émissions atmosphériques, etc.)
- L'azote ammoniacal respecte les critères de *qualité de protection de la vie aquatique* (effet chronique et aigu)

### 3.1.2.2 Carbone organique dissous

Les teneurs en carbone organique dissous (COD) traduisent l'enrichissement organique du milieu et permettent de suivre l'évolution de la pollution organique du milieu aquatique. Le COD ne correspond pas à un type de composé particulier mais regroupe un ensemble de composés. Trois grandes classes de composés le constituent :

- Les composés simples ou non humiques, incluant la lignine, les glucides, les composés azotés (acides aminés, protéines, etc.), les lipides, les stérols, etc. ;
- Les composés humiques. Ce sont des biopolymères naturels élaborés par les microorganismes du sol et des eaux (bactéries, champignons) ;
- Les polluants organiques. Les principales molécules rencontrées sont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), provenant de la combustion des combustibles fossiles, les biphényles polychlorures (PCB) ainsi que les pesticides, insecticides et herbicides comme l'atrazine et l'isoproturon (Morel , 2009).

Le tableau 12 présente les teneurs en COD pour chaque station de qualité de l'eau des lacs pour les quatre saisons d'échantillonnage. Les teneurs moyennes, maximales et minimales sont présentées à la figure 16.

**Tableau 12 : Teneurs en carbone organique dissous aux stations E1 à E11 en fonction des saisons (mg/L)**

Campagne d'échantillonnage	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Été 2017	10,0	10,3	10,0	10,3	10,2	10,2	10,2	10,1	10,2	-	10,2
Automne 2017	12,8	12,6	13,0	13,0	12,9	12,9	12,8	13,0	12,8	-	13,2
Hiver 2018	6,4	7,0	7,1	5,9	5,6	6,8	4,9	6,0	9,1	7,8	-
Printemps 2018	12,5	12,9	13,2	12,7	13,0	13,0	12,5	13,1	13,0	-	11,7



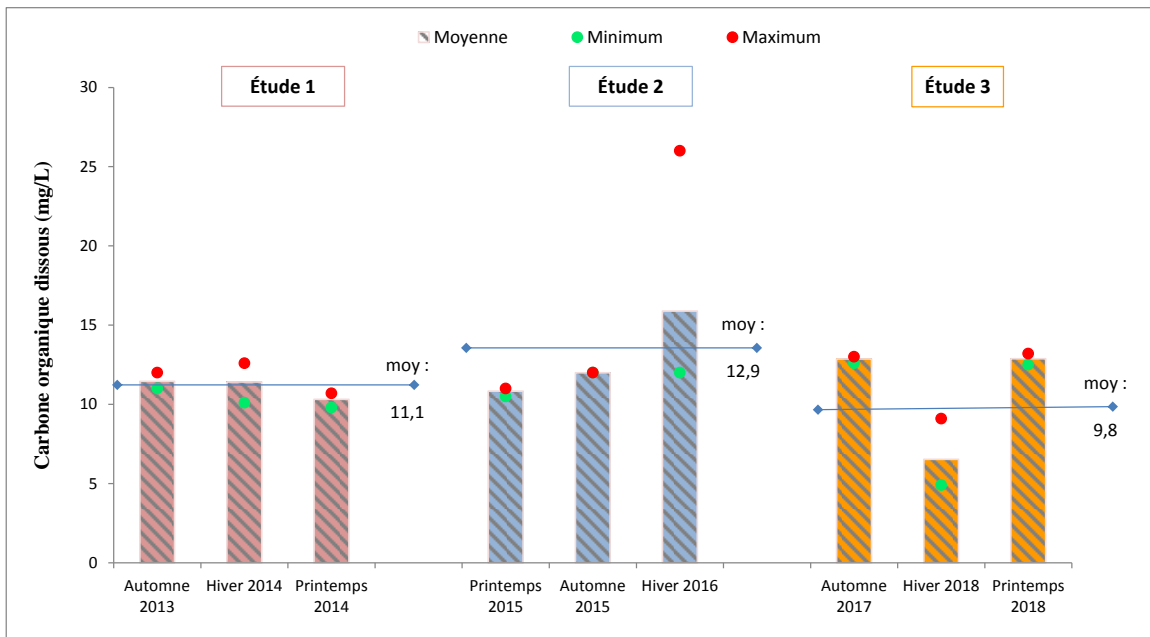
**Figure 16 : Concentrations moyennes, minimales et maximales en carbone organique dissous de l'eau du lac des Rapides (stations E1 à E9) par saison**

Les concentrations en COD relevées aux campagnes d'automne 2017 et de printemps 2018 sont similaires et correspondent également aux teneurs les plus élevées mesurées dans le lac des Rapides lors des quatre campagnes d'échantillonnage. Les concentrations moyennes pour chacune de ces campagnes sont de 12,9 mg/L. À la campagne estivale, les teneurs sont légèrement plus basses, avec une moyenne de 10,2 mg/L, une teneur minimale de 10,0 mg/L et une teneur maximale de 10,3 mg/L, indiquant que les teneurs sont particulièrement stables dans tout le lac. Enfin, lors de la campagne hivernale, les concentrations mesurées sont encore plus faibles avec une variation plus élevée entre les stations (entre 4,9 et 9,1 mg/L). La moyenne globale pour l'année 2017-2018 en concentration en COD est de 10,6 mg/L. La concentration de COD dans les lacs peut varier de <1 mg/L dans les lacs les plus transparents à plus de 50 mg/L (Williamson et al. 1999). Toutefois, au Québec, la plage de variation annuelle se situe davantage entre 2,3 et 11,2 mg/L (MELCC, 2018d). Le lac des Rapides présente ainsi des concentrations moyennes élevées, ce qui dénote une eau peu claire et chargée en matière organique. Les causes proviennent principalement des caractéristiques du bassin versant dans lequel se trouve le lac des Rapides (Williamson et al. 1999). La présence de milieux humides très riches en phosphore est l'une des caractéristiques qui peut contribuer considérablement à augmenter le COD des eaux (Wetzel, 1992). Selon WSP (2016), les coupes forestières peuvent également affecter la concentration de COD d'un plan d'eau, car la présence élevée de COD dans un lac peut être un indicateur de la présence de déforestation et d'érosion du bassin versant. Concernant les données recueillies à la Baie Cachée (E10) et au lac de la Montagne (E11), elles sont dans la même gamme de valeurs que celles relevées dans le lac des Rapides.

- **Comparaison interannuelle**

La figure 17 permet de comparer visuellement les teneurs observées lors des trois années d'échantillonnage. Comme pour le phosphore total, les valeurs de l'été n'ont pas été prises en compte, celles de l'été 2015 n'étant pas disponibles.

Il est possible d’observer que la variation des teneurs en COD pour la saison d’hiver est forte en comparaison avec les autres saisons mais également entre les trois années d’échantillonnage. En effet, en 2013-2014, la concentration moyenne relevée à l’hiver est similaire à celles de l’automne et du printemps. En 2015-2016, la teneur moyenne en hiver est plus forte en comparaison d’une part à celle observée à la campagne hivernale de 2014, et, d’autre part, aux deux autres saisons analysées pour la même année. Finalement, en 2017-2018, elle diminue beaucoup, jusqu’à deux fois moins que celle de l’année 2015-2016 et que les deux autres saisons de la même année. Il est également à noter que la concentration du COD hivernal est sujette à beaucoup plus de variation au cours des trois années (tableau 12), ce qui démontre une plus grande hétérogénéité spatiale en hiver.



**Figure 17 : Comparaison des valeurs moyennes, maximums et minimums des teneurs en carbone organique dissous entre les trois études diagnostiques pour le lac des Rapides**

- **Analyses statistiques**

En effectuant un test de Kruskal-Wallis pour comparer les concentrations de COD obtenues chaque année entre elles, une différence significative ressort entre les échantillons des années 2013-2014 et 2015-2016 (significativité validée par le test de Dunn). Il semblerait qu’une augmentation de COD ait eu lieu entre ces deux années d’échantillonnage, et que par la suite, entre 2015-2016 et 2017-2018, l’augmentation s’est poursuivie mais sans grande différence notable. Des observations semblables sont visibles à la figure 17, lors de la comparaison des moyennes des trois études (en excluant les campagnes d’hiver car trop hétérogènes). Une légère augmentation des concentrations en COD est discernable au fil des ans. Un faible enrichissement organique du lac des Rapides est ainsi observé et une attention particulière devra y être portée durant les prochaines années afin de voir si les tendances se poursuivent. Malgré cela, la présence de substances humiques n’est pas toujours négative dans un lac car elles contribuent, dans certaines cas, à réduire la toxicité de certains HAP comme les



anthracènes (Oris et al., 1990 ; Gensemer et al., 1999). Le carbone organique dissous peut aussi améliorer la condition de vie d'un biote dans des environnements naturellement acides en diminuant les dérèglements physiologique (Williamson et al. 1999).

À noter que depuis plus de deux décennies, des tendances globales de l'augmentation du COD ont été observées en Europe et Amérique du Nord (Evans et al., 2006; Skjelkvale et al., 2005). Cette période correspond aux fortes diminutions d'oxydes de soufres et d'azote dans l'atmosphère à la suite de législations mises en place par les gouvernements américains et canadiens. Il y aurait donc un réajustement entre la diminution des acides d'origine minérale (acides forts : SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) et la recolonisation des acides organiques provenant des acides humiques et naturellement présents dans les lacs (acide faibles).

**En résumé :**

- Concentrations en carbone organique dissous (COD) dans le lac des Rapides : relativement élevées et liées aux caractéristiques du bassin versant (sols et végétation)
- COD en partie responsable de la couleur foncée du lac
- Tendence à l'augmentation du COD au fil des trois années d'échantillonnage, plus particulièrement, entre les années 2013-2014 et 2015-2016

### 3.1.2.3 Chlorophylle *a*

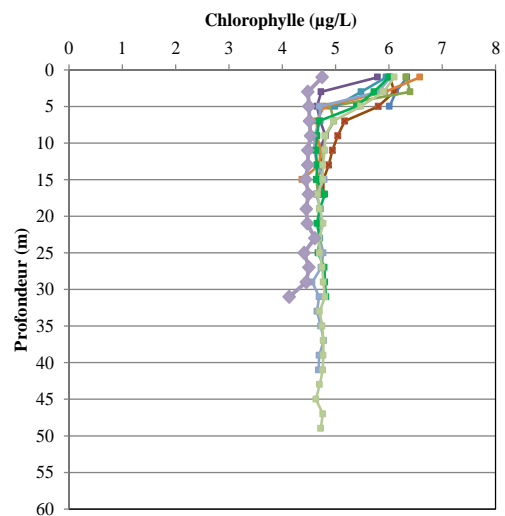
La chlorophylle *a* est le principal pigment végétal présent chez les organismes photosynthétiques. Sa mesure constitue une estimation de la quantité d'algues et plantes aquatiques présentes dans l'eau du lac (biomasse).

Pour caractériser l'état trophique du lac, il est nécessaire d'étudier les teneurs en chlorophylle *a* reflétant la production primaire. Ces teneurs ont été suivies *in situ* avec une sonde multiparamètre selon des profils verticaux. L'objectif est d'observer la variabilité inter-stations des teneurs en phytoplancton le long de la colonne d'eau, entre les saisons. À noter que les valeurs obtenues avec la sonde ne seront pas utilisées dans l'absolu, elles permettent de suivre des tendances et de comparer les résultats entre eux. D'autres études font appel à ce matériel et y voient l'intérêt d'une limitation des coûts reliés aux analyses en laboratoire (APEL, 2014; Fritz, 2016). Par ailleurs, des échantillons de surface ont été prélevés à différentes stations pour analyses en laboratoire.

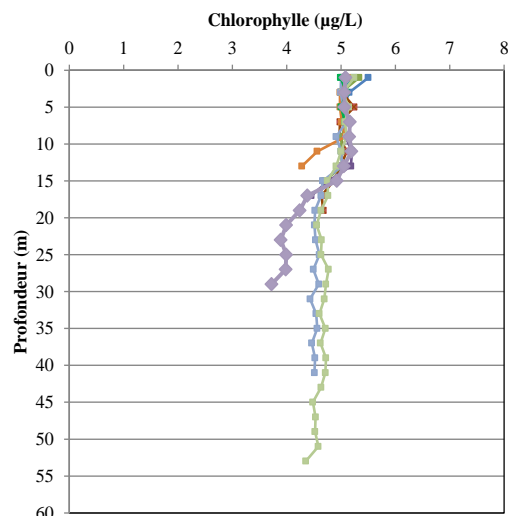
- **Profils obtenus avec la sonde multi-paramètres**

Les résultats des profils de profondeur des teneurs en chlorophylle *a* sont présentés à la figure 18.

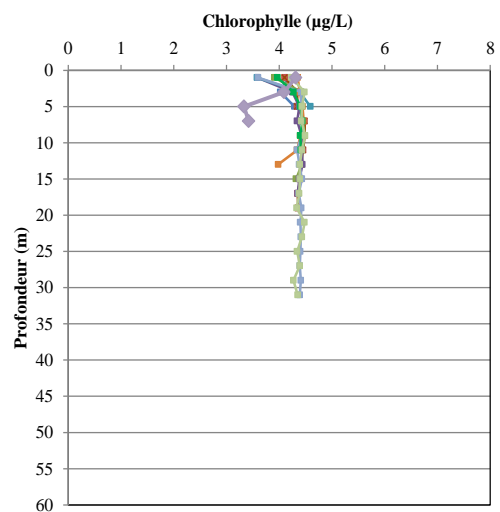
Été 2017



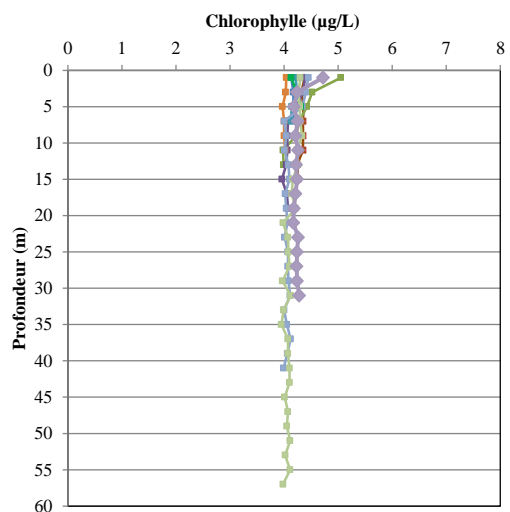
Automne 2017



Hiver 2018



Printemps 2018



### Légende

—■— E1 —■— E2 —■— E3 —■— E4 —■— E5 —■— E6 —■— E7 —■— E8 —■— E9 —■— E10 —■— E11

Figure 18 : Évolution de la teneur en chlorophylle *a* des stations E1 à E11 obtenue à partir des données de la sonde multiparamètres en fonction des saisons

Lors de la campagne d'été de 2017, les teneurs en chlorophylle *a* sont plus élevées dans la portion euphotique, c'est-à-dire la couche recevant une quantité suffisante de lumière pour permettre la croissance des organismes photosynthétiques du lac (Forêt, 2012). Les concentrations diminuent graduellement en profondeur, en fonction de l'accessibilité à la lumière, et, à partir de 7 à 9 mètres de profondeur, elles se stabilisent et ce, jusqu'au fond du lac.

Lors de la campagne automnale de 2017, il semble y avoir peu de variation de teneurs en chlorophylle *a* entre les différentes couches d'eau ; les teneurs dans l'épilimnion sont légèrement plus élevées. Tel qu'observé à travers les profils d'oxygène dissous et de température des différentes stations du lac des Rapides ( section 3.1.1.1), la colonne d'eau du lac est sur le point d'être en brassage, mélangeant par le fait même les éléments présents en suspension dans l'eau et influençant ainsi la concentration et la répartition du phytoplancton dans la colonne d'eau du lac. Ce processus est lié au refroidissement des eaux de surface dû à la diminution de la température de l'air ainsi que la présence de vent d'automne qui favorise le mélange des eaux à travers la colonne (Côté et *al.*, 2002).

Concernant la campagne d'hiver, les eaux de surfaces sont plus froides que l'eau en profondeur. Les teneurs en chlorophylle *a* reflètent ce patron car les températures, proches de zéro en surface, limitent la survie du phytoplancton puis les teneurs augmentent légèrement avec la profondeur, jusqu'à 4-5 mètres de profondeur pour se stabiliser ensuite jusqu'au fond. Il est à noter que la différence de concentration reste faible due à la faible quantité de phytoplancton et l'absence de productivité végétale en hiver dans toute la colonne d'eau.

Finalement, lors de la campagne du printemps 2018, les données de température relevées démontrent que le brassage s'est produit, et que la stratification thermique a débuté (section 3.1.1.1), ce qui peut expliquer les teneurs en chlorophylle *a* assez homogènes retrouvées dans la colonne d'eau.

- **Comparaison interannuelle**

Des profils de profondeur avaient également été réalisés lors de l'année d'échantillonnage 2015-2016 sur toute la colonne d'eau, et ce, pour toutes les stations de l'eau du lac des Rapides (E1 à E9). Les profils obtenus sont globalement les mêmes, à savoir des teneurs plus élevées en surface qu'en profondeur à la campagne d'été, et des concentrations homogènes aux campagnes de printemps et d'automne. En revanche, les profils des campagnes hivernales diffèrent : les profils de la campagne d'hiver 2015, à l'exception de ceux des stations E4 et E5, sont homogènes sur toute la colonne d'eau également alors que ceux de la campagne d'hiver 2018 présentent des teneurs légèrement plus basses en surface qu'en profondeur.

- **Échantillons d'eau de surface analysés en laboratoire**

Des échantillons d'eau de surface ont également été prélevés aux stations E4, E6 et E7 pour analyses subséquentes en laboratoire. Pour le lac de la Montagne, la station E11 a été échantillonnée.

Les teneurs en chlorophylle *a* relevées lors de la campagne estivale de 2017 sont les plus élevées (entre 0,59 et 0,33 µg/L), ce qui peut s’expliquer par la croissance phytoplanctonique favorisée par les conditions environnementales propices, telles que la température, la luminosité et l’accès aux nutriments. À la campagne automnale, les concentrations diminuent beaucoup (teneurs à 0,07 µg/L et inférieures à la limite de détection de 0,05 µg/L), et lors de la campagne d’hiver, les teneurs mesurées sont les plus basses, toutes inférieures à la limite de détection de 0,05 µg/L ; les conditions hivernales (couche de glace en surface) et les faibles températures limitent la survie et la croissance du phytoplancton, ce qui explique ces valeurs très faibles.

- **Comparaison interannuelle**

Le tableau 13 affiche les concentrations obtenues en chlorophylle *a* par saison pour chaque campagne d’échantillonnage. À noter que toutes les stations n’ont pas été échantillonnées à chaque année.

**Tableau 13 : Teneur en chlorophylle *a* des stations E1 à E11 en fonction des saisons et des campagnes d’échantillonnage (µg/L)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E11
<b>Été 2013</b>	0,94	1,04	0,7	0,65	0,78	0,89	-	-
<b>Automne 2013</b>	0,46	0,29	0,43	0,48	0,23	0,22	-	-
<b>Hiver 2014</b>	-	-	0,04	-	-	0,04	-	-
<b>Printemps 2014</b>	0,17	0,1	0,07	0,14	0,14	0,17	-	-
<b>Printemps 2015</b>	1,19	-	-	2,82	-	2,82	-	-
<b>Été 2017</b>	-	-	-	0,56	-	0,33	0,59	0,29
<b>Automne 2017</b>	-	-	-	0,07	-	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Hiver 2018</b>	-	-	-	<0,05	-	<0,05	<0,05	-
<b>Printemps 2018</b>	-	-	-	0,37	-	0,15	0,45	0,16

Les mêmes tendances qu’en 2017-2018 ont été observées lors de l’année d’échantillonnage 2013-2014, à l’exception de la campagne automnale de 2013 qui présente des teneurs relativement plus élevées que celle de l’automne 2017. La campagne du printemps 2015 (seule saison échantillonnée pour la chlorophylle *a* pour cette année d’échantillonnage) affiche quant à elle les concentrations les plus fortes, toutes saisons et années confondus, avec des valeurs de 1,19 et 2,82 µg/L. Ces données apparaissent très élevées en comparaison à celles relevées aux campagnes printanières de 2014 et de 2018 dont les moyennes sont respectivement de 0,13 µg/L et de 0,32 µg/L. Dû à l’absence de données pour les autres saisons de la même année (2015-2016), il est difficile d’expliquer ces valeurs. En général, les concentrations au printemps sont plus basses qu’en été, car l’hiver a limité la croissance de la flore phytoplanctonique, tel qu’observé lors des deux autres campagnes de printemps (tableau 13). À noter qu’avec le peu d’échantillons récolté par saisons lors de la campagne 2017-2018, il n’est pas possible d’assurer que ces données soient représentatives de l’ensemble du lac.

**En résumé :**

- Teneurs en chlorophylle *a* relativement faibles
- Teneurs plus élevées en période estivale, avec une abondance dans l'épilimnion (couche supérieure)
- Plus de données seraient nécessaires pour pouvoir conclure quant à la productivité primaire du lac des Rapides

### 3.1.2.4 Évaluation du niveau trophique du lac des Rapides

Le niveau trophique permet de classer un lac selon son degré de productivité biologique, son état pouvant varier de très oligotrophe à très eutrophe (tableau 14) (MELCC, 2018e). Il est évalué à travers l'évolution des teneurs en phosphore, en chlorophylle *a* et le degré de transparence de l'eau. Il est à noter que, selon le Réseau de surveillance volontaire des lacs du MELCC, l'état trophique d'un lac se détermine à partir de trois échantillonnages estivaux sur un minimum de deux années consécutives. Or, dans le cadre du suivi du lac des Rapides, la saison estivale n'a été échantillonnée qu'une fois par année en 2013, 2015 et 2017. Ce qui suit est donc présenté à titre indicatif.

Dans le cadre de l'étude du lac des Rapides, il a été choisi de se baser sur deux paramètres : le phosphore total et la chlorophylle *a*. La transparence n'a pas été mesurée car les caractéristiques géologiques naturelles du bassin versant du lac des Rapides confèrent majoritairement au lac sa couleur.

**Tableau 14 : Classes de détermination des niveaux trophiques (MELCC, 2018e)**

Classes trophiques		Phosphore total (µg/L)	Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	Transparence (m)
<b>Classe principale</b>	<b>Classe secondaire (transition)</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Moyenne</b>
Ultra-oligotrophe		< 4	< 1	>12
Oligotrophe		4-10	1-3	12-5
	Oligo- mésotrophe	7-13	2,5-3,5	6-4
Mésotrophe		10-30	3-8	5-2,5
	Méso-eutrophe	20-35	6,5-10	3-2
Eutrophe		30-100	8-25	2,5-1
Hyper-eutrophe		> 100	> 25	< 1

*Les moyennes réfèrent à la moyenne estivale ou à la moyenne de la période libre de glace. La moyenne estivale correspond à la période durant laquelle il y a une stratification thermique de l'eau entre la surface et le fond du lac pour les lacs suffisamment profonds.*

En considérant l'ensemble des stations échantillonnées en 2017-2018, soit E1 à E9, la moyenne des concentrations en phosphore total hors période de glace est de 10,05 µg/L. La

teneur moyenne en chlorophylle *a* hors période de glace sur les trois stations échantillonnées (E4, E6 et E7) est quant à elle de 0,29 µg/L. Les concentrations en phosphore total classerait alors le lac des Rapides dans la catégorie oligo-mésotrophe, à la limite de la catégorie oligotrophe, tandis que les concentrations en chlorophylle *a* classerait le lac dans la catégorie ultra-oligotrophe. Pour rappel, les teneurs en phosphore total et chlorophylle *a* relevées dans le cadre de la première étude diagnostique (2013-2014) avaient classé le lac des Rapides dans la catégorie des lacs ultra-oligotrophes à oligotrophes alors que les teneurs obtenues en phosphore total et chlorophylle *a* lors de la deuxième étude diagnostique (2015-2016), classait le lac des Rapides dans la catégorie des lacs oligotrophes. En considérant les données de phosphore, le lac semble ainsi évoluer vers un niveau trophique plus élevé avec le temps.

Dans un second temps, il a été décidé de se pencher plus spécifiquement sur les stations et saisons comparables entre les trois années d'échantillonnage. Le tableau 15 présente ainsi les teneurs en phosphore total et en chlorophylle *a* ainsi que le niveau trophique correspondant, pour chacune des années d'échantillonnage. Ce sont les stations E1 à E6 qui ont été prises en compte dans le calcul des moyennes pour le phosphore total afin de pouvoir comparer les années entre elles. Pour la chlorophylle *a*, puisque le nombre de stations échantillonnées est plus faible, les résultats des moyennes ont été présentés d'une part, pour l'ensemble des stations échantillonnées par année d'échantillonnage et, d'autre part, pour les stations E4 et E6, seules stations communes échantillonnées aux trois années. Il importe de préciser que, quelle que soit la moyenne considérée pour la chlorophylle *a*, la catégorie de niveau trophique reste la même. Pour rappel, en 2015-2016, la campagne estivale n'avait pas été échantillonnée.

Dans le cadre de la première étude diagnostique, les teneurs en phosphore total et chlorophylle *a* mesurées aux stations E1 à E6 avaient classé le lac des Rapides dans la catégorie des lacs ultra-oligotrophes à oligotrophes, en considérant les campagnes d'été, d'automne et de printemps, et également, en considérant seulement les campagnes de printemps et d'automne (pour comparaison plus précise avec 2015-2016 où seules ces deux saisons ont été échantillonnées).

Lors de la deuxième étude diagnostique, les concentrations en phosphore total (aux stations E1 à E6) et en chlorophylle *a* mesurées en laboratoire aux stations E1, E4 et E6 pour les campagnes de printemps et d'automne, classaient le lac des Rapides dans la catégorie des lacs oligotrophes.

Concernant l'année d'échantillonnage 2017-2018, pour le phosphore total, la moyenne des teneurs obtenue aux stations E1 à E6 hors période de glace (campagnes d'été, d'automne et de printemps) est de 9,6 µg/L. En ne tenant compte que des campagnes de printemps et d'automne, la moyenne est de 8,2 µg/L. La chlorophylle *a* a été mesurée en 2017-2018 aux stations E4, E6 et E7. La moyenne obtenue hors période de glace est de 0,29 µg/L. Quelle que soit la valeur considérée pour le phosphore, le lac serait alors classé dans la catégorie oligotrophe.

Ainsi, en ne prenant en compte que les stations comparables (E1 à E6 pour le phosphore et E4 et E6 pour la chlorophylle) et saisons comparables, le lac semble également avoir évolué vers un niveau trophique plus élevé dans les dernières années.

Il serait nécessaire de confirmer cette évolution en mettant en place un suivi plus régulier des teneurs en phosphore et en chlorophylle *a*.

**Tableau 15 : Comparaison des classes trophiques sur les trois années d'échantillonnage**

		Moyenne Phosphore total (µg/L) - Stations E1 à E6	Moyenne Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)		Classe trophique
			Ensemble des stations mesurées	Stations E4 et E6	
2013-2014	Campagnes de printemps, été et automne	6,8	0,44 (stations E1 à E6)	0,43	Ultra-oligotrophe à oligotrophe
	Campagnes de printemps et automne	7,7	0,27 (stations E1 à E6)	0,25	Ultra-oligotrophe à oligotrophe
2015-2016	Campagnes de printemps, été et automne	-	-	-	-
	Campagnes de printemps et automne	8,3	2,25 (stations E1, E4 et E6)	2,82	Oligotrophe
2017-2018	Campagnes de printemps, été et automne	9,6	0,29 (stations E4, E6 et E7)	0,26	Oligotrophe
	Campagnes de printemps et automne	8,2	0,19 (stations E4, E6 et E7)	0,16	Oligotrophe

### **3.1.3 Teneurs en hydrocarbures et éléments métalliques**

Les teneurs en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et éléments métalliques ont été mesurées dans les neuf stations de qualité d'eau du lac des rapides (E1 à E9) pour les quatre campagnes d'échantillonnage, au niveau de la Baie Cachée (E10) pour la saison d'hiver et à la station du lac de la Montagne (E11) pour les saisons d'été, automne et printemps.

Il importe de souligner que, pour certains paramètres analysés en laboratoire, les limites de détection des appareils de mesure du laboratoire sont parfois trop élevées en comparaison aux critères de qualité. Ainsi, lorsque les concentrations mesurées de ces éléments-là sont inférieures aux limites de détection, il n'est pas possible de conclure quant au respect des critères de qualité. C'est notamment le cas des HAP cancérigènes totaux et de certains éléments métalliques (béryllium, cadmium, plomb et mercure).

Il a été validé avec le laboratoire que les limites de détections de leurs instruments d'analyse ne pouvaient être plus basses.

### 3.1.3.1 Hydrocarbures pétroliers

#### 3.1.3.1.1 Généralités

Les hydrocarbures pétroliers sont composés de carbone et d'hydrogène et sont ainsi des composés organiques. Les hydrocarbures notés C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sont les composés contenant de 10 à 50 molécules de carbone. Ils peuvent être linéaires (paraffines), ramifiés (isoparaffines), cycliques (naphtènes), aromatiques ou oléfiniques (contenant un ou plusieurs liens doubles) (CEAEQ, 2016).

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> proviennent de la distillation du pétrole, qui est le procédé industriel permettant de séparer les composants du pétrole brut, non utilisable en l'état, en différents produits finis tels que les carburants automobiles, le fuel domestique ou les bitumes (Connaissance des énergies, 2016). Les hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, du plus léger au plus lourd, sont, pour exemple, l'essence légère, l'essence lourde, le kérosène, le gazole, le fioul domestique, le fioul lourd et les bitumes.

Dans le lac, les risques de présence d'hydrocarbures pétroliers sont liés à l'utilisation de carburant, que ce soit pour les bateaux à moteur ou les hydravions, ainsi que l'huile à moteur. Le carburant utilisé dans les hydravions est du type Avgas (aviation gasoline) 100LL (low lead), qui est un carburant similaire à l'essence automobile mais à plus fort indice d'octane. Ce carburant est à volatilisation rapide.

#### 3.1.3.1.2 Résultats

Pour les hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, seuls les critères de qualité de la *Protection de la vie aquatique (effet aigu et effet chronique)* s'appliquent, car il n'existe pas de critères pour les usages *Prévention de la contamination, Protection de la faune terrestre piscivore et Protection des activités récréatives* (MDDEFP, 2013).

Les résultats obtenus en laboratoire pour les stations E1 à E11 sont présentés dans le tableau 16 (les valeurs inférieures à la limite de détection sont en grisé). Les concentrations mesurées sont comparées aux critères applicables à l'essence et au pétrole brut (tableau 17).

**Tableau 16 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> des stations E1 à E11 en fonction des saisons (mg/L)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Été 2017	<0,05	<0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,401	0,347	0,350	0,342	-	<0,05
Automne 2017	<0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05
Hiver 2018	0,305	-	0,059	0,125	0,070	0,164	<0,19	0,152	<0,05	0,104	-
Printemps 2018	0,401	0,442	0,371	0,282	0,155	0,111	0,182	0,157	0,191	-	0,131

En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection



**Tableau 17 : Critères de qualité de l'eau de surface des hydrocarbures pétroliers (mg/L) (MDDEFP, 2013)**

	Protection de la vie aquatique	
	Effet aigu	Effet chronique
<b>Essence<sup>5</sup></b>	1,8	0,2
<b>Pétrole brut</b>	0,13	0,063

Sur les 39 données obtenues sur l'ensemble de la campagne d'échantillonnage 2017-2018 (quatre saisons), 18 d'entre elles sont inférieures aux limites de détection. Parmi les 21 autres données, les concentrations sont comprises entre 0,059 et 0,442 mg/L. Les teneurs les plus élevées ont été relevées en été aux stations E6, E7, E8 et E9 (respectivement 0,401, 0,347, 0,350 et 0,342 mg/L), en hiver à la station E1 (0,305 mg/L) et au printemps aux stations E1, E2 et E3 (respectivement 0,401, 0,442 et 0,371 mg/L).

Pour la campagne de l'été 2017, les stations E1, E2, E3, E4, E5 et E11 montrent des valeurs inférieures aux limites de détection. Pour les stations E1, E3, E4, E5 et E11, cette limite de détection est inférieure à l'ensemble des critères de qualité, ce qui signifie que ceux-ci sont respectés. En revanche, pour E2, la limite de détection ne permet pas de déterminer si la concentration respecte le seuil pour le critère effet chronique du pétrole brut, néanmoins, les trois autres critères évalués sont respectés. En ce qui concerne les stations E6 à E9, les valeurs dépassent les critères pour le pétrole brut (effet aigu et effet chronique) et le critère effet chronique pour l'essence. Il n'y a pas de localisation spatiale particulière de ces stations pour lesquelles les teneurs en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sont plus élevées (figure 4).

Pour la campagne d'automne 2017, toutes les valeurs se trouvent sous la limite de détection qui est de 0,05 mg/L ou de 0,06 mg/L. Ainsi, toutes les stations respectent les critères de qualité pour les composés essence et pétrole brut.

À l'hiver 2018, les concentrations obtenues aux stations E3 et E9 sont les seules qui respectent tous les critères de qualité. Les teneurs relevées aux stations E4, E5 et E10 respectent les deux critères pour l'essence ainsi que pour l'effet aigu du pétrole brut mais dépassent le critère d'effet chronique pour ce dernier. Les teneurs aux stations E6, E7 et E8 respectent les deux critères pour l'essence mais pas ceux relatifs au pétrole brut. À noter que pour E7, c'est la valeur de la limite de détection qui empêche de statuer sur le respect des critères pour le pétrole. Enfin, la station E1 présente une concentration qui respecte uniquement le critère de l'effet aigu pour l'essence.

Pour ce qui est de la campagne du printemps 2018, aucune valeur n'est inférieure à la limite de détection et de nombreux dépassements de critères sont observés. La concentration en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> à la station E6 respecte tous les critères mis à part celui pour l'effet chronique du

<sup>5</sup> Comme l'essence est constituée majoritairement de composés plus légers que C<sub>10</sub>, en présence d'essence, l'utilisation d'une méthode d'analyse des composés organiques volatils (COV) est recommandée (MDDEFP, 2013)

pétrole brut, alors qu'aux stations E5, E7, E8, E9 et E11, seuls les critères pour l'essence sont respectés. Les stations E1 à E4 respectent seulement le critère de qualité pour l'effet aigu de l'essence. Des valeurs plus élevées sont observées aux stations E1 et E2. C'était également le cas pour E1 à la saison d'hiver, en revanche il n'y avait pas de données pour E2 à cette saison. Ces stations sont celles où la fréquentation du public est la plus importante.

Le tableau 18 permet de visualiser, pour l'ensemble des stations, celles qui respectent ou non les critères de *Protection de la vie aquatique*. Globalement, pour la saison automnale, aucune concentration en  $C_{10}$ - $C_{50}$  n'est supérieure à la limite de détection et tous les critères de qualité sont respectés pour toutes les stations du lac des Rapides ainsi que la station du lac de la Montagne. En revanche, au printemps 2018, de nombreux dépassements de critères sont observés. De manière générale, les stations E1, E6 et E8 sont les stations où le nombre de dépassements de critères est le plus important, avec respectivement 6, 6 et 7 dépassements de critères.

Aux stations E1 à E5 du lac des Rapides, ainsi qu'à la station E11 du lac de la Montagne, les concentrations augmentent en fonction des saisons, pour être maximales au printemps 2018. Les stations E6 à E9 ont un comportement différent, avec des concentrations maximales à l'été 2017. Pour la Baie Cachée, il n'y a qu'une seule saison d'échantillonnage, il n'est donc pas possible de voir une évolution en fonction des saisons.

La localisation des stations E1 à E5, et E6 à E9 ne montre pas de répartition particulière pouvant expliquer que les stations de ces deux groupes suivent la même tendance entre elles (figure 4).

**Tableau 18 : Respect des critères de qualité pour l'usage *Protection de la vie aquatique* des teneurs en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, stations E1 à E11 en fonction des saisons**

		Protection de la vie aquatique, Effet :	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
Été 2017	Pétrole Brut	Chronique	oui	n/d	oui	oui	oui	non	non	non	non	-	oui
		Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	non	non	-	oui
	Essence	Chronique	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	non	non	-	oui
		Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui
Automne 2017	Pétrole Brut	Chronique	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui
		Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui
	Essence	Chronique	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui
		Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui
Hiver 2018	Pétrole Brut	Chronique	non	-	oui	non	non	non	n/d	non	oui	non	-
		Aigu	non	-	oui	oui	oui	non	n/d	non	oui	oui	-
	Essence	Chronique	non	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-
		Aigu	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-
Printemps 2018	Pétrole Brut	Chronique	non	non	non	non	non	non	non	non	non	-	non
		Aigu	non	non	non	non	non	oui	non	non	non	-	non
	Essence	Chronique	non	non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui
		Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui

*oui* : Critère respecté, car la concentration mesurée est inférieure à la valeur du critère

*non* : Critère non respecté, car la concentration mesurée est supérieure à la valeur du critère

*n/d* : La limite de détection est plus élevée que la valeur du critère, il n'est pas possible de statuer sur le respect du critère

Les trois années d'étude du lac des Rapides ont été comparées afin de voir s'il y a présence d'une tendance pour les critères évalués. Cependant, il a été difficile de mener ces comparaisons, car dans le cadre de la première étude, la présence d'hydrocarbures pétroliers a été analysée aux saisons de l'hiver 2014 et du printemps 2014. Pour la deuxième étude, l'échantillonnage a été effectué au printemps 2015, automne 2015 et hiver 2016, mais non à l'été 2015.

Les tableaux qui suivent permettent de visualiser les résultats des comparaisons (tableau 19 à tableau 21).

Concernant les données inférieures aux limites de détection, la mention « n/d » signifie que la valeur de la limite de détection ne permet pas de se prononcer sur le respect du critère. En complément, les données en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> mesurées lors des deux premières études sont présentées en annexe 3.

Pour les campagnes de printemps (3 campagnes, tableau 19), le premier constat observable est que pour les deux premières années d'échantillonnage, la valeur des limites de détection ne permet pas de déterminer si les échantillons respectent le critère du pétrole brut (effet chronique pour toutes les stations et également effet aigu pour E2 et E8). En revanche, tel que vu ci-haut, lors de la troisième étude, les valeurs des concentrations sont supérieures à la limite de détection et permettent de conclure à un dépassement des critères du pétrole brut (effet chronique et aigu pour toutes les stations, sauf E6, uniquement effet chronique). Une augmentation des concentrations des teneurs en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> est observée lors de la troisième étude diagnostique, notamment pour les stations E1 à E4 (annexe 3). Concernant les critères relatifs à l'essence, la différence entre les deux premières études diagnostiques et la troisième est plus claire, car la valeur des limites de détection est toujours adaptée. Ainsi, pour les stations E1 à E4, les valeurs ont augmenté lors de la troisième étude et entraînent un non-respect des critères pour l'effet chronique de l'essence. Pour les stations E5 à E9 en revanche, les critères (effet chronique et aigu) sont respectés lors des trois années d'échantillonnage.

**Tableau 19 : Respect du critère de l'usage *Protection de la vie aquatique (effet chronique et aigu)* pour l'essence et le pétrole brut lors des campagnes de printemps au lac des rapides sur les trois années d'échantillonnage (stations E1 à E9)**

	Protection de la vie aquatique, Effet :	E1			E2			E3			E4			E5			E6			E7			E8			E9		
		2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018	2013-2014	2015-2016	2017-2018
Pétrole brut	Chronique	n/d	n/d	n	n/d	n/d	non	-	n/d	non	n/d	n/d	non	n/d	n/d	non	n/d	-	non	n/d	n/d	non	n/d	n/d	non	-	n/d	non
	Aigu	oui	oui	no	n/d	oui	non	-	oui	non	oui	oui	non	oui	oui	non	oui	-	oui	oui	oui	non	n/d	oui	non	-	oui	non
Essence	Chronique	oui	oui	non	oui	oui	non	-	oui	non	oui	oui	non	oui	oui	oui	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

**Tableau 20 : Respect du critère de l'usage *Protection de la vie aquatique (effet chronique et aigu)* pour l'essence et le pétrole brut lors des campagnes d'automne au lac des rapides sur les trois années d'échantillonnage (stations E1 à E9)**

	Protection de la vie aquatique, Effet :	E1		E2		E3		E4		E5		E6		E7		E8		E9	
		2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018	2015-2016	2017-2018
Pétrole brut	Chronique	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui	n/d	oui
	Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Essence	Chronique	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

*oui* : Critère respecté, car la concentration mesurée est inférieure à la valeur du critère

*non* : Critère non respecté, car la concentration mesurée est supérieure à la valeur du critère

*n/d* : La limite de détection est plus élevée que la valeur du critère, il n'est pas possible de statuer sur le respect du critère

**Tableau 21 : Respect du critère de l'usage *Protection de la vie aquatique (effet chronique et aigu)* pour l'essence et le pétrole brut lors des campagnes d'hiver au lac des rapides sur les trois années d'échantillonnage (stations E1 à E9)**

	Protection de la vie aquatique, Effet :	E1			E2			E3			E4			E5			E6			E7			E8			E9		
		2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018	2013 - 2014	2015 - 2016	2017 - 2018
Pétrole brut	Chronique	n/d	n/d	non	n/d	n/d	-	n/d	non	oui	n/d	non	non	n/d	n/d	non	n/d	n/d	non	non	non	n/d	n/d	non	non	n/d	non	oui
	Aigu	n/d	oui	non	n/d	oui	-	oui	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	non	n/d	oui	oui	non	n/d	non	oui
Essence	Chronique	oui	oui	non	oui	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
	Aigu	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui

*oui : Critère respecté, car la concentration mesurée est inférieure à la valeur du critère*

*non : Critère non respecté, car la concentration mesurée est supérieure à la valeur du critère*

*n/d : La limite de détection est plus élevée que la valeur du critère, il n'est pas possible de statuer sur le respect du critère*

Pour la saison d'automne (2 campagnes, tableau 20), il n'y a que deux années d'échantillonnage (2015-2016 et 2017-2018). Les limites de détection ne permettent pas de se prononcer sur le respect du critère pour l'effet chronique pour le paramètre du pétrole brut lors de la campagne 2015-2016. Pour toutes les autres données, aucun dépassement des critères (effet aigu pétrole brut, effets chronique et aigu essence) n'a été observé, et ce pour les deux années d'échantillonnage.

Pour la saison d'hiver (3 campagnes, tableau 21), il apparaît des dépassements sur les trois années d'échantillonnage, majoritairement pour le critère d'effet chronique pour le pétrole brut. La limite de détection de la saison 2013-2014 ne permet pas de déterminer le respect des critères pour le pétrole mis à part pour la station E7. C'est à la fois un abaissement de la valeur des limites de détection ainsi qu'une augmentation des concentrations qui entraînent un nombre plus important de dépassements observés lors de la troisième étude diagnostique.

- **Comparaison interannuelle**

Il est difficile de faire ressortir une tendance pour l'ensemble des trois études. Pour l'essence, il n'y a eu aucun dépassement des critères en automne, des dépassements de l'effet chronique aux stations E1 à E4 au printemps 2017-2018 et un dépassement à E1 en 2017-2018 et à E7 en 2013-2014, toujours pour l'effet chronique. Le critère de l'effet aigu n'est jamais dépassé pour l'essence. Pour le pétrole, c'est une meilleure limite de détection, mais également une augmentation des concentrations qui entraînent le non-respect des critères à certaines stations lors de la troisième étude diagnostique.

En somme, il n'est pas possible de comparer le critère de l'effet chronique pour le pétrole brut en raison de l'absence de données probantes pour effectuer des comparaisons entre les années d'échantillonnage. Néanmoins, les données permettent de déterminer que le critère de l'effet aigu pour l'essence n'a jamais été dépassé aux stations du lac pour les trois périodes d'étude. De plus, il semblerait qu'en période d'automne, les concentrations en polluants sont plus faibles que pour lors des autres saisons.

**En résumé :**

- Pour chaque saison de l'année d'échantillonnage 2017-2018 (à l'exception de l'automne) : non-respect des critères *Protection de la vie aquatique (effet aigu et effet chronique)* pour le pétrole brut à plusieurs stations, et non-respect du critère *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* pour l'essence à quelques stations également
- Tendance à l'augmentation des teneurs en hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sur les trois années d'échantillonnage à la saison printanière
- Respect du critère *Protection de la vie aquatique (effet aigu)* relatif à l'essence sur l'ensemble des stations et sur les trois années étudiées

### 3.1.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

#### 3.1.3.2.1 Généralités

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des substances organiques constituées d'atomes de carbone et d'hydrogène, formées d'au moins deux anneaux aromatiques condensés (CCE, 1999). Selon le nombre de cycles, ils sont classés en HAP de faible poids moléculaire (jusqu'à trois cycles) et HAP de haut poids moléculaire (au-delà de trois cycles).

La réactivité des HAP dans l'environnement diffère selon la nature des composés : les composés légers sont plutôt sensibles à la volatilisation et à la biodégradation alors que les composés lourds sont principalement éliminés de la colonne d'eau par sédimentation et par oxydation photochimique (Lallée, 2009).

Les HAP disposant de critères de qualité pour l'eau de surface sont indiqués à l'annexe 9 du guide des critères (MDDEFP, 2013). Ils se classent ainsi :

- HAP cancérigènes totaux : benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène et indeno(1,2,3-cd)pyrène ; pour lesquels uniquement des critères de *Prévention de la contamination* sont définis.
- Autres HAP, pour lesquels des critères de *Protection de la vie aquatique* sont également définis :
  - HAP non halogénés : acénaphthène, anthracène, fluoranthène, fluorène, 2-méthylnaphtalène, naphtalène, phénanthrène, pyrène ;
  - HAP halogénés : 1-chloronaphtalène et 2-chloronaphtalène.

Pour les trois plans d'eau suivis dans cette étude, 24 molécules d'HAP ont été analysées en laboratoire, dont 14 possèdent un ou plusieurs critères de qualité. Ceux-ci sont indiqués dans le tableau 22.



Tableau 22 : Critères de qualité de l'eau de surface des HAP dosés (µg/L) (MDDEFP, 2013)

		Prévention de la contamination		Protection de la vie aquatique	
		(eau et organismes aquatiques)	(organismes aquatiques)	(effet aigu)	(effet chronique)
HAP cancérigènes totaux	Benzo(a)anthracène	0,0038*	0,018	-	-
	Benzo(b)fluoranthène	0,0038*	0,018	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	0,0038*	0,018	-	-
	Benzo(a)pyrène	0,0038*	0,018	-	-
	Chrysène	0,0038*	0,018	-	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	0,0038*	0,018	-	-
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,0038*	0,018	-	-

Autres HAP	HAP non halogénés	Acénaphène	20	990	100	38
		Anthracène	8 300	40 000	-	-
		Fluoranthène	130	140	14	1,6
		Fluorène	1 100	5 300	110	12
		Naphtalène	10	1 200	100	11
		Phénanthrène	-	-	4,7	1,4
		Pyrène	830	4 000	-	-

\*Ce critère s'applique à la somme des HAP cancérigènes totaux

### 3.1.3.2.2 Résultats

Les résultats des analyses des HAP dosés dans l'eau pour l'année d'échantillonnage 2017-2018 sont présentés à l'annexe 4 (stations E1 à E11). Pour rappel, pour les stations E1 à E9 (au lac des Rapides), les critères concernant la *Prévention de la contamination* utilisés sont ceux relatifs à « *eau et organismes aquatiques* ». Pour le lac de la Montagne, station E11, ce sont ceux relatifs à « *organismes aquatiques* » qui sont utilisés.

Pour l'ensemble des quatre saisons d'échantillonnage, seules trois données sont supérieures aux limites de détection. Elles ont été mesurées à la saison d'hiver 2018 à la station E6. Ces paramètres détectés sont présentés au tableau 23.

Tableau 23 : Teneurs en HAP détectés dans l'eau (µg/L)

Campagne d'échantillonnage	Station	HAP détecté	Concentration
Hiver 2018	E6	Naphtalène	0,09
		Fluorène	0,01
		Phénanthrène	0,02

Le naphthalène, le fluorène et le phénanthrène sont des HAP non halogénés disposant de critères de qualité de l'eau de surface (tableau 22). Les valeurs détectées sont bien en dessous de ces critères.

Concernant les autres HAP non halogénés, les limites de détection obtenues sont comparées aux critères de qualité (tableau 24). L'ensemble des limites de détection de chacune des molécules est inférieur aux critères de qualité, ce qui permet d'affirmer que tous les échantillons respectent les critères de qualité et ce, pour les quatre campagnes, tant pour le lac des Rapides que pour le lac de la Montagne et la Baie Cachée.

Concernant les HAP cancérigènes totaux, les limites de détection sont plus élevées que les critères de qualité *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)*. Ainsi, elles ne permettent pas de déterminer si les concentrations respectent ce critère au lac des Rapides. Pour le lac de la Montagne et la Baie Cachée (E10 et E11), il s'agit de comparer les valeurs des limites de détection au critère *Prévention de la contamination (organismes aquatiques)*. Pour les molécules de benzo(a)pyrène et d'indéno(1,2,3-cd)pyrène, il est possible d'affirmer que les concentrations relevées à chacune des stations et à chaque saison d'échantillonnage respectent le critère. En revanche, pour les 5 autres molécules de HAP cancérigènes totaux, la valeur de la limite de détection est trop élevée pour permettre de conclure sur le respect du critère.

**Tableau 24 : Limites de détection des HAP pour les différentes campagnes en 2017-2018 ( $\mu\text{g/L}$ ) (MDDEFP, 2013)**

		Été 2017	Automne 2017	Hiver 2018	Printemps 2018	
<b>HAP cancérigènes totaux</b>	Benzo(a)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
	Benzo(b)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
	Benzo(k)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
	Benzo(a)pyrène	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	
	Chrysène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
	Dibenz(a,h)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
<b>Autres HAP</b>	<b>HAP non halogénés</b>	Acénaphthène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
		Anthracène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
		Fluoranthène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
		Fluorène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
		Naphtalène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
		Phénanthrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
		Pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

- **Comparaison interannuelle**

Les 24 molécules d'HAP analysées en laboratoire pour l'année d'échantillonnage 2017-2018 l'ont également été lors de la première étude diagnostique. Dans le cadre du second rapport, ce sont 15 molécules qui avaient été étudiées (retrouvées parmi les 24).

Lors des campagnes d'échantillonnage réalisées en 2013-2014, l'ensemble des valeurs obtenues était inférieur aux limites de détection. Lors des campagnes d'échantillonnage effectuées en 2015-2016, sur les trois saisons où les HAP ont été mesurés, seules trois molécules présentaient des teneurs supérieures aux limites de détection dont deux sont les mêmes que celles détectées pour 2017-2018 : le phénanthrène et le fluoranthène au printemps, et le naphthalène à l'hiver. Les concentrations détectées respectaient également les critères de qualité.

Concernant les limites de détection rencontrées lors des deux précédentes études diagnostiques, les valeurs des limites de détection étaient également adéquates pour les HAP non halogénés et permettaient de conclure que les teneurs respectaient l'ensemble des critères de qualité. En revanche, pour les HAP cancérigènes totaux, les valeurs des limites de détection, trop élevées, ne permettaient pas de statuer sur le respect du critère *Prévention de la contamination*. À noter que les limites de détection pour l'année d'échantillonnage 2017-2018 sont plus basses que celles de l'année 2013-2014, et proches de celles obtenues pour l'année 2015-2016.

**En résumé :**

- Respect des critères de qualité *Prévention de la contamination* et *Protection de la vie aquatique (effet aigu et effet chronique)* pour les HAP non halogénés dans l'eau du lac des Rapides, de la Baie Cachée et du lac de la Montagne
- Limites de détection plus basses pour l'année d'échantillonnage 2017-2018 mais trop élevée pour conclure au respect du critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* pour les HAP cancérigènes totaux

### 3.1.3.3 Éléments métalliques

#### 3.1.3.3.1 Généralités

Les éléments métalliques présents dans les milieux aquatiques peuvent avoir une origine naturelle, telle que l'érosion de la roche mère, ou le compartiment atmosphérique (volcanisme, feux de forêt, transport de poussières). Ils peuvent également provenir de sources anthropiques, telles que les rejets industriels (activités métallurgiques notamment), les activités minières ainsi que l'utilisation de combustibles fossiles ou l'incinération des déchets (Environnement Canada, 2012).

Les métaux sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles (en traces) (INERIS, 2004). De plus, les métaux sont relativement peu solubles dans l'eau et restent majoritairement associés à la phase solide (INERIS, 2005). De ce fait, les éléments métalliques sont retrouvés en plus fortes concentrations dans les sédiments que dans la colonne d'eau.

### 3.1.3.3.2 Résultats

Afin de suivre les métaux dans l'eau, 22 éléments métalliques ont été analysés à chaque campagne d'échantillonnage, pour les stations du lac des Rapides (E1 à E9), pour la Baie Cachée (E10) et le lac de la Montagne (E11). Les résultats sont présentés par saison dans les tableaux qui suivent (tableau 25 à tableau 28). Dans ces tableaux, les valeurs grisées sont celles qui sont inférieures aux limites de détection.

**Tableau 25 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, été 2017 (µg/L)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E11
Aluminium	360	340	350	360	330	330	350	340	330	340
Arsenic	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Baryum	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Béryllium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Bismuth	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bore	6	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cadmium	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Calcium	680	610	600	580	540	550	580	640	570	520
Chrome	0,9	<0,5	0,6	<0,5	0,9	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6
Cobalt	<0,3	<0,3	0,3	<0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Cuivre	0,7	0,7	<0,6	<0,6	1	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Étain	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fer	240	240	240	290	240	240	270	240	240	270
Magnésium	240	220	230	230	210	220	230	220	220	190
Mercure	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01
Molybdène	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nickel	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1
Plomb	0,2	<0,2	0,2	0,2	0,6	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	0,2
Sélénium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Strontium	6	5	6	6	5	5	6	6	6	6
Vanadium	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zinc	<7	<7	<7	<7	7	<7	<7	<7	<7	<7

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

**Tableau 26 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, automne 2017 (µg/L)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E11
Aluminium	390	390	410	380	390	390	390	380	370	380
Arsenic	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Baryum	8	7	7	7	7	7	7	7	7	8
Béryllium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Bismuth	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bore	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cadmium	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Calcium	810	720	710	720	740	730	720	710	730	680
Chrome	0,6	1	0,6	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Cobalt	0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3	0,3	0,3	0,3	<0,3	0,3
Cuivre	0,9	0,9	0,9	1	1,2	0,9	1	1	0,8	1,1
Étain	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fer	400	410	400	410	390	400	420	400	390	460
Magnésium	300	270	270	270	270	280	270	280	270	240
Mercure	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01
Molybdène	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nickel	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomb	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2
Sélénium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Strontium	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Vanadium	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zinc	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

**Tableau 27 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, hiver 2018 (µg/L)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Aluminium	390	430	410	380	410	420	350	380	540	440
Arsenic	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Baryum	7	8	8	7	6	7	6	7	10	7
Béryllium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Bismuth	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bore	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cadmium	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Calcium	870	940	900	840	820	770	840	820	1320	850
Chrome	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,8	0,7	0,8	1	0,9
Cobalt	0,3	0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	0,4	0,3
Cuivre	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	0,8	<0,6	<0,6	0,7	5,3
Étain	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fer	500	540	530	490	470	470	500	480	680	490
Magnésium	320	350	330	300	300	280	310	280	460	270
Mercure	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01
Molybdène	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nickel	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomb	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,2	<0,2
Sélénium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Strontium	9	9	9	8	8	8	8	8	12	7
Vanadium	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	<1
Zinc	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

**Tableau 28 : Teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E1 à E11, printemps 2018 (µg/L)**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E11
Aluminium	400	380	370	360	360	390	360	380	370	320
Arsenic	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Baryum	6	6	6	8	5	6	6	6	6	5
Béryllium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Bismuth	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Bore	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cadmium	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Calcium	550	510	500	450	470	500	460	480	500	380
Chrome	0,7	0,9	0,6	1	0,6	0,6	0,6	7	0,7	0,7
Cobalt	0,3	0,3	<0,3	0,3	<0,3	0,3	<0,3	0,3	0,3	<0,3
Cuivre	<0,6	0,9	1,2	1,2	2,9	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
Étain	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Fer	450	450	440	460	430	460	410	420	450	320
Magnésium	220	220	210	190	200	210	200	200	220	150
Mercure	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Molybdène	<0,3	<0,3	<0,3	0,4	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Nickel	<1	1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Plomb	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Sélénium	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Strontium	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4
Vanadium	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Zinc	<7	8	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

Sur les 22 éléments métalliques dosés, ce sont entre 11 et 13 éléments qui sont détectés selon la campagne d'échantillonnage, c'est-à-dire dont les concentrations sont supérieures aux limites de détection. Pour information, les limites de détection associées au dosage de chaque élément sont les mêmes à toutes les saisons pour l'année d'échantillonnage 2017-2018.

Parmi les éléments détectés, certains sont retrouvés dans des concentrations de l'ordre du centième du µg/L (mercure), de l'ordre du dixième du µg/L (plomb, chrome, cobalt, cuivre), du µg/L (baryum, strontium), ou, pour les concentrations nettement plus importantes, de la centaine de µg/L (magnésium, aluminium, fer, calcium). Pour rappel, la toxicité des éléments n'est pas fonction directe de leur concentration. Certains éléments sont toxiques à de très faibles concentrations, tels que le cadmium ou le plomb, alors que d'autres sont toxiques lorsqu'ils dépassent une certaine concentration, comme le cuivre ou le zinc.

Les résultats observés d'une saison à l'autre sont assez similaires, c'est-à-dire que ce sont les mêmes éléments qui sont détectés de manière générale, et ce, dans les mêmes ordres de concentrations. Quelques différences peuvent toutefois être notées.

À l'été 2017, le bore est détecté à deux stations (E1 et E2), alors qu'il n'est jamais détecté dans les autres stations et saisons. Toutefois, les valeurs restent très proches de la valeur de la limite de détection. Aussi, les concentrations en fer sont légèrement plus faibles à l'été (240-290 µg/L) que lors des trois autres saisons (390-680 µg/L). Également, le chrome est retrouvé en quantité légèrement plus faible à l'été avec 6 stations où il n'est pas détecté alors qu'il est détecté à chaque station pour les autres saisons. La même tendance est observée pour le cobalt qui n'est détecté qu'à deux stations en été.

À l'automne 2017, aucune valeur ne semble ressortir. Aucune variation flagrante n'est observable aux niveaux spatial et temporel pour les concentrations observées.

À l'hiver 2018, la seule différence notable est pour le strontium qui est détecté en une plus grande concentration, entre 7 et 9 µg/L, avec un maximum de 12 µg/L pour la station E9, en comparaison aux autres saisons (4 à 6 µg/L).

Enfin, au printemps 2018, quelques différences apparaissent à une ou deux stations, par exemple aucune concentration en mercure n'est supérieure à la limite de détection et, à l'inverse, le molybdène et le nickel sont détectés à une ou deux stations, mais toujours à des valeurs proches de la limite de détection.

Le calcium est le seul élément qui présente une variabilité plus nette en fonction des saisons. Des valeurs autour de 500 à 600 µg/L sont observées en été, et augmentent graduellement, entre 700 et 800 µg/L à l'automne, entre 800 et 900 µg/L à l'hiver, avec une valeur à 1 320 µg/L pour la station E9, et enfin des valeurs qui redescendent autour de 400 à 500 µg/L au printemps.

Au niveau des stations, la station E9 se différencie quelque peu des autres stations car certains éléments tels que le baryum, le calcium, le magnésium et le strontium y sont retrouvés en plus grande concentration en comparaison aux autres stations lors de la campagne de l'hiver 2018.

Les moyennes et écarts-types des teneurs en métaux ont été calculés afin d'évaluer la variabilité inter-stations. Trois valeurs ressortent de l'ensemble des données. Celles-ci sont beaucoup plus élevées que les autres et induisent un fort coefficient de variation : c'est le cas de la station E5 à l'été 2017 pour sa teneur en plomb et au printemps 2018 pour sa teneur en cuivre, ainsi que le cas de la station E10 à l'hiver 2018 pour sa teneur en cuivre.

- **Critères de qualité**

Les concentrations mesurées sont comparées aux critères de qualité de l'eau de surface (tableau 29). Des valeurs sont définies pour les usages *Prévention de la contamination* et *Protection de la vie aquatique*. Concernant l'usage *Protection de la faune terrestre piscivore*, un seul élément dosé possède un critère pour cet usage, c'est le mercure. Enfin, il n'existe pas de



critères pour l'usage *Protection des activités récréatives et de l'esthétique* pour les éléments dosés.

À noter que pour certains éléments métalliques, la valeur du critère dépend de la dureté de l'eau (MELCC, 2018f). Les résultats de la dureté mesurée au printemps 2018 étant de 2 mg/L CaCO<sub>3</sub> à toutes les stations, ce sont les valeurs de critères correspondant à la dureté la plus basse, soit 10 mg/L CaCO<sub>3</sub>, qui ont été retenues.

**Tableau 29 : Critères de qualité de l'eau de surface pour les éléments métalliques dosés (µg/L) (MDDEFP, 2013)**

	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	Prévention de la contamination (organismes aquatiques)	Protection de la vie aquatique Effet aigu	Protection de la vie aquatique Effet chronique	Protection de la faune terrestre piscivore
Aluminium	100	-	750	87	-
Arsenic	0,3	21	340	150	-
Baryum	1 000	16 0000	110	38	-
Béryllium	4	1200	1,2	0,14	-
Bismuth	-	-	-	-	-
Bore	200	16 0000	2 8000	5 000	-
Cadmium	5	130	0,21	0,049	-
Calcium	-	-	-	<4 000*	-
Chrome	50	9 400	16	11	-
Cobalt	-	-	370	100	-
Cuivre	1 000	38 000	1,6	1,3	-
Étain	-	-	-	-	-
Fer	300	-	3 400	1 300	-
Magnésium	-	-	-	-	-
Mercure	1,8.10 <sup>-3</sup>	1,8.10 <sup>-3</sup>	1,6	0,91	1,3.10 <sup>-3</sup>
Molybdène	40	1 0000	29 000	3 200	-
Nickel	70	4 600	67	7,4	-
Plomb	10	190	4,4	0,17	-
Sélénium	10	4 200	62	5	-
Strontium	4 000	-	40 000	21 000	-
Vanadium	220	2 200	110	12	-
Zinc	5 000	26 000	17	17	-

\*La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec la concentration en calcium : plus la concentration en calcium est faible, plus la sensibilité est élevée.

Pour chaque saison, les données obtenues ont été comparées à chaque critère existant. Trois éléments métalliques (bismuth, étain et magnésium) ne possèdent aucun critère de qualité ; pour cette raison, ils ne sont pas mentionnés dans les tableaux de comparaison aux critères.

Concernant le lac des Rapides, les tableaux comportant l'entièreté des comparatifs des résultats aux critères de qualité sont présentés à l'annexe 5. Les tableaux suivants (tableau 30 à tableau 33) présentent spécifiquement les éléments métalliques pour lesquels soit le critère n'est pas respecté, soit il n'est pas possible de déterminer le respect du critère de qualité en raison d'une limite de détection non adaptée (mention « n/d »).

**Tableau 30 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison été 2017 (µg/L)**

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Aluminium</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	360	340	350	360	330	330	350	340	330
	Protection de la vie aquatique, effet chronique									
<b>Béryllium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Cadmium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Mercure</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Protection de la faune terrestre piscivore									
<b>Plomb</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	0,2	n/d	0,2	0,2	0,6	n/d	n/d	0,2	n/d

**Tableau 31 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison automne 2017 (µg/L)**

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Aluminium</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	390	390	410	380	390	390	390	380	370
	Protection de la vie aquatique, effet chronique									
<b>Béryllium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Cadmium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Fer</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	400	410	400	410	390	400	420	400	390
<b>Mercure</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Protection de la faune terrestre piscivore									
<b>Plomb</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2

**Tableau 32 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison hiver 2018 (µg/L)**

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Aluminium</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	390	430	410	380	410	420	350	380	540
	Protection de la vie aquatique, effet chronique									
<b>Béryllium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Cadmium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Fer</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	500	540	530	490	470	470	500	480	680
<b>Mercure</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	0,01	0,01	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0,01
	Protection de la faune terrestre piscivore			n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	
<b>Plomb</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	0,2

**Tableau 33 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface aux stations E1 à E9 saison printemps 2018 (µg/L)**

		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Aluminium</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	400	380	370	360	360	390	360	380	370
	Protection de la vie aquatique, effet chronique									
<b>Béryllium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Cadmium</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Cuivre</b>	Protection de la vie aquatique, effet aigu					2,9				
	Protection de la vie aquatique, effet chronique									
<b>Fer</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	450	450	440	460	430	460	410	420	450
<b>Mercure</b>	Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
	Protection de la faune terrestre piscivore	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d	n/d
<b>Plomb</b>	Protection de la vie aquatique, effet chronique	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3

Pour l'aluminium, les critères *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* et *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* sont dépassés pour toutes les stations et toutes les saisons. Pour le fer, le critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* est dépassé pour toutes les stations à l'automne 2017, à l'hiver 2018 et au printemps 2018. À l'été 2017, aucun dépassement n'a été constaté. Le fer est présent dans les roches du bassin versant du lac des Rapides (roches mafiques et ultramafiques), ce qui explique sa forte concentration dans les eaux. De plus, les sols présents sont essentiellement des podzols qui se caractérisent par une forte teneur en oxyde de fer et d'aluminium, pouvant ainsi entraîner de fortes concentrations en ces deux éléments dans le lac.

Pour certains éléments, la limite de détection lors de l'analyse n'a pas permis de déterminer si l'un ou l'autre des critères était respecté. C'est le cas du béryllium et du cadmium (*Protection de la vie aquatique (effet chronique)*) à toutes les saisons.

Concernant le mercure, le critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* et le critère *Protection de la faune terrestre piscivore*, qui n'existe que pour cet élément parmi ceux dosés, ne sont pas respectés pour toutes les stations à l'été et à l'automne 2017. Pour l'hiver 2018, les critères sont dépassés pour les stations où il a pu être détecté (E1, E2 et E9). Pour les autres stations lors de cette saison, ainsi que pour toutes les stations au printemps 2018, le mercure n'avait pas été détecté (valeurs en dessous de la limite de détection) et la valeur de la limite de détection ne permet pas de conclure quant au respect des critères (valeur trop élevée).

Concernant le plomb, à l'automne 2017 et au printemps 2018, le critère *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* n'est respecté pour aucune des stations. Il est également possible d'établir que le critère n'est pas respecté à la station E8 à l'été 2017 et à la station E9 à l'hiver 2018. En revanche, pour toutes les autres stations à ces deux saisons, il n'est pas possible de conclure car les valeurs sont inférieures à la limite de détection qui est légèrement trop élevée par rapport à la valeur du critère.

Enfin, pour ce qui est du cuivre, un seul dépassement de critère est observé ; en effet, la teneur mesurée à la station E5 au printemps 2018 (2,9 µg/L) dépasse les critères *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* et (*effet aigu*).

Ainsi, globalement, concernant le critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)*, il est respecté pour l'ensemble des éléments métalliques mesurés à l'exception de trois éléments : l'aluminium à toutes les saisons, le fer à l'automne 2017, et à l'hiver et au printemps 2018, et le mercure à l'été et à l'automne 2017. Pour le mercure, il n'est pas possible de se prononcer sur le respect du critère au printemps 2018 et pour certaines stations à l'hiver 2018.

Pour le critère *Protection de la vie aquatique (effet chronique)*, des dépassements sont observés pour trois éléments (sur 19 éléments disposant d'une valeur pour ce critère) : l'aluminium, le plomb et le cuivre. En effet, les teneurs en aluminium relevées à l'ensemble des stations et pour toutes les saisons ne respectent pas le critère et les concentrations en plomb

sont supérieures au critère pour toutes les stations à l'automne 2017 et au printemps 2018, et pour 5 stations à l'été 2017 (E1, E3, E4, E5 et E8) et une station à l'hiver 2018 (E9). Pour les autres stations aux campagnes d'été et d'hiver, les teneurs relevées en plomb sont inférieures à la limite de détection, qui n'est pas adaptée pour une comparaison au critère de qualité (car supérieure au critère). Enfin, pour le cuivre, le critère n'est pas respecté à une seule reprise : à la station E5 au printemps 2018. À noter qu'il n'est pas non plus possible de déterminer la conformité du critère *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* pour le béryllium et le cadmium à l'ensemble des stations et à chacune des saisons. Par ailleurs, les teneurs en calcium détectées, toutes inférieures au seuil de 4 000 µg/L, indiquent une sensibilité élevée à l'acidification à toutes les saisons et toutes les stations.

Concernant le critère *Protection de la vie aquatique (effet aigu)*, les limites de détection sont toutes adaptées à la comparaison aux critères. Parmi l'ensemble des données, un seul dépassement de critère est observé, pour le cuivre à la station E5 au printemps 2018.

Par ailleurs, deux nouvelles stations ont été ajoutées à l'échantillonnage réalisé en 2017-2018 : la station E10, localisée dans la Baie Cachée et échantillonnée à l'été et l'automne 2017 et au printemps 2018, et la station E11, située dans lac de la Montagne et échantillonnée à l'hiver 2018. Les résultats des comparaisons des critères sont présentés aux tableaux suivants (tableau 34 à tableau 37).

Étant donné l'absence de prise d'eau potable dans ces lacs, les valeurs associées au critère de *Prévention de la contamination (organismes aquatiques seulement)* sont moins sévères. Aucun dépassement n'est observé pour ce critère aux deux stations E10 et E11.

Concernant le critère de *Protection de la vie aquatique (effet chronique)*, il n'a pas été respecté pour trois éléments : l'aluminium, le plomb et le cuivre. Toutes les concentrations relevées en aluminium aux deux stations et aux quatre saisons dépassent le critère. Pour le plomb, les teneurs mesurées à l'été et l'automne 2017, et au printemps 2018 (E11), sont supérieures au critère de qualité ; celle relevée à l'hiver à E10 est inférieure à la limite de détection et ne permet ainsi pas de se prononcer sur le respect du critère. À noter que pour le béryllium et le cadmium, la limite de détection est également trop élevée par rapport à la limite du critère, ne permettant pas de déterminer s'il est respecté, et ce, pour chacun des échantillonnages. Enfin, pour le cuivre, la concentration mesurée à l'hiver à E10 ne respecte pas le critère de *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* et ne respecte pas non plus le critère de *Protection de la vie aquatique (effet aigu)*. C'est le seul cas de dépassement de ce dernier critère observé au sein des éléments métalliques pour les stations E10 et E11. Pour ce qui est du critère *Protection de la faune terrestre piscivore*, disponible uniquement pour le mercure, il est dépassé en hiver à E10 et il n'est pas possible de statuer pour les trois autres saisons puisque les concentrations obtenues sont inférieures à la limite de détection, elle-même trop élevée en comparaison au critère de qualité.

De manière générale, les teneurs en éléments métalliques obtenues aux stations de la Baie Cachée et du lac de la Montagne sont similaires à celles relevées dans le lac des Rapides.

Les teneurs en calcium et magnésium semblent légèrement plus faibles à E11 aux campagnes d'été, d'automne et de printemps en comparaison aux stations du lac des Rapides. Il est également important de noter que les concentrations en fer sont aussi élevées à E10 et E11 qu'aux autres stations, mais puisque le critère *Prévention de la contamination* à considérer n'est pas le même, cela n'est pas mis en évidence à travers la comparaison aux critères de qualité. Enfin, il est à souligner la teneur en cuivre mesurée à E10 en hiver, d'une valeur de 5,3 µg/L, qui est la concentration en cuivre la plus élevée sur l'ensemble des stations (en général, les teneurs sont inférieures à la limite de détection qui est de 0,6 µg/L ou comprises entre 0,7 et 2,9 µg/L).

**Tableau 34 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E11 saison été 2017 (µg/L)**

		E11
Aluminium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	340
Béryllium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Cadmium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Mercure	Prévention de la contamination (organismes aquatiques)	n/d
	Protection de la faune terrestre piscivore	
Plomb	Protection de la vie aquatique, effet chronique	0,2

**Tableau 35 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E11 saison automne 2017 (µg/L)**

		E11
Aluminium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	380
Béryllium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Cadmium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Mercure	Prévention de la contamination (organismes aquatiques)	n/d
	Protection de la faune terrestre piscivore	
Plomb	Protection de la vie aquatique, effet chronique	0,2

**Tableau 36 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E10 saison hiver 2018 (µg/L)**

		E10
Aluminium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	440
Béryllium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Cadmium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Cuivre	Protection de la vie aquatique, effet aigu	5,3
	Protection de la vie aquatique, effet chronique	
Mercure	Prévention de la contamination (organismes aquatiques)	0,01
	Protection de la faune terrestre piscivore	
Plomb	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d

**Tableau 37 : Dépassement des critères de qualité de l'eau de surface à la station E11 saison printemps 2018 (µg/L)**

		<b>E11</b>
Aluminium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	320
Béryllium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Cadmium	Protection de la vie aquatique, effet chronique	n/d
Mercure	Prévention de la contamination (organismes aquatiques)	n/d
	Protection de la faune terrestre piscivore	
Plomb	Protection de la vie aquatique, effet chronique	0,3

- **Comparaison interannuelle**

Sur les 22 éléments métalliques dosés lors de cette troisième étude diagnostique, 18 sont en commun avec les trois campagnes de la précédente étude diagnostique, 4 éléments supplémentaires sont en commun avec les campagnes de l'automne 2015 et de l'hiver 2016. En revanche, les 4 éléments supplémentaires qui avaient été dosés lors de la campagne de printemps 2015 (argent, antimoine, uranium, manganèse) n'ont pas été dosés lors de cette étude. Lors de la première étude diagnostique, ce sont seulement 12 éléments métalliques qui avaient été dosés, dont 9 en commun avec cette troisième étude diagnostique (aluminium, cadmium, chrome, cuivre, fer, mercure, nickel, plomb, zinc).

Pour comparer les données obtenues cette année avec celles des deux études précédentes, il s'agit en premier lieu de se pencher sur les valeurs des limites de détection. En comparaison à la première étude diagnostique, les limites de détection des éléments dosés en 2017-2018 sont soit égales, soit inférieures. Lors de la deuxième étude diagnostique, sur les trois campagnes, les limites de détection étaient adéquates au printemps 2015, où tous les éléments sauf deux avaient pu être détectés, mais beaucoup plus élevées pour les deux autres campagnes, automne 2015 et hiver 2016. Ainsi, celles retrouvées dans le cadre de cette troisième étude sont plus adaptées pour la détection des éléments métalliques que lors de l'automne 2015 et hiver 2016, mais moins adaptées que lors du printemps 2015. Cette année, certains éléments n'ont pas été détectés, probablement en raison de limites de détection trop élevée. Toutefois, en rappel, il n'y a que pour un nombre limité d'éléments métalliques que cela empêche de conclure sur le respect des critères de qualité.

Concernant la variabilité spatiale des teneurs en éléments métalliques au sein du lac, tel que lors de la deuxième étude, les teneurs rencontrées lors de cette troisième étude diagnostique sont assez stables dans le lac pour les neuf stations d'étude avec des écarts-types assez faibles entre les stations. Lors de la première étude, c'était également le cas mais le nombre de données était beaucoup plus faible.

Lors des deux précédentes études diagnostiques, de fortes teneurs en fer et en aluminium avaient été observées à toutes les stations ainsi que le dépassement, pour ces deux éléments-là, du critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)*, tout comme c'est le cas cette année. Pour rappel, le MELCC indique que certaines eaux de surface de

bonne qualité peuvent contenir des teneurs naturelles en fer et en aluminium plus élevées que le critère de qualité et que dans ces situations, les teneurs naturelles doivent être considérées comme la valeur de référence plutôt que le critère de qualité (MDDEFP, 2013). Toutefois, les teneurs naturelles ne sont pas connues.

Enfin, les teneurs mesurées en calcium lors de la deuxième étude (non dosé lors de la première étude) indiquent une sensibilité élevée à l'acidification, tout comme observé dans le cadre de la troisième étude diagnostique.

**En résumé :**

- Teneurs élevées en fer et en aluminium rencontrées à chaque campagne lors des trois années d'échantillonnage dépassant le critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* : en lien avec les sols présents dans la région de Duplessis qui sont des podzols, sols acides de milieux forestiers caractérisés notamment par une accumulation de fer et d'aluminium
- Dépassements fréquents observés pour le mercure des critères *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* et *Protection de la faune terrestre piscivore*, et pour le plomb du critère *Protection de la vie aquatique (effet chronique)*
- Peu de variation saisonnière dans les concentrations de ces éléments métalliques et pas de variation spatiale
- Concentrations faibles en calcium : signe d'une sensibilité élevée à l'acidification



## 3.2 Caractérisation des sédiments des lacs

Les analyses des sédiments ont été conduites sur les quatre campagnes de l'année, soit été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018. Les paramètres analysés sont le phosphore total, le carbone organique total ainsi que les hydrocarbures pétroliers, les HAP et les éléments métalliques. Les prélèvements ont été effectués dans le lac des Rapides (Sed1 à Sed6), dans la Baie Cachée (Sed10) et dans le lac de la Montagne (Sed11). Lors de la campagne de l'hiver 2018, il n'y a pas de résultat pour Sed3 car l'échantillon s'est brisé lors du transport au laboratoire (Cf. Annexe 6).

Il importe de souligner que, pour certains paramètres analysés en laboratoire, les limites de détection des appareils de mesure du laboratoire sont parfois trop élevées en comparaison aux critères de qualité. Ainsi, lorsque les concentrations mesurées de ces éléments-là sont inférieures aux limites de détection, il n'est pas possible de conclure quant au respect des critères de qualité. C'est notamment le cas pour 11 HAP sur les 13 dosés et ayant des critères de qualité.

Il a été validé avec le laboratoire que les limites de détections de leurs instruments d'analyse ne pouvaient être plus basses.

### 3.2.1 Phosphore total

Les sédiments constituent un des compartiments importants du cycle du phosphore en milieu aquatique. En effet, le phosphore peut être piégé de manière significative dans le sédiment et en être relargué selon les conditions du milieu (pH, potentiel rédox), constituant une source potentielle de phosphore interne au lac (Andrieux-Loyer, 1991).

Le phosphore dans les sédiments peut être sous forme minérale, organique ou adsorbé sur les particules. Toutefois, la majorité de ce phosphore n'est pas biologiquement disponible (Guesdon et *al.*, 2014). Cette disponibilité dépend de la nature de la liaison du phosphore avec le matériel particulaire.

Les résultats des teneurs en phosphore dans les sédiments du lac des Rapides pour les quatre saisons sont présentés à la figure 19. Les valeurs sont comprises entre 1,12 et 4,63 g/kg. Le phosphore total dans les sédiments ne dispose pas de critère de qualité. Globalement, les teneurs les plus élevées sont relevées aux stations Sed1 (Baie Duclos) et Sed5 (centre du lac), et les teneurs les plus basses à la station Sed4 (nord du lac). Les teneurs à Sed2, Sed3 et Sed6 sont semblables entre elles. Mise à part la station Sed5, toutes les stations semblent suivre le même profil d'évolution au fil de saisons, soit une augmentation des teneurs en phosphore à l'automne puis une baisse à l'hiver et au printemps.

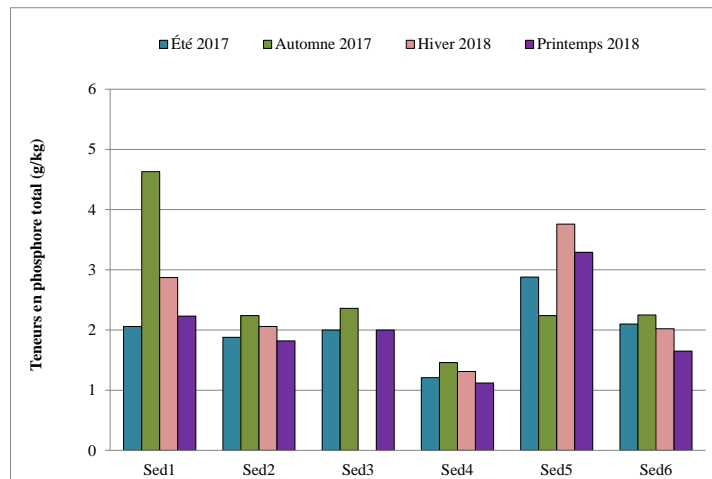


Figure 19 : Teneurs en phosphore total dans les sédiments du lac des Rapides par saison, Sed1 à Sed6 (g/kg)

- **Comparaison interannuelle**

Le tableau 38 rassemble les concentrations en phosphore des sédiments obtenues lors des trois études. Lors de la première étude, les teneurs en phosphore mesurées aux stations Sed1 à Sed6 oscillaient entre 1,51 et 5,2 g/kg. Lors de la deuxième étude, en ne considérant que les stations Sed1 à Sed6, et non les stations Sed7 à Sed16 qui avaient été ajoutées au suivi, les teneurs étaient comprises entre 1,54 et 8,5 g/kg. Les teneurs en phosphore dans les sédiments semblent être globalement plus basses lors de la troisième étude diagnostique, notamment pour les stations Sed1 et Sed5

Tableau 38 : Comparatif des données de phosphore dans les sédiments pour les trois études diagnostiques (g/kg)

**Étude 1**

Été 2013

Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
4,95	2,09	2,23	1,51	5,20	2,26

**Étude 2**

Printemps 2015

Automne 2015

Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
4,49	2,73	2,55	1,54	4,51	2,49
4,10	2,00	2,10	1,60	8,50	2,10

**Étude 3**

Été 2017

Automne 2017

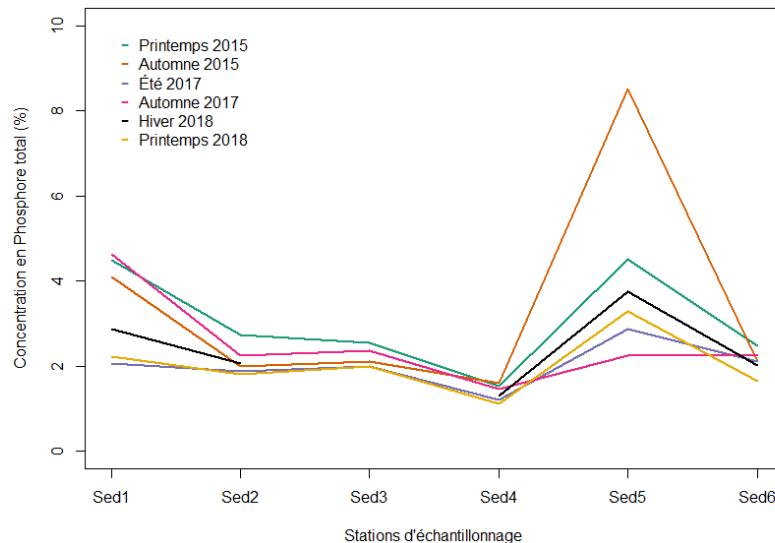
Hiver 2018

Printemps 2018

Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
2,06	1,88	2,00	1,21	2,88	2,10
4,63	2,24	2,36	1,46	2,24	2,25
2,87	2,06	-	1,31	3,76	2,02
2,23	1,82	2,00	1,12	3,29	1,65

Au niveau des variations inter stations, la même distribution avait été observée lors des deux précédentes études diagnostiques, soit des valeurs plus élevées à Sed1 et Sed5 et plus basses à Sed4. Au printemps 2018, la valeur observée à la station Sed5 est largement plus élevée

que la moyenne pour la même station, mais respecte tout de même la tendance observée sur l'ensemble des saisons, toutes années confondues (figure 20). Il est difficile d'expliquer cette répartition des teneurs en phosphore, toutefois ces résultats mettent en avant le volet intégrateur des sédiments, c'est-à-dire que les éléments contenus dans les sédiments varient peu à court terme. En revanche, la variation entre les saisons apparaît faible (figure 20).



**Figure 20: Teneurs en phosphore total dans les sédiments du lac des Rapides par saison, pour les trois campagnes d'échantillonnage**

La Baie Cachée (Sed10) et le lac de la Montagne (Sed11) ont été échantillonnés en 2017-2018. Les résultats sont indiqués dans le tableau 39.

Pour la Baie Cachée (Sed10), il n'y a qu'une saison d'échantillonnage, l'hiver 2018, et la teneur mesurée est de 1,36 g/kg. Le lac de la Montagne (Sed11) a été échantillonné à trois saisons. Les valeurs sont assez semblables entre elles et sont autour de 1,6 g/kg, ce qui correspond à la fourchette basse des concentrations observées dans le lac des Rapides, notamment à la station Sed4. Au niveau spatial, la station Sed4 est située à proximité de l'embouchure du tributaire T2, soit en aval de la station du lac de la Montagne.

**Tableau 39 : Teneurs en phosphore total dans les sédiments par saison, stations Sed10 et Sed11 (g/kg)**

	Sed10	Sed11
<b>Été 2017</b>	-	1,79
<b>Automne 2017</b>	-	1,69
<b>Hiver 2018</b>	1,36	-
<b>Printemps 2018</b>	-	1,54

#### En résumé :

- Teneurs plus élevées en phosphore total lors de la campagne automnale, puis diminution progressive jusqu'au printemps suivant
- Teneurs les plus élevées en phosphore total sur les trois années d'échantillonnage observées aux stations Sed1 (Baie Duclos) et Sed5 (centre du lac) et teneurs les plus faibles rencontrées à la station Sed4 (à l'embouchure de la rivière des Rapides)
- Peu de variation en phosphore total à court terme

### 3.2.2 Carbone organique total

Le carbone organique total (COT) traduit l'enrichissement organique du milieu. Dans les sédiments, le carbone est présent sous différentes formes organiques (matières humiques, substances chimiques, matières végétales et animales).

Les résultats du dosage de COT dans les sédiments sont indiqués à la figure 21. Les teneurs sont assez semblables entre toutes les stations, oscillant entre 1,3 et 17,2 %, à l'exception de la station Sed5 à l'hiver qui présente une valeur exceptionnelle de 77,6 %. La valeur haute observée à l'hiver à la station Sed5 est d'autant plus difficile à expliquer que c'est cette station qui présente les plus faibles taux de COT en comparaison des autres stations aux trois autres saisons.

La concentration médiane en COT en 2017-2018 est de 10,6 % avec un maximum de 17,20 % et un minimum de 1,26 % (sans considération de la valeur de 77,60 %). Au Québec, l'information disponible quant aux valeurs de COT dans les sédiments des lacs est faible. Une étude réalisée sur des lacs au nord du Québec (lac Chibougamau et aux Dorés) avaient rapporté des concentrations minimum, médiane et maximum en COT de 0,5 %, 17 % et 4,7 %.

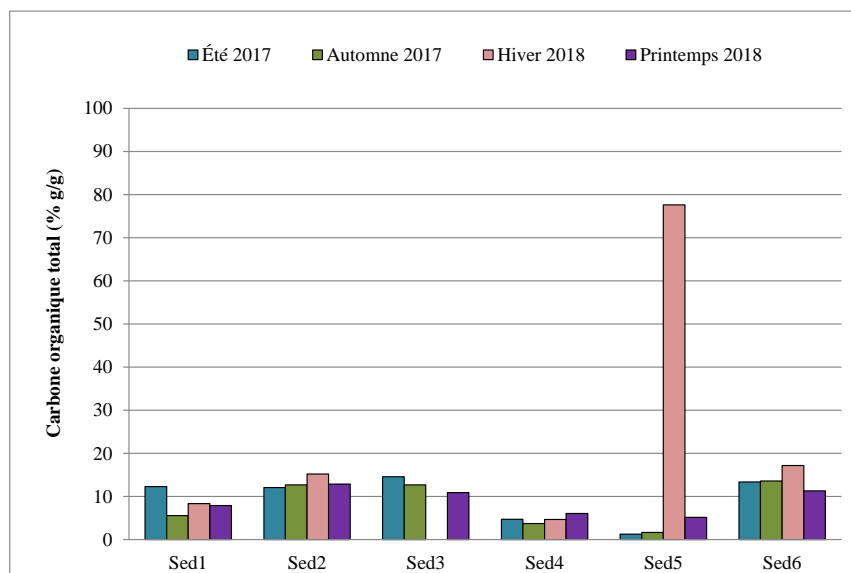


Figure 21 : Teneurs en carbone organique total dans les sédiments du lac des Rapides par saison (%)

Il n'y a pas eu de dosage du carbone organique total lors de la première étude diagnostique. La comparaison des données entre la deuxième et la troisième étude diagnostique est présentée au tableau 40. Globalement, les concentrations sont dans la même gamme de valeurs, soit des valeurs inférieures à 20 %. Les valeurs les plus élevées sont observées aux stations Sed2, Sed3 et Sed6. Les stations Sed1, Sed4 et Sed5 montrent les teneurs les plus basses, mis à part la valeur exceptionnelle observée en hiver Sed5. Le COT possède une forte capacité d'adsorption des contaminants organiques hydrophobes (HAP, PCB) et d'accumulation des métaux traces (Moulin, 2016). Les résultats de nombreuses études ont montré que la teneur en carbone organique est un des plus importants facteurs qui déterminent la biodisponibilité des HAP (CCME, 1999b). En effet, la capacité de sorption des polluants hydrophobes est plus forte lorsque la teneur en carbone organique augmente (Lallée, 2009). Dans les sections suivantes portant sur les hydrocarbures pétroliers, les HAP et les éléments métalliques, ces paramètres seront mis en parallèle.

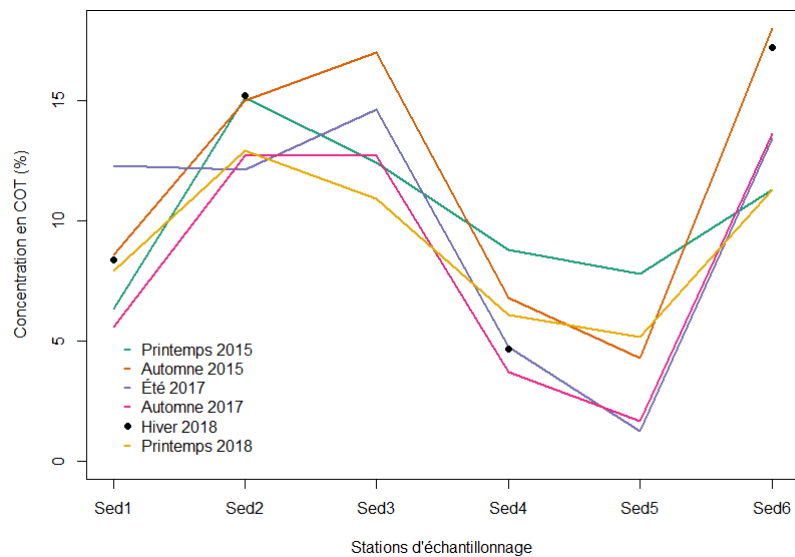
**Tableau 40 : Comparatif des données de carbone organique total dans les sédiments entre la deuxième et la troisième étude diagnostique, stations Sed1 à Sed6 (%)**

<b>Étude 2</b>	<b>Sed1</b>	<b>Sed2</b>	<b>Sed3</b>	<b>Sed4</b>	<b>Sed5</b>	<b>Sed6</b>
<b>Printemps 2015</b>	6,35	15,1	12,4	8,78	7,78	11,3
<b>Automne 2015</b>	8,6	15	17	6,8	4,3	18

<b>Étude 3</b>	<b>Sed1</b>	<b>Sed2</b>	<b>Sed3</b>	<b>Sed4</b>	<b>Sed5</b>	<b>Sed6</b>
<b>Été 2017</b>	12,3	12,1	14,6	4,75	1,26	13,4
<b>Automne 2017</b>	5,60	12,7	12,7	3,73	1,66	13,6
<b>Hiver 2018</b>	8,36	15,2	-	4,68	77,6	17,2
<b>Printemps 2018</b>	7,91	12,9	10,9	6,09	5,18	11,3

La figure 22 affiche les concentrations en COT dans les différentes stations de qualité des sédiments du lac des Rapides par saison sur les trois années d'échantillonnage. La station Sed3 n'ayant pas été échantillonnée lors de la campagne d'hiver 2018, cette saison est représentée sous forme de points. Ce graphique montre que la variation saisonnière est assez faible ; en revanche, la variation entre les stations apparaît plus forte : Sed1, Sed4 et Sed5 semblent être les stations ayant la concentration en COT la plus basse (à noter que la valeur à Sed5 à l'hiver 2018 n'a pas été prise en compte) et Sed2, Sed3 et Sed6, les stations ayant la concentration en COT la plus forte.



**Figure 22 : Concentrations en COT (%) par saison et par stations (Sed1 à Sed6)**

Les teneurs en carbone organique total des stations de la Baie Cachée et du lac de la Montagne sont indiquées au tableau 41. La Baie Cachée montre une teneur plus importante en matière organique avec une valeur de 12,1 % se rapprochant des valeurs hautes observées dans le lac des Rapides.

**Tableau 41 : Teneurs en carbone organique total dans les sédiments par saison, stations Sed10 et Sed11 (%)**

	Sed10	Sed11
<b>Été 2017</b>	-	6,06
<b>Automne 2017</b>	-	5,47
<b>Hiver 2018</b>	12,1	-
<b>Printemps 2018</b>	-	4,95

**En résumé :**

- Teneurs moyennes en COT sur les deux années d'échantillonnage d'environ 10 %
- Tendence à la baisse en COT dans les sédiments du lac entre les années d'échantillonnage 2015-2016 et 2017-2018

### 3.2.3 Teneurs en hydrocarbures et éléments métalliques

#### 3.2.3.1 Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>

Le *Guide de référence sur les sédiments* ne contient pas de critère de qualité pour le paramètre des hydrocarbures pétroliers (Environnement Canada et MDDEP, 2007). Toutefois, ce paramètre est fréquemment mesuré dans les études de sédiments de lac.

Les analyses des hydrocarbures pétroliers dans le lac des Rapides (Sed1 à Sed6) sont présentées dans le tableau 42. Les valeurs inférieures à la limite de détection sont grisées. Peu de valeurs sont supérieures aux limites de détection. En effet, sur l'ensemble des 23 concentrations mesurées, seulement 4 sont détectées.

Concernant les limites de détection, leurs valeurs sont variables pour une même saison, ou une même station le long des saisons (entre 100 et 380 mg/kg). Ces variations rendent plus difficiles, d'une part, la détection des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (non détection des valeurs lorsque les limites de détection sont trop élevées) et, d'autre part, l'interprétation des données (difficulté de savoir si il y a présence ou non de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) ainsi que la comparaison inter-saisons (variations des valeurs des limites de détection au fil des saisons). Le laboratoire d'analyse indique que les limites de détection varient en fonction notamment de la quantité d'eau contenue dans les sédiments (plus l'échantillon est humide, plus la limite de détection est élevée). Il n'apparaît pas de tendance dans la répartition géographique des résultats car il n'y a que trop peu de valeurs supérieures aux limites de détection, qui sont elles-mêmes variables.

**Tableau 42 : Teneurs en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> des stations Sed1 à Sed6 (lac des Rapides) en fonction des saisons (mg/kg)**

	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
Été 2017	419	<350	<370	213	<100	<380
Automne 2017	<210	<310	459	<130	<100	<340
Hiver 2018	<210	<200	-	149	<190	<360
Printemps 2018	<320	<380	<320	<200	<170	<330

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

Globalement, toutes les valeurs sont inférieures à 500 mg/kg. Comme il n'existe pas de critère pour les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans le guide des sédiments, il est possible de se référer au *Guide d'intervention pour la protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* (Beaulieu, 2016) qui définit trois niveaux de critères. Les critères sont présentés au tableau 43.

**Tableau 43 : Grille des critères génériques pour les sols pour les hydrocarbures pétroliers (mg/kg matière sèche, ppm)**

Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> à C <sub>50</sub>	Critères de sols <sup>6</sup>		
	A	B	C
	300	700	3 500

Les critères B et C sont respectés à toutes les stations, quelle que soit la saison. En revanche, le critère A est dépassé à deux stations : Sed1 (Baie Duclos) en été et Sed3 (Baie Ross) en automne. Pour les autres saisons de ces stations, il n'est pas possible de se prononcer pour Sed3 car les valeurs de la limite de détection sont supérieures au critère A ; pour Sed1, la limite de détection est adaptée pour le critère A, sauf au printemps où elle est de 320 mg/kg et où il n'est donc pas possible de statuer quant au respect du critère A.

Il est difficile de comparer les résultats obtenus cette année avec ceux des études antérieures (tableau 44), car les limites de détection sont toutes variables entre elles, même si elles sont toutes globalement inférieures à 500 mg/kg.

**Tableau 44 : Comparatif des teneurs en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sédiments du lac des Rapides pour les trois études diagnostiques (mg/kg)**

<b>Étude 1</b>	<b>Sed1</b>	<b>Sed2</b>	<b>Sed3</b>	<b>Sed4</b>	<b>Sed5</b>	<b>Sed6</b>	
	Juliet 2013	<100	<260	<260	211	<100	<260
	Juin 2014	<500	-	<500	<100	-	<550
<b>Étude 2</b>	<b>Sed1</b>	<b>Sed2</b>	<b>Sed3</b>	<b>Sed4</b>	<b>Sed5</b>	<b>Sed6</b>	
	Printemps 2015	<100	<280	<210	DNQ*	<200	<200
	Automne 2015	<100	<100	200	170	<100	220
<b>Étude 3</b>	<b>Sed1</b>	<b>Sed2</b>	<b>Sed3</b>	<b>Sed4</b>	<b>Sed5</b>	<b>Sed6</b>	
	Été 2017	419	<350	<370	213	<100	<380
	Automne 2017	<210	<310	459	<130	<100	<340
	Hiver 2018	<210	<200	-	149	<190	<360
	Printemps 2018	<320	<380	<320	<200	<170	<330

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

\*DNQ : résultat situé entre la limite de détection et la limite de quantification

<sup>6</sup> Critère A : Teneurs de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques.

Critère B : Limite maximale acceptable pour des terrains résidentiels ou des terrains où se déroulent certains usages institutionnels [...] et le premier mètre des aires de jeu des parcs municipaux.

Critère C : Limite maximale acceptable pour des terrains industriels, commerciaux, institutionnels non sensibles et récréatifs [...], de même que pour ceux destinés à former l'assiette d'une chaussée ou d'un trottoir en bordure de celle-ci (Beaulieu, 2016).



Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont également été dosés dans les échantillons de la Baie Cachée et du lac de la Montagne (tableau 45) et il n’y a pas de différence marquée en termes de valeurs avec les teneurs relevées dans les sédiments du lac des Rapides. Les teneurs en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> suivent l’évolution des teneurs en COT pour ces deux stations. En effet, c’est à la station Sed10, qui présentait une teneur plus importante en COT que la station Sed11, que la teneur en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> est la plus forte.

**Tableau 45 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sédiments par saison, stations Sed10 et Sed11 (mg/kg)**

	Sed10	Sed11
<b>Été 2017</b>	-	106
<b>Automne 2017</b>	-	217
<b>Hiver 2018</b>	523	-
<b>Printemps 2018</b>	-	<160

*En grisé : valeurs inférieures à la limite de détection*

**En résumé :**

- Pas de critères de qualité pour les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sédiments
- Limites de détection généralement trop basses pour observer des tendances

### 3.2.3.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été suivis dans les stations de sédiments au cours des quatre campagnes. Au total, 29 molécules de HAP ont été dosées, dont 13 disposent de critères de qualité définis dans le guide des *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec* (Environnement Canada et MDDEP, 2007).

Pour rappel, les valeurs de référence considérées sont la CER, *Concentration d'effets rares*, et la CSE, *Concentration seuil produisant un effet* (2.3 Critères de qualité page 25). Les résultats des teneurs en HAP dans les sédiments, ainsi que la comparaison aux critères CER et CSE sont présentés dans les tableaux qui suivent pour chaque saison (tableau 46 à tableau 49).

Les limites de détection varient pour une même molécule selon la station échantillonnée, ainsi que, pour une même station, selon la molécule dosée et également entre les saisons. Environ un tiers des limites de détection ne sont pas adaptées, ni pour le critère CER ni pour le critère CSE. Toutefois, il est à noter que les limites de détection sont davantage adaptées que lors de la deuxième étude diagnostique. En effet, lors de la campagne du printemps 2015, seul le pérylène avait pu être détecté. À l'automne 2015, les limites de détection plus basses avaient permis la détection de 13 molécules.

Concernant les résultats de cette troisième étude diagnostique, plusieurs dépassements de critères sont observés à toutes les saisons. La station Sed6 est la station qui présente le plus de dépassements du critère CSE, valeur de référence ayant les effets les plus dommageables sur l'environnement entre les deux considérées, avec 24 dépassements sur 116 résultats. De nombreux dépassements sont également observés aux stations Sed3, Sed1 et Sed2 avec respectivement 9, 10 et 17 dépassements. Concernant les molécules, ce sont le benzo(a)pyrène, le chrysène et le pyrène qui présentent le plus grand nombre de dépassements du critère CSE (12 dépassements pour chaque molécule).

Des dépassements du critère CER sont également observés, notamment pour les stations Sed1 et Sed2. Concernant les molécules, celles présentant le plus de dépassements de ce critère sont le fluoranthène et le chrysène.

Globalement, aux stations Sed4 et Sed5, très peu de dépassements de critères sont observés, avec aucun dépassement pour la station Sed5 et deux dépassements du critère CER pour la station Sed4. Ces faibles teneurs en HAP semblent se rapprocher des faibles teneurs en matière organique, observées à la section 3.2.2. Toutefois, la station Sed1 qui montrait également de plus faibles teneurs en COT ne suit pas cette tendance puisque de nombreux dépassements de critères y sont observés.

Parmi les molécules n'ayant pas de critère de qualité, trois sont détectées à chaque saison, le benzo(b, j et k)fluoranthènes, l'indéno(1,2,3-cd)pyrène et le benzo(ghi)pérylène. Lors de l'étude précédente, ces mêmes molécules avaient été détectées auxquelles s'ajoutaient le benzo(e)pyrène, le 7,12-diméthylbenzanthracène, le 1,3-diméthylnaphtalène. Le benzo(e)pyrène a également été détecté cette année (été 2017 et hiver 2018). Il faut cependant porter attention que lors de l'étude précédente, seules deux campagnes avaient été réalisées, contre quatre lors de cette campagne.

Tableau 46 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, été 2017 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
Acénaphène	0,0037	0,0067	<0,024	<0,021	<0,024	<0,009	<0,006	<0,024
Acénaphthylène	0,0033	0,0059	<0,024	<0,021	<0,024	<0,009	<0,006	<0,024
Anthracène	0,016	0,047	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Benzo(a)anthracène	0,014	0,032	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	0,042
Benzo(a)pyrène	0,011	0,032	0,056	0,040	<0,040	<0,015	<0,010	0,080
Chrysène	0,026	0,057	0,062	0,069	0,059	<0,015	<0,010	0,097
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	<0,024	<0,021	<0,024	<0,009	<0,006	<0,024
Fluoranthène	0,047	0,11	0,061	0,070	0,054	<0,015	<0,010	0,126
Fluorène	0,010	0,021	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
2-Méthylnaphtalène	0,016	0,020	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Naphtalène	0,017	0,035	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Phénanthrène	0,025	0,042	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	0,056
Pyrène	0,029	0,053	0,054	0,057	0,047	<0,015	<0,010	0,108
1-Méthylnaphtalène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
1,3-Diméthylnaphtalène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
2,3,5-Triméthylnaphtalène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Benzo(c)phénanthrène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
5-méthylchrysène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Benzo(b, j et k) fluoranthènes	-	-	0,230	0,174	0,163	0,030	<0,010	0,312
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Benzo(e)pyrène	-	-	0,072	0,062	0,058	<0,015	<0,010	0,097
3-Méthylcholanthrène	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	0,122	0,058	0,057	<0,015	<0,010	0,159
7H-Dibenzo(c,g)carbazole	-	-	<0,040	<0,035	<0,040	<0,015	<0,010	<0,040
Benzo(ghi)pérylène	-	-	0,142	0,071	0,070	<0,015	<0,010	0,190
Dibenzo(a,l)pyrène	-	-	<0,08	<0,07	<0,08	<0,03	<0,02	<0,08
Dibenzo(a,e)pyrène	-	-	<0,08	<0,07	<0,08	<0,03	<0,02	<0,08
Dibenzo(a,i)pyrène	-	-	<0,08	<0,07	<0,08	<0,03	<0,02	<0,08
Dibenzo(a,h)pyrène	-	-	<0,08	<0,07	<0,08	<0,03	<0,02	<0,08

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Tableau 47 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, automne 2017 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
Acénaphène	0,0037	0,0067	<0,03	<0,04	<0,04	<0,015	<0,006	<0,04
Acénaphylène	0,0033	0,0059	<0,03	<0,04	<0,04	<0,015	<0,006	<0,04
Anthracène	0,016	0,047	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Benzo(a)anthracène	0,014	0,032	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	0,067
Benzo(a)pyrène	0,011	0,032	0,065	0,082	0,061	0,026	<0,01	0,134
Chrysène	0,026	0,057	0,081	0,110	0,067	0,031	<0,01	0,151
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	<0,03	<0,04	<0,04	<0,015	<0,006	<0,04
Fluoranthène	0,047	0,11	0,078	0,113	0,059	0,026	<0,01	0,187
Fluorène	0,010	0,021	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
2-Méthylnaphtalène	0,016	0,020	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Naphtalène	0,017	0,035	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Phénanthrène	0,025	0,042	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Pyrène	0,029	0,053	0,076	0,097	0,060	0,027	<0,01	0,154
1-Méthylnaphtalène	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
1,3-Diméthylnaphtalène	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
2,3,5-Triméthylnaphtalène	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Benzo(c)phénanthrène	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
5-méthylchrysène	-	-	<0,03	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Benzo(b, j et k) fluoranthènes	-	-	0,333	0,401	0,233	0,123	<0,005	0,683
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Benzo(e)pyrène	-	-	0,083	0,108	0,076	0,032	<0,01	0,164
3-Méthylcholanthrène	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	0,161	0,145	0,141	0,059	<0,01	0,290
7H-Dibenzo(c,g)carbazole	-	-	<0,05	<0,06	<0,06	<0,025	<0,01	<0,07
Benzo(ghi)pérylène	-	-	0,163	0,157	0,144	0,068	<0,01	0,293
Dibenzo(a,l)pyrène	-	-	<0,1	<0,12	<0,12	<0,05	<0,02	<0,14
Dibenzo(a,e)pyrène	-	-	<0,1	<0,12	<0,12	0,068	<0,02	<0,14
Dibenzo(a,i)pyrène	-	-	<0,1	<0,12	<0,12	0,068	<0,02	<0,14
Dibenzo(a,h)pyrène	-	-	<0,1	<0,12	<0,12	0,068	<0,02	<0,14

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Tableau 48 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, hiver 2018 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
Acénaphène	0,0037	0,0067	0,009	0,018	-	<0,006	<0,007	0,027
Acénaphylène	0,0033	0,0059	<0,007	0,008	-	<0,006	<0,007	<0,024
Anthracène	0,016	0,047	0,024	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
Benzo(a)anthracène	0,014	0,032	0,021	0,022	-	<0,01	<0,02	0,052
Benzo(a)pyrène	0,011	0,032	0,022	0,023	-	0,010	<0,02	0,100
Chrysène	0,026	0,057	0,031	0,036	-	<0,01	<0,02	0,110
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	<0,007	<0,007	-	<0,006	<0,007	<0,024
Fluoranthène	0,047	0,11	0,042	0,055	-	<0,01	<0,02	0,147
Fluorène	0,010	0,021	<0,02	0,025	-	<0,01	<0,02	0,047
2-Méthylnaphtalène	0,016	0,020	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
Naphtalène	0,017	0,035	<0,02	0,098	-	<0,01	<0,02	0,074
Phénanthrène	0,025	0,042	0,023	0,050	-	<0,01	<0,02	0,102
Pyrène	0,029	0,053	0,038	0,040	-	<0,01	<0,02	0,122
1-Méthylnaphtalène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
1,3-Diméthylnaphtalène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
2,3,5-Triméthylnaphtalène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	0,041
Benzo(c)phénanthrène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
5-méthylchrysène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
Benzo(b, j et k) fluoranthènes	-	-	0,049	0,043	-	0,017	<0,02	0,341
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
Benzo(e)pyrène	-	-	0,033	0,030	-	0,011	<0,02	0,119
3-Méthylcholanthrène	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	0,034	<0,02	-	<0,01	<0,02	0,163
7H-Dibenzo(c,g)carbazole	-	-	<0,02	<0,02	-	<0,01	<0,02	<0,04
Benzo(ghi)pérylène	-	-	0,035	0,021	-	<0,01	<0,02	0,150
Dibenzo(a,l)pyrène	-	-	<0,03	<0,03	-	<0,02	<0,03	<0,08
Dibenzo(a,e)pyrène	-	-	<0,03	<0,03	-	<0,02	<0,03	<0,08
Dibenzo(a,i)pyrène	-	-	<0,03	<0,03	-	<0,02	<0,03	<0,08
Dibenzo(a,h)pyrène	-	-	<0,03	<0,03	-	<0,02	<0,03	<0,08

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Tableau 49 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, printemps 2018 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
Acénaphène	0,0037	0,0067	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,02
Acénaphylène	0,0033	0,0059	0,030	0,043	0,034	<0,007	0,016	0,036
Anthracène	0,016	0,047	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Benzo(a)anthracène	0,014	0,032	<0,04	0,057	0,045	<0,02	<0,02	<0,04
Benzo(a)pyrène	0,011	0,032	0,048	0,114	0,085	<0,02	<0,02	0,057
Chrysène	0,026	0,057	0,055	0,120	0,094	<0,02	<0,02	0,101
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	<0,02	<0,02	<0,02	<0,01	<0,01	<0,02
Fluoranthène	0,047	0,11	0,074	0,137	0,083	0,026	<0,005	0,094
Fluorène	0,010	0,021	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
2-Méthylnaphtalène	0,016	0,020	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Naphtalène	0,017	0,035	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Phénanthrène	0,025	0,042	0,045	0,048	<0,04	<0,02	<0,005	0,044
Pyrène	0,029	0,053	0,102	0,131	0,104	<0,02	0,013	0,101
1-Méthylnaphtalène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
1,3-Diméthylnaphtalène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
2,3,5-Triméthylnaphtalène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Benzo(c)phénanthrène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
5-méthylchrysène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Benzo(b, j et k) fluoranthènes	-	-	0,161	0,430	0,352	0,023	<0,005	0,285
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Benzo(e)pyrène	-	-	0,067	0,136	0,119	<0,02	<0,02	0,095
3-Méthylcholanthrène	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	0,071	0,167	0,135	<0,02	<0,02	0,075
7H-Dibenzo(c,g)carbazole	-	-	<0,04	<0,04	<0,04	<0,02	<0,02	<0,04
Benzo(ghi)pérylène	-	-	0,087	0,197	0,155	<0,02	<0,02	0,089
Dibenzo(a,l)pyrène	-	-	<0,07	<0,07	<0,07	<0,04	<0,04	<0,07
Dibenzo(a,e)pyrène	-	-	<0,07	0,07	<0,07	<0,04	<0,04	<0,07
Dibenzo(a,i)pyrène	-	-	<0,07	<0,07	<0,07	<0,04	<0,04	<0,07
Dibenzo(a,h)pyrène	-	-	<0,07	<0,07	<0,07	<0,04	<0,04	<0,07

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Les teneurs en HAP dosés dans les sédiments de la Baie Cachée (Sed10) et du lac de la Montagne (Sed11) sont présentées dans le tableau 50.

Concernant les limites de détection, il est à noter qu'à la saison de l'hiver 2018, station Sed10, toutes les valeurs sont inférieures aux limites de détection, mais aucune n'est adaptée pour les critères CER et CSE. Ainsi, il est impossible de statuer sur le respect des critères de qualité à cette saison.

Le cas est similaire à la saison de l'automne 2017, station Sed11, où les valeurs mesurées sont également toutes inférieures aux limites de détection et où seulement trois limites de détection sont adéquates pour l'évaluation du respect du critère CSE. Ainsi, à cette saison, il est seulement possible d'établir que les concentrations mesurées au lac de la Montagne respectent le critère CSE pour trois molécules de HAP : le chrysène, le fluoranthène et le pyrène. À l'été 2017, toutes les valeurs mesurées sont également inférieures aux limites de détection, mais celles-ci sont plus basses. Ainsi, les critères CER et CSE sont respectés pour 4 HAP, le critère CSE est également respecté pour 5 autres HAP, et enfin il n'est pas possible de conclure quant au respect des critères pour 4 autres molécules.

Ainsi, en raison des différences des valeurs des limites de détection en fonction des saisons, il est difficile d'évaluer une évolution des teneurs en HAP en fonction des saisons.

Au printemps 2018, des limites de détection plus basses ont permis une meilleure détection des HAP. Ainsi, à cette saison, 8 molécules de HAP ont été détectées. Les concentrations les plus hautes sont observées pour les benzo(b, j et k) fluoranthènes, le pyrène et le fluoranthène. Un dépassement du critère de qualité CER est observé pour le chrysène.

**En résumé :**

- Dépassements des critères CER (Concentration d'effets rares) et CSE (Concentration seuil produisant un effet) dans plusieurs stations de qualité pour les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sédiments
- Station présentant le plus de dépassement de critères : station Sed6 (Baie des Crans)

Tableau 50 : Teneurs en HAP dans les sédiments des stations Sed10 et Sed11, été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018 (mg/kg)

	CER	CSE	Été 2017 - Sed11	Automne 2017 - Sed11	Hiver 2018 - Sed 10	Printemps 2018 - Sed 11
Acénaphthène	0,0037	0,0067	<0,012	<0,03	<0,15	<0,01
Acénaphthylène	0,0033	0,0059	<0,012	<0,03	<0,15	0,016
Anthracène	0,016	0,047	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Benzo(a)anthracène	0,014	0,032	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Benzo(a)pyrène	0,011	0,032	<0,020	<0,05	<0,25	0,022
Chrysène	0,026	0,057	<0,020	<0,05	<0,25	0,033
Dibenzo(a,h)anthracène	0,0033	0,0062	<0,012	<0,03	<0,15	<0,01
Fluoranthène	0,047	0,11	<0,020	<0,05	<0,25	0,034
Fluorène	0,010	0,021	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
2-Méthylnaphtalène	0,016	0,020	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Naphtalène	0,017	0,035	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Phénanthrène	0,025	0,042	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Pyrène	0,029	0,053	<0,020	<0,05	<0,25	0,039
1-Méthylnaphtalène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
1,3-Diméthylnaphtalène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
2,3,5-Triméthylnaphtalène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Benzo(c)phénanthrène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
5-méthylchrysène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Benzo(b, j et k) fluoranthènes	-	-	0,036	0,072	<0,25	0,060
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Benzo(e)pyrène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	0,032
3-Méthylcholanthrène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	0,022
7H-Dibenzo(c,g)carbazole	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	<0,02
Benzo(ghi)pérylène	-	-	<0,020	<0,05	<0,25	0,030
Dibenzo(a,l)pyrène	-	-	<0,04	<0,1	<0,5	<0,04
Dibenzo(a,e)pyrène	-	-	<0,04	<0,1	<0,5	<0,04
Dibenzo(a,i)pyrène	-	-	<0,04	<0,1	<0,5	<0,04
Dibenzo(a,h)pyrène	-	-	<0,04	<0,1	<0,5	<0,04

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)



### 3.2.3.3 Éléments métalliques

Les teneurs en éléments métalliques ont été analysées dans les six stations de qualité des sédiments du lac des Rapides lors des quatre campagnes de l'année. Ce sont les mêmes éléments métalliques qui ont été dosés tout au long de l'étude, soit 22 éléments. Sur ces 22 éléments, 7 ont des critères de qualité : l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le plomb et le zinc (Environnement Canada et MDDEP, 2007).

Les résultats sont indiqués dans les tableaux qui suivent (tableau 51 à tableau 54). Y sont présentées les teneurs en éléments métalliques mesurées pour chaque station, à chaque saison de campagne. Pour les métaux ayant des critères de qualité (en gras dans les tableaux), les dépassements du critère CER, concentration d'effets rares, sont indiqués en bleu, ceux du critère CSE, concentration seuil produisant un effet, sont indiqués en orange.

Pour les éléments ayant des critères de qualité, de nombreux dépassements des deux critères de référence CER et CSE sont observés. Le nombre de dépassements des critères CER est le plus élevé à l'été 2017 et à l'hiver 2018 (17 dépassements respectivement). Le nombre de dépassements des critères CSE est assez stable à toutes les saisons (entre 5 et 9 dépassements).

Une station se différencie des autres, la station Sed4, qui ne montre aucun dépassements des critères CER et CSE, à aucune saison. À part cette station, toutes les stations démontrent des dépassements de critères. Par contre, ces dépassements ne sont pas constants en fonction des saisons, par exemple il y a des dépassements de critères pour le cuivre en été 2017 et hiver 2018, alors qu'il n'y en a aucun à l'automne 2017 et au printemps 2018.

S'agissant de la station Sed4, comme vu précédemment, son faible taux de matière organique dans les sédiments semble expliquer la faible rétention des éléments polluants. À noter que la station Sed5 qui montrait également de faibles teneurs en matière organique montre des dépassements de critères, mais avec un nombre bas en comparaison des autres stations. Pour la station Sed1, comme précédemment dans le paramètre des HAP, malgré une relativement faible teneur en carbone organique, les dépassements des critères de qualité des éléments métalliques sont tout de même élevés.

Tableau 51 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, été 2017 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
<b>Arsenic</b>	<b>4,1</b>	<b>5,9</b>	5,6	5,8	5,7	1,3	4,6	4,2
<b>Cadmium</b>	<b>0,33</b>	<b>0,60</b>	0,5	0,3	0,3	0,1	<0,1	0,3
<b>Chrome</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	32	27	31	17	43	30
<b>Cuivre</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	26	25	26	8	25	25
<b>Mercure*</b>	<b>0,094</b>	<b>0,17</b>	0,21	0,28	0,32	0,06	0,03	0,21
<b>Plomb</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	37	42	40	14	13	26
<b>Zinc</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	74	70	64	35	112	67
Aluminium	-	-	20 200	17 300	17 600	8 530	27 200	18 400
Baryum	-	-	171	152	156	72	248	170
Béryllium	-	-	0,6	0,5	0,5	0,3	1,1	0,6
Bismuth	-	-	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Bore	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	2
Calcium	-	-	3 920	3 730	3 690	3 010	4 650	4 030
Cobalt	-	-	9	8	7	4	30	7
Étain	-	-	4	4	4	2	2	3
Fer	-	-	36 400	38 600	38 500	12 400	57 600	30 900
Magnésium	-	-	5 250	4 700	4 830	3 910	9 340	5 390
Molybdène	-	-	2,9	2,8	2,8	0,7	3,0	2,6
Nickel	-	-	20	18	18	10	32	18
Sélénium	-	-	0,9	1,1	1,3	<0,5	<0,5	0,8
Strontium	-	-	17	17	17	10	11	18
Vanadium	-	-	71	81	77	27	110	72

\* Pour cette substance persistante, toxique et bioaccumulable, des effets dus à la bioaccumulation peuvent toucher les consommateurs aquatiques, aviaires ou terrestres de divers niveaux trophiques. Les critères de qualité présentés ici ne tiennent pas compte de ces effets.

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Tableau 52 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, automne 2017 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed 1	Sed 2	Sed 3	Sed 4	Sed 5	Sed 6
<b>Arsenic</b>	<b>4,1</b>	<b>5,9</b>	2,4	5,4	6,1	1,8	4,0	5,4
<b>Cadmium</b>	<b>0,33</b>	<b>0,60</b>	0,9	<0,6	<0,4	<0,1	<0,1	0,3
<b>Chrome</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	29	30	32	19	45	31
<b>Cuivre</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	11	20	19	6	14	19
<b>Mercure*</b>	<b>0,094</b>	<b>0,17</b>	0,06	0,27	0,25	0,07	0,03	0,27
<b>Plomb</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	17	47	40	14	8	42
<b>Zinc</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	69	72	72	42	118	76
Aluminium	-	-	24 000	18 800	20 000	10 400	27 100	19 100
Baryum	-	-	155	157	171	86	250	175
Béryllium	-	-	1,4	0,6	0,6	0,4	1,2	0,7
Bismuth	-	-	<7	<39	<31	<7	<7	<16
Bore	-	-	3	13	10	2	3	5
Calcium	-	-	4 120	4 900	5 080	3 760	6 640	4 720
Cobalt	-	-	14	8	7	5	33	7
Étain	-	-	2	8	8	2	3	6
Fer	-	-	25 900	39 600	42 000	14 000	44 700	28 900
Magnésium	-	-	4 970	5 590	6 180	4 460	10 900	6 380
Molybdène	-	-	2,1	<2,8	2,8	0,7	1,0	2,5
Nickel	-	-	15	17	18	11	32	19
Sélénium	-	-	<0,5	<2,8	<2,2	<0,5	<0,5	<1,2
Strontium	-	-	14	<55	<44	13	15	25
Vanadium	-	-	149	99	74	30	77	69

\* Pour cette substance persistante, toxique et bioaccumulable, des effets dus à la bioaccumulation peuvent toucher les consommateurs aquatiques, aviaires ou terrestres de divers niveaux trophiques. Les critères de qualité présentés ici ne tiennent pas compte de ces effets.

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Tableau 53 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, hiver 2018 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
<b>Arsenic</b>	4,1	5,9	3,2	4,6	-	0,9	1,7	4,3
<b>Cadmium</b>	0,33	0,60	0,5	0,3	-	<0,1	0,4	0,4
<b>Chrome</b>	25	37	31	33	-	14	37	30
<b>Cuivre</b>	22	36	22	28	-	6	22	24
<b>Mercure*</b>	0,094	0,17	0,16	0,34	-	0,04	0,08	0,27
<b>Plomb</b>	25	35	36	34	-	9	10	40
<b>Zinc</b>	80	120	83	83	-	36	92	81
Aluminium	-	-	20 600	18 800	-	7 130	21 200	18 400
Baryum	-	-	165	171	-	54	110	189
Béryllium	-	-	0,7	0,5	-	0,2	0,8	0,6
Bismuth	-	-	<7	<7	-	<7	<7	<7
Bore	-	-	<2	<2	-	<2	<2	3
Calcium	-	-	3 960	3 930	-	2 980	2 960	3 890
Cobalt	-	-	12	8	-	3	15	7
Étain	-	-	4	5	-	2	2	5
Fer	-	-	27 800	41 400	-	11 300	23 500	32 100
Magnésium	-	-	5 110	5 040	-	3 070	4 340	5 320
Molybdène	-	-	2,4	2,1	-	<0,5	1,4	2,2
Nickel	-	-	18	19	-	9	18	18
Sélénium	-	-	0,8	1,1	-	<0,5	0,6	1,0
Strontium	-	-	<10	<10	-	<10	<10	<10
Vanadium	-	-	75	73	-	18	71	55

\* Pour cette substance persistante, toxique et bioaccumulable, des effets dus à la bioaccumulation peuvent toucher les consommateurs aquatiques, aviaires ou terrestres de divers niveaux trophiques. Les critères de qualité présentés ici ne tiennent pas compte de ces effets.

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Tableau 54 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6, printemps 2018 (mg/kg)

	CER	CSE	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
<b>Arsenic</b>	<b>4,1</b>	<b>5,9</b>	4,1	3,9	4,4	1,0	1,0	5,0
<b>Cadmium</b>	<b>0,33</b>	<b>0,60</b>	0,4	0,4	0,4	0,2	1,0	0,5
<b>Chrome</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	24	20	24	14	26	22
<b>Cuivre</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	17	17	19	8	19	20
<b>Mercuré*</b>	<b>0,094</b>	<b>0,17</b>	0,15	0,17	0,17	0,05	0,06	0,22
<b>Plomb</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	43	24	41	13	8	48
<b>Zinc</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	65	55	54	34	53	58
Aluminium	-	-	17 800	5 400	16 400	8 760	20 400	15 200
Baryum	-	-	154	152	162	85	166	159
Béryllium	-	-	0,8	0,5	0,5	0,3	0,8	0,5
Bismuth	-	-	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Bore	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Calcium	-	-	3 360	3 290	3 260	2 740	3 410	3 070
Cobalt	-	-	11	7	6	4	7	5
Étain	-	-	4	4	4	3	2	5
Fer	-	-	27 600	34 300	30 500	12 800	14 800	30 500
Magnésium	-	-	4 700	4 300	4 750	3 580	5 000	4 470
Molybdène	-	-	3,9	2,8	3,3	1,1	2,6	3,3
Nickel	-	-	16	15	16	9	15	15
Sélénium	-	-	1,4	1,2	1,4	<0,5	0,8	1,5
Strontium	-	-	20	21	21	13	17	21
Vanadium	-	-	108	76	73	25	108	75

\* Pour cette substance persistante, toxique et bioaccumulable, des effets dus à la bioaccumulation peuvent toucher les consommateurs aquatiques, aviaires ou terrestres de divers niveaux trophiques. Les critères de qualité présentés ici ne tiennent pas compte de ces effets.

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)

Les stations dont les teneurs en métaux dépassent le plus souvent les valeurs du critère CER sont les stations Sed1, Sed6 et Sed2 avec 13, 12 et 11 dépassements. Concernant le critère plus élevé CSE, le nombre de dépassements est assez équivalent entre toutes les stations, sauf la station Sed4 qui, comme vu précédemment, ne présente aucun dépassement ni de CER ni de CSE (tableau 55).

**Tableau 55 : Nombre de dépassements des critères CER et CSE dans les sédiments des stations Sed1 à Sed6**

	Sed1	Sed2	Sed3	Sed4	Sed5	Sed6
CER	13	11	6	0	8	12
CSE	5	6	7	0	4	7

S'agissant des éléments métalliques, c'est le mercure et le plomb qui montrent le plus de dépassements du critère le plus élevé, soit CSE, avec 12 et 11 dépassements. Ensuite viennent l'arsenic et le cuivre avec 12 dépassements du critère CER, et le chrome avec 11 dépassements (tableau 56).

**Tableau 56 : Nombre de dépassements des critères CER et CSE par métaux pour l'ensemble de la campagne d'échantillonnage**

	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Mercure	Plomb	Zinc
CER	12	8	11	9	2	2	6
CSE	1	2	3	0	12	11	0

Concernant les éléments métalliques dosés qui n'ont pas de critères de qualité, soit 15 éléments, seul le bismuth n'est jamais détecté, à aucune saison. Le bore n'est détecté qu'à une seule saison, l'automne 2017.

À l'opposé, parmi les éléments fortement détectés, ce sont le fer et l'aluminium qui ressortent, à toutes les stations et toutes les saisons, dans l'ordre de grandeur de la dizaine de g/kg. Les plus faibles teneurs de ces deux éléments sont systématiquement retrouvées à la station Sed4, à toutes les saisons. Dans l'ordre du g/kg, ce sont les éléments calcium et magnésium qui sont mesurés à toutes les stations, pour toutes les saisons.

- **Comparaison interannuelle**

Lors de l'étude précédente, les 22 mêmes éléments métalliques avaient été dosés. L'uranium avait également été suivi à une des deux campagnes. Comme lors de cette troisième étude diagnostique, sur l'ensemble, ce sont le mercure et le plomb qui avaient montré les dépassements du critère CSE les plus nombreux. À noter qu'il n'est pas possible de comparer dans l'absolu le nombre de dépassements car ce sont deux campagnes qui ont été réalisées lors de la deuxième étude diagnostique, alors que quatre campagnes ont été réalisées lors de la présente étude diagnostique.

Les teneurs en éléments métalliques de la Baie Cachée (Sed10) et du lac de la Montagne (Sed11) sont présentées au tableau 57. Comme pour le lac des Rapides, le bore et le bismuth ne sont jamais détectés. La station Sed10, échantillonnée uniquement à l'hiver, ne présente aucun dépassement de critère de qualité. La station Sed11 montre des dépassements de critère uniquement pour le mercure : à l'été le critère CSE est dépassé, à l'automne c'est le critère CER qui est dépassé.

**En résumé :**

- Dépassements des critères de qualité de sédiments à toutes les stations à l'exception de Sed4
- Stations présentant le plus de dépassement de critères : station Sed6 (Baie des Crans) et station Sed1 (Baie Duclos) et Sed2 (plage publique)
- Éléments métalliques dépassant le plus souvent le critère CSE : mercure et plomb ; et éléments dépassant le plus souvent le critère CER : arsenic, cuivre et chrome
- Fortes concentrations en fer et aluminium à toutes les stations et saisons (pas de critères de qualité)

**Tableau 57 : Teneurs en éléments métalliques dans les sédiments des stations Sed10 et Sed11, saisons été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018 (mg/kg)**

	CER	CSE	Été 2017 - Sed11	Automne 2017 - Sed11	Hiver 2018 - Sed10	Printemps 2018 - Sed11
<b>Arsenic</b>	<b>4,1</b>	<b>5,9</b>	2,1	1,9	<1,2	1,4
<b>Cadmium</b>	<b>0,33</b>	<b>0,60</b>	0,2	0,1	<0,2	0,2
<b>Chrome</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	17	17	18	14
<b>Cuivre</b>	<b>22</b>	<b>36</b>	17	8	11	12
<b>Mercure*</b>	<b>0,094</b>	<b>0,17</b>	0,18	0,14	0,08	0,09
<b>Plomb</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	24	17	16	20
<b>Zinc</b>	<b>80</b>	<b>120</b>	36	31	53	30
Aluminium	-	-	8 290	8 350	8 160	7 340
Baryum	-	-	79	75	82	79
Béryllium	-	-	0,3	0,3	0,3	0,3
Bismuth	-	-	<7	<7	<16	<7
Bore	-	-	<2	<2	<5	<2
Calcium	-	-	9 430	4 310	4 050	3 340
Cobalt	-	-	4	3	4	3
Étain	-	-	3	3	4	2
Fer	-	-	11 800	11 900	10 700	9 680
Magnésium	-	-	2 720	2 950	3 270	2 480
Molybdène	-	-	1,5	0,9	1,3	1,5
Nickel	-	-	9	9	10	8
Sélénium	-	-	<0,5	<0,5	<1,2	0,6
Strontium	-	-	25	13	<22	15
Vanadium	-	-	35	35	26	29

*\* Pour cette substance persistante, toxique et bioaccumulable, des effets dus à la bioaccumulation peuvent toucher les consommateurs aquatiques, aviaires ou terrestres de divers niveaux trophiques. Les critères de qualité présentés ici ne tiennent pas compte de ces effets.*

En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection

En bleu, les valeurs dépassant la CER (Concentration d'effets rares)

En orange, les valeurs dépassant la CSE (Concentration seuil produisant un effet)



### 3.2.3.4 Classement des sédiments

Le classement des sédiments s'effectue selon les références du guide sur les critères de qualité des sédiments (Environnement Canada et MDDEP, 2007). Pour le contexte « *Prévention de la contamination des sédiments* », ce sont les concentrations CER et CSE qui constituent les valeurs seuils permettant de définir le cadre de gestion.

Que ce soit pour les HAP ou les métaux, les critères CER et CSE ont été fréquemment dépassés dans les sédiments du lac des Rapides. Le guide indique que « *lorsque la concentration d'une ou de plusieurs substances est supérieure à la CSE* », les sédiments se situent dans la classe 3. Dans ce cas, « *la probabilité d'observer des effets néfastes sur les organismes benthiques augmente avec les concentrations mesurées* ».

Le guide indique alors de « *poursuivre les investigations pour identifier la ou les sources de contamination et intervenir au besoin sur ces sources afin d'éviter une augmentation de la contamination ou un nouvel apport de contaminants* ».

C'est ce même classement qui avait été établi lors des deux précédentes études diagnostiques. Ainsi, globalement les sédiments n'ont pas évolué et sont toujours assignés à la même classe.

Concernant la Baie Cachée, étant donné qu'elle n'a été suivie qu'à une seule saison, il est délicat de conclure sur son classement. Pour ce qui est du lac de la Montagne, un dépassement de la CSE est observé pour le mercure, le classant également dans la classe 3.

## 3.3 Caractérisation des tributaires

La qualité de l'eau à l'embouchure de deux tributaires du lac des Rapides a été suivie dans cette étude, celle de la rivière des Rapides (T2), au nord-est, et celle de la rivière Championne (T3), dans la partie ouest du lac.

Plusieurs d'échantillons d'eau ont été prélevés pour être ensuite analysés en laboratoire. Les analyses portent sur les éléments nutritifs, soit le phosphore, différentes formes de l'azote et le carbone organique dissous, ainsi que sur l'alcalinité. Pour rappel, les tributaires ont été échantillonnés à trois saisons : été 2017, automne 2017 et printemps 2018. Il n'y a pas d'échantillonnage des tributaires en hiver en raison des conditions de glace qui ne permettent pas d'atteindre les tributaires de manière sécuritaire. Aussi, il n'y a pas de mesure des paramètres physico-chimiques à la sonde pour les tributaires pour cette troisième étude diagnostique.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant (tableau 58).

**Tableau 58 : Teneurs en nutriments, carbone organique dissous et alcalinité des tributaires du lac des Rapides**

	Station	P total en trace (µg/L)	Azote ammoniacal (mg/L)	Azote total Kjeldahl (mg/L)	Azote total (mg/l)	COD (mg/L)	Alcalinité en CaCO <sub>3</sub> (mg/L)
Été 2017	T2	14	<0,02	<0,8	0,21	10,2	<2
	T3	9,0	<0,02	<0,8	0,25	10,8	<2
Automne 2017	T2	9,1	0,09	<0,8	0,4	13,6	<5
	T3	12,7	0,09	<0,8	0,4	13,0	<6
Printemps 2018	T2	9,9	0,10	<0,8	0,2	12,3	<2
	T3	10,0	<0,02	<0,8	0,2	15,1	<2

*En grisé, les valeurs inférieures aux limites de détection*

- **Phosphore total**

Les teneurs en phosphore total des tributaires se situent entre 9,0 et 14 µg/L. Il y'a pas de tendance claire qui différencie les deux tributaires, ni entre les saisons (figure 23). Les valeurs mesurées dans les tributaires sont du même ordre de grandeur que celles observées dans le lac des Rapides (entre 6,2 à 16,5 µg/L) ainsi que dans la Baie Cachée (10,3 µg/L) et le lac de la Montagne (7,8 à 12 µg/L). Dans le lac des Rapides et le lac de la Montagne, une baisse des concentrations en phosphore avait été observée à l'automne. Cette baisse n'est observée que pour le tributaire T2.

Les valeurs relevées dans les tributaires sont inférieures à la valeur de 20 µg/L qui représente le critère de qualité de l'eau à respecter dans les cours d'eau s'écoulant vers un lac dont le contexte environnemental n'est pas problématique (Berryman, 2006), ce qui est le cas du lac des Rapides.

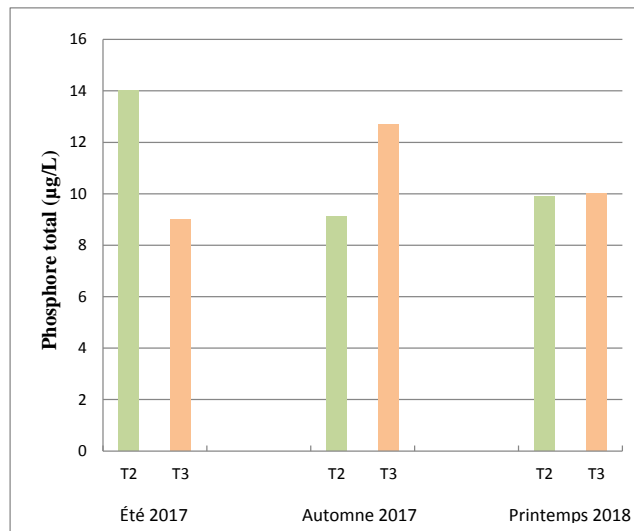


Figure 23 : Teneurs en phosphore total dans les tributaires T2 et T3 par saison

- **Azote**

L'azote ammoniacal n'est pas détecté dans les tributaires en été (valeur inférieure à la limite de détection) et n'est pas détecté non plus à T3 au printemps. À l'automne 2017, les valeurs sont les mêmes dans T2 et T3, soit 0,09 mg/L. Détecté dans T2 au printemps 2018, la valeur est de 0,10 mg/L. Des critères relatifs aux usages *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* et *Protection de la vie aquatique (effet aigu et chronique)* sont définis pour l'azote ammoniacal (MDDEFP, 2013). Les teneurs en azote ammoniacal respectent l'ensemble des critères de qualité de l'eau de surface dont le plus sévère est relatif à l'usage *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* et est de 1,2 mg/L (valeur la plus basse pour le pH le plus acide indexé).

L'azote total Kjeldahl, qui représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal, n'est détecté à aucune station de tributaires, quelle que soit la saison. La limite de détection de ce paramètre est élevée, (0,8 mg/L), ce qui a certainement empêché sa détection. Lors de l'étude précédente, la limite de détection était de 0,4 ou 0,8 mg/L et deux valeurs avaient été détectées. L'azote total Kjeldahl ne dispose pas de critère de qualité de l'eau de surface.

- **Carbone organique dissous**

Les valeurs en carbone organique dissous varient entre 10,2 et 15,1 mg/L et sont dans la même gamme que celles du lac des Rapides et le lac de la Montagne aux mêmes saisons (entre 10,0 et 13,2 mg/L). Il n'y a pas de tendance dans l'évolution des teneurs en carbone organique dissous en fonction des saisons (figure 24). En effet, pour le tributaire T3, les teneurs augmentent entre l'été 2017 et le printemps 2018. Tandis que pour le tributaire T2, les valeurs augmentent à l'automne mais redescendent au printemps.

Tout comme pour le lac des Rapides et le lac de la Montagne, les valeurs légèrement plus fortes sont observées à l'automne et au printemps en comparaison des teneurs à l'été.

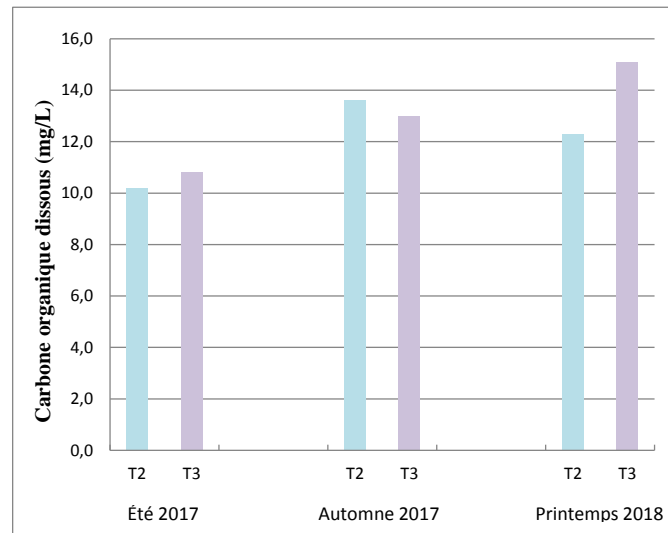


Figure 24 : Teneurs en carbone organique dissous dans les tributaires T2 et T3 par saison

- **Alcalinité**

Les teneurs en alcalinité n'ont pas pu être détectées car les valeurs sont toujours inférieures aux limites de détection. Celles-ci varient de 2 à 6 mg/L CaCO<sub>3</sub> et sont donc un peu plus élevées que celle pour le lac des Rapides (2 mg/L CaCO<sub>3</sub>). Toutefois, elles permettent de dire que les réserves d'alcalinité dans les deux tributaires étudiés sont très faibles. Cela est aussi le cas dans le lac des Rapides. En effet, selon les critères de qualité de l'eau de surface définis par le MELCC (MDDEP, 2013), une concentration inférieure à 10 mg/L CaCO<sub>3</sub> indique une sensibilité élevée du milieu à l'acidification.

Une comparaison des données sur les tributaires issues des trois études diagnostiques a été réalisée. Ont été conservés uniquement les paramètres ayant suffisamment de données, ou ceux mesurés lors des trois études. Ce sont : le phosphore total, l'azote total et le carbone organique dissous (tableau 59).

**Tableau 59 : Récapitulatif des teneurs en nutriments et carbone organique dissous des tributaires T2 et T3 sur les trois études diagnostiques**

	Station	P total en trace (µg/L)	Azote total (mg/L)	COD (mg/L)
Été 2013	T2	6,9	0,19	8,2
	T3	7,9	0,22	9,8
Été 2017	T2	14,0	0,21	10,2
	T3	9,0	0,25	10,8
Automne 2013	T2	8,0	0,26	14,0
	T3	5,2	0,23	14,1
Automne 2015	T2	11,6	-	13,0
	T3	10,9	-	17,0
Automne 2017	T2	9,1	0,4	13,6
	T3	12,7	0,4	13,0
Printemps 2014	T2	9,3	0,25	10,0
	T3	7,2	0,26	10,7
Printemps 2015	T2	8,1	-	10,2
	T3	6,2	-	11,5
Printemps 2018	T2	9,9	0,2	12,3
	T3	10,0	0,2	15,1

Les données ne sont pas suffisamment nombreuses pour être comparées statistiquement. Concernant le phosphore total, toutes les teneurs mesurées au cours des trois études diagnostiques respectent le critère de qualité de l'eau à respecter dans les cours d'eau s'écoulant vers un lac dont le contexte environnemental n'est pas problématique (Berryman, 2006).

L'azote total et le carbone organique dissous ne possèdent pas de critère de qualité de l'eau de surface. Les teneurs en azote total semblent être restées stables depuis la première étude. De la même manière, les concentrations en carbone dissous restent stables. Toutefois, des valeurs légèrement plus fortes sont observées à l'automne.

## 4 Conclusions et recommandations

En 2017-2018, l'Organisme de bassins versants (OBV) Duplessis a été mandaté par la Ville de Sept-Îles pour l'élaboration d'une troisième étude diagnostique du lac des Rapides. La première étude diagnostique a été réalisée sur la période 2013-2014, et la deuxième étude sur la période 2015-2016.

L'objectif de la démarche est d'acquérir des connaissances sur l'état du lac des Rapides et d'établir un portrait de la qualité du lac (compartiment eau et sédiments) et de ses tributaires. Le lac est d'une importance particulière car il représente la source en eau potable de la ville et est également le siège de plusieurs activités.

Dans le cadre de cette troisième étude, les données de suivi du lac ont été recueillies à travers quatre campagnes d'échantillonnage, soit été 2017, automne 2017, hiver 2018 et printemps 2018. Le suivi a été réalisé sur la colonne d'eau du lac, dans les sédiments ainsi qu'à l'embouchure des tributaires. Les stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau sont les mêmes que les précédentes études, à savoir les stations E1 à E9, réparties sur l'ensemble du lac, et les stations T2 et T3, correspondant aux tributaires les plus importants du lac. Deux stations de qualité de l'eau ont été ajoutées dans deux plans d'eau liés au lac des Rapides. Il s'agit de la Baie Cachée située à l'ouest (E10) et le lac de la Montagne situé au nord (E11). Concernant l'étude des sédiments, ce sont uniquement les six stations échantillonnées lors de la première étude qui ont été sélectionnées à nouveau pour cette étude (Sed1-Sed6).

Les paramètres mesurés ont été choisis en vue de caractériser la physicochimie du lac, d'évaluer son état trophique et de déterminer les teneurs en éléments métalliques et hydrocarbures dans l'eau et les sédiments du lac.

Les résultats obtenus ont été comparés aux critères de qualité de l'eau de surface du MELCC pour l'eau des lacs et des tributaires, et aux critères du guide « Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration » réalisé conjointement par Environnement Canada et le MELCC pour les sédiments. Les résultats ont également été comparés avec ceux obtenus lors des deux études précédentes. Enfin, des tests statistiques ont été réalisés lorsque cela était possible.

#### **4.1 Physico-chimie du lac**

La physico-chimie de l'eau du lac des Rapides a été étudiée à travers des profils de profondeur de la température, de l'oxygène dissous, du pH et de la conductivité.

Les profils de températures présentent une stratification thermique à l'été, avec la présence d'une thermocline située en moyenne entre 5 et 10 m de profondeur, et une stratification thermique inversée à l'hiver. Au printemps et à l'automne, le lac est en processus de brassage, caractéristique des lacs dimictiques rencontrés dans les régions tempérées à saisons contrastées (Hade, 2003). Ces constats s'observent tout au long des trois études, à des dates plus ou moins différentes.

Les profils d'oxygène dissous démontrent que les eaux du lac des Rapides sont bien oxygénées tout au long de l'année. Les teneurs en oxygène dissous relevées lors de l'année d'échantillonnage 2017-2018 au lac des Rapides respectent toutes le critère de qualité relatif à la *Protection de la vie aquatique (effet chronique)*. À noter que les concentrations mesurées à la station E6 (dans la Baie des Crans) présentent des valeurs un peu plus faibles en profondeur que les autres stations de profondeur équivalente. De même, la station E10 (Baie Cachée), mesurée

seulement lors de la saison hivernale, affiche des valeurs très faibles en profondeur, proche de l'anoxie, ne respectant ainsi pas le critère de qualité. Cette station est localisée dans une petite baie peu profonde, ce qui pourrait expliquer ces conditions d'oxygénation.

Concernant le pH, les données sont toujours très basses. Les comparaisons inter annuelles montrent que le pH est passé de 4,95 (moyenne) en 2013-2014, puis a baissé à 4,5 en 2015-2016 pour remonter à 4,65 en 2017-2018. Les tests statistiques démontrent que ces variations représentent des changements significatifs. Il est donc possible d'affirmer qu'entre la première et dernière étude, le lac s'est acidifié. Quant aux critères de qualité des eaux de surface, le pH du lac n'est toujours pas conforme. Un pH si bas s'explique principalement par la nature des sols forestiers à forte teneur en acides humiques ainsi que des tourbières présentes sur le bassin versant. Cependant, il est difficile d'expliquer les causes d'une variation de pH sur une si courte durée. Un suivi à plus long terme mériterait d'être établi pour estimer l'évolution du pH dans le lac. Les COD ainsi que les sulfates et nitrates devraient aussi être associés au suivi du pH car ils sont connus pour l'influencer.

L'alcalinité du lac des Rapides a également été mesurée. Il en ressort que ses eaux sont très sensibles à l'acidification et que le pH du lac peut donc facilement être influencé. Les mêmes tendances avaient également été observées lors de l'année d'échantillonnage 2015-2016. Pour rappel, c'est essentiellement la nature géologique du bassin versant (ici roches granitiques) qui attribue le degré de vulnérabilité d'un plan d'eau à l'acidification.

## 4.2 État trophique

L'état trophique du lac des Rapides a été suivi à travers le phosphore total, l'azote (sous différentes formes), le carbone organique dissous (COD) et la chlorophylle  $\alpha$ .

La teneur moyenne en phosphore total de 9,6  $\mu\text{g/L}$  relevée dans l'eau du lac des Rapides pour l'année d'échantillonnage 2017-2018, est plus élevée que celles mesurée pour les années 2013-2014 et 2015-2016 (respectivement 6,8  $\mu\text{g/L}$  et 8,3  $\mu\text{g/L}$ ). Cette tendance à l'augmentation du phosphore total est visible graphiquement (figure 14), et appuyée par les tests statistiques de Kruskal-Wallis et post-hoc de Dunn. Les critères *Protection des activités récréatives et de l'esthétique* et *Protection de la vie aquatique (effet chronique)* ne sont pas respectés en 2017-2018 alors qu'ils l'avaient été pour les deux autres années d'échantillonnage précédentes. Concernant la station de la Baie Cachée (E10), la seule teneur relevée est élevée, 10,3  $\mu\text{g/L}$ .

En ce qui a trait à l'azote, aucun signe ne démontre une problématique de contamination (azote ammoniacal) ou d'influence d'activité anthropique (azote total). Cependant, la concentration d'azote total a augmenté significativement depuis la première diagnose et une attention à son égard doit donc y être portée. À noter que les teneurs en azote mesurées aux stations de la Baie Cachée (E10) et du lac de la Montagne (E11) sont proches de celles rencontrées aux stations du lac des Rapides.

Quant au carbone organique dissous, les concentrations retrouvées dans le lac des Rapides sont élevées et sont principalement la conséquence des caractéristiques du bassin

versant (sols et végétation). C'est d'ailleurs ce qui explique la teinte foncée du lac. Toutefois, une tendance vers l'augmentation en COD a été observée au fil des trois études. Les raisons de cette augmentation sont difficilement explicables. D'autres études ont également observé une augmentation du COD durant les dernières décennies dans plus de 23 pays d'Europe et d'Amérique du Nord sans trouver la raison (Skjelkvale et al., 2005; Evans et al. 2005). Il serait alors judicieux de continuer à suivre ce paramètre. Les teneurs mesurées au lac de la Montagne et dans la Baie Cachée sont similaires à celles retrouvées dans le lac des Rapides.

Enfin, les teneurs en chlorophylle  $a$  relevées dans le lac pour l'année 2017-2018 sont à nouveau faibles avec une moyenne de 0,29  $\mu\text{g/L}$ . Lors des deux années d'échantillonnage précédentes, les moyennes étaient plus faibles. Toutefois, le nombre d'échantillons est également faible, ce qui ne donne pas assez de force aux tendances observées.

Concernant la classe trophique du lac des Rapides, il est important de souligner que, selon le Réseau de surveillance volontaire des lacs du MELCC, l'état trophique d'un lac se détermine à partir de trois échantillonnages estivaux sur un minimum de deux années consécutives. Or, dans le cadre du suivi du lac des Rapides, la saison estivale n'a été échantillonnée qu'une fois par année, en 2013, 2015 et 2017. Il n'est donc pas possible actuellement de conclure sur l'état trophique du lac des Rapides. Ce qui suit est alors présenté à titre indicatif. En considérant les teneurs en phosphore recueillies en 2017-2018 sur l'ensemble des stations de qualité de l'eau, le lac des Rapides se classe dans la catégorie oligo-mésotrophe d'après les classes de détermination des niveaux trophiques du MELCC (MELCC, 2018e). En considérant les concentrations en chlorophylle  $a$ , le lac se classe dans la catégorie ultra-oligotrophe. Pour l'année d'échantillonnage 2013-2014, les teneurs en phosphore total et chlorophylle  $a$  classaient le lac des Rapides dans la catégorie des lacs ultra-oligotrophes à oligotrophes et pour l'année 2015-2016, le lac faisait partie de la catégorie des lacs oligotrophes. En considérant les données de phosphore, le lac semble ainsi évoluer vers un niveau trophique plus élevé avec le temps mais cela ne semble pas encore affecter le réseau trophique du lac puisque les phytoplanctons et la végétation aquatique ne montrent pas de signe d'augmentation (chlorophylle  $a$ ). En prenant en compte uniquement des stations de qualité de l'eau du lac des Rapides comparables entre les trois années, soit E1 à E6, le lac serait alors classé dans la catégorie ultra-oligotrophe à oligotrophe en 2013-2014 et dans la catégorie oligotrophe en 2015-2016 et 2017-2018. Là encore, cela démontre que le lac semble également avoir évolué vers un niveau trophique plus élevé dans les dernières années.

### 4.3 Teneurs en hydrocarbures et éléments métalliques

- Eau du lac

Concernant les **hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>**, le critère *Protection de la vie aquatique - effet aigu* relatif à l'essence est respecté à l'ensemble des stations et sur les trois années d'échantillonnage. En revanche, le critère *Protection de la vie aquatique - effet chronique* (valeur moins élevée que l'effet aigu) est dépassé à plusieurs reprises pour l'essence, particulièrement lors de la troisième année d'échantillonnage (2017-2018). En effet, il a été dépassé aux stations



E6, E7, E8 et E9 lors de la campagne estivale de 2017, à la station E1 lors la campagne d'hiver 2018 et aux stations E1, E2, E3 et E4 lors de la campagne du printemps 2018. Les teneurs mesurées à la campagne d'automne 2017 sont beaucoup plus faibles et homogènes spatialement. Il n'y a aucun dépassement observé.

Pour ce qui est du pétrole brut, à l'exception de la campagne d'automne 2017, plusieurs dépassements des deux critères *Protection de la vie aquatique - effet aigu et effet chronique* notamment lors de la campagne de printemps 2018.

Une variabilité entre les saisons est notable. Les teneurs les plus élevées sont observées au printemps puis à l'été. Lors des campagnes d'automne, les teneurs plus faibles relevées dans le lac (inférieures à la limite de détection) laissent supposer que les molécules d'hydrocarbures ont été dégradées. En revanche, à l'hiver, les teneurs sont supérieures à la limite de détection. La présence d'une couche de glace indique qu'il y a eu pollution avant l'hiver ou qu'il y a eu relargage de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> depuis les sédiments. Les molécules n'ont ainsi pas été altérées au cours de l'hiver car l'eau du lac étant froide, isolée du soleil et du vent, l'activité bactérienne est réduite et l'évaporation des hydrocarbures ne peut se faire.

De manière générale, les limites de détections obtenues lors de cette troisième année d'échantillonnage sont plus basses et permettent d'avoir un meilleur portrait des éléments présents. De plus, les valeurs semblent avoir augmenté. Cela pourrait être lié à une plus grande fréquentation de bateaux ou encore d'hydravions.

Un total de 24 molécules d'**hydrocarbures aromatiques polycycliques** a été analysé en laboratoire pour l'année d'échantillonnage 2017-2018. Sur l'ensemble des quatre saisons d'échantillonnage, seuls trois HAP présentent des teneurs supérieures aux limites de détection, mesurées à la station E6 lors de la campagne d'hiver 2018. Il s'agit du naphthalène, du fluorène et du phénanthrène, des HAP non halogénés disposant de critères de qualité de l'eau de surface. Les valeurs détectées sont bien en dessous de ces critères. Concernant les autres HAP non halogénés, tous les échantillons respectent les critères de qualité et ce, pour les quatre campagnes, tant pour le lac des Rapides que pour le lac de la Montagne et la Baie Cachée.

Concernant les HAP cancérigènes totaux, les limites de détection des appareils de mesure du laboratoire sont plus élevées que les critères de qualité *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)*. Ainsi, elles ne permettent pas de déterminer si les concentrations relevées respectent ces critères au lac des Rapides. À noter que les limites de détection pour l'année d'échantillonnage 2017-2018 sont plus basses que celles de l'année 2013-2014, et proches de celles obtenues pour l'année 2015-2016. Par ailleurs, il a été validé avec le laboratoire que les limites de détections de leurs instruments d'analyse ne pouvaient être plus basses pour ces éléments-là.

Pour ce qui est des **éléments métalliques**, il est en premier lieu, nécessaire de souligner que la valeur des critères de certains d'entre eux dépend de la dureté de l'eau. Ce paramètre, tel que recommandé par la deuxième étude diagnostique, a été mesuré lors de l'échantillonnage 2017-2018 et la valeur relevée est de 2 mg/L CaCO<sub>3</sub> à toutes les stations. La valeur considérée en

2015-2016 était de 20 mg/L CaCO<sub>3</sub> (donnée obtenue par l'usine de traitement d'eau potable de la Ville de Sept-Îles). Ainsi, les critères de qualité diffèrent pour le baryum, le béryllium, le cadmium, le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc entre les années d'échantillonnage 2015-2016 et 2017-2018, et sont plus sévères pour les teneurs relevées en 2017-2018.

Les limites de détections sont variables selon les années d'échantillonnage (car différentes selon le laboratoire d'analyses). Néanmoins, elles sont généralement suffisamment basses pour la comparaison aux critères de qualité à l'exception, pour l'année d'échantillonnage 2017-2018 : du mercure (hiver et printemps 2018), du plomb (été 2017 et printemps 2018) et du béryllium et du cadmium (toutes les saisons 2017-2018) ; pour 2015-2016, du mercure, de l'arsenic, du béryllium, du cadmium et du plomb (automne 2015 et hiver 2016) ; et enfin, pour 2013-2014 du mercure (hiver et printemps 2014, seules saisons échantillonnées).

De fortes teneurs en fer et aluminium ont été rencontrées à chaque campagne lors des trois années d'échantillonnage, et ce, à toutes les stations. Le critère *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* n'est jamais respecté pour ces deux éléments. Toutefois, le MELCC précise que certaines eaux de surface de bonne qualité peuvent contenir des teneurs naturelles plus élevées que les critères de qualité (MDDELCC, 2013). Les sols présents dans la région de Duplessis sont essentiellement des podzols, sols acides de milieux forestiers caractérisés notamment par une accumulation de fer et d'aluminium (Courchesne et Hendershot, 1997). Le lessivage des sols par les précipitations peut alors entraîner ces deux éléments dans l'eau du lac. De plus, les fortes teneurs en fer observées dans l'eau pourraient être liées à la nature du socle géologique (roches mafiques et ultramafiques) de la région OBV Duplessis, 2011b), où plusieurs sites d'exploitation du fer sont répertoriés.

Par ailleurs, des dépassements fréquents de certains critères de qualité de l'eau de surface du lac des Rapides sont à souligner :

- Pour le mercure : non-respect des critères *Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)* et *Protection de la faune terrestre piscivore* à toutes les stations lors des campagnes d'été et d'automne 2017 ; à 3 stations sur 9 à la campagne d'hiver 2018 ; à 5 stations sur 9 à la campagne de printemps 2015 ; enfin, pour rappel, toutes les teneurs obtenues en 2013-2014 étaient inférieures à la limite de détection, trop élevée pour conclure aux respects des critères.
- Pour le plomb : non-respect du critère *Protection de la vie aquatique - effet chronique* à toutes les stations des campagnes d'automne 2017 et de printemps 2018, à 5 stations sur 9 à la campagne d'été 2017 et à 1 station sur 9 à la campagne d'hiver 2018. Si le même critère avait été appliqué lors de l'année 2015-2016 (pour rappel, la valeur de dureté différente a induit des critères différents pour ces deux années d'échantillonnage), il aurait également été dépassé à toutes les stations lors de la campagne du printemps 2015 ; pour les campagnes d'automne 2015 et d'hiver 2016, il n'aurait pas été possible de se prononcer car les teneurs relevées sont toutes inférieures à la limite de détection, qui elle, est supérieure au critère.

Et des dépassements ponctuels sont également notables :

- Pour le cuivre : non-respect des critères *Protection de la vie aquatique, effet aigu et effet chronique* à la station E5 lors de la campagne de printemps 2018. Si le même critère avait été appliqué lors de la seconde étude, des dépassements auraient également été constatés à l'hiver 2016 aux stations E1, E2 et E3 ; et lors de la première étude, un dépassement aurait été relevé à la station E9.
- Pour le cadmium : non-respect du critère *Protection de la vie aquatique - effet chronique* dépassé à la station E6 lors de la campagne hivernale de 2016.

Aucune variation spatiale n'a été mise en évidence, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de différence notable entre les stations en 2015-2016 et en 2017-2018. Enfin, les teneurs en éléments métalliques relevées aux stations E10 et E11, respectivement situées dans la Baie Cachée et au lac de la Montagne, sont similaires à celles rencontrées dans le lac des Rapides.

- **Sédiments**

Les sédiments du lac des rapides ont été à nouveau suivis durant cette troisième étude diagnostique. Le nombre total d'échantillons est de six, et est réparti uniformément sur le lac. Un échantillon de sédiments a également été prélevé dans la Baie Cachée et dans le lac de la Montagne. Les stations supplémentaires de sédiments qui avaient été investiguées dans la Baie Duclos lors de la deuxième étude diagnostique n'ont pas été reconduites car elles présentaient toutes des caractéristiques semblables. L'effort d'échantillonnage a donc été maximisé sur les même six stations que les deux études précédentes.

Les sédiments ont été suivis sur les quatre campagnes de l'étude et les paramètres analysés ont été le phosphore total, le carbone organique total, les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, les HAP et les éléments métalliques.

Concernant le **phosphore total**, les teneurs dans les stations ne sont pas uniformes. Des teneurs plus élevées sont repérées dans Baie Duclos (Sed1) et au centre du lac (Sed5) et des teneurs plus basses sont repérées au nord du lac (Sed4). Cette tendance avait déjà été observée lors des deux précédentes études. La répartition des stations ne permet pas d'expliquer ces tendances. Il n'existe pas de critère de qualité pour les teneurs en phosphore dans les sédiments. La variation temporelle des teneurs en phosphore dans les sédiments est faible avec cependant, une baisse des valeurs observée aux stations Sed1 et Sed5 lors de la dernière étude. Les teneurs dans la Baie Cachée et le lac de Montagne sont proches de celles retrouvées dans les stations du lac des Rapides où les teneurs sont basses, tel que Sed4.

Concernant la teneur en matière organique, elle a été évaluée par le paramètre du **carbone organique total**. Il n'existe pas non plus de critère de qualité pour ce paramètre dans les sédiments. Ce paramètre n'avait pas été dosé lors de la première étude diagnostique. Mise à part une teneur très élevée relevée à Sed5 en hiver (non considérée dans les analyses, 77,6 %), les concentrations sont situées dans la même gamme de valeurs entre la deuxième et la

troisième étude diagnostique, soit en dessous de 20 %. Deux stations montrent des teneurs plus faibles en carbone organique total, les stations Sed4 et Sed5.

Les **hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>** ont été dosés afin d'évaluer le niveau de contamination. En l'absence de critère de qualité pour ce paramètre dans les sédiments, il est possible d'utiliser la grille du *Guide d'intervention pour la protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés* qui définit trois niveaux de critères. Sur l'ensemble des mesures effectuées, seulement quatre sont supérieures aux limites de détection. Il est difficile de conclure sur les teneurs en hydrocarbures pétroliers car ces limites de détection varient entre les stations ainsi qu'entre les saisons. De la même manière, peu de valeurs supérieures aux limites de détection avaient été obtenues lors des deux précédentes études diagnostiques et les valeurs des limites de détection étaient variables. De ce fait, il n'est pas possible d'étudier les résultats comparativement d'une étude à l'autre. Parmi les valeurs détectées, toutes satisfont les deux critères les plus élevés (terrains résidentiels et terrains industriels, commerciaux et institutionnels). En revanche, le critère A de teneurs de fond est quelques fois dépassé ou alors, dans certains cas, il n'est pas possible de statuer en raison d'une limite de détection trop élevée.

Concernant les **hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**, sur les 29 molécules dosées, 13 disposent de critères de qualité définis dans le guide des *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec* (Environnement Canada et MDDEP, 2007). Les limites de détection sont plus adaptées que lors des études précédentes pour évaluer le respect des critères, toutefois leur variabilité inter-stations ainsi qu'inter-saisons rendent encore difficile l'interprétation des données. En outre, les limites de détection des appareils de mesure du laboratoire pour 11 HAP sur les 13 ayant des critères de qualité sont trop élevées en comparaison aux critères de qualité. Il a été validé avec le laboratoire que les limites de détections de leurs instruments d'analyse ne pouvaient être plus basses pour ces éléments-là. Plusieurs dépassements de critères peuvent toutefois être relevés. La station de la Baie des Crans est la station présentant le plus de dépassements du critère le plus élevé, soit le critère CSE (*concentration seuil produisant un effet*). C'est dans cette baie qu'est situé le site de prélèvement pour l'alimentation en eau potable. D'autres stations présentent des dépassements du critère CSE, les stations Sed2 (à proximité du site de baignade), Sed1 (Baie Duclos) et Sed3 (Baie Ross). Du côté des molécules de HAP pour lesquelles les dépassements des critères sont le plus souvent observés, il s'agit du benzo(a)pyrène, le chrysène et le pyrène pour le critère CSE, et le fluoranthène et de nouveau le chrysène pour le critère CER. Enfin, d'autres molécules de HAP n'ayant pas de critères de qualité ont également été détectées, dont certaines l'ont été à chaque saison. Il s'agit des benzo(b, j et k)fluoranthènes, de l'indéno(1,2,3-cd)pyrène et du benzo(ghi)pérylène. Ces molécules avaient également été détectées lors de l'étude diagnostique précédente.

Enfin, les **éléments métalliques** ont également été suivis dans les sédiments. Au total, 22 éléments ont été analysés tout au long de l'étude. Sur ces 22 éléments, 7 disposent de critères de qualité définis dans le guide des *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec* (Environnement Canada et MDDEP, 2007). De nombreux dépassements du critère CER et du critère CSE sont observés. En effet, pour le lac des Rapides, sur 161 résultats pour les

éléments ayant des critères de qualité, 50 dépassements du critère CER sont dénombrés et 29 dépassements du critère CSE. Une station se différencie des autres stations en ne présentant aucun dépassement des critères de qualité des éléments métalliques. Il s'agit de la station Sed4, située à l'embouchure de la rivière des Rapides (tributaire T2). Cette station a également montré de faibles teneurs en carbone organique total, ce qui laisse supposer que c'est pour cette raison que les teneurs en éléments métalliques sont moins importantes. Cependant, cette tendance n'est pas observée pour les autres stations qui ont également de faibles taux de COT (Sed5 et Sed1). De ce fait, il semble difficile d'expliquer par le seul paramètre du COT la plus faible contamination de la station Sed4. Concernant les éléments métalliques pour lesquels le plus de dépassements des critères sont observés, il s'agit du mercure et du plomb pour le critère CSE, et de l'arsenic et du chrome pour le critère CER. Ce sont les mêmes éléments, mercure et plomb, qui avaient montré le plus de dépassements du critère CSE lors de la deuxième étude diagnostique. L'arsenic et le chrome avaient également été les éléments présentant le plus de dépassements du critère CER, ainsi que le cuivre mais uniquement à la deuxième campagne (automne 2015). En résumé, les éléments métalliques problématiques semblent être le mercure, le plomb, l'arsenic et le chrome.

Une autre observation est commune aux trois études diagnostiques : dans la catégorie des éléments métalliques sans critères de qualité, le fer et l'aluminium sont les éléments détectés en plus fortes concentrations (dizaine de g/kg), et ce, à toutes les stations et toutes les saisons.

#### ***4.4 Tributaires***

Lors de cette troisième étude diagnostique, les tributaires ont été analysés à travers leurs concentrations en phosphore total, azote ammoniacal, azote total Kjeldahl, azote total, carbone organique dissous et alcalinité. Lorsqu'ils sont détectés, les teneurs de ces paramètres sont toutes dans la même gamme de valeurs que celles observées dans le lac des Rapides et le lac de la Montagne. Les paramètres possédant des critères de qualité sont le phosphore et l'azote ammoniacal. L'ensemble des résultats obtenus pour ces paramètres respectent les critères de qualité de l'eau, tout comme c'était le cas lors des deux études précédentes. Les concentrations en carbone dissous restent globalement stables avec des valeurs légèrement plus fortes observées à l'automne.

## 4.5 Recommandations

Suite aux constats réalisés à travers le portrait de qualité du lac des Rapides, établi sur les trois années d'échantillonnage, plusieurs recommandations peuvent être énoncées, qui s'inscrivent dans une optique de préservation de qualité de l'eau du lac, site de prélèvement pour la production d'eau potable de la Ville de Sept-Îles.

- **Plan intégré de Protection et de conservation**

- Actualiser le Plan intégré de Protection et de conservation. En 2013, la firme Les Services exp a été mandatée par la Ville de Sept-Îles afin de concevoir un plan intégré de protection et de conservation de la source d'eau potable de la Ville. Il serait nécessaire de mettre à jour ce plan en intégrant toutes les données recueillies depuis 2013 et de réévaluer la vulnérabilité et les menaces qui peuvent peser sur la source d'eau potable.

- **Suivi ultérieur du lac et de son bassin versant**

- Diminuer le nombre de stations de suivi de qualité de l'eau en ne conservant que les stations initiales : stations E1 à E6, et augmenter la fréquence d'échantillonnage sur la période qui s'étend de mai à octobre (couvrant les trois saisons hors période de glace), soit une à deux fois par mois, afin de maximiser les efforts d'échantillonnage.
- Restreindre l'analyse des paramètres et se concentrer uniquement sur les éléments préoccupants et/ou pour lesquels le manque de données n'a pas permis de conclure :
  - Mesures *in situ* sur toute la colonne d'eau de : la température, le pH, et l'oxygène dissous.
  - Prélèvements d'eau en surface pour analyses subséquentes en laboratoire pour les paramètres : phosphore total, carbone organique dissous, chlorophylle *a*, hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et éléments métalliques (mercure, plomb, cuivre, cadmium).
- Échantillonner de façon annuelle ou bisannuelle les sédiments aux six stations de suivi afin d'analyser les teneurs en carbone organique total, hydrocarbures pétroliers, HAP et éléments métalliques (mercure, plomb, arsenic, chrome).
- Suivre la qualité de l'eau du lac Sans Nom à travers le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL). Le RSVL a notamment pour objectifs d'établir l'état trophique de lacs et de suivre leur évolution dans le temps. Or plusieurs chalets sont présents en bordure du lac Sans Nom, situé à l'est du lac des Rapides et se déversant dans celui-ci, et aucune donnée n'existe à ce jour concernant ce lac.

- **Bandes riveraines**

- Effectuer une caractérisation des bandes riveraines du lac des Rapides, et dans un second temps, si des problématiques sont constatées, rechercher des solutions afin d'y remédier.

- **Activités humaines**

- Restreindre les activités anthropiques sur et dans les environs du lac : le lac des Rapides est déjà le siège de plusieurs activités industrielles et récréotouristiques. Des mesures de protection règlementaire supplémentaires devraient être prises en ce sens afin de limiter, voire de diminuer les activités humaines, et ce dans un périmètre suffisamment étendu pour éviter que la source d'eau potable soit menacée.
- Sensibiliser d'une part, les utilisateurs de bateaux à moteur sur les effets liés à la navigation de plaisance sur le lac des Rapides et la prise d'eau potable municipale et d'autre part, les propriétaires de résidences isolées sur la nécessité d'avoir une installation septique qui répond aux normes.
- Mettre sur pied un plan d'intervention d'urgence en cas de déversement d'hydrocarbures dans le lac.

## Bibliographie

Andrieux-Loyer, F. (1991). Les formes de phosphore particulaire et sédimentaire en environnement côtier. Méthodes d'analyse, biodisponibilité, échange. Bretagne occidentale, Faculté des Sciences et techniques.

APEL (2014). Diagnose du lac Saint-Charles, rapport final.: 519.

Berryman, D. (2006). Établir des critères de qualité de l'eau et des valeurs de référence pour le phosphore, selon les éco-régions : opportunité, faisabilité et premier exercice exploratoire. Gouvernement du Québec. Rapport remis à Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/phosphore/phosphore-eco-regions.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/phosphore/phosphore-eco-regions.pdf)

Cantin, A. (2009). Abaissement artificiel de la thermocline d'un lac : effets sur le plancton. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en Biologie. Rapport remis à Université du Québec à Montréal. <https://archipel.uqam.ca/2571/1/M11181.pdf>

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (2016). Détermination des hydrocarbures pétroliers (C10 à C50) : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme. <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA400HYD11.pdf>

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) (2012). Modes de conservation pour l'échantillonnage des eaux de surface. [http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09\\_10eauxsurf.pdf](http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/dr09_10eauxsurf.pdf)

Connaissance des énergies (2016). « Raffinage pétrolier ». Consulté le 2016-11-09, au <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/raffinage-petrolier>.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) (1999a). Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique — oxygène dissous (eau douce), dans Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/fr/89>

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) (1999b). Recommandations canadiennes pour la qualité des sédiments : protection de la vie aquatique - hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dans Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/fr/113>

Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE) (2009). Trousse des lacs - Des outils pour la santé des lacs. <http://www.troussedeslacs.org/pdf/trousse.pdf>

Côté, R., Bussièrès, D., & Desgagnés, P. (2002). Distribution spatio-temporelle du phytoplancton et du zooplancton dans le lac Saint-Jean (Québec), un réservoir hydroélectrique. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 15(3), 597-614.



Courchesne, F. & Hendershot, W. (1997). La genèse des podzols. *Géographie physique et Quaternaire*, 51(2), 235–250. <https://doi.org/10.7202/033121ar>

Dupont, J. (2004). « *La problématique des lacs acides au Québec*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement », envirodoq n° ENV/2004/0151, collection n° QE/145, 18 p.

Environnement Canada (2002). Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime. Volume I : Directives de planification. <http://publications.gc.ca/collections/Collection/En154-1-2002-1F.pdf>

Environnement Canada (2012). « Air - Métaux lourds - Principales sources d'émission. » Consulté le 2014-10-01, au <http://www.ec.gc.ca/Air/default.asp?lang=Fr&n=445F1FB1-1>.

Environnement Canada et Gestion des ressources hydriques du Manitoba (2011). « État du lac Winnipeg : de 1999 à 2007 – Faits saillants ». Consulté le 2016-11-15 au [http://www.ec.gc.ca/doc/publications/eau-water/COM1167/preliminary-preliminaire\\_f.htm](http://www.ec.gc.ca/doc/publications/eau-water/COM1167/preliminary-preliminaire_f.htm)

Environnement Canada et Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs (2007). Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration. [http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/diverses/Qualite\\_criteres\\_sediments\\_f.pdf](http://planstlaurent.qc.ca/fileadmin/publications/diverses/Qualite_criteres_sediments_f.pdf)

Evans CD, Monteith DT, Cooper DM. (2005). Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: observations, possible causes and environmental impacts. *Environmental Pollution*, 137, 55–71.

Evans, C. D., Chapman, P. J., Clark, J. M., Monteith, D. T., & Cresser, M. S. (2006). Alternative explanations for rising dissolved organic carbon export from organic soils. *Global change biology*, 12(11), 2044-2053.

Fritz (2016). Contribution à la synthèse des données de l'observatoire des lacs d'altitude: 31.

Forêt, R. (2012). Dico de Bio. Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur s.a, 1094.

Gazette officielle du Québec (2009). Arrêtés ministériels. <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=52255.PDF>

Gensemer, R. W., Dixon, D. G., & Greenberg, B. M. (1999). Using chlorophyll a fluorescence to detect the onset of anthracene photoinduced toxicity in *Lemna gibba*, and the mitigating effects of a commercial humic acid. *Limnology and Oceanography*, 44(3part2), 878-888.

Groleau, A., L. Harrault, E. Viollier, A. Gaillard, M. Pepe et M. Benedetti (2008). Variabilité temporelle du pH et du système CO<sub>2</sub> carbonate dans la Seine à Paris: 17.

Guesdon, G., De Santiago Martin, A., Galvez-Cloutier, R., (2014). Restauration du lac La Retenue, L'Ange-Gardien, Québec. Phase I : Caractérisation des sédiments et qualité de l'eau de surface. Rapport remis à Département de génie civil et de génie des eaux, Université Laval. <https://langegardien.qc.ca/wp-content/uploads/2017/10/Caract%C3%A9risation-s%C3%A9diments-et-qualit%C3%A9-eau-de-surface.pdf>

Hade, A. (2003). Nos lacs. Les connaître pour mieux les protéger, Fides.

INERIS (2004). Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM. [http://www.ineris.fr/centredoc/03\\_0693\\_Rapp\\_Technique\\_biodisp\\_ecot.pdf](http://www.ineris.fr/centredoc/03_0693_Rapp_Technique_biodisp_ecot.pdf).

INERIS (2005). Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - Guide méthodologique - Acquisition des données d'entrée des modèles analytiques ou numériques de transferts dans les sols et les eaux souterraines - Rapport final. [http://www.ineris.fr/centredoc/66244-DESP-R01\\_.pdf](http://www.ineris.fr/centredoc/66244-DESP-R01_.pdf).

Lallée, M. (2009). Étude bibliographique de la contamination des milieux lacustres par les micropolluants (PCB, HAP) - Application au lac d'Annecy -. Rapport remis à Syndicat Mixte du Lac d'Annecy – SILA [https://www.sila.fr/IMG/pdf/etude\\_pcb\\_hap.pdf](https://www.sila.fr/IMG/pdf/etude_pcb_hap.pdf)

Les Services Exp (2013). Plan intégré de protection et de conservation (PIPC) de la source d'eau potable du lac des Rapides. [http://ville.sept-iles.qc.ca/CLIENTS/1-villesi/docs/upload/sys\\_docs/Rapport\\_PIPC.pdf](http://ville.sept-iles.qc.ca/CLIENTS/1-villesi/docs/upload/sys_docs/Rapport_PIPC.pdf)

Labrecque, V., Nürnberg, G., Tremblay, R., Pienitz, R. (2002). Caractérisation de la charge interne de phosphore du lac Nairne, Charlevoix (Québec), *Revue des sciences de l'eau*, 25(1): 93.

Lower, S. K. (1996). Carbonate equilibria in natural waters. Rapport remis à Simon Fraser University. Consulté le 2018-10-11-26 au <http://www.chem1.com/acad/webtext/pdf/c3carb.pdf>

« Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN) (2018a). « GESTIM, le système de gestion des titres miniers. » Consulté le 2018-10-18, au <http://mern.gouv.qc.ca/mines/titres/titres-gestim.jsp>.

Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles (MERN) (2018b). « Bail minier. » Consulté le 2018-10-18, au <https://mern.gouv.qc.ca/mines/titres-miniers/titres-exploitation/>.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) (2018a). Protocole d'évaluation et méthode de calcul de l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR). [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/IQBR/protocole.htm](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/protocole.htm)

Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC) (2018b). « Programme Environnement-Plage. » Consulté le 2018-09-18, au <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/>.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) (2018c). « Lacs acides au Québec – 2004 » Consulté le 2018-11-27, au [http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/lacs\\_acides/2004/index.htm](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/lacs_acides/2004/index.htm)

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) (2018d). « Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau - Signification environnementale et méthode d'analyse des principaux paramètres de la qualité de l'eau. » Consulté le 2018-10-24, au [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco\\_aqua/rivieres/annexes.htm#a-total](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/annexes.htm#a-total).

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) (2018e). « Le réseau de surveillance volontaire des lacs - Les méthodes. » Consulté le 2014-09-17, au <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm>.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) (2018f). « Annexe 12 : Exemples de critères de qualité de l'eau pour les métaux dont la toxicité varie avec la dureté. » Consulté le 2018-09-20, au [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/annexe\\_12.htm](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/annexe_12.htm).

Ministère du Développement durable de l'Environnement de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2013). Critères de qualité de l'eau de surface. [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/criteres.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/criteres.pdf)

Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs et Conseil régional de l'environnement des Laurentides (MDDEP et CRE) (2017). Protocole d'échantillonnage de la qualité de l'eau. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/protocole-echantill-qualite.pdf>

Moatar, F., Poirel, A. et Obled, C. (1999). Analyse de séries temporelles de mesures de l'oxygène dissous et du pH sur la Loire au niveau du site nucléaire de Dampierre (Loiret). *Hydroécologie appliquée*. 11: 127-151.

Morel, B. (2009). Transport de carbone organique dissous dans un bassin versant agricole à nappe superficielle. Sciences de la Terre. Agrocampus - École nationale supérieure d'agronomie de rennes, 2009. Français.

Moukhsil, A., T. Clark, C. Hébert et J.-Y. Labbé (2009). Géologie de la région de Baie-Comeau - Labrieville (feuillet SNRC 22F01, 22F02, 22F03, 22F04, 22F05 et 22F06), Ressources Naturelles et Faune - Québec : 15.

Moulin, A. (2016). Rapport d'interprétation des résultats d'analyses des sédiments. Saint-Elme, Galatea. <https://www.cmaisonneuve.qc.ca/wp-content/uploads/2015/09/Guide-pour-rediger-une-bibliographie-et-citer-ses-sources-afin-d%E2%80%99eviter-le-plagiat.pdf>

OBV Duplessis (2011a). Apports biogéochimiques aux eaux dans la région de Duplessis. <http://obvd.files.wordpress.com/2011/04/apports-biogc3a9ochimiques-aux-eaux-obv-duplessis.pdf>

OBV Duplessis (2011b). Géologie et géomorphologie quaternaire de la zone de GIEBV Duplessis. [http://obvd.qc.ca/wp-content/uploads/2015/10/G%C3%A9ologie-et-g%C3%A9omorphologie-quaternaire-de-la-zone-de-GIEBV-de-Duplessis.pdf?fbclid=IwAR39BvSbG7\\_VLBJ5eL1xNU99rmGmix7cLvfmQZJ94BU9eUEzRyE1MNe0g8w](http://obvd.qc.ca/wp-content/uploads/2015/10/G%C3%A9ologie-et-g%C3%A9omorphologie-quaternaire-de-la-zone-de-GIEBV-de-Duplessis.pdf?fbclid=IwAR39BvSbG7_VLBJ5eL1xNU99rmGmix7cLvfmQZJ94BU9eUEzRyE1MNe0g8w)

OBV Duplessis (2014). Étude diagnostique du lac des Rapides. <http://obvd.qc.ca/wp-content/uploads/2015/10/%C3%89tude-diagnostique-du-lac-des-rapides.pdf>

OBV Duplessis (2016). Étude diagnostique du lac des Rapides. Deuxième étude.

Oris, J. T., Hall, A. T., & Tylka, J. D. (1990). Humic acids reduce the photo-induced toxicity of anthracene to fish and daphnia. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 9(5), 575-583.

Skjelkvåle, B. L.; Stoddard, J. L.; Jeffries, D. S.; Tørseth, K.; Høgåsen, T.; Bowman, J.; Mannio, J.; Monteith, D.T.; Mosello, R.; Rogora, M.; Rzychon, D.; Vesely, J.; Wieting, J.; Wilander, A.; and Worsztynowicz, A., "Regional scale evidence for improvements in surface water chemistry 1990-2001" (2005). *U.S. Environmental Protection Agency Papers*. 24. Consulté le 2018- 11-23 au <http://digitalcommons.unl.edu/usepapapers/24>

Secondat (1952). Les variations de la température et de la concentration en oxygène dissous des eaux lacustres et des eaux courantes. Leur ralentissement sur la distribution des poissons.

Tremblay and Pienitz (2015). Caractéristiques limnologiques de 56 lacs du Québec méridional en lien avec l'état trophique. *Revue des Sciences de l'eau*: 24.

Ville de Sept-Îles (2015). Usine de traitement de l'eau potable. Rapport annuel des opérations 2014. Ville de Sept-Îles. [http://ville.sept-iles.qc.ca/CLIENTS/1-villesi/docs/upload/sys\\_docs/6.9\\_Eau\\_potable\\_2014.pdf](http://ville.sept-iles.qc.ca/CLIENTS/1-villesi/docs/upload/sys_docs/6.9_Eau_potable_2014.pdf)

Ville de Sept-Îles (2016). Lac des Rapides "Baie Duclos" - Caractérisation des installations septiques.

Ville de Sept-Îles (2018). Règlement n°2007-103. [http://ville.sept-iles.qc.ca/CLIENTS/1-villesi/docs/upload/reglements/2007103\\_zonage\\_Amendee.pdf](http://ville.sept-iles.qc.ca/CLIENTS/1-villesi/docs/upload/reglements/2007103_zonage_Amendee.pdf)

Wetzel, R. G. (1992). Gradient-dominated ecosystems: sources and regulatory functions of dissolved organic matter in freshwater ecosystems. In *Dissolved organic matter in lacustrine ecosystems* (pp. 181-198). Springer, Dordrecht

Williamson, C. E., Morris, D. P., Pace, M. L., & Olson, O. G. (1999). Dissolved organic carbon and nutrients as regulators of lake ecosystems: resurrection of a more integrated paradigm. *Limnology and Oceanography*, 44(3part2), 795-803.

WSP (2016). Diagnose du lac Blanc, Rapport final issu de la récolte de données de juillet et octobre 2015. Rapport produit pour la Municipalité de L'Ascension. 19 pages et annexes

## Annexes

Annexe 1 : Méthodes utilisées et limites de détection.....	134
Annexe 2 : Critères de qualité de l'eau de surface au Québec - Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons.....	136
Annexe 3 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> mesurées lors des trois études diagnostiques du lac des Rapides, stations E1 à E9 (mg/L).....	137
Annexe 4 : Teneurs en HAP mesurées lors des quatre campagnes saisonnières (µg/L).....	138
Annexe 5 : Respect des critères de qualité de l'eau de surface pour les éléments métalliques, lac des Rapides.....	142
Annexe 6 : Courriel d'Eurofins reçu le 29 mars 2018 concernant le bris de l'échantillon Sed3 pour la campagne d'hiver 2018 .....	146

## Annexe 1 : Méthodes utilisées et limites de détection

Paramètres	Méthodes d'analyse	Limite de détection de la méthode
<b>Eau de surface</b>		
<b>Phosphore</b>	<b>Été 2017</b>	
	MA.200-Mét. 1.2 R5 m-Détermination des métaux : méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon	2 µg/L
	<b>Automne 2017, Hiver 2018, Printemps 2018</b>	
	M.A 303- P.5.2: Détermination du phosphore total dans les eaux	0,6 µg/L
<b>Alcalinité</b>	<b>Été 2017</b>	
	MA. 315 - Alc-Aci 1.0 R2-Détermination de l'alcalinité et de l'acidité : méthode titrimétrique automatisée	2 mg/L
	<b>Automne 2017, Hiver 2018, Printemps 2018</b>	
	Standard Methods for the examination of water and wastewater S.M. 2320B-Méthode par titrage	2 mg/L
<b>Azote total (En N) (Sous-Traitance: EXOVA)</b>	Water Quality-Détermination de l'azote- ISO/TR 11905-2	N/D
<b>Azote total Kjeldahl (en N)</b>	SM4500 NOrg	0,8 mg/L
<b>Chlorophylle α (Sous Traitance: INRS)</b>	MA. 800-Chlor. 1.0-Détermination de la chlorophylle a : méthode par fluorométrie	0,06 µg/l.
<b>Azote amoniacal en N</b>	MA. 300 - N 2.0: Détermination de l'azote amoniacal : méthode colorimétrique automatisée avec le salicylate de sodium	0,02 mg/L
<b>Carbone organique dissous</b>	MA300 C 1.0-Détermination du carbone inorganique dissous, du carbone organique dissous et du carbone organique total : méthode par détection infrarouge	0,02 mg/L
<b>Métaux</b>	Aluminium	5 µg/L
	Arsenic	0,2 µg/L
	Bore	40 µg/L
	Baryum	7 µg/L
	Béryllium	0,2 µg/L
	Cadmium	0,2 µg/L
	Cobalt	0,5 µg/L
	Chrome	0,5 µg/L
	Cuivre	1 µg/L
	Fer	20 µg/L
	Molybdène	5 µg/L
	Nickel	1 µg/L
	Plomb	1 µg/L
	Sélénium	1 µg/L
	Strontium	10 µg/L
	Vanadium	0,5 µg/L
	Zinc	5 µg/L
	Argent	0,5 µg/L
	Antimoine	1 µg/L
Uranium	0,1 µg/L	
Manganèse	1 µg/L	
Bismuth	1 µg/L	
Calcium	100 µg/L	
Étain	5 µg/L	
Magnésium	50 µg/L	
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>	MA.400-HAP 1.1 R4-Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse	0,008 à 0,14 mg/kg
<b>Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub> C<sub>50</sub></b>	MA. 400 - HYD. 1.1-Détermination des hydrocarbures pétroliers (C10 à C50) : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme	varie selon l'échantillon

Paramètres	Méthodes d'analyse	Limite de détection de la méthode	
<b>Sédiments</b>			
Hydrocarbure aromatique polycyclique	MA.400-HAP 1.1 R4-Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse	0,005 à 0,14 mg/L	
Carbone organique total	ELTRA Carbone par infrarouge, résultats sur poids sec	N/D	
Métaux	MA. 200 – Mét. 1.2 méthode par spectrométrie de masse à source ionisante au plasma d'argon	Mercur	0,03 mg/kg
		Aluminium	15 mg/kg
		Arsenic	0,2 mg/kg
		Bore	10 mg/kg
		Baryum	2 mg/kg
		Béryllium	0,1 mg/kg
		Bismuth	N/D
		Cadmium	0,25 mg/kg
		Calcium	15 mg/kg
		Cobalt	1 mg/kg
		Chrome	1 mg/kg
		Cuivre	2 mg/kg
		Étain	0,5 mg/kg
		Fer	10 mg/kg
		Magnésium	3 mg/kg
		Molybdène	0,5 mg/kg
		Nickel	1 mg/kg
		Plomb	1 mg/kg
		Sélénium	0,7 mg/kg
Strontium	3 mg/kg		
Uranium	0,2 mg/kg		
Vanadium	1 mg/kg		
Zinc	4 mg/kg		



Annexe 2 : Critères de qualité de l'eau de surface au Québec - Sommaire des effets létaux du pH sur les poissons

Intervalle de pH	Effet
3,0 - 3,5	Il est peu vraisemblable qu'un poisson puisse survivre plus de quelques heures dans cet intervalle bien qu'il soit possible de trouver certaines plantes et certains invertébrés à des pH inférieurs.
3,5 - 4,0	Cet intervalle est létaux aux salmonidés. Il existe des indications montrant que la chatte de l'est, la tanche, la perche fluviatile et le brochet peuvent survivre dans cet intervalle, vraisemblablement après une période d'acclimatation à des concentrations non létales légèrement plus élevées, mais la limite inférieure de cet intervalle peut encore être létale à la chatte de l'est.
4,0 - 4,5	Vraisemblablement nocif aux salmonidés, à la tanche, à la brème, à la chatte de l'est, à la dorade et à la carpe commune qui ne sont pas acclimatés à de faibles pH, bien que leur résistance dans cet intervalle augmente avec leur taille et leur âge. Les poissons peuvent s'acclimater à ces valeurs, mais de la perche, la brème, la chatte de l'est et le brochet, seul ce dernier peut se reproduire.
4,5 - 5,0	Vraisemblablement nocif aux œufs et à l'alevin des salmonidés, ainsi qu'aux adultes particulièrement dans des eaux douces contenant de faibles concentrations de calcium, de sodium et de chlorure. Peut être nocif à la carpe commune.
5,0 - 6,0	Nocivité improbable pour toutes les espèces, à moins que la concentration de l'anhydride carbonique libre soit supérieure à 20 mg/l ou que l'eau contiennent des sels de fer fraîchement précipités sous forme d'hydroxyde ferrique dont la toxicité exacte est inconnue. La limite inférieure de cet intervalle peut être nocive aux salmonidés non acclimatés si les concentrations de calcium, de sodium et de chlorure sont faibles ou si la température de l'eau est basse, et peut aussi être nuisible à la reproduction de la chatte de l'est.
6,0 - 6,5	Vraisemblablement non nocif aux poissons à moins que la concentration de l'anhydride carbonique libre dépasse 100 mg/L.
6,5 - 9,0	Non nocif aux poissons, bien que la toxicité d'autres poissons puisse être modifiée par des changements à l'intérieur de cet intervalle.
9,0 - 9,5	Vraisemblablement nocif aux salmonidés et à la perche fluviatile, si cet intervalle persiste.
9,5 - 10,0	Létaux aux salmonidés sur une longue période, mais tolérable sur une courte période. Peut être nocif aux stades de développement de certaines espèces.
10,0 - 10,5	Tolérable par la chatte de l'est et les salmonidés sur une courte période mais létaux sur une longue période.
10,5 - 11,0	Rapidement létaux aux salmonidés. Une exposition prolongée à la limite supérieure de cet intervalle est létale à la carpe, à la tanche, à la dorade et au brochet.
11,0 - 11,5	Rapidement létaux à toutes les espèces.

Source Alabaster et Lloyd 1982 (tiré de CCMRE 1987)

Annexe 3 : Teneurs en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> mesurées lors des trois études diagnostiques du lac des Rapides, stations E1 à E9 (mg/L)

**Étude 1**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Hiver 2014</b>	<0,18	<0,19	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,625	<0,1	<0,19
<b>Printemps 2014</b>	<0,1	<0,2	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,19	-

**Étude 2**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Printemps 2015</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Automne 2015</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Hiver 2016</b>	<0,1	<0,1	0,17	0,11	<0,1	<0,1	0,15	0,12	0,19

**Étude 3**

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<b>Été 2017</b>	<0,05	<0,07	<0,05	<0,05	<0,05	0,401	0,347	0,350	0,342
<b>Automne 2017</b>	<0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Hiver 2018</b>	0,305	-	0,059	0,125	0,070	0,164	<0,19	0,152	<0,05
<b>Printemps 2018</b>	0,401	0,442	0,371	0,282	0,155	0,111	0,182	0,157	0,191

Annexe 4 : Teneurs en HAP mesurées lors des quatre campagnes saisonnières (µg/L)

Été 2017	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E11
Naphtalène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acénaphthylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acénaphthène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluorène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Anthracène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoranthène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(c)phénanthrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(a)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(b)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Benzo(k)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Benzo(j)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Somme des benzo (b, j et k) fluoranthènes	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>
Benzo(a)pyrène	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Benzo(e)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3-Méthylcholanthrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,l)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,i)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

<b>Automne 2017</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E11</b>
<b>Naphtalène</b>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
<b>Acénaphtylène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Acénaphène</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<b>Fluorène</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Phénanthrène</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Anthracène</b>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
<b>Fluoranthène</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Pyrène</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Benzo(c)phénanthrène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Benzo(a)anthracène</b>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
<b>Chrysène</b>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
<b>7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Benzo(b)fluoranthène</b>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
<b>Benzo(k)fluoranthène</b>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
<b>Benzo(j)fluoranthène</b>	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
<b>Somme des benzo (b, j et k) fluoranthènes</b>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>
<b>Benzo(a)pyrène</b>	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
<b>Benzo(e)pyrène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>3-Méthylcholanthrène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Indéno(1,2,3-cd)pyrène</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>Dibenzo(a,h)anthracène</b>	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
<b>Benzo(ghi)pérylène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Dibenzo(a,l)pyrène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Dibenzo(a,i)pyrène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
<b>Dibenzo(a,h)pyrène</b>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Hiver 2018	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Naphtalène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,09	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acénaphtylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acénaphène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluorène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Anthracène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoranthène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(c)phénanthrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(a)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(b)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Benzo(k)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Benzo(j)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Somme des benzo (b, j et k) fluoranthènes	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>
Benzo(a)pyrène	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Benzo(e)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3-Méthylcholanthrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,l)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,i)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

*(Seules valeurs supérieures aux limites de détection)*

Printemps 2018	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E11
Naphtalène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Acénaphthylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Acénaphthène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluorène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Anthracène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Fluoranthène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(c)phénanthrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(a)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Chrysène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
7,12-Diméthylbenzo(a)anthracène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Benzo(b)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Benzo(k)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Benzo(j)fluoranthène	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Somme des benzo (b, j et k) fluoranthènes	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>	<ND>
Benzo(a)pyrène	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008	<0,008
Benzo(e)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
3-Méthylcholanthrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Benzo(ghi)pérylène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,l)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,i)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Dibenzo(a,h)pyrène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1











Annexe 6 : Courriel d'Eurofins reçu le 29 mars 2018 concernant le bris de l'échantillon Sed3 pour la campagne d'hiver 2018

