

Rapport Lac des Seize-Îles 2022



Évaluation des tendances écologiques/biologiques

Préparé pour :

Municipalité Lac-des-Seize-Îles
Amis du Lac des Seize-Îles ("Friends of the Lake")

Préparé par:

Sylvain Miller, B.sc. Biologie

Anne Létourneau B.sc. Biochimie

Date: **Décembre 2022**

Remerciements

Bill Clelland, représentant des « Amis du lac », a joué un rôle central dans l'élaboration et le suivi de ce projet. Bill a sélectionné les jeunes volontaires, coordonné les réunions, servi d'intermédiaire, contacté et pris des dispositions avec de généreux "Lakers" qui ont fourni un bateau et un logement temporaire qui ont simplifié le travail relié à cette étude. Bill a également levé les fonds nécessaires pour couvrir le projet.

La contribution de **David Kerr** qui a rejoint l'équipe d'analyse à partir de 2021 doit également être soulignée pour son aide durant les présentations et pour ses talents à éduquer les jeunes volontaires du lac sur les méthodes d'analyse. David a également collecté des données et participé aux différentes sorties sur le lac.

Merci aussi à la municipalité de Lac-Des-Seize-Îles pour la contribution financière et pour leur support durant les trois années du projet.

Aux **généreux donateurs** qui ont fourni un bateau et un logement temporaire trois années de suite : votre contribution a été très appréciée !

Pour avoir rendu cette étude possible, un merci spécial à ;

Bill Clelland
David Kerr
Jean-Louis Courteau
Bob Logan
Brent Gilday
Lucie Barbeau
Corina Lupu
Chris Campbell
Jean-Philippe Dupuis
Maeve Gagnon-Kavanagh

Et aux bénévoles des Équipes Mesure Périphyton pour leur aide

Été 2020

Marie-Eve Bonneville
Victor Stretton
Corrine Hamel
Ailsa Litchfield
Mirren Litchfield
Declan Walsh
EileenWalsh
Maeve Gagnon-Kavanagh

Été 2021

David Kerr
Corrine Hamel
Mirren Litchfield
Victor Stretton
Eileen Walsh
Bridgit Kennedy
Avery Shaw

Été 2022

David Kerr
Loïc Fulmer
Owen Fulmer
Fraser Litchfield
Victor Stretton
Ben Love
Connor Manrique-Johnson
Dylan Manrique-Johnson

Table des matières

Listes des figures	2
Définitions	6
Introduction et but du projet	9
Paramètres physico-chimiques et biologiques du Lac des Seize-Îles	11
Phosphore	11
Oxygène dissous	15
Chlorophylle a	17
COD (carbone organique dissous)	19
Coliformes fécaux et E. Coli	20
Transparence	22
pH	24
Calcium	26
Conductivité électrique	26
Le périphyton	28
Comparaison de l'ensemble des paramètres	30
Classement du niveau Trophique	32
Comparaison des résultats du lac des Seize-Îles avec d'autres lacs de la région	32
Bande de protections riveraines	34
Rôle de la bande riveraine	36
Accès au plan d'eau	38
Observations sur les bandes riveraines	39
Évaluation des macrophytes	44
Baie des Soeurs	47
Phosphore	47
Oxygène dissous	47
Transparence	47
Évaluation des macrophytes	48
Lac Wonish	50
Phosphore	50
pH	50
Transparence	50
Lac du Grand Héron	50
Phosphore	50
pH	50
Transparence	50
Conclusion	50

Bibliographie	54
Annexe 1: Numérotation des sites échantillonnés entre 2020 et 2022	56
Annexe 2 : Profil de température et d'oxygène au lac des Seize-Îles en 2021 et 2022	56
Annexe 3 : Sommaire des résultats selon les sites d'échantillonnage	57
Annexe 4 : Mesures du périphyton	57
Annexe 5 : Caractérisation des bandes riveraines	59
Annexe 6 : résultats pour la caractérisation des bandes riveraines par section du lac.	62
Annexe 7 : Carte des herbiers aquatiques	65
Annexe 8 : Compositions des herbiers aquatiques répertoriés	66
Annexe 9 : Identification du plancton de 2020 à 2022	74
Annexe 10 : Séquences vidéo se rapportant au rapport	83

Listes des figures

Figure 1 : Concentration de phosphore total en trace ($\mu\text{g/L}$) par année de 2005 à 2022.....	p.13
Figure 2 : Concentration de phosphore total en trace ($\mu\text{g/L}$) par année de 2014 à 2022.....	p.13
Figure 3 : Mesures de phosphore en $\mu\text{g/L}$ en 2020 (rouge), 2021 (orange) et 2022 (jaune).....	p.14
Tableau 1 : Phosphore total en trace sous la thermocline.....	p.14
Tableau 2 : Phosphore total en trace en surface (1 mètre) durant le brassage pour la zone 10	p.15
Tableau 3 : Phosphore total en trace dans les tributaires ($\mu\text{g/L}$) en 2020 et 2021 comparé à 2011.....	p.15
Figure 4 Profil de température et d'oxygène dissous en 2011.....	p.16
Figure 5 : Profil de température et d'oxygène dissous à la fosse du Lac des Seize-Îles à l'été 2019..	p.17
Figure 6 : Profil de température, de pH et d'oxygène dissous à la fosse du Lac des Seize-Îles le 5 septembre 2021.....	p.18
Tableau 4 : Concentration de Chlorophylle a en surface et près de la thermocline.....	p.19
Figure 7 : concentration de chlorophylle a en $\mu\text{g/L}$ à la fosse par année de 2008 à 2022.....	p.20
Figure 8 : Concentration de Carbone Organique Dissous (COD) mesurées à la fosse entre 2005 et 2022.....	p.21
Tableau 5 : Coliformes fécaux et E. coli dans l'eau de surface les 22 et 26 juillet 2020.....	p.22
Tableau 6 : Coliformes fécaux et E. coli dans les affluents les 22 et 26 juillet 2020.....	p.22
Tableau 7 : E. coli dans deux affluents et à la sortie du lac le 10 août 2022.....	p.22
Figure 9 : Résultats aux comptes de coliformes fécaux et de E.coli (UFC/100 mL) en 2020 et 2022.....	p.23
Figure 10 : Mesures moyennes, minimales et maximales de la transparence en 1985 et 2022.....	p.24
Figure 11 : Mesures moyennes, minimales et maximales et tendance pour la transparence de 2016 à 2022.....	p.24
Figure 12 : Moyenne des mesures de transparence en fonction des différentes stations pour les années 2014 à 2022.....	p.25
Tableau 8 : Moyenne des mesures de transparence pour chaque mois entre 2020 et 2022.....	p.25

Figure 13 : Mesure du pH en surface entre 1971 et 2021.....	p.26
Figure 14 : Concentration moyenne en calcium par année.....	p.27
Tableau 9 : Conductivité électrique moyenne en Us/cm, mesurée à un mètre, à trois stations en septembre 2021.....	p.28
Figure 15 : Variation de l'épaisseur du périphyton pour les 20 sites mesurés dans les trois dernières années.....	p.30
Figure 16 : Variation de la longueur des filaments pour les 20 sites mesurés dans les trois dernières années.....	p.31
Figure 17 : Concentration de phosphore, de chlorophylle a, transparence et épaisseur du périphyton ainsi que les lignes de tendance pour les étés 2020 à 2022.....	p.32
Figure 18 : Détermination du niveau trophique du Lac des Seize-Îles en 2011 (rapport biofilia)...	p.33
Figure 19 : Détermination du niveau trophique du Lac des Seize-Îles à partir de la moyenne des résultats obtenus de 2020 à 2022.....	p.33
Figures 20 : Comparaison de la moyenne de la transparence, des concentrations de phosphore de COD et de chlorophylle a pour les années 2010 à 2021 selon les résultats inscrits dans le RSVL.....	p.34
Figure 21 : Comparaison de la superficie, de la profondeur moyenne et du temps de renouvellement pour 6 lacs de la région.....	p.35
Figure 22 : Comparaison du ratio de drainage, de la superficie du bassin versant et de la profondeur maximale pour 6 lacs de la région (Source : CRE Laurentide ¹).....	p.35
Figure 23 : Rôle des plantes aquatiques du littoral.....	p.37
Figure 24 : Bonne configuration d'un sentier dans une bande riveraine et exemple à éviter.....	p.40
Figure 25 : Exemple de mesure d'une zone non perturbée avec l'application Google maps.....	p.41
Figure 26 : Pourcentage des propriétés en fonction de la note obtenue pour l'état de la bande riveraine.....	p.42
Figure 27 : Pourcentage de dégradation des bandes riveraines pour l'ensemble du lac tel qu'évalué en 2021-2022.....	p.43
Figure 28 : Carte montrant les terrains visités pour mesurer le taux de dégradation de la bande riveraine des propriétés de la baie Hammond et du village.....	p.44

¹ CRE Laurentides, l'atlas des lacs. <https://crelaurentides.org/atlas-des-lacs/>

Figure 29 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine des propriétés de la baie Hammond et du village.....	p.45
Figure 30 : Profil de température et d’oxygène dissous à la Baie des Soeurs le 2 août 2021....	p.48
Figure 31 : Classement du niveau trophique de la Baie des Soeurs 2011.....	p.49
Figure 32 : Classement du niveau trophique de la Baie des Soeurs 2021.....	p.49
Figure 33 : Classement du niveau trophique du lac Wonish 2021.....	p.51
Figure 34 : Classement du niveau trophique du lac Wonish 2020.....	p.51
Figure 35 : Classement du niveau trophique du lac du Grand Héron en 2011.....	p.52
Figure 36 : Classement du niveau trophique du lac du Grand Héron en 2020.....	p.52
Figure 37 : Partie Nord du lac pour la caractérisation des bandes riveraines. Ce qui est considéré comme la côte de la rive Est est soulignée en Jaune et la côte de la rive Ouest est soulignée en rouge.....	p.66
Figure 38 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine pour la partie Nord du lac, côte de la rive ouest (en jaune sur la figure 1).....	p.66
Figure 39 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine pour la partie Nord du lac, côte de la rive est (en rouge sur la figure 1)	p.67
Figure 40 : Partie Sud du lac pour la caractérisation des bandes riveraines. Ce qui a été intégré à la côte de la rive Est est soulignée en Jaune et ce qui a été intégré à la côte de la rive Ouest est soulignée en rouge.....	p.67
Figure 41 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine Partie Sud du lac, côtes de la rive Ouest du lac, incluant les îles (en jaune sur la figure 4).....	p.68
Figure 42 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine partie Sud du lac, côtes de la rive Est du lac, incluant les îles (en rouge sur la figure 4).....	p.68
Tableau 10 : Espèces dominantes et secondaires composant chacun des herbiers aquatiques du Lac des Seize-Îles et de la Baie des Soeurs.....	p.73

Définitions

Anoxique:

En état d'anoxie. L'anoxie est un manque d'oxygène dissous dans le milieu. L'anoxie pourrait favoriser le relargage du phosphore contenu dans les sédiments.

Berge (voir aussi "rive")

Partie latérale plus ou moins escarpée du lit d'un lac ou d'un cours d'eau. Celle-ci comprend la zone d'étiage (partie du lit qui peut être submergé ou à sec selon les conditions où périodes de l'année).

Bande riveraine

Partie de la berge (ou de la rive) qu'il est nécessaire de conserver à l'état sauvage afin de limiter le lessivage des nutriments vers le lac. Au Québec, cette bande de protection varie de 10 à 15 mètres de largeur selon le taux de pente moyenne de la rive. Plus la pente est forte, plus la bande riveraine doit être large. La bande riveraine est mesurée en partant de la ligne des hautes eaux, vers l'intérieur des terres.

Chrysophytes

Aussi connues sous le nom d'algues dorées, les chrysophytes sont des algues planctoniques microscopiques. Elles sont communes dans les lacs du Québec et font partie du phytoplancton. En grande quantité, elles confèrent à l'eau une forte odeur de poisson. Au lac des Seize-Îles de fortes proliférations de ce type d'algues microscopiques peut affecter la transparence de l'eau et des fleurs d'eau sont parfois observées ("bloom"). Leur capacité à rivaliser pour l'absorption du phosphore dissous et d'autres nutriments à de très faibles niveaux quand l'eau est froide leur permet de dominer les autres algues dans ces conditions.

Cyanobactéries

Aussi connues sous le nom d'algues bleues ou algues bleu-vert. Les cyanobactéries sont des algues planctoniques microscopiques et il en existe plusieurs espèces. Elles sont communes dans les lacs du Québec et font partie du phytoplancton naturel. Elles peuvent devenir problématiques si elles se retrouvent en grande quantité (en efflorescence ou « bloom ») puisque certaines espèces peuvent produire des cyanotoxines susceptibles de causer des ennuis de santé graves. La température élevée de l'eau, le faible courant, les changements climatiques mais surtout le taux de phosphore contribuent à la prolifération de ce type d'algues.

Epilimnion

La couche d'eau située en surface (généralement au-dessus de 5 mètres/16 pieds au Lac des Seize-Îles) dont la température est plus chaude en été, et dont le taux d'oxygène est généralement plus élevé.

Étiage (zone d'étiage):

La partie de la berge située entre la limite des hautes eaux et des basses eaux.

Eutrophisation

L'Eutrophisation est l'enrichissement d'un plan d'eau en matières nutritives, ce qui entraîne une série de changements, tels que l'accroissement de la production d'algues et de plantes, la dégradation de la qualité de l'eau et d'autres changements considérés comme indésirables et néfastes par les riverains.

Niveau Trophiques:

Échelle de mesure de l'eutrophisation d'un lac

Eutrophe : du grec eu : « bien, vrai » et trophein : « nourrir ». Décrit les lacs dont la productivité est élevée. Pas très limpides, ils sont riches en substances nutritives avec des déficits fréquents en oxygène dissous dans la saison chaude. En milieu eutrophe l'hypolimnion (couche d'eau froide sous la thermocline) peut être appauvrie en oxygène, voire anoxique (sans oxygène), ce qui pourrait conduire à la diminution ou même la disparition de la faune et de la flore aquatique.)

Mésotrophe : du grec mesos : « au milieu », Décrit un lac moyennement riche en nutriments. Il se situe entre les milieux oligotrophes (moins riches) et eutrophes (plus riches).

Oligotrophe : du grec oligo : « peu ». Se dit d'un milieu pauvre en substances nutritives, en particulier de certains lacs limpides, pauvres en éléments organiques mais riches en oxygène.

Hypolimnion

La couche d'eau située en profondeur (généralement en-dessous de 9 mètres/30 pieds au Lac des Seize-Îles) dont la température est généralement plus froide, et le taux d'oxygène généralement moins élevé.

Ligne des hautes eaux

Cette ligne est située à "l'endroit de la rive du lac où l'on passe d'une prédominance de plantes aquatiques à une prédominance de plantes terrestres."²

Plancton

L'ensemble des organismes microscopiques qui vivent dans la colonne d'eau. Comprends le phytoplancton et le zooplancton.

Phytoplancton

Comprends l'ensemble des algues microscopiques. Le phytoplancton inclut les algues comme les chrysophytes, les cyanobactéries et les diatomées. Ce sont de petits organismes dont la plupart sont trop petits pour être visibles à l'œil nu. S'ils sont en quantité suffisante, ils apparaissent à la surface de l'eau comme des étendues colorées. La majorité font de la photosynthèse et comme les plantes, ils emmagasinent le carbone et libèrent de l'oxygène. Le phytoplancton produit la moitié de l'oxygène que consomment l'ensemble des êtres vivants.

² <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/bandes-riv.htm>

Zooplancton

Organismes microscopiques (dont certains sont de petits crustacés). Le zooplancton se nourrit de phytoplancton et contribue ainsi à augmenter la transparence de l'eau. Par contre, il faut spécifier que les cyanobactéries ne sont pas leur nourriture de choix.

Rive (voir aussi "berge")

Partie du milieu terrestre attenante à un lac ou un cours d'eau. La rive assure la transition entre le milieu aquatique et le milieu strictement terrestre et permet le maintien d'une bande de protection de 10 ou 15 mètres de largeur sur le périmètre des lacs et cours d'eau. La rive est mesurée en partant de la ligne des hautes eaux, vers l'intérieur des terres.

RSVL

"Réseau de surveillance volontaire des lacs", est un programme provincial de surveillance de la qualité de l'eau.

Thermocline

Dans un lac assez profond, c'est la zone de transition de température rapide entre les eaux de surface (généralement plus chaudes et bien oxygénées) et les eaux profondes (généralement plus froides et moins oxygénées ou anoxiques). Pour la faune, les plantes aquatiques et le plancton, la thermocline joue le rôle d'une barrière, surtout si elle présente également une chute d'oxygène (d'un côté ou de l'autre de la thermocline). La zone située au-dessus de la thermocline est appelée épilimnion, et celle située dessous est dite hypolimnion.

UFC

Des unités formant des colonies. Il s'agit d'une façon de compter des bactéries. Lorsque les bactéries se multiplient, elles forment des colonies. Dans un milieu de croissance, chaque colonie de bactéries représente une bactérie de l'échantillon d'origine (généralement de 100 ml).

µg/L

Microgramme par litre est une unité équivalente à « parties par million » ou ppm.

Introduction et but du projet

Plusieurs études des caractères physico-chimiques du Lac des Seize-Îles ont été effectuées depuis les années 1970. En septembre 2019 la municipalité, en collaboration avec le regroupement «Friends of the Lake» Lac des Seize-Îles, a démontré de l'intérêt pour consolider les données et obtenir le profil de l'évolution de la qualité de l'eau principalement depuis un rapport émis par la firme Biofilia en 2012. Ceci afin de déterminer si il existe entre autres un lien possible avec la présence en grande quantité d'algues planctoniques de couleur jaunâtre, et conférant souvent une odeur de poisson à l'eau (chrysophytes).

En équipe, nous avons élaboré un programme réduit d'analyses physico-chimiques à effectuer durant l'été de 2020 à 2022. Cette équipe était composée d'un représentant de la municipalité, un représentant de «Friends of the Lake» Lac des Seize-Îles, du biologiste Sylvain Miller et de la biochimiste Anne Létourneau qui s'intéressent depuis plusieurs années à l'étude de l'écologie des lacs. Bill Clelland, représentant «Friends of the Lake» à été d'une aide déterminante pour l'élaboration et le suivi de ce projet. Bill a sélectionné les jeunes volontaires, coordonné les réunions et présentations, a vu à nous fournir bateau et refuge, et a rassemblé les sommes nécessaires pour couvrir le projet. La contribution de David Kerr qui s'est joint à l'équipe d'analyse à partir de 2021 doit aussi être soulignée pour sa contribution aux présentations et ses talents pour éduquer les jeunes volontaires du lac sur les méthodes d'analyse. David a également recueilli des données et a aidé pour les divers déplacements sur le lac. Voici les étapes convenues avant le début du projet en 2020.

1. Dans un premier temps, investiguer et résumer les données récoltées au fil des ans, en particulier sur le lac des Seize-Île. Les données existantes des documents suivants ont été colligées:
 - 1.1. Rapport du plan directeur en environnement Juin 2012, par la firme Biofilia préparé pour la municipalité du Lac-des-Seize-Îles. En plus des résultats de caractérisation physico-chimique des lacs de la municipalité, celui-ci rapporte une étude environnementale qui décrit le territoire du bassin versant de la municipalité.
 - 1.2. Rapport d'analyses physico-chimiques par l'université McGill au début des années 70.
 - 1.3. Rapport des mesures physico-chimiques effectuées dans le cadre du«Réseau de surveillance volontaire des lacs» (RSVL).
 - 1.4. Rapport de 1989; Mémoire spécifique de l'association pour la protection du Lac des Seize-Iles concernant certains cours d'eau et milieux humides
2. Dans un deuxième temps, au cours de l'été 2020, il a été convenu de faire des analyses permettant de déterminer l'évolution des paramètres physico-chimiques significatifs à plusieurs endroits représentatifs autour du lac. Il a aussi été jugé opportun d'effectuer des tests bactériologiques afin de mieux évaluer l'importance des impacts des villégiateurs sur la qualité de l'eau. Ceci en référence à l'étude de Biofilia 2012.
3. Il a aussi été convenu que les lacs Wonish, du Grand-Héron et la Baie des Sœurs seraient inclus dans les prélèvements de 2020 pour donner le portrait de l'évolution des taux de phosphore et de la transparence de l'eau, puisque ce sont des tributaires importants.
4. Concernant le Lac Laurel, les principaux paramètres physico-chimiques, (transparence et mesures de périphyton) sont prises et répertoriées régulièrement dans le cadre du RSVL. De plus, ce lac étant en aval du lac des Seize-Îles, il n'a donc pas d'incidence sur ce dernier. Il a donc été décidé qu'il n'y avait pas lieu d'inclure les données de ce lac dans le rapport pour le moment.

5. Afin de développer un intérêt et une expertise parmi les résidents du lac qui pourront reporter l'expérience de suivi aux années futures, il a été convenu que trois équipes composées de 2 ou 3 jeunes volontaires seraient mises à contribution chaque année (de 2020 à 2022). Ceux-ci, proposés par Bill Clelland en accord avec les amis du lac, ont participé à la prise de mesures de l'épaisseur du périphyton.
6. Au cours de l'été 2020, il y a eu des restrictions sanitaires liées à la pandémie qui a limité les voyages entre les régions. Ceci a fait qu'un achalandage beaucoup moins important de villégiateurs a été noté à l'été 2020. À cause de cela, il a été convenu que l'étude des paramètres physico-chimiques s'étendrait sur trois ans afin de tenter de déterminer si un achalandage moindre pouvait influencer de façon notable sur les paramètres physico-chimiques.
7. Il a aussi été convenu de prendre des mesures additionnelles ponctuelles telles que l'évaluation des bandes de protection riveraines, l'évolution des herbiers aquatiques et les profils de température et d'oxygène dissous à différents endroits dans le lac.
8. Au cours de l'été 2022, un incendie majeur a complètement détruit un abri à bateau. Un échantillon de l'eau prélevé à environ 20 mètres du site (environ 3 mètres à l'extérieur des barrières de sédimentation) a été testé pour le phosphore afin de déterminer l'impact qu'aurait pu avoir l'incendie sur la qualité de l'eau autour du site comparée à celle ailleurs dans le lac. Ces données ont été récupérées pour information seulement.

Paramètres physico-chimiques et biologiques du Lac des Seize-Îles

Phosphore

Description

Le phytoplancton a besoin de plusieurs éléments pour se développer dont la lumière, le carbone, l'azote, le phosphore et le potassium. Tous ces éléments favorisent la croissance des algues et des plantes, mais comme le phosphore est généralement présent en moindre quantité, il est considéré comme un élément limitant. C'est donc la quantité de phosphore en général qui contrôle la présence du phytoplancton. Selon le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) le critère pour la prévention de l'eutrophisation concerne le phosphore total. Cet élément ne devrait jamais augmenter de plus de 50% ni dépasser 10 µg/L pour la conservation de la vie aquatique dans les lacs oligotrophes (effet chronique). Pour les affluents, le phosphore ne devrait pas dépasser 20 µg/L.

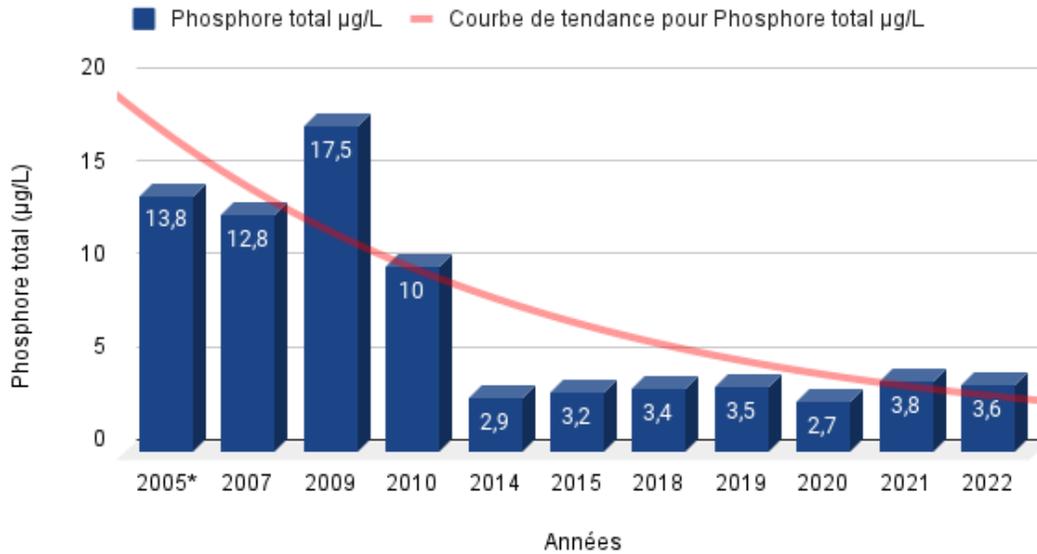
Historique

Des mesures de phosphore en surface ont été compilées entre 2007 et 2011. Celles-ci sont répertoriées dans le dernier rapport de la firme Biofilia. La précision des données de Biofilia (de 2005 à 2010) semble différente de celle compilée par le RSVL (à partir de 2014). Les tests entre 2005 et 2010 ont été effectués à l'aide de la méthode « phosphore total » qui ne permettait pas de mesurer des valeurs en deçà de 10 µg/L (celles-ci sont entrées comme étant plus petit ou égal à 10 µg/mL). Les valeurs du RSVL par contre, ont été évaluées selon la méthode « phosphore total en trace » qui est beaucoup plus sensible et beaucoup plus précise. Ceci rend les comparaisons difficiles. On peut observer cette différence dans le graphique du phosphore. De 2007 à 2010, 20 échantillons ont révélé des taux de phosphore inférieurs à 10 µg/L, mais enregistré comme étant 10 µg/L, tandis que les derniers rapports du RSVL indiquent des valeurs de phosphore variant entre 0,3 et 3,5 µg/L entre 2014 et 2019, mais ceci pourrait ne pas être indicatif d'une réelle diminution. Par contre, lorsqu'on considère qu'il y a eu une mesure de 13,8 µg/L de phosphore en surface prise par l'UQAM en 2005, on pourrait penser qu'il y a effectivement eu une baisse réelle du niveau de phosphore dans les eaux de surface. Cette baisse pourrait être attribuable aux efforts mis durant les années 2000 sur la revégétalisation des bandes riveraines, sur l'entretien des installations septiques et sur les normes plus serrées en ce qui a trait à la protection des bassins versants. Le resserrement de la réglementation et la sensibilisation concernant les phosphates contenus dans les savons pourraient aussi avoir eu un effet.

Protocole

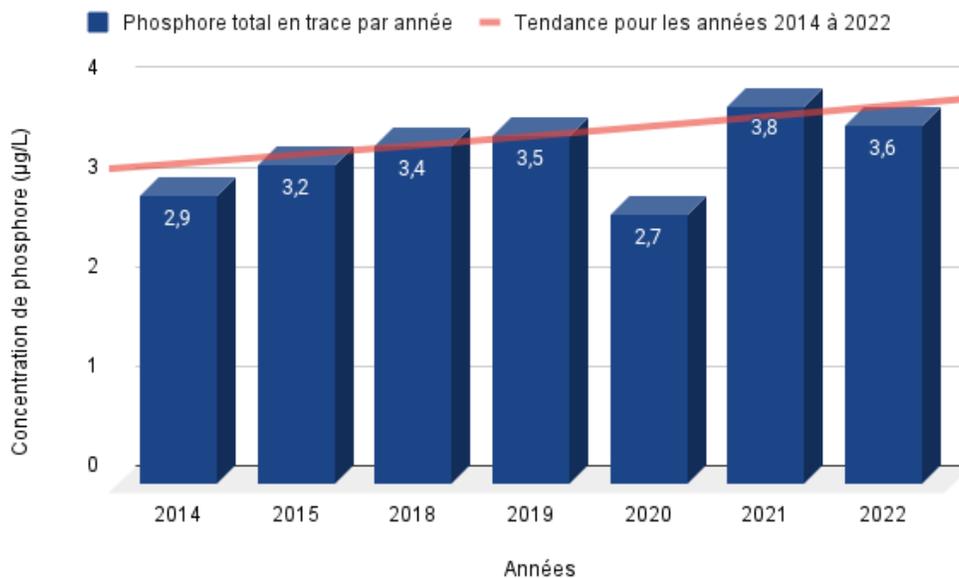
L'échantillonnage de l'eau de surface a été fait selon la méthode prescrite dans le protocole du RSVL. Les échantillons ont été transportés au froid et analysés au laboratoire H2Lab de Sainte-Agathe. Le site d'échantillonnage est le même que celui utilisé pour le RSVL pour les trois années.

Figure 1 : Concentration de phosphore total en trace ($\mu\text{g/L}$) par année de 2005 à 2022



Comme on peut l'observer dans la figure 1 ci-dessus, le phosphore total en trace à la surface du lac pour les années 2014 à 2022 semble moins élevé que ce qui a été mesuré avant 2010. La baisse constatée en 2020 pourrait être une conséquence de l'achalandage moins important en raison de la pandémie. Afin de confirmer si les restrictions de voyage à cause de la COVID-19 en 2020 ont eu un effet sur la baisse apparente du phosphore, les tests ont été refaits en 2021 et 2022. Les mesures prises entre 2005 et 2010 se comparent difficilement à cause d'une différence de sensibilité et de précision de la méthode. Toutefois, il est possible que le taux de phosphore ait diminué durant ces années à cause d'un effort qui a été fait sur les systèmes d'épuration des eaux comme cela a été observé dans plusieurs lacs des Laurentides. Cependant, cette baisse de concentration de phosphore devrait s'accompagner d'une diminution de la chlorophylle a et d'une augmentation de la transparence ce qui n'est pas le cas du lac des Seize-Îles.

Figure 2 : Concentration de phosphore total en trace ($\mu\text{g/L}$) par année de 2014 à 2022

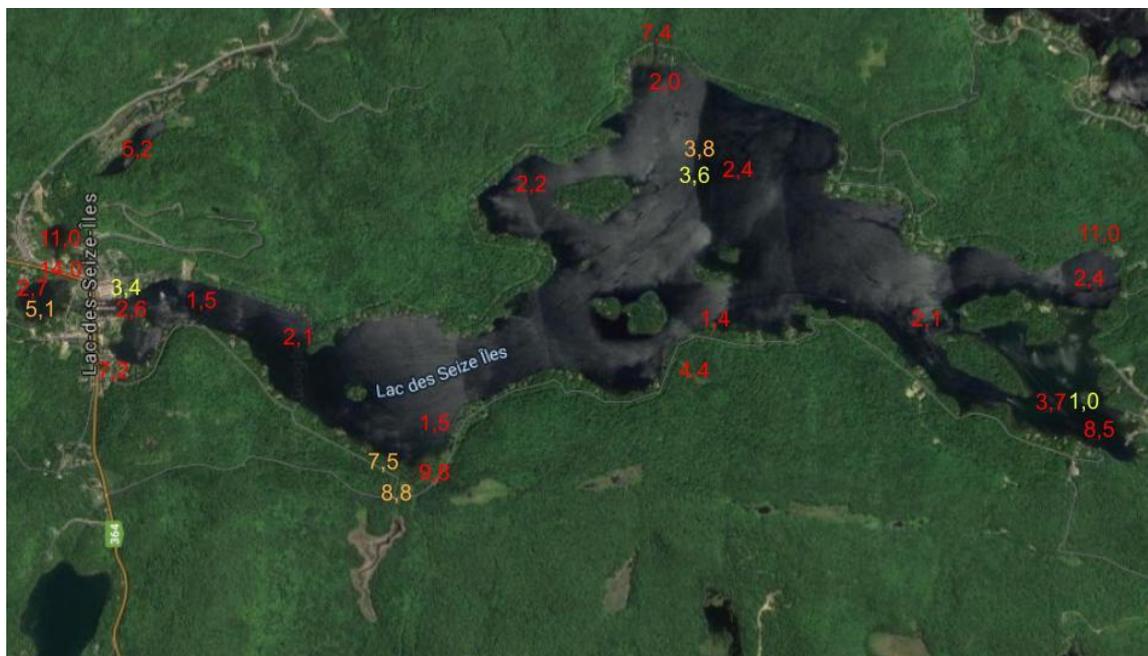


Si on isole les données les plus récentes, on note une légère tendance à la hausse de la concentration de phosphore total en trace pour le lac des Seize-Îles entre 2014 et 2022. L'année 2020, année des restrictions sanitaires, ressort du lot comme étant la plus basse depuis 2014.

Uniformité du taux de phosphore d'un bout à l'autre du lac en 2020

Afin de déterminer si les données de phosphore étaient uniformes d'un secteur du lac à un autre, des échantillons ont été prélevés à plusieurs endroits à la surface afin de les comparer. La carte suivante (figure 3) montre les données obtenues en fonction des sites de prélèvements.

Figure 3 : Mesures de phosphore en µg/L en 2020 (rouge), 2021 (orange) et 2022 (jaune)



Il s'est avéré que les concentrations varient peu en général sur l'ensemble du lac (1,5 à 3,8 µg/L) sauf dans la baie près de la sortie du lac (3,7 et 8,5 µg/L), et dans les tributaires principaux (7,2 à 11,0 µg/L). La mesure de phosphore du RSVL prélevée dans l'eau de surface au-dessus de la zone profonde du lac permet donc un suivi assez représentatif de la qualité générale des eaux sauf à l'extrémité sud du lac, et dans les tributaires. Elle n'est cependant pas représentative de ce qu'on retrouve dans l'hypolimnion (masse d'eau froide sous la thermocline). Des échantillons prélevés sous la thermocline à 4 endroits différents, ont révélé des taux plus hauts également comme en témoigne le tableau ci-dessous. Ceci a aussi été confirmé lors de quelques plongées, alors que nous avons constaté visuellement une présence d'algues plus importante.

Tableau 1 : Phosphore total en trace sous la thermocline

Date	12 août	12 août	12 août	12 août	Moyenne
Profondeur (m)	10	10	15	15	12,5
Zone (voir carte en annexe 1)	15	13	10	4	
Phosphore total en trace (µg/L)	11	7,3	5,8	8,8	8,3

La teneur en phosphore sous la thermocline s'est révélée être beaucoup plus élevée qu'en surface. La stratification thermique cause un changement dans la densité de l'eau qui empêche le mélange entre l'eau chaude de la surface et l'eau froide du dessous. Le phytoplancton se concentre au niveau de la thermocline pour profiter à la fois de la lumière et de la plus grande concentration de phosphore située juste en dessous de la thermocline. Les échantillons d'eau prélevés le 12 août sous la thermocline montrent bien la quantité plus élevée de phosphore. Entre 10 et 15 mètres, la concentration est en moyenne 8,2 µg/L soit presque 3 fois plus grande qu'en surface

Au printemps, avant la stratification thermique et à l'automne pendant le brassage automnal, les eaux de surface et celles sous la thermocline se mélangent. Nous avons prélevé des échantillons dans ces périodes afin d'obtenir une idée de la valeur moyenne du phosphore dans toute la colonne d'eau.

Tableau 2 : Phosphore total en trace en surface (1 mètre) durant le brassage pour la zone 10

Date	13 mai 2020	11 nov. 2020	24 avril 2021	Moyenne
Phosphore total en trace (µg/L)	4,0	6,1	2,7	4,3

Les 12 tributaires qui avaient été échantillonnés en 2011 montraient un taux de phosphore variant de 11 à 49 µg/L. Comme le débit de certains tributaires est très faible durant l'été, des échantillons ont été prélevés près des rives plutôt que dans les affluents mêmes. Nous n'avons pas jugé important de mesurer le phosphore dans tous ces tributaires, mais plutôt ceux qui présentaient un débit suffisamment important pour influencer la qualité de l'eau du lac. Comme on peut l'observer dans le tableau 3, la concentration en phosphore est moins élevée qu'en 2011 mais encore ici, il s'agit probablement d'une différence dans la précision des mesures de phosphore total vs phosphore total en traces. La concentration de 2020 et 2021 varie entre 4,4 et 11 µg/L. Ces valeurs pour les affluents sont plus élevées que les concentrations présentes dans le lac lui-même, ce qui est habituel puisque ceux-ci transportent les nutriments provenant du bassin versant.

Tableau 3 : Phosphore total en trace dans les tributaires (µg/L) en 2020 et 2021 comparé à 2011

Date	Tributaire (voir carte des zones en annexe 1)				
	B	C	F	I	K
15 août 2011	25	17	11	27	17
26 juillet 2020*	7,2 (*30 août)	9,8	4,4	11	7,4
8 Août 2021		7,5	8,8		

Bien que plus élevé que dans le lac, les concentrations en phosphore des principaux tributaires ne dépassent pas la norme du ministère qui est de 20 µg/L. Ils respectent donc les critères de concentration maximum visant la conservation de la vie aquatique. À cause de leur fort potentiel d'apport en phosphore, les affluents devraient être surveillés étroitement et des efforts devraient continuer afin de minimiser ces effets (naturalisation des bandes riveraines des ruisseaux et affluents, gestion des installations septiques).

En juillet 2022, un incendie a complètement détruit un abri à bateau (boathouse). Environ 3 jours après l'incendie, nous avons prélevé un échantillon d'eau en surface, à trois mètres à l'extérieur de la barrière

de sédimentation. La concentration de phosphore était de 6,7 µg/L. Un échantillon d'eau prélevé à la surface au-dessus de la zone la plus profonde du lac la même journée montrait une concentration de 5,1 µg/L de phosphore. Bien qu'une seule mesure ait été prise, le résultat tend à démontrer l'impact d'un feu dans la bande riveraine sur le taux de phosphore. La matière brûlée est une source de minéraux importants et elle contribue à l'enrichissement de l'eau du lac. Ceci démontre l'importance d'éviter de faire des feux dans la bande riveraine.

Oxygène dissous

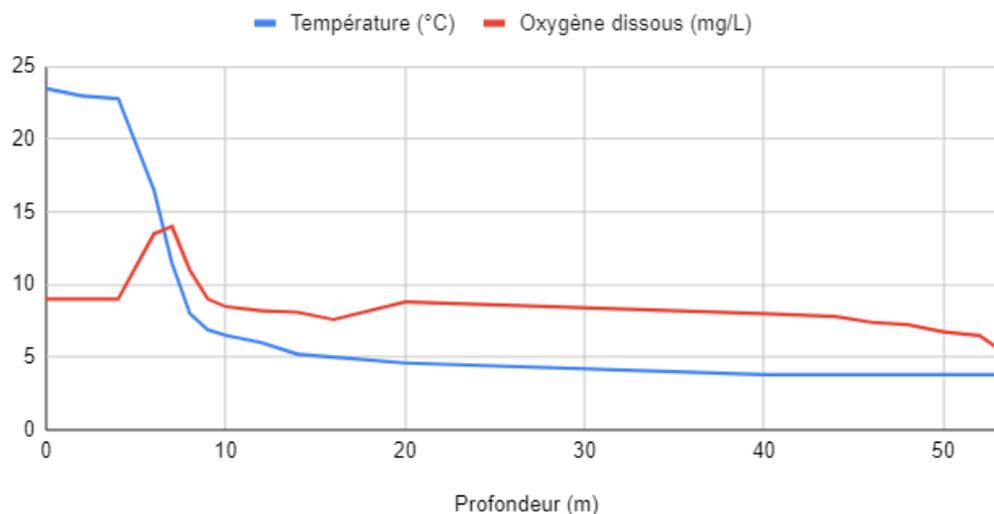
Description

L'oxygène dissous est un facteur très important à considérer dans l'étude des paramètres physicochimiques d'un lac puisqu'il indique la capacité de celui-ci à supporter la vie aquatique. Les apports d'oxygène proviennent de l'atmosphère et de la photosynthèse des végétaux présents dans l'eau. Le seul temps où l'oxygène est apporté dans toute la colonne d'eau est durant les brassages (automnal et printanier). Entre ces périodes, à cause de la stratification thermique, l'oxygène sous la thermocline n'est plus renouvelé et continue d'être consommé par les organismes qui y vivent. C'est ainsi que de plus faibles concentrations d'oxygène peuvent survenir sous la thermocline, spécialement dans les fosses plus profondes. Dans ces conditions, la vie aquatique dans les profondeurs pourrait être compromise si le niveau de consommation est supérieur au niveau d'oxygène disponible. Le niveau d'oxygène dissous doit être au-dessus de 4 mg/L pour supporter la vie aquatique.

Historique

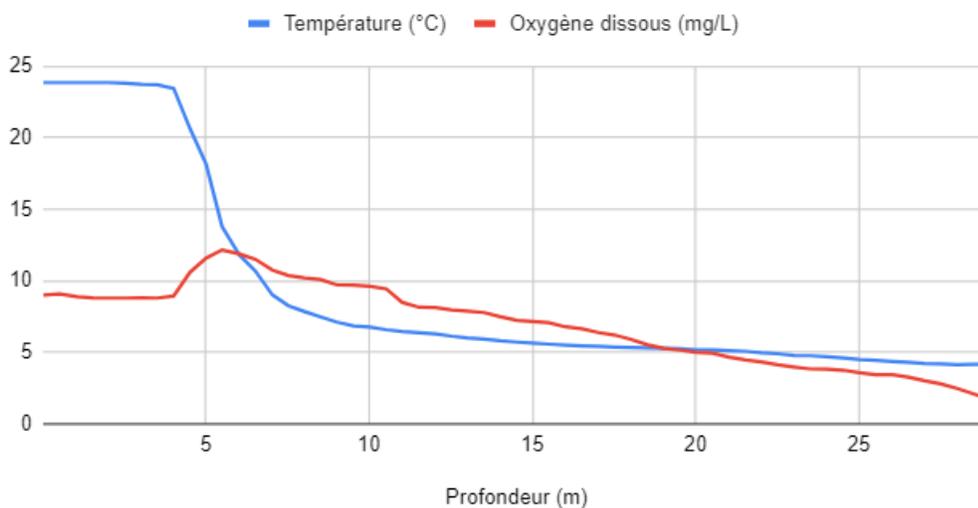
Trois profils de température et d'oxygène dissous ont été réalisés entre 2010 et 2019. Ci-dessous, le profil d'oxygène relevé en août 2011 à la fosse du lac (figure 4). On y observe une concentration d'oxygène qui demeure au-dessus de 5 mg/L, même jusqu'à une profondeur de 50 m. Un profil relativement semblable avait aussi été observé le 5 août 2010. Un autre profil réalisé le 24 juillet 2019 (UQAM) montrait une concentration d'oxygène dissous descendant en dessous de 4 mg/L à 25 mètres de profondeur (figure 5).

Figure 4 Profil de température et d'oxygène dissous en 2011



Cette situation pourrait être un indice d'eutrophisation. Puisque l'oxygène du fond continue d'être consommé par les organismes qui y vivent au cours de l'été sans possibilité de renouvellement avant l'automne, il est possible que le fond du lac puisse se retrouver en anoxie (manque d'oxygène) avant le brassage automnal. En plus de mettre la vie des organismes en danger d'asphyxie, un tel manque d'oxygène entraîne le relargage du phosphore à partir des sédiments et augmente la concentration des éléments nutritifs dans la colonne d'eau, encourageant ainsi la croissance des algues. Ceci pourrait être un des facteurs pouvant mener à une prolifération d'algues microscopiques notable visuellement (bloom). Plus il y a de phosphore dans l'eau, plus il y a d'algues, et avec les bactéries responsables de la décomposition, plus il y a de consommation d'oxygène dissous dans l'eau. Ces phénomènes conduisent à l'eutrophisation des lacs et à l'augmentation des algues et des plantes aquatiques.

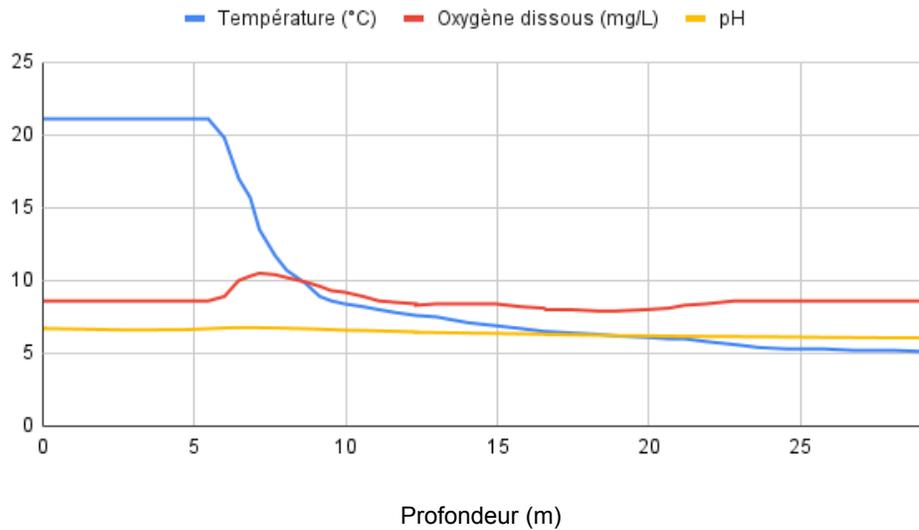
Figure 5 : Profil de température et d'oxygène dissous à la fosse du Lac des Seize-Îles à l'été 2019



Protocole

Comme c'est un paramètre important, l'oxygène dissous a été mesuré le 6 septembre 2021 à l'aide d'une sonde multiparamètres YSI PRO DSS muni d'un câble de 30 mètres. Les mesures ont été effectuées à la fin de l'été, au moment où l'oxygène dissous est théoriquement à son niveau le plus bas (avant le brassage automnal).

Figure 6 : Profil de température, de pH et d'oxygène dissous à la fosse du Lac des Seize-Îles le 5 septembre 2021.



Comme on l'observe dans la figure 6, la concentration d'oxygène dissous (en rouge) demeure au-dessus de 4 mg/L à 30 mètres de profondeur ce qui suggère qu'il reste suffisamment d'oxygène jusqu'au brassage pour supporter la vie aquatique.

Plusieurs autres profils de température et d'oxygène dissous ont été effectués à différents endroits dans le lac. Les résultats se retrouvent dans l'annexe 2. À un seul endroit, dans la baie à la sortie du lac nous avons trouvé une zone pauvre en oxygène. En plus d'apporter de mauvaises conditions pour la vie aquatique, un manque d'oxygène pourrait être responsable d'un relargage de phosphore par les sédiments. Il y aurait peut-être un lien entre la faible concentration d'oxygène et la concentration de phosphore plus élevée dans cette partie du lac.

Chlorophylle a

Description

La chlorophylle a est un pigment présent dans tous les végétaux incluant le phytoplancton. Ce pigment sert à la photosynthèse. Le taux de chlorophylle a est une manière indirecte de déterminer la concentration d'algues microscopiques présentes. La quantité de ce phytoplancton influence la transparence de l'eau et donc le niveau trophique du lac.

Historique

Ce paramètre a été mesuré 8 fois de 2011 à 2019. À part une légère augmentation en 2015, la quantité d'algues demeure stable. Un résultat en dessous de 3 µg/L est typique d'un lac oligotrophe.

Mesure de la chlorophylle a entre 2020 et 2022

Nous avons fait une mesure de la chlorophylle a en surface à l'été 2020. Le résultat montre une légère baisse par rapport aux années précédentes. Nous avons également prélevé deux échantillons à 6 mètres de profondeur, là où la présence d'algues est la plus importante. Les mesures de chlorophylle a obtenues étaient de 6,4 et 3,2 µg/L, donc plus élevées qu'en surface (voir tableau 4).

Tableau 4 : Concentration de Chlorophylle a en surface et près de la thermocline

	20 Août 2020	28 Juillet 2020	28 Juillet 2020
Profondeur du prélèvement (m)	1	6	6
Zone de prélèvement	10	8	15
Chlorophylle a (µg/L)	1,1	6,5	3,2

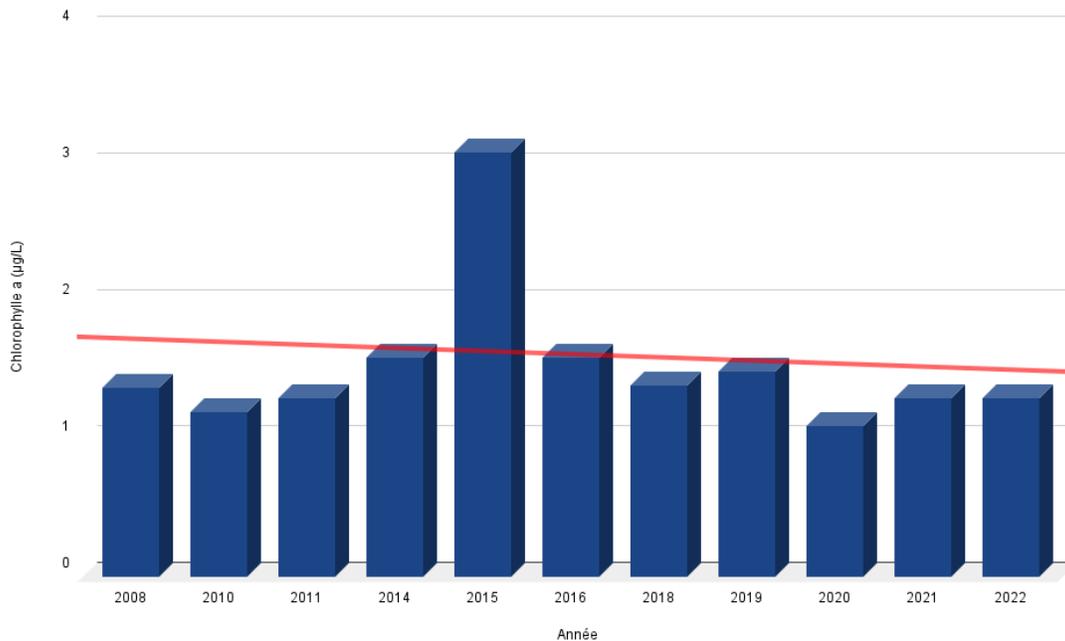
Les mesures de chlorophylle effectuées à 6 mètres de profondeur (près de la thermocline) confirment la présence très importante d'algues microscopiques. Cette concentration d'algues est d'ailleurs facilement visible en plongée sous-marine. Des échantillons ont été prélevés à différents endroits du lac à cette même profondeur (6 mètres). L'identification au microscope a révélé une prédominance de cyanobactéries du genre *Aphanothèce* au milieu de l'été.

Malgré que ce genre de cyanobactéries soient rarement responsables de la production de toxines, nous avons tout de même procédé à l'analyse des cyanotoxines totales étant donné la grande concentration de ce type d'algue. En surface durant une semaine chaude et ensoleillée de la fin juillet il y avait également de nombreuses colonies de cyanobactéries visibles dans le premier mètre à la surface de l'eau. Les deux genres identifiés au microscope étaient *Anabaena* et *Microcystis*. Nous avons prélevé un échantillon composé de moitié d'eau récoltée en plongée sous-marine à 6 mètres et moitié d'eau de surface. L'échantillon contenait moins de 0,02 µg/L de cyanotoxines totales, ce qui est de loin inférieur à la norme québécoise pour la qualité de l'eau potable qui est fixée à un maximum de 1,5 µg/L. Le seuil fixé de cette toxine pour les activités récréatives est de moins de 16 µg/L. En regard de la présence des cyanobactéries, l'eau du lac est propice aux activités récréatives.

Par contre, comme la concentration de phosphore semble être légèrement à la hausse, cette quantité importante de cyanobactéries est un facteur à surveiller. À cause du changement climatique, l'eau de surface a tendance à se réchauffer ce qui favorise ce type d'algues microscopiques. Le lac possède une quantité et une diversité appréciable de zooplancton filtreurs qui pourraient faire diminuer les concentrations d'algues microscopiques. Par contre, ces petits organismes aiment moins se nourrir de cyanobactéries. Si aucun effort n'est fait pour limiter la présence de nutriments dans le lac (dont le phosphore), on pourrait donc voir la transparence de l'eau diminuer.

En 2021 et 2022, nous avons fait la moyenne de trois mesures prises en surface entre juillet et septembre pour suivre le protocole du RSVL. L'ensemble des résultats sont exprimés dans la figure 7.

Figure 7 : concentration de chlorophylle a en µg/L à la fosse par année de 2008 à 2022



Le graphique de la figure 7 montre que la quantité d’algues microscopiques semble rester stable entre 2008 et 2022. La valeur la plus élevée depuis 2008 a été observée en 2015, l’année qui a suivi un important glissement de terrain ce qui pourrait expliquer le résultat. La valeur la moins élevée était en 2020 alors que les mesures sanitaires ont eu comme effet de diminuer la présence de villégiateurs dans les résidences autour du lac. Toutefois les mesures se maintiennent en dessous de 3 µg/L ce qui est caractéristique d’un lac oligotrophe.

COD (carbone organique dissous)

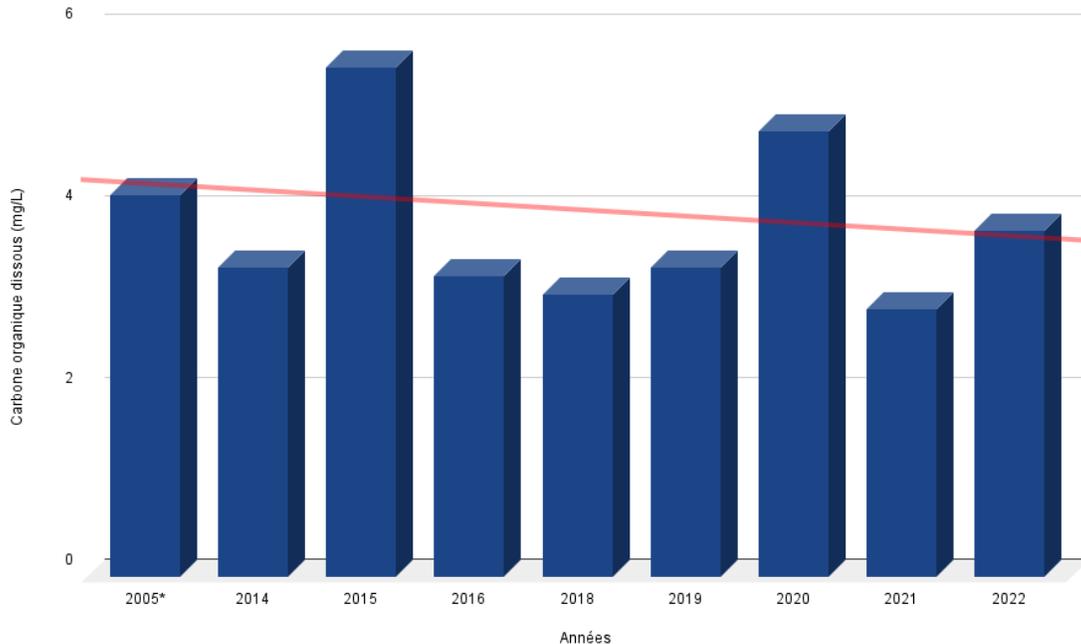
Description

Le carbone organique dissous est une mesure de la quantité de matière organique qui donne à l’eau une coloration brunâtre. Un peu à la manière des feuilles de thé qui transmettent leur coloration à celle de l’eau bouillante, l’eau provenant des forêts du bassin versant transporte cette matière organique et colore l’eau du lac. Permettant de mieux comprendre l’état de santé naturel d’un lac, le COD est un indicateur de la coloration de l’eau.

Historique

La quantité de COD a été mesurée de 2014 à 2019. La quantité de COD a subi une légère augmentation en 2015 et est redescendue depuis. Une seule mesure a été prise en 2020 au milieu du lac et la moyenne de trois mesures ont été faites pour les résultats de 2021 et 2022 montre une augmentation par rapport aux trois prélèvements précédents. Des valeurs COD supérieures à 4 indiquent que la coloration peut avoir une incidence pour diminuer la transparence de l’eau du lac. Des valeurs inférieures à 4 auraient peu ou pas d’incidence. Les niveaux mesurés sont très près de cette limite.

Figure 8 : Concentration de Carbone Organique Dissous (COD) mesurées à la fosse entre 2005 et 2022



Le graphique de la fig. 8 montre la variation des concentrations de COD dans le lac avec une très légère tendance à la baisse des valeurs. On observe des concentrations un peu plus élevées en 2015 et 2020. Ces valeurs sont influencées par la fréquence des précipitations (ou période sèche suivie de fortes pluies). Un volume élevé de précipitations transporte plus de matière organique vers l'eau du lac par ruissellement.

Coliformes fécaux et E. Coli

Description

Des tests de coliformes fécaux et de E. coli ont été faits à dix stations dans le lac et dans certains affluents. Les deux tests nous renseignent sur la qualité de l'eau pour la baignade dans différentes parties du lac. Ils pourraient aussi être des indices d'installations septiques défectueuses ou non-conformes. Les tests de E. Coli et coliformes fécaux ont été effectués à deux reprises. Les résultats de ces tests varient beaucoup en fonction des conditions météorologiques. Lors de fortes pluies, la quantité de coliformes aura tendance à augmenter à cause du lessivage. Les rayons UV ont tendance à détruire ces bactéries assez rapidement. Pour avoir un résultat qui représente les quantités maximales de coliformes, les échantillons doivent être prélevés tôt le matin, et durant la journée suivant des fortes pluies. Contrairement au phosphore, les prélèvements se font dans l'eau peu profonde près des berges. La présence d'animaux peut également influencer les quantités de coliformes dans l'eau. C'est pourquoi le test est répété deux fois. Des résultats de moins de 20 UFC/100 mL indiquent que la qualité de l'eau pour la baignade est excellente alors qu'entre 20 et 100 elle est bonne (classée b). Au-delà de 200 UFC/100 mL, la baignade n'est pas recommandée.

Résultats

Tableau 5 : Coliformes fécaux et E. coli dans l'eau de surface les 22 et 26 juillet 2020

Site	E.coli (UFC/100 mL)	Coliforme fécaux (UFC/100 mL)
2	<2	2
3 (plage)	2	5
5	<2	<2
10	<2	<2
11	<2	<2
12	3	3
13	7	<2
14	5	5

La zone #10, situé loin des habitations a été utilisée comme zone témoin, puisqu'il était peu probable qu'elle soit contaminée par une source extérieure de coliformes. Un autre prélèvement de E. coli a été pris le 8 août à la plage. Le résultat était de 15 UFC/100 mL. Les résultats indiquent que l'eau est partout de bonne qualité pour la baignade et les activités récréatives.

Tableau 6 : Coliformes fécaux et E. coli dans les affluents les 22 et 26 juillet 2020

Site	E.coli (UFC/100 mL)	Coliforme fécaux (UFC/100 mL)	Moyenne
B	38	8	23
C	27	13	20

Trois autres tests de E.Coli ont été effectués en août 2022 à la suite d'une journée de fortes pluies afin d'obtenir les résultats les plus élevés possibles. Le tableau 7 démontre en effet que les résultats obtenus sont plus élevés qu'en 2020. L'affluent B qui traverse le village obtient le résultat le plus élevé et démontre probablement l'influence des habitations en amont. Toutefois, on observe que même dans les pires conditions, la qualité de l'eau demeure en dessous des normes établies pour le maintien des activités aquatiques comme la baignade

Tableau 7 : E. coli dans deux affluents et à la sortie du lac le 10 août 2022

Site	E.coli (UFC/100 mL)
B	74
K	28
14	8

Les résultats des valeurs de coliformes fécaux et e.coli sont aussi présentés dans la figure 9.

Figure 9 : Résultats aux comptes de coliformes fécaux et de E.coli (UFC/100 mL) en 2020 et 2022



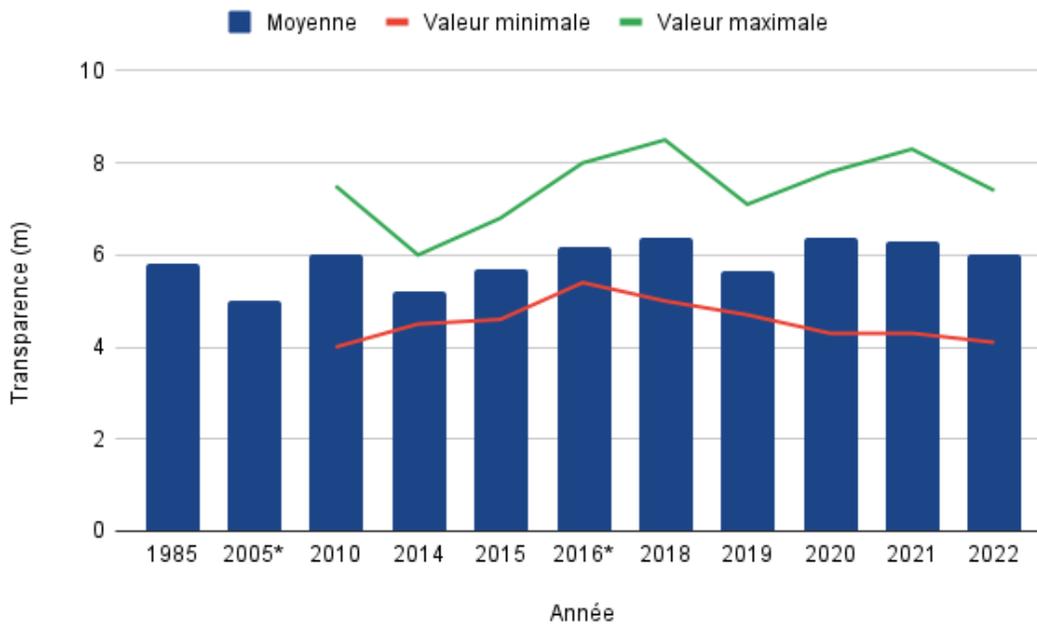
Transparence

Description

La transparence est la mesure de la pénétration de la lumière dans l'eau. Le disque Secchi immergé est visible jusqu'à ce qu'il ne reste que 10% de la luminosité présente à la surface. Les matières en suspension, le COD ainsi que la présence du plancton réduisent la transparence de l'eau. Celle-ci est mesurée par un bénévole à 4 stations au moins 5 fois entre mai et octobre chaque été depuis 2014 dans le cadre du RSVL ou pour le présent rapport. Une normalisation est faite lorsqu'un nouveau bénévole fait les mesures pour s'assurer de l'uniformité de l'application du protocole. Les mesures présentées dans le graphique suivant représentent la moyenne des 4 stations pour chaque année. Certaines années il y a eu moins de mesures (comme ce fut le cas en 2005), c'est pourquoi ces résultats sont marqués d'un astérisque. Dans le cas de 2005, il s'agit d'une seule mesure faite par l'UQAM lors d'une de leurs visites au lac.

Résultats

Figure 10 : Mesures moyennes, minimales et maximales de la transparence en 1985 et 2022



Malgré une légère diminution en 2014 et 2015 la mesure de transparence est restée sensiblement la même de 1985 à aujourd'hui. La mesure de la transparence semble avoir été stable autour de 6 mètres. En plongée, à trois points différents dans le lac, nous avons aussi remarqué une épaisse couche de phytoplancton à cette profondeur (6 mètres) qui correspondait approximativement à la profondeur de la thermocline. On remarque toutefois une tendance à la baisse entre 2016 et 2022, les mesures minimum de transparence sont de plus en plus basses (voir figure 10 ci-dessous).

Figure 11 : Mesures moyennes, minimales et maximales et tendance pour la transparence de 2016 à 2022

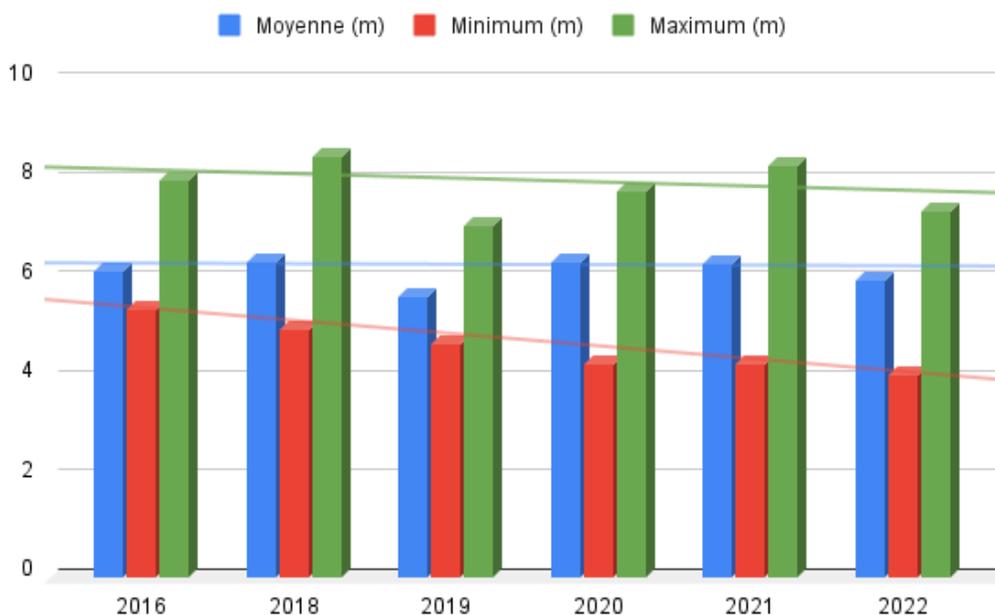
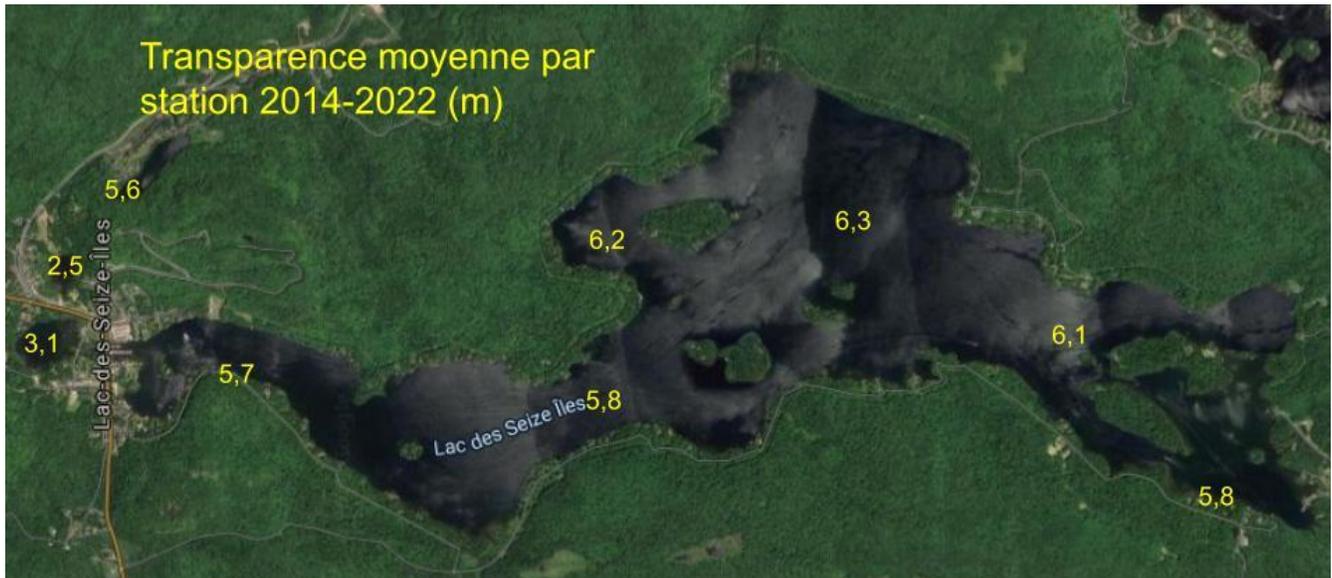


Figure 12 : Moyenne des mesures de transparence en fonction des différentes stations pour les années 2014 à 2022



On remarque que la transparence varie entre 5,7 et 6,3 selon les différentes stations. L'eau de deux petits lacs (le lac du Grand-Héron et la Baie des Soeurs) sont tributaires du lac des Seize-îles mais ce sont des milieux très différents. On le voit avec les mesures de transparence illustrées dans la figure ci-dessus.

Le tableau 8 ci-dessous démontre que l'eau est significativement plus claire en septembre que durant le reste des mois d'été. La transparence est à son plus bas en juillet à 5,3 mètres et augmente à 7,1 mètres en septembre. Ce phénomène est normal et dépend de plusieurs facteurs tels que le cycle de vie du phytoplancton, la concentration de phosphore disponible et du niveau des précipitations. Il faut également noter que les moyennes de mesures de transparence sont calculées à partir de données moins nombreuses en mai, juin et octobre que pour les autres mois.

Tableau 8 : Moyenne des mesures de transparence pour chaque mois entre 2020 et 2022

Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
6,0 m	5,8 m	5,3 m	6,8 m	7,1 m	6,8 m

pH

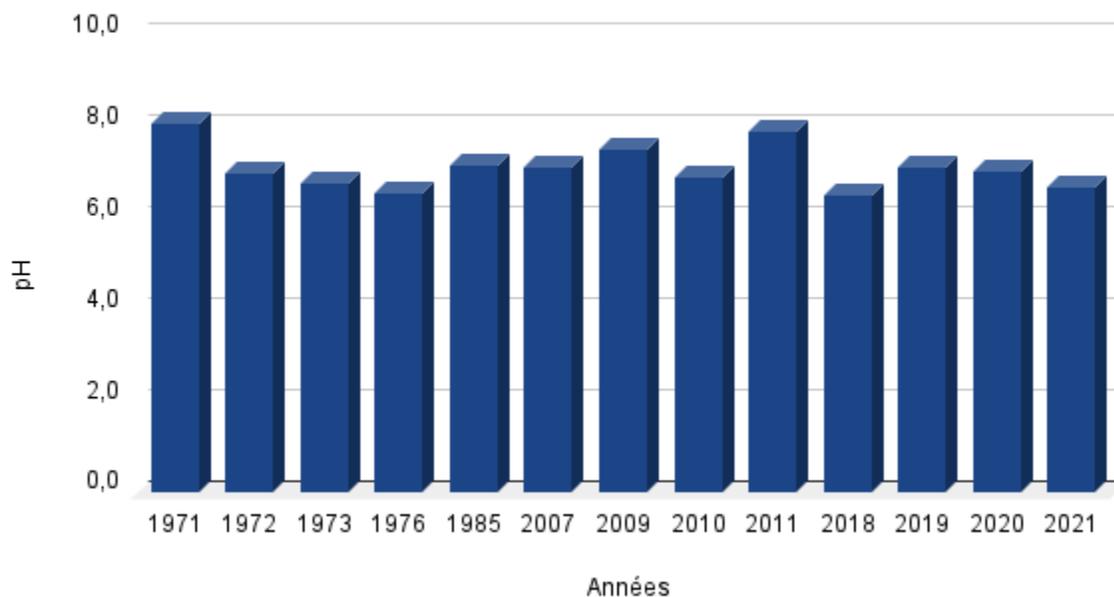
Description

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau. Les variations de pH ont des conséquences importantes sur la qualité de vie de la faune et de la flore aquatique. Le pH doit se situer entre 6,5 et 8,5 pour permettre la reproduction et la survie des espèces. Le pH peut varier avec la profondeur. En surface, la consommation du dioxyde de carbone par le phytoplancton peut faire augmenter la valeur du pH. Une consommation d'oxygène et la libération de dioxyde de carbone par les organismes du fond en absence de lumière peut acidifier l'eau qui est typiquement plus acide en profondeur. Il existe d'autres facteurs qui peuvent affecter le pH de l'eau douce, qu'ils soient naturels ou artificiels. Des changements naturels peuvent se produire en raison d'interactions avec la roche environnante (formes carbonatées ou calcaires par exemple). La valeur du pH peut également fluctuer avec les précipitations ou les rejets d'eaux usées.

Historique

Des mesures de pH ont été effectuées à plusieurs reprises depuis 1971. En 2020 des mesures de pH effectuées au laboratoire H2Lab ont varié de 6,13 à 7,68 pour une moyenne de 7,03. En 2021 quelques mesures ont été prises le 6 septembre à l'aide de la sonde YSI PRODSS à trois stations dans des profondeurs variant de 0 à 30 mètres. Le pH a varié de 6,07 à 6,94. Le pH moyen en surface était de 6,7. Des profils de pH en fonction de la profondeur peuvent être consultés dans l'annexe 2.

Figure 13 : Mesure du pH en surface entre 1971 et 2021



Bien que les mesures varient d'une année à l'autre, elles semblent rester stables dans le temps et restent dans les limites acceptables pour le développement de la vie aquatique (6.5 à 8.5).

Calcium

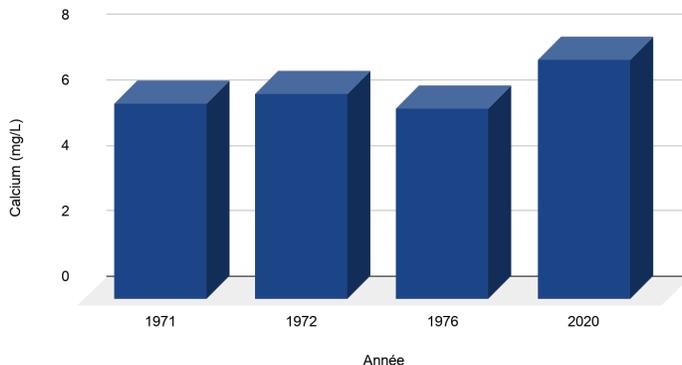
Description

Le calcium est un élément important pour la croissance des plantes, pour les animaux et pour certains crustacés qui forment le zooplancton, la nourriture de base des insectes aquatiques et des petits poissons. La chaîne alimentaire du lac est donc fortement influencée par la présence de ce minéraux.

Historique

Des mesures de calcium ont été faites dans les années 70. Nous avons mesuré ce paramètre à trois points différents dans le lac pour voir l'évolution depuis les premiers prélèvements. Le 26 juillet 2020, les résultats de concentration de calcium en surface fluctuent de 6,38 à 7,91 mg/L. Ce résultat représente une augmentation par rapport aux mesures effectuées dans les années 70.

Figure 14 : Concentration moyenne en calcium par année



Une explication de cette différence pourrait être le lessivage accru des roches. La majeure partie du calcium dans l'eau douce provient de la présence de roches et de minéraux contenant du calcium (y compris le calcaire, la dolomie et le gypse) au fond des lacs ou dans les bassins versants qui subissent un lessivage accru. L'épandage de sel de voirie (déglacant et abat-poussière) peut également augmenter les concentrations de calcium.

Conductivité électrique

Description

La conductivité électrique est une mesure de la quantité d'ions présents dans l'eau. L'eau pure (H₂O) ne conduit pas l'électricité. Or, dans les Laurentides, la conductivité naturelle de l'eau devrait se situer entre 10 et 40 Us/cm.³ C'est le type de roche présente et l'épandage de sel de voirie (déglacant et abat-poussière) dans le bassin versant qui influencent la conductivité électrique de l'eau du lac. La conductivité est principalement due à la présence de particules chargées qui proviennent de la séparation d'une molécule neutre lorsqu'elle se dissout dans l'eau (Na⁺, Cl⁻, Ca₂⁺, CO₃²⁻, HCO₃⁻, etc.). Plus il y a de particules ioniques chargées, plus la conductivité électrique est élevée.

³CRE Laurentides, Vulnérabilité des lacs du Parc national du Mont-Tremblant à la colonisation par le myriophylle à épi, 2019

http://crelaurentides.org/wp-content/uploads/2021/09/Vulnerabilite_des_lacs_du_Parc_Mont-Tremblant.pdf

L'été, certaines plantes comme le myriophylle et le potamot sont cependant capables d'utiliser les ions carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-) comme source de carbone durant la photosynthèse.

Historique

La conductivité électrique a été mesurée à trois endroits le 6 septembre 2021 à l'aide de la sonde YSI ProDss. À un mètre de profondeur, la conductivité varie peu d'un endroit à l'autre. On peut voir en annexe trois profils de température, d'oxygène dissous et de conductivité.

Tableau 9 : Conductivité électrique moyenne en Us/cm, mesurée à un mètre, à trois stations en septembre 2021

Site #10 (Us/cm)	Site #13 (Us/cm)	Site #15 (Us/cm)	Moyenne (Us/cm)
52,6	52,6	52,8	52,7

Selon un article du CRE Laurentide et du Dr. Richard Carignan, la vulnérabilité des lacs à la colonisation au myriophylle à épi est influencée par différents facteurs. En utilisant les conclusions de cette étude, il nous semble intéressant de vérifier la vulnérabilité du lac des Seize-Îles à la croissance du myriophylle à épi (MAÉ).

Une transparence élevée de l'eau et des sédiments riches en éléments nutritifs favoriserait la prolifération du MAE. Une concentration en calcium qui dépasse 6 mg/L favorise également la croissance de cette plante. Une conductivité électrique plus grande que 159 Us/cm serait un autre facteur important.

Si l'on considère ces quatre paramètres, le lac offre des conditions propices à la croissance du MAE au moins dans les baies peu profondes où l'on retrouve des sédiments riches. C'est le cas de la baie Hammond et la baie Raymond entre autres. La transparence de l'eau du lac est élevée puisqu'elle correspond à celle d'un lac oligotrophe. En 2020, la concentration moyenne de calcium était de 7,34 mg/L. Toutefois, avec une valeur de 53 Us/cm on remarque que le lac des Seize-Îles n'a pas une conductivité électrique très élevée. C'est peut-être ce qui explique que dans les autres parties du lac, même si la plante est présente, elle n'a pas tendance à former des herbiers aussi dense que dans les baies riches en sédiments.

Le périphyton

Description

Le périphyton désigne une communauté complexe d'organismes microscopiques (algues, bactéries, protozoaires et métazoaires) et de détritiques qui s'accumulent à la surface des objets (roches, branches, piliers de quai et autres) et des plantes. On le retrouve, submergé, dans les cours d'eau et les lacs. Le périphyton, qui peut prendre différents aspects, est généralement brun ou vert, et il est visqueux.

La présence et la croissance du périphyton peuvent varier d'une année à l'autre. Cette variabilité est liée aux fluctuations des conditions météorologiques et hydrologiques entre les années. Pour en tenir compte dans l'évaluation de la situation d'un lac, la caractérisation du périphyton doit donc se faire sur plus d'une année. Pour mettre en évidence un changement dans la présence et l'abondance du périphyton, il existe différentes options en ce qui concerne la fréquence du suivi effectué au cours des années. Comme plan de base, il est recommandé de faire le suivi aux mêmes sites durant trois années consécutives, et de reprendre le suivi après une pause de cinq ans selon le même plan de suivi.

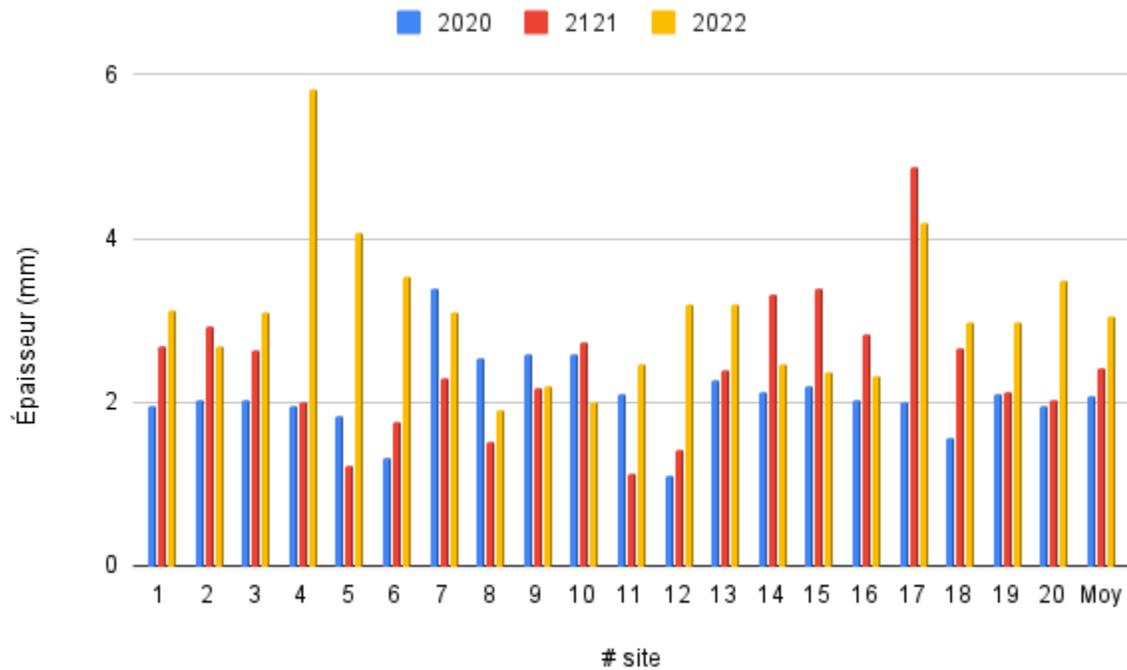
Historique

Dans le Lac des Seize-Îles les mesures de périphyton ont été faites en 2009. Dix mesures ont été réalisées dans 21 sites. Dans le rapport de Biofilia il est mentionné que ces mesures sur 21 (des 61 secteurs identifiés) ne permettaient pas de tirer des conclusions claires quant aux effets de l'enrichissement de l'eau du lac. Actuellement, dans le protocole du ministère on recommande un suivi du périphyton sur trois ans avec 30 mesures sur 20 sites pour un lac de plus de 2 km².

Résultats

Tel que décrit dans le protocole du ministère, il y a lieu de reprendre les mesures trois années consécutives, suivi d'une période de cinq ans avant de faire le suivi à nouveau. Malgré les contraintes de la pandémie à l'été 2020, trois équipes de jeunes scientifiques ont pris en charge les mesures du périphyton sous notre supervision. Il en fut de même pour les deux années suivantes.

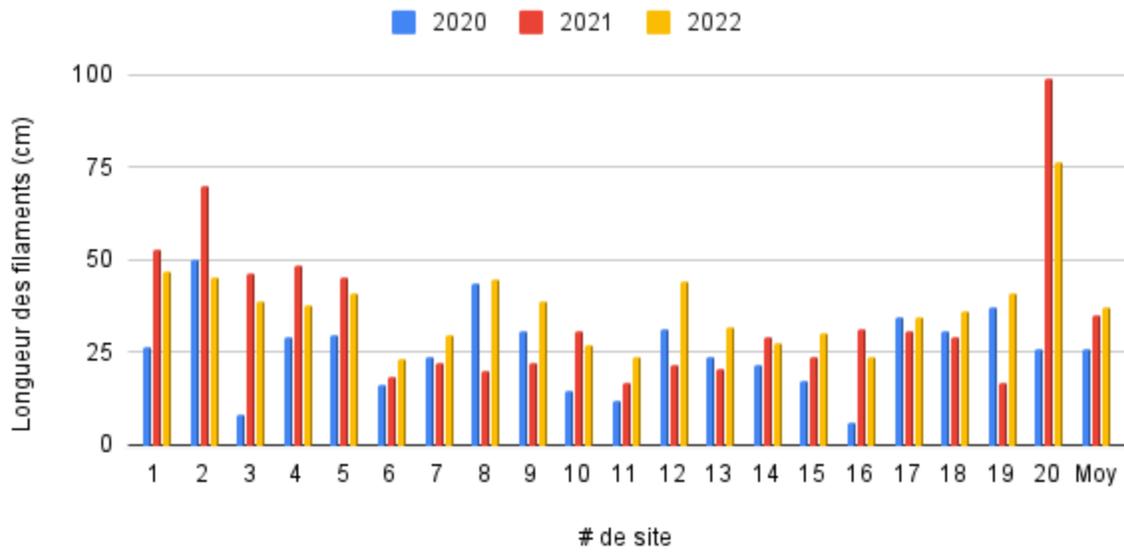
Figure 15 : Variation de l'épaisseur du périphyton pour les 20 sites mesurés dans les trois dernières années



La mesure du périphyton effectuée sur 20 sites a varié de 0 à 20 mm avec une moyenne de 2,1 mm en 2020, 2,4 mm en 2021 et 3,3 mm en 2022. En 2009 (rapport de Biofilia) les mesures variaient aussi de 0 à 20 mm avec une moyenne de 3,3 mm. Selon ces mesures, on ne peut pas voir de tendance à la baisse du couvert du périphyton mais on ne note pas d'augmentation entre 2009 et 2020 à 2022. Les résultats démontrent donc une stabilité du niveau d'eutrophisation du lac depuis 2009. Par contre, il faut être prudent dans l'analyse de ces données. Dans le protocole de mesure du ministère, on sépare maintenant la mesure du tapis de périphyton de celle des filaments. Il est possible que cette distinction n'aie pas été faite lors de la mesure en 2009.

Il est intéressant d'observer que la mesure du périphyton semble suivre l'achalandage moins important en 2020 à cause de la pandémie. Une reprise des activités en 2021 et un retour à la normale en 2022 se sont traduits par une augmentation de l'épaisseur du périphyton. Il faut par contre tenir compte des autres facteurs qui influencent la croissance de cette communauté d'organismes. Le taux de phosphore, la transparence de l'eau, le printemps plus hâtif, l'abondance des précipitations sont tous des facteurs pouvant influencer cette mesure. C'est pour cette raison qu'il est important de refaire la mesure du périphyton durant trois années consécutives à tous les cinq ans.

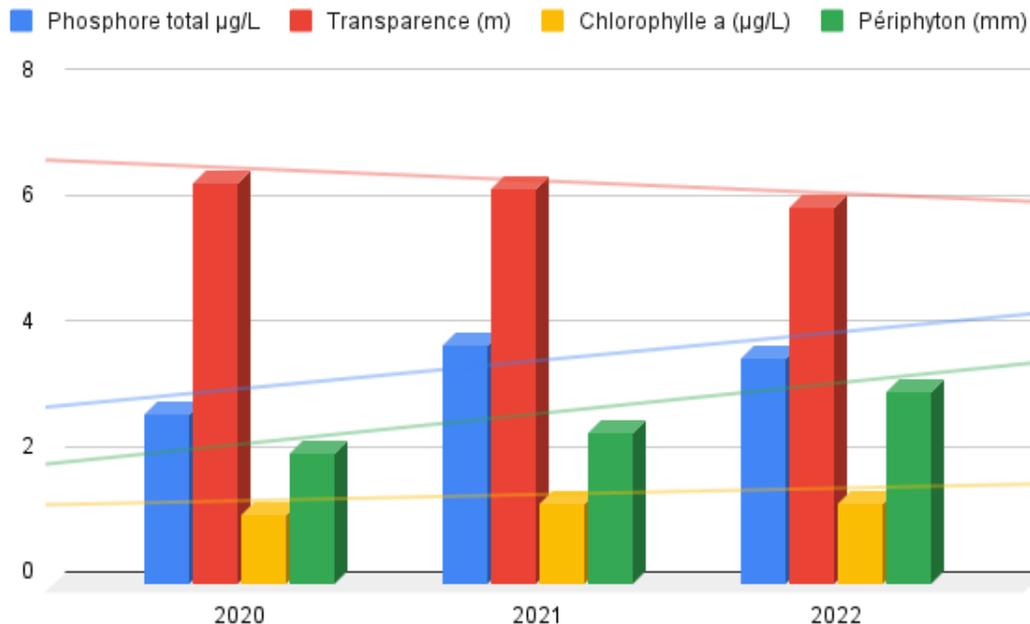
Figure 16 : Variation de la longueur des filaments pour les 20 sites mesurés dans les trois dernières années



La longueur des filaments varie de 0 à 18 cm. Comme pour celle du périphyton, on observe que la longueur moyenne des filaments a augmenté de 2020 à 2022.

Comparaison de l'ensemble des paramètres

Figure 17 : Concentration de phosphore, de chlorophylle a, transparence et épaisseur du périphyton ainsi que les lignes de tendance pour les étés 2020 à 2022.



La pandémie de Covid 19 a eu un impact évident sur les visites au lac par les villégiateurs. En 2020, plusieurs propriétaires habitant à l'étranger n'ont pas pu voyager. Il était également interdit de mélanger les cellules familiales ce qui a limité énormément les visites au lac. En 2021 l'achalandage au lac a augmenté mais n'est revenu à la normale seulement qu'à l'été 2022.

Il est intéressant de comparer les résultats obtenus durant ces trois étés. On observe dans le graphique 15 que la concentration de phosphore augmente ainsi que la chlorophylle a et l'épaisseur du périphyton. Dans le même temps, la transparence diminue.

Évidemment, pour voir des tendances fiables, il faudrait limiter l'accès au lac pour au moins trois ans. Il faudrait également considérer et mesurer les autres facteurs qui ont un effet sur ces paramètres. L'abondance des précipitations, l'augmentation de la température de l'eau et le nombre d'heures d'ensoleillement par exemple.

Il est toutefois intéressant de penser que nous avons un impact certain sur le lac et que plus il y a de visiteurs dans un été, plus les bateaux feront des aller retour au village, plus ils traînent de planchistes ou de skieurs et plus l'eau sera brassée. Les installations septiques seront également plus sollicitées. Cela a un impact sur la qualité de l'eau.

Classement du niveau Trophique

Définition

Le niveau trophique est un outil utilisé pour classer les lacs selon leur degré de productivité biologique. La classification de l'échelle varie d'ultra-oligotrophe à hyper-eutrophe. L'eutrophisation est un processus naturel qui résulte de l'accumulation de nutriments dans les lacs ou d'autres plans d'eau. Il y a normalement un processus de vieillissement progressif et très lent vers l'eutrophisation s'étalant sur des siècles. Cependant, les activités humaines peuvent accélérer l'eutrophisation en augmentant la vitesse à laquelle les nutriments pénètrent dans l'eau. Dans des conditions extrêmes, une eutrophisation sévère peut se produire pendant quelques décennies au plus.

Figure 18 : Détermination du niveau trophique du Lac des Seize-Îles en 2011 (rapport biofilia)

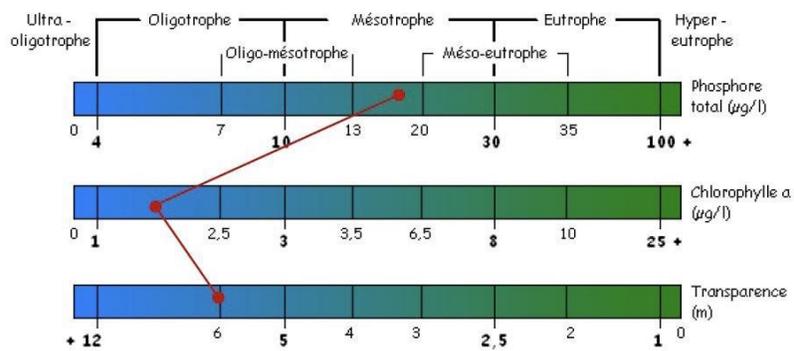
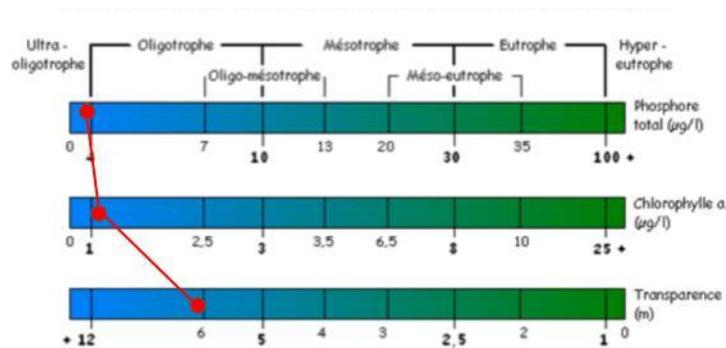


Figure 19 : Détermination du niveau trophique du Lac des Seize-Îles à partir de la moyenne des résultats obtenus de 2020 à 2022

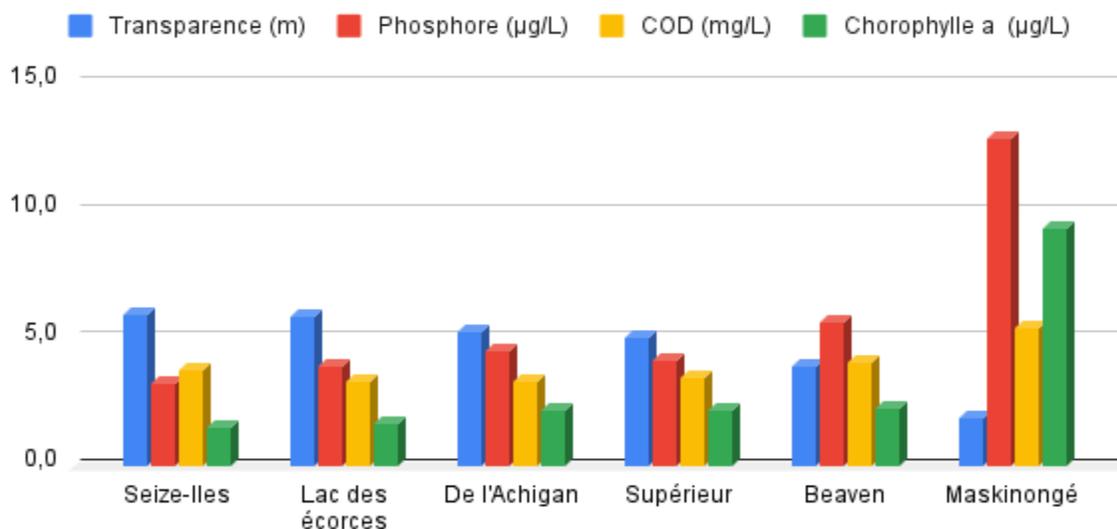


Si on compare les deux graphiques, on peut conclure que le lac des Seize-Îles est resté dans la classe oligotrophe. Toutefois, tel que mentionné précédemment, les concentrations de phosphore mesurées en 2011 sont très élevées et difficilement comparables à celles d'aujourd'hui.

Comparaison des résultats du lac des Seize-Îles avec d'autres lacs de la région

La figure 20 permet de comparer 6 lacs de la région dont un lac eutrophe, le lac Maskinongé de Mont-Tremblant. On observe que le lac des Seize-Îles possède la transparence la plus élevée. La concentration de phosphore et chlorophylle a sont aussi les plus basses des six lacs ce qui est consistant avec les mesures de transparence.

Figures 20 : Comparaison de la moyenne de la transparence, des concentrations de phosphore de COD et de chlorophylle a pour les années 2010 à 2021 selon les résultats inscrits dans le RSVL⁴



La figure 21 ci-dessous démontre que le lac des Seize-îles possède une grande superficie et une profondeur moyenne relativement grande en comparaison des autres lacs du graphique. Le temps de renouvellement de son eau est aussi élevé par rapport aux autres lacs. Un temps de renouvellement long permet au phosphore qui entre dans le lac, de sédimenter ce qui limite sa concentration disponible dans la colonne d'eau pour la croissance du phytoplancton. Une valeur de 2,32 années, représente un temps de renouvellement relativement long si on le compare aux autres lacs des Laurentides.

Le ratio de drainage représente la superficie du bassin versant par rapport à celle du lac. Plus ce ratio est grand, plus il risque d'y avoir du phosphore et des COD qui seront entraînés dans le lac. Dans la figure 22, on observe que le lac des Seize-Île possède un ratio de drainage de 11,21 ce qui est comparable aux autres lacs qui servent dans la comparaison. Une valeur supérieure à 10 correspond à un ratio élevé. Toutefois, le lac Beaven à Arundel a un ratio de drainage de 111,70 soit 10 fois plus grand.

⁴Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, RSVL, <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/relais/index.asp>

Figure 21 : Comparaison de la superficie, de la profondeur moyenne et du temps de renouvellement pour 6 lacs de la région.

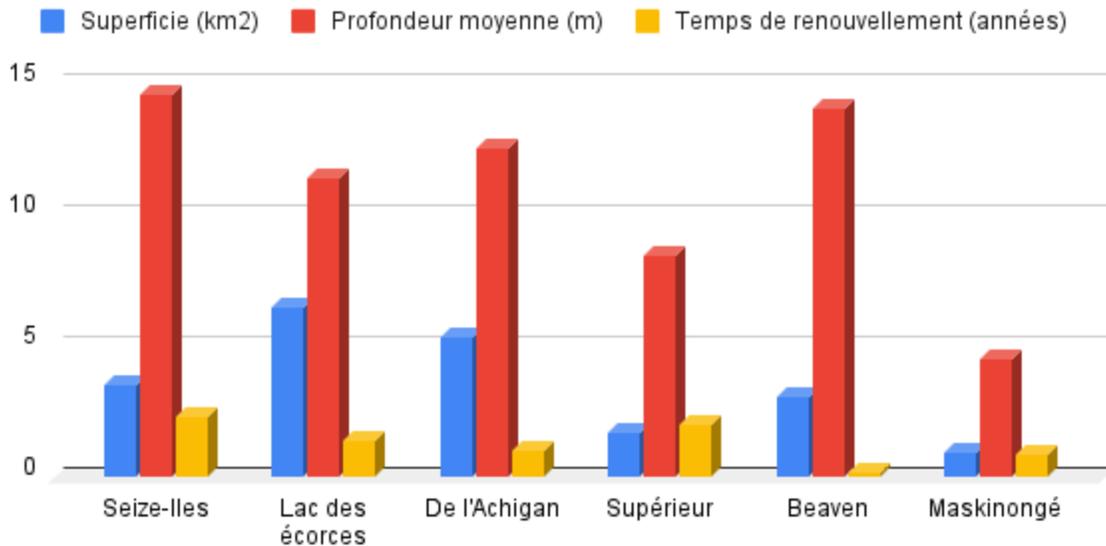
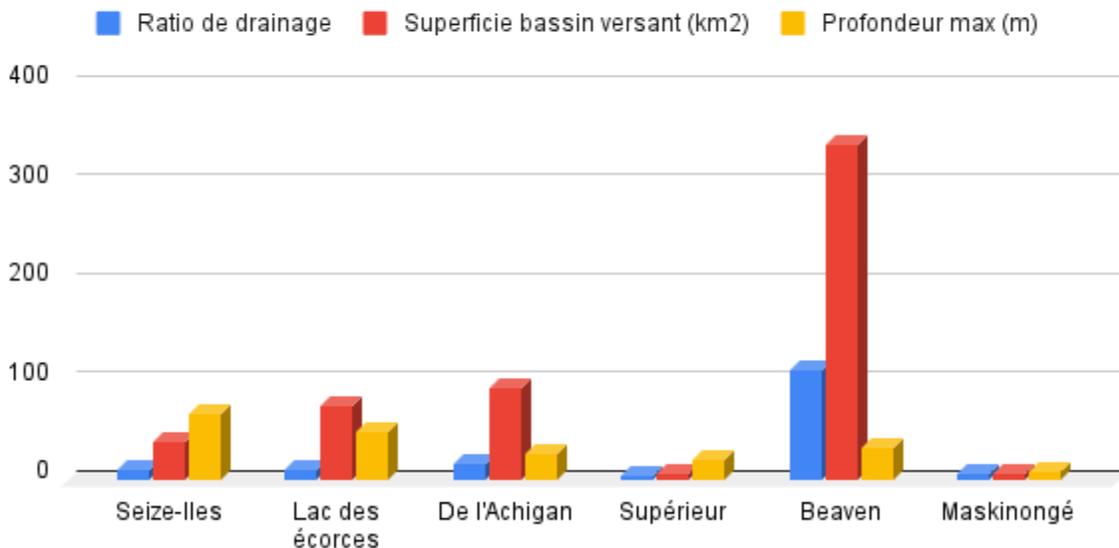


Figure 22 : Comparaison du ratio de drainage, de la superficie du bassin versant et de la profondeur maximale pour 6 lacs de la région (Source : CRE Laurentide⁵).



Toujours dans la figure 22, on observe que le lac des Seize-Îles reçoit l'eau d'un grand bassin versant mais en comparaison, celui-ci est beaucoup plus petit que celui du lac Beaven. Un autre avantage est que ce bassin versant contient peu d'activités agricoles contrairement aux lacs Beaven et Maskinongé.

⁵ CRE Laurentides, l'atlas des lacs. <https://crelaurentides.org/atlas-des-lacs/>

Bande de protections riveraines

La bande riveraine est une zone de végétation entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. Naturelle, laissée à elle-même, elle remplit de multiples fonctions écologiques nécessaires au bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques et au maintien de l'intégrité de leurs communautés biologiques. Toutefois, à bien des endroits, elle a perdu son caractère d'origine, à cause soit des activités liées au tourisme ou à l'urbanisation. Pour un minimum de protection des fonctions écologiques, la bande de protection riveraine doit avoir une largeur minimale de 10 mètres à partir de la ligne des hautes eaux (et de 15 mètres si la pente est de plus de 30%).⁶ Celle-ci est composée de végétaux naturels représentés par des plantes herbacées, des arbustes et des arbres indigènes.

Certaines municipalités des Laurentides vont encore plus loin. Dans son plan climat⁷, la ville de Mont-Tremblant demande d'augmenter la bande riveraine en dehors du périmètre urbain, à 20 m pour les lacs Tremblant et Desmarais, en plus d'assujettir les milieux humides non adjacents à un lac ou un cours d'eau à une bande de protection riveraine de 10 m.

Selon le guide d'interprétation révisé de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables du Québec⁸, chaque espèce vivante nécessite un milieu de vie qui lui est adéquat pour permettre son développement. Un écosystème diversifié permet le maintien de plusieurs espèces, est plus stable et est moins propice aux développement de maladies.

Le littoral est le lit du cours d'eau ou du lac qui s'étend à partir de la ligne des hautes eaux jusqu'au centre du lac. La partie peu profonde où l'on retrouve les plantes aquatiques est aussi la plus riche et la plus diversifiée. Avec les végétaux de la rive c'est l'endroit où l'on retrouve la plus grande biodiversité dans le lac. On peut même dire qu'elles hébergent la majorité des animaux, des petits crustacés jusqu'aux mammifères, qui vivent dans le lac. Beaucoup de poissons se reproduisent dans cet environnement puisque leurs petits trouveront un abri et de la nourriture.

Les plantes du littoral forment également un support pour une grande diversité de petits organismes (algues, bactéries, protistes, et petits crustacés) qui constituent la base d'une chaîne alimentaire. Elles puisent aussi les éléments nutritifs du lac pour leur croissance. Certaines peuvent même absorber des polluants comme le mercure et l'emmagasiner dans leur racine purifiant du même coup l'eau du lac. Elles accélèrent la sédimentation donc améliorent la transparence de l'eau. Elles servent également de brise lame et contribuent à diminuer l'érosion des berges.

⁶ Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, RSVL, Document de soutien au protocole de caractérisation de la bande riveraine (2009), <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/doc-soutien-bande-riv.pdf>

⁷ Ville de Mont-Tremblant, Plan climat, présentation 2021-2025, https://www.villedemont-tremblant.qc.ca/public_upload/files/ville/plans-politiques/VMT-PlanClimatPresentationC.pdf?v=70341&fbclid=IwAR0LV9ARISY6frr-VHWdocs83heex2IL-lvwA7-gWUM6FKQaHiLcnem5sAA

⁸ Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/guide-interpretationPPRLPI.pdf>

Figure 23 : Rôle des plantes aquatiques du littoral.



Rôle de la bande riveraine

La rive est un milieu très diversifié parce que c'est une zone de transition entre le milieu terrestre et le milieu aquatique. Cette diversité s'explique par la présence de ces trois types d'écosystèmes dans une zone restreinte qu'est la rive. C'est aussi une zone fragile puisqu'elle est exposée aux éléments.

La rive abrite tous les mammifères du milieu environnant puisque ceux-ci utilisent le lac comme source d'eau potable.

Pour jouer efficacement son rôle, la rive doit être composée de trois strates (herbacées, arbustive et arborescente) composées d'espèces indigènes. Les plantes herbacées protègent efficacement la surface des sols et retiennent les petites particules qui sont transportées par l'eau de ruissellement. Les arbres et les arbustes retiennent le sol en profondeur avec leurs racines et atténuent l'effet des fortes pluies. Les arbres aident à refroidir l'air et l'eau dans les zones peu profondes.

Les plantes qui composent la bande riveraine captent une grande partie des matières nutritives et s'en nourrissent. En limitant les nutriments, ces plantes limitent la croissance du phytoplancton et améliorent la transparence de l'eau.

Les plantes limitent le ruissellement rapide de l'eau vers le lac en la ralentissant ce qui permet l'infiltration dans le sol. Cela limite en même temps le transport de sédiments dans l'eau (particules minérales, organiques, pesticides, limon, argile et sable). En suspension dans l'eau, ces sédiments obstruent les branchies des poissons et les rendent plus sensibles aux maladies. Certaines

substances comme les pesticides qui sont cancérigènes ou les perturbateurs endocriniens sont transportées dans les sédiments et affectent la vie aquatique.

Les sédiments en suspension affectent également la vie microscopique de l'eau en diminuant la transparence. Lorsque les sédiments se déposent au fond de l'eau, ils obstruent les frayères de gravier et causent une baisse d'oxygène au fond de l'eau ce qui affecte la vie aquatique, spécialement la survie des alevins et des invertébrés qui vivent au fond de l'eau. Lors de travaux près des rives, l'installation de barrières de sédimentation est vraiment importante pour limiter le transport des sédiments du sol mis à nu vers le plan d'eau.

Les racines des plantes stabilisent les berges en limitant l'érosion et les glissements de terrain causés par la pluie, les vagues et les impacts mécaniques. Les bactéries que l'on retrouve dans les sols d'une bande riveraine en santé permettent la dénitrification (transformation des nitrates en azote atmosphérique) ce qui diminue les apports de cet élément nutritif vers le lac.

La rive d'un lac est l'endroit le plus productif. Une bande riveraine naturelle est un habitat qui fournit abri et nourriture à une grande quantité d'animaux.

Les végétaux fournissent de l'ombre à l'eau de la rive donc limitent l'augmentation de la température et la croissance du phytoplancton. Comme les gaz sont mieux dissous dans l'eau froide, une augmentation de la température provoquerait la baisse de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau.

Elle est aussi un brise-vent naturel. Celui-ci réduit la force du vent et des turbulences et crée un microclimat favorable à la faune.

Les troncs d'arbres et tiges de plantes servent également d'abri à la faune aquatique. La diversité de la flore de la rive augmente si la largeur de la bande riveraine est importante. Une surface importante permet l'implantation d'une plus grande diversité de végétaux qui à leur tour attireront plus d'animaux.

Une bande riveraine en santé forme un écran qui préserve le caractère naturel du lac. Pour être efficace et bien accomplir ses différents rôles, **les arbres et arbustes ne devraient être ni coupés ni taillés**. Selon la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (PPRLPI), il peut être permis en demandant les autorisations nécessaires, d'élaguer les branches de manière à former une fenêtre d'au plus 5 mètres de largeur dans l'écran de végétation afin d'aménager une vue du lac. Mais ceci ne peut être fait que dans le haut d'un arbre et non à la base. Le fait d'enlever les branches au bas des arbres pour améliorer la vue du lac à partir de la maison réduit drastiquement l'efficacité de la bande riveraine et diminue l'aspect naturel du lac pour tous les usagers⁹.

À moins qu'ils soient dangereux pour la sécurité publique ou vecteur de maladies, les arbres morts devraient être laissés sur place, surtout sur la rive, parce qu'ils sont très utilisés comme abri ou comme perchoir par les oiseaux et les petits rongeurs. Ils sont utiles pour augmenter la biodiversité.

En transformant le milieu riverain, on fait disparaître un habitat riche qui sera remplacé par un milieu plus uniforme. En enlevant le couvert végétal, on remplace l'habitat naturel de plusieurs espèces

⁹ Québec Vert, Bandes riveraine, Plantation et entretien pour une restauration durable, <http://banderiveraine.org/nous-joindre/>

animales et végétales qui souvent ne peuvent s'adapter. La densité des populations de ces animaux en est affectée et le milieu devient moins riche. Des espèces plus tolérantes prennent souvent la place des végétaux supprimés.

Lorsque le milieu naturel est remplacé par des plantes ornementales et du gazon, ceux-ci n'offrent pas les avantages des végétaux indigènes. De plus, leur entretien nécessite des engrais et parfois des pesticides qui ruissellent inévitablement vers le lac.

Pour renaturaliser les rives, il est important d'utiliser des végétaux indigènes qui permettront de diminuer l'érosion. Ceux-ci devraient être d'espèces, d'âges et de dimensions variées pour permettre de jouer pleinement leur rôle et d'attirer la faune. Le gazon est à éviter puisqu'il est associé à la détérioration des plans d'eau et n'offre aucun attrait pour la faune sauf peut-être la bernache du Canada.

Il est important également de considérer la façon dont les eaux s'écoulent vers le lac. Si l'écoulement des eaux se fait à un endroit précis par un drain, une piste dénudée de sa végétation ou une bande gazonnée, l'eau rejoindra le lac par ce chemin et la bande riveraine joue moins bien son rôle.

Accès au plan d'eau

Les riverains veulent tous avoir leur accès personnel au lac. Il est donc permis d'ouvrir un sentier d'au plus 1.2 mètres de largeur qui donne sur une ouverture au lac d'au plus 5 mètres de largeur. Mais les sentiers d'accès risquent de rompre l'efficacité des bandes riveraines. Afin de causer le moins de dommage possible il est proposé d'aménager en tenant compte de la pente de la rive.

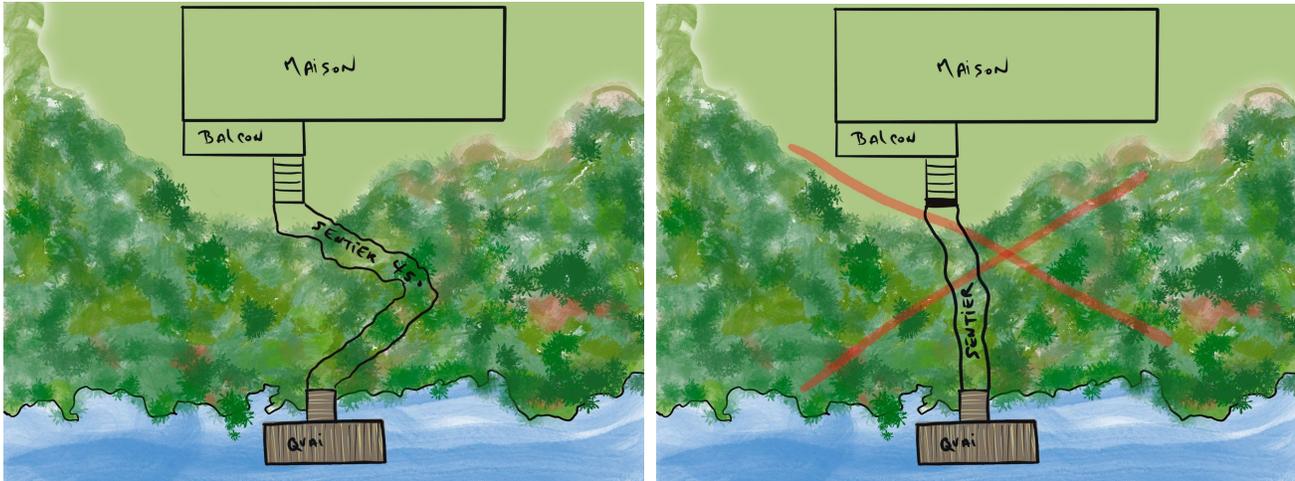
Lorsque la pente de la rive est de moins de 30%:

Si le tracé de l'accès est perpendiculaire au lac, celui-ci offrira un chemin direct permettant à l'eau de pluie et de fonte de rejoindre le lac sans être filtrée par la bande riveraine. Avec le temps et les passages fréquents, il y aura érosion du talus. Pour mitiger cet effet, il est préférable de former un angle horizontal (d'au maximum 60°) avec la ligne de rivage afin de diminuer l'effet d'érosion.

Pour une pente supérieure à 30%:

Il est préférable d'aménager un escalier ou un sentier en biais avec la ligne de rivage. Il est important de privilégier un sentier sinueux et d'éviter la ligne droite, pour minimiser l'érosion. La végétation naturelle doit être conservée au maximum en limitant la largeur du sentier ou de l'escalier.

Figure 24 : Bonne configuration d'un sentier dans une bande riveraine et exemple à éviter.



Après la coupe des arbres et arbustes, il est important de conserver un couvert végétal sur toute la surface du chemin d'accès et même d'ensemencer. Il est important de spécifier qu'un accès à l'eau ne devrait pas être utilisé ou aménagé avec des structures de béton ou d'autres matériaux inertes, ni pour mettre des grosses embarcations à l'eau. La rive mais ne devrait pas servir de lieu d'entreposage. Il est préférable de placer les petites embarcations comme canoë et kayak sur des supports surélevés ou en dehors de la bande riveraine.

Observations sur les bandes riveraines

Méthodologie

La méthode utilisée est basée sur la caractérisation des bandes riveraines du RSVL.¹⁰ Les différentes propriétés du lac ont été visitées en kayak ou en chaloupe et ont été séparées par la limite approximative de propriété. Les facteurs regardés sont le pourcentage de plantes naturelles, de plantes ornementales et de sol dénudé d'abord. La pelouse fait partie des plantes ornementales. Nous avons ensuite noté si la pente était de 30% et plus. Dans ce cas, la bande riveraine observée était de 15 mètres. Finalement, le pourcentage de sol dénudé ainsi que la présence de muret étaient évalués.

Beaucoup de propriétés possèdent une partie importante de leur rive qui est toujours à l'état naturel. Dans ce cas, la mesure de la rive a été divisée en deux zones homogènes c'est-à-dire une zone utilisée et une à l'état naturel. Pour chaque propriété une note a été attribuée en fonction de l'état de dégradation ou d'utilisation sur les 10 premiers mètres évalués à partir de la ligne des hautes eaux pour la zone utilisée.

¹⁰ RSVL, Document de soutien au Protocole de caractérisation de la bande riveraine (2009)

https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Protocoles/document_soutien_br.pdf

Les mesures ont été notées dans un tableau préparé à cette fin¹¹ et par la suite, à l'aide de Google map, nous avons mesuré la longueur de la rive de chaque terrain en fonction de 4 notes : A (moins de 25% de dégradation), B (entre 25 et 50%), C (de 50 à 75%) et D (plus de 75% dégradée). Chaque note représente un pourcentage de dégradation évalué en fonction de la présence des trois strates de plantes indigènes dans les 10 premiers mètres à partir de la ligne des hautes eaux. La compilation des résultats nous permet de voir la proportion du lac qui est affectée par une dégradation des bandes riveraines. Nous avons également mesuré l'accès à l'eau qui devrait avoir un maximum de 5 mètres.

Nous avons évalué la partie Nord du lac à l'été 2021. Les résultats ont été regroupés en trois zones : la baie Hammond et le village, la côte ouest et la côte est pour nous permettre de voir la proportion des rives du lac qui sont affectées par une dégradation des bandes riveraines. Cette partie est illustrée sur la carte à la figure 26.

À l'été 2022, nous avons fait la caractérisation de la partie sud du lac. Celle-ci a été divisée en deux sections, la côte ouest et la côte est. Les îles ont été incluses dans les mesures de la côte la plus rapprochée. À la demande de Friends of the lake, aucune image des bandes riveraines n'a été prise afin d'éviter de cibler une propriété en particulier. Une série de photos de chaque propriété serait toutefois un outil important pour permettre un suivi de la qualité des bandes riveraines dans les prochaines années.

Figure 25 : Exemple de mesure d'une zone non perturbée avec l'application Google maps.



¹¹ Voir Annexe 5

Résultats

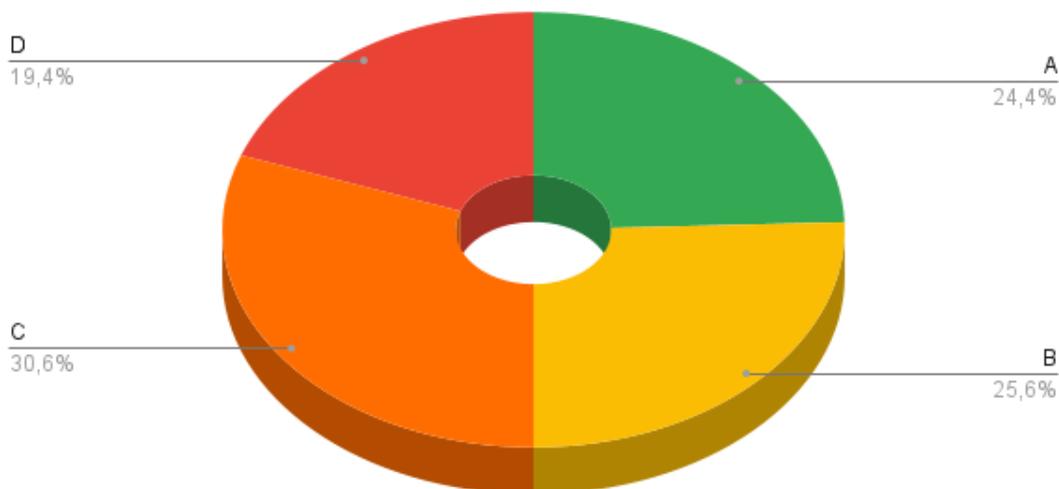
Historique

Dans le rapport de Biofilia en 2012 il est mentionné que “selon la base de données municipale, même si la majorité des propriétés riveraines possèdent des infrastructures dans la rive, 80 % de celles-ci ont une végétation naturelle ou sont en revégétalisation. Le constat que nous faisons est quelque peu différent.

Les figures dans l'annexe 6 montrent les résultats pour chaque partie du lac visités.

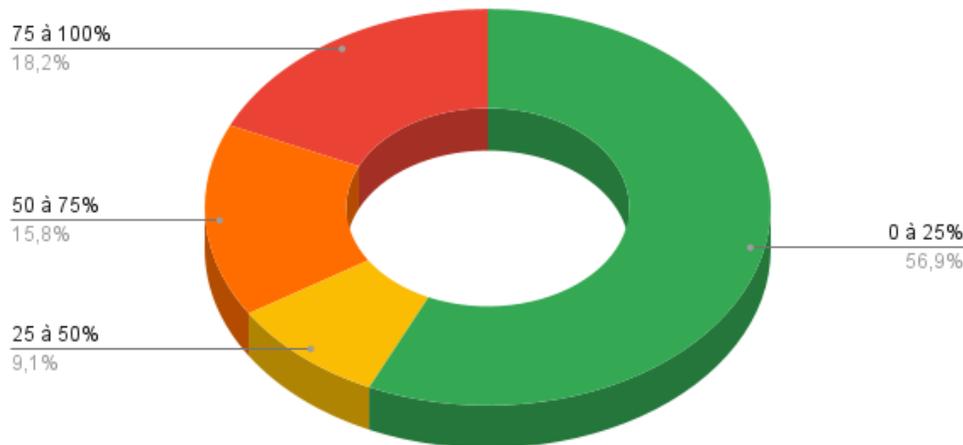
Les observations générales que l'on peut noter sont que les bandes riveraines sont souvent très dégradées par rapport aux rives restées naturelles et nous retrouvons beaucoup de pelouses et de terrains aménagés. Comme on peut observer dans le graphique 1, 24% seulement des propriétés ont reçu une note de A pour la qualité de leur bande riveraine. 26% ont reçu une note de B, 31% une note de C et 19% une note de D. Les propriétaires de ces deux dernières catégories devraient faire des corrections importantes pour diminuer leur impact sur la qualité de l'eau du lac et ils sont même en dérogation si l'on considère les règlements municipaux.

Figure 26 : Pourcentage des propriétés en fonction de la note obtenue pour l'état de la bande riveraine.



Si l'on considère l'ensemble du périmètre du lac, seulement 57% de la rive est conservée de façon naturelle. 43% de la rive est dégradée à différent niveau ce qui constitue une surface importante de végétation qui ne peut être utilisée par la faune et qui ne joue pas son rôle de protection du lac contre l'eutrophisation. Un point positif pour le lac est qu'une grande partie des rives sont encore à l'état naturel. On peut voir cette répartition dans la figure 27.

Figure 27 : Pourcentage de dégradation des bandes riveraines pour l'ensemble du lac tel qu'évalué en 2021-2022.



De façon générale, nous avons remarqué que la majorité des propriétaires ont coupé ou taillé des arbres pour avoir une vue sur le lac à partir de la maison. La majorité des constructions sont donc visibles du lac. Ce couvert forestier manquant diminue la protection offerte par les arbres lors des fortes pluies.

Un autre point qui est particulier au lac des Seize-Îles est la présence de nombreux boathouses. Selon la politique du ministère, un accès maximum de 5 mètres devrait être pratiqué dans la végétation pour rejoindre la rive. Si on considère que la plupart des propriétés ont un accès pour le quai et un pour le boathouse, le maximum de cinq mètres d'ouverture sur le lac est souvent dépassé. De plus, un sentier est souvent présent dans la bande riveraine pour accéder au boathouse ce qui diminue encore le couvert de végétation naturelle.

Quelques pots à fleurs et même deux potagers ont été aperçus sur les quais ou dans la bande riveraine. La présence de terreau ou de compost près d'un plan d'eau encourage la croissance des algues et des plantes aquatiques. La terre riche utilisée pour obtenir de belles fleurs a le même effet sur la croissance des végétaux aquatiques qui s'en servent également comme nutriment. Lors de pluies diluviennes, les pots à fleurs risquent d'être submergés d'eau. Si cette eau enrichie de nutriments se retrouve dans le lac, les nutriments nourrissent les algues et les plantes aquatiques et favorisent leur propagation.

De plus, certaines propriétés ont déboisé de vastes zones pour les replanter avec des variétés ornementales non indigènes ou de la pelouse. Il n'était pas exceptionnel de voir des propriétaires ou des travailleurs utiliser des scies, des sécateurs et des coupes bordures (weed-eaters) dans une partie de leur rivage qui aurait dû être préservée. Nous avons même vu quelqu'un enlever des pierres sous l'eau de la rive et les lancer dans la bande riveraine.

Nous avons trouvé important de montrer les résultats pour la Baie Hammond et le village séparément puisque nous avons observé une situation particulière. Il faut dans cette baie comme ailleurs sur le lac considérer la dimension historique. Plusieurs chalets sont construits au pied d'une pente ce qui laisse

peu de terrain sur le devant des maisons ou à l'arrière. À cause de cela, l'utilisation du terrain au devant de la maison laisse parfois peu de place pour établir une bande riveraine avec des plantes indigènes. Cette situation est surtout visible en regardant les propriétés qui sont près du village et accessibles par la route. De plus, certaines propriétés dans cette zone ont vu leur rive réduite lors du tsunami causé par le glissement de terrain de 2014.

Cette zone comprend également le village et les services qui y sont reliés. En regardant l'image satellite tirée de Google maps on remarque que le long de la route la largeur de la bande riveraine est inadéquate. Quelques mètres du stationnement ont été naturalisés mais on ne retrouve pas les trois strates de végétation et la bande riveraine est loin des dix mètres prévus par la loi. Plusieurs propriétés ont de grandes surfaces gazonnées qui devraient également posséder une bande riveraine adéquatement renaturalisée. Certains changements seraient difficiles à réaliser comme sur le bord de la route mais plusieurs améliorations seraient importantes pour améliorer la qualité de l'eau dans cette partie du lac.

Figure 28 : Carte montrant les terrains visités pour mesurer le taux de dégradation de la bande riveraine des propriétés de la baie Hammond et du village

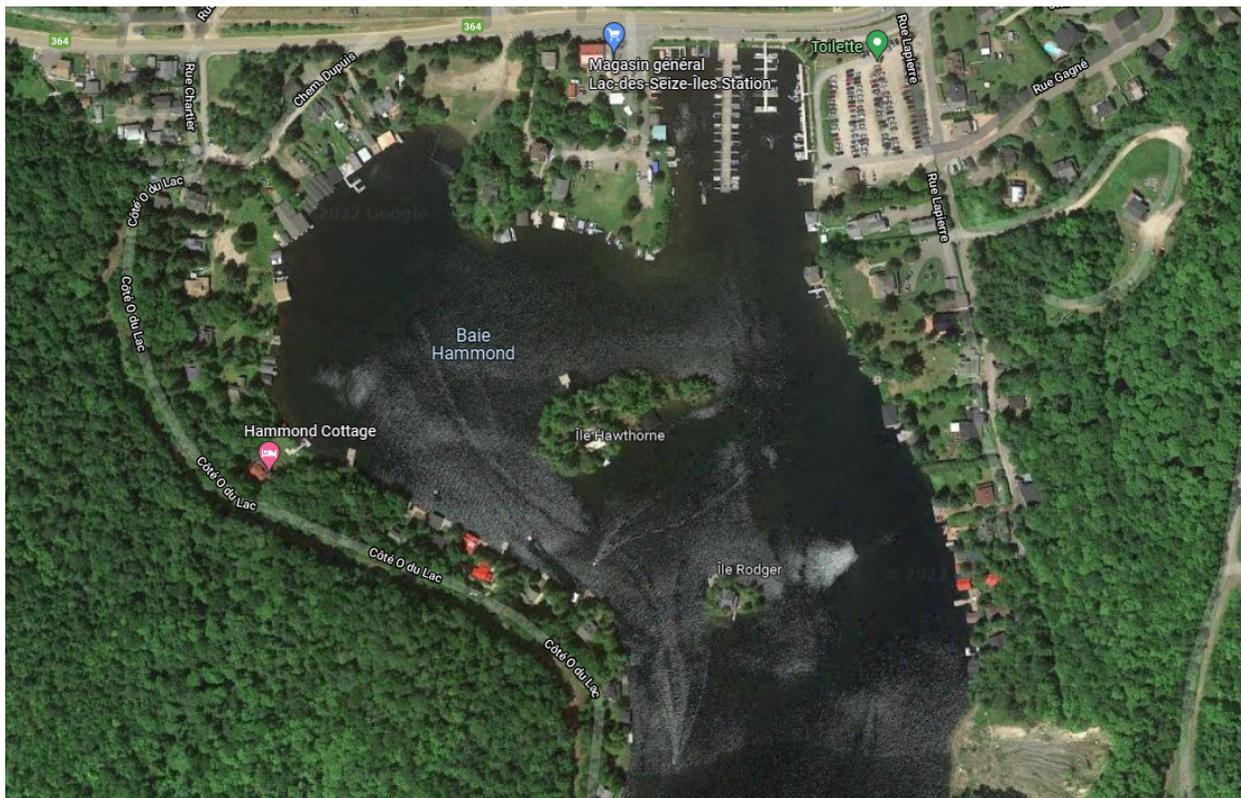
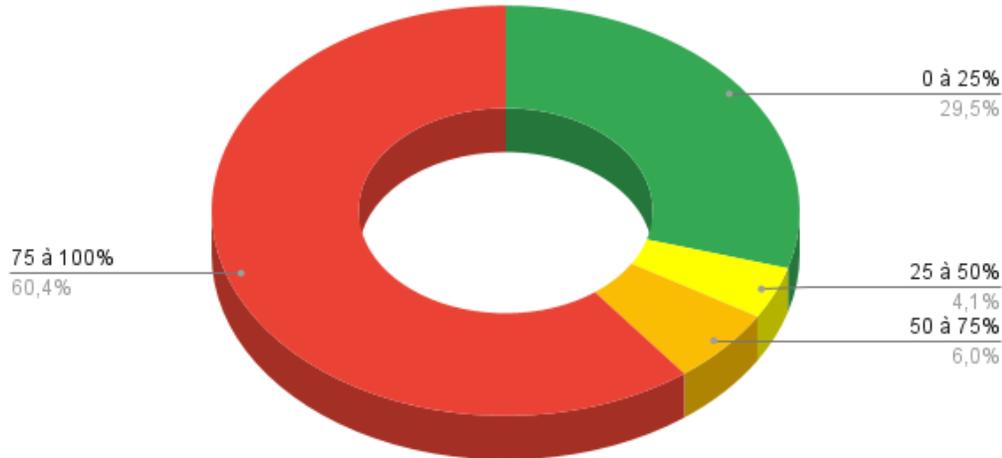


Figure 29 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine des propriétés de la baie Hammond et du village.



Dans la section de la Baie Hammond et du village on observe qu'une majorité des propriétés ne respectent pas la bande riveraine de 10 mètres et encore moins 15 mètres lorsque la pente est de plus de 30%. C'est pour cela que le résultat qui prédomine est une majorité de propriétés qui ont un pourcentage de dégradation élevé. Cependant, la majorité des propriétés, incluant les terrains de la ville, font des efforts pour renaturaliser les 5 premiers mètres. Cette renaturalisation ne comprend généralement pas les trois strates de végétations que sont les plantes herbacées, les arbustes et les arbres. Certains terrains, notamment l'Île Hawthorne, possèdent une végétation naturelle sur l'ensemble de l'île et la bande riveraine est bien conservée.

Évaluation des macrophytes

Historique

Dans le rapport de Biofilia de 2021, nous retrouvons une carte indiquant les herbiers plus importants présents dans le lac. Une liste indiquant la plante dominante et les espèces secondaires était attachée au rapport.

Dans le rapport, on notait qu'en 2010, 97 herbiers totalisant 8,0 ha avaient été identifiés. Un total de 31 herbiers de myriophylle à épis, qui couvrent 4,1 ha, ont été observés dans le lac des Seize-Îles, ce qui en faisait l'espèce la plus abondante parmi les 14 espèces observées. La nymphée odorante, la pontédérie cordée et le potamot à larges feuilles (*Potamogeton amplifolius*) étaient les autres espèces les plus fréquentes. Elles ont été observées respectivement dans 34, 20 et 16 herbiers.

Méthodologie

En utilisant ces informations, nous avons fait le tour du lac en kayak ou en chaloupe afin de retrouver les herbiers mentionnés sur la carte et en identifier d'autres. À plusieurs occasions, nous avons utilisé la caméra sous-marine pour prendre des images sous l'eau ainsi que le drone pour avoir des images à partir des airs. Nous avons également noté les nouveaux herbiers d'importance. Il ne nous a pas été possible de mesurer la surface occupée par les plantes aquatiques, cependant, nous avons été

capable d'évaluer l'évolution générale des herbiers par rapport à 2010. Pour fin de comparaison, nous avons utilisé les cartes produites par Biofilia dans le rapport de 2012. La carte des herbiers du lac des Seize-îles a été séparée en quatre parties. Les modifications ont été faites à l'aide d'un logiciel de dessin et les deux cartes sont présentées dans l'annexe 7.

Résultats

Sans faire le calcul de surface, une première observation est que le myriophylle à épi est présent en moins grande quantité dans le lac. Un très gros travail d'arrachage manuel a été fait au cours des années et la diminution des herbiers de myriophylle est évidente sur les cartes présentées dans l'annexe 7. On remarque que le très gros herbier de la Baie Hammond a complètement été arraché ainsi que celui du haut-fond entre 2018 et 2021. Du travail d'arrachage a également été fait dans la baie Raymond et ailleurs sur le lac. En regardant les cartes nous pouvons compter 12 herbiers à dominance de myriophylle à épi de moins qu'en 2011 et nous en avons répertorié 4 de plus qui sont toutefois de petite taille.

Pour mieux documenter les herbiers afin de pouvoir les comparer plus tard, un montage vidéo des images prises entre 2020 et 2022 a été fait et est annexé à ce rapport.¹²

À partir de ces cartes nous pouvons observer dans la baie Hammond, les herbiers 17 et 18 sont complètement transformés. On ne retrouve que quelques tiges éparses de la plante exotique envahissante encore présente dans la baie. Le potamot de Richardson, graminioïde et de Robbins restent présents mais sur une moins grande surface. Par endroit dans la baie Hammond, les plantes sont très denses et on retrouve en plus des espèces nommées, trois autres espèces de Potamot. L'herbier #8 est constitué principalement d'élodée du Canada. Les plantes dans celui-ci poussent de façon particulièrement dense et haute ce qui est un signe que les sédiments sont très riches dans la baie.

Plus au sud sur le lac, les herbiers autour de l'île Cossette semblent avoir peu changé. On retrouve du myriophylle à épi dans une profondeur variant de 6 à 10 pieds. La plante ne forme pas de colonies aussi denses que dans la baie Raymond. Les myriophylle poussent à cet endroit avec le potamot à grande feuille et le potamot de Richardson.

Dans la baie Raymond, on observe que deux herbiers importants de Myriophylle à épis, #12 et 13 ont été arrachés entre août 2021 et août 2022. On peut aussi les observer à partir de photo prise avec le drone (avant et après arrachage) dans le document vidéo. Les autres herbiers de la baie semblent assez identiques à ce qui avait été observé en 2011.

Sur le côté ouest du lac jusqu'au sud, peu de changements ont été observés. Ceux-ci ont été notés sur les cartes. À l'extrémité sud, les herbiers 12 et 18 sont difficiles à trouver parce que les plants de myriophylle à épi dans ces herbiers sont très dispersés.

À l'extrémité sud, l'herbier 39 est très étendu mais contient une densité très faible de plantes. Le numéro a été changé pour 57 parce qu'il contient plus de brasénie que de potamot natans.

¹² Sylvain Miller, Montage vidéo des herbiers du lac des Seize-Îles, <https://youtu.be/Y1BLGmFThu8>

En retournant vers le sud, près du haut-fond (Shoal), nous avons inspecté les trois herbiers #12 et nous n'avons pas trouvé de myriophylle à épi. En août 2022 cependant, les herbiers #40, constitués de potamots de Richardson étaient particulièrement en bonne santé avec des plantes très hautes et de forte densité.

Autour du haut fond aux profondeurs variant de 1,5 à 4 mètres, le fond très rocheux était recouvert de myriophylle à épi. En 2018, nous avons participé à l'arrachage manuel. La tâche était très difficile parce que les racines des plantes étaient bien ancrées dans les roches de différentes grosseurs qui forment le sol du haut fond. On retrouvait également trois espèces de potamot (*Amplifolius*, *Gramineus*, *foliosus*) mais en densité très limitée. L'élodée du Canada, la naïade flexible, l'utriculaire résupinée étaient aussi présentes. En zone très peu profonde, on retrouve des petits plants de chara.

Le myriophylle a été complètement enlevé et après quelques passages pour l'entretien en 2019 et 2020, on ne voit que quelques plants aujourd'hui à cet endroit. On pouvait voir à ce moment quelques plantes d'espèces différentes comme le potamot à large feuille, le potamot graminé et l'élodée du Canada.

Au fond de la baie, les herbiers #12, 16 et 18 semblent avoir été arrachées aussi. Nous n'avons pas trouvé de myriophylle à épi dans cette baie. Les potamots de Richardson et graminoides sont présents dans deux herbiers peu denses.

En conclusion, l'arrachage manuel continu sur plusieurs années du myriophylle à épi donne des résultats convaincants pour ce lac. Pour ce qui est des autres herbiers, on remarque une constance quant à la quantité et aux espèces de plantes présentes dans le lac. Si on tient compte seulement du lac des Seize-Îles, 30 espèces de plantes aquatiques submergées, à feuilles flottantes ou émergentes ont été répertoriées. Le nymphéa odorant, le potamot de Richardson et la pontédérie cordée ont été les plantes les plus fréquemment observées dans respectivement 24, 24 et 21 herbiers.

Baie des Soeurs

Phosphore

Historique

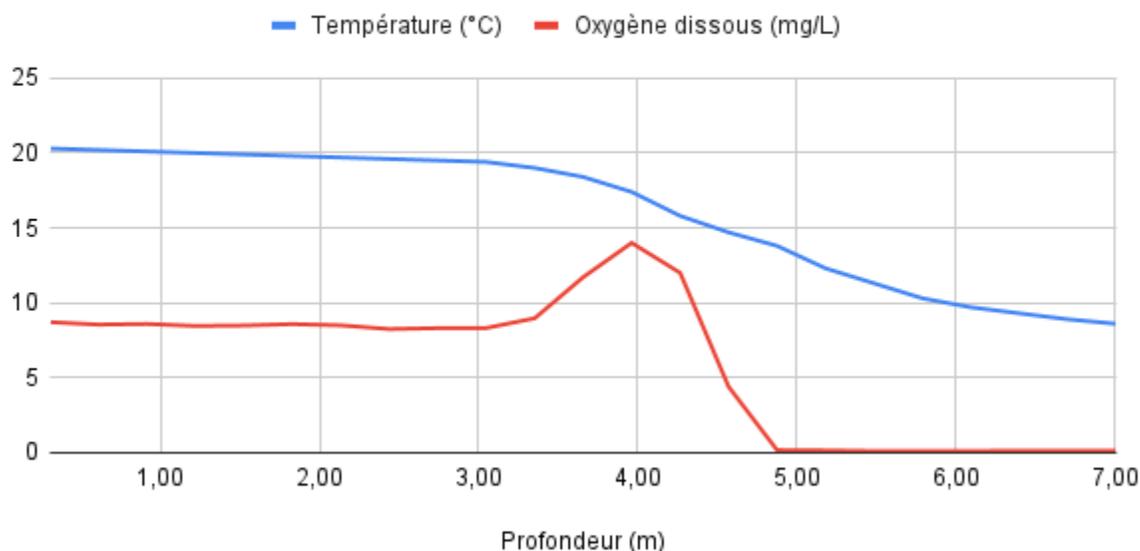
Plusieurs échantillons de phosphore ont été prélevés entre 2007 et 2011. Les résultats étaient souvent en dessous de 5 µg/L. La moyenne des mesures de phosphore total dissous était de 21 µg/L de 2007 à 2011.

Résultats en 2020 et 2021

Nous avons fait deux mesures de concentration de phosphore en surface pour la baie des Soeurs en 2020 et une en 2021. Le résultat en 2020 est de 2,7 µg/L pour la baie et de 14 µg/L pour l'affluent principal qui provient du lac du Grand-Héron. Le 8 août 2021 le taux de phosphore mesuré était de 5,1 µg/L. La moyenne des concentrations de phosphore pour les deux années dans la Baie des Soeurs serait de 3,9 µg/L.

Oxygène dissous

Figure 30 : Profil de température et d'oxygène dissous à la Baie des Soeurs le 2 août 2021



Comme on l'observe dans la figure 30, la concentration d'oxygène dissous devient pratiquement nulle un peu avant les 5 mètres de profondeur. Le fond de ce petit lac est recouvert d'une épaisse couche de sédiments noirs. La condition d'anoxie (manque d'oxygène) est un signe que beaucoup de microorganismes décomposent ces sédiments et consomment tout l'oxygène présent avant la fin de l'été. Cette situation n'est cependant pas nouvelle. Dans le rapport de Biofilia de 2012 on arrivait à des mesures très semblables.

Transparence

Trois mesures de transparence ont été faites entre le 22 juillet et le 20 août 2020 variant entre 2,3 et 3,1 mètres. En 2021 trois mesures ont également été prises entre le 22 juillet et le 15 août. Les mesures ont varié entre 2,9 et 3,7 mètres pour une moyenne annuelle de 3,3 mètres. La moyenne de la transparence pour ces deux années est de 3,1 m ce qui est identique à la moyenne de 3,1 m obtenue entre 2007 et 2011 par la firme Biofilia.

pH

Le pH en surface au mois de juillet 2020 était de 7,4. Cette mesure est comparable au pH moyen de 7,2 mesuré entre 2007 et 2011.

Figure 31 : Classement du niveau trophique de la Baie des Soeurs 2011¹³

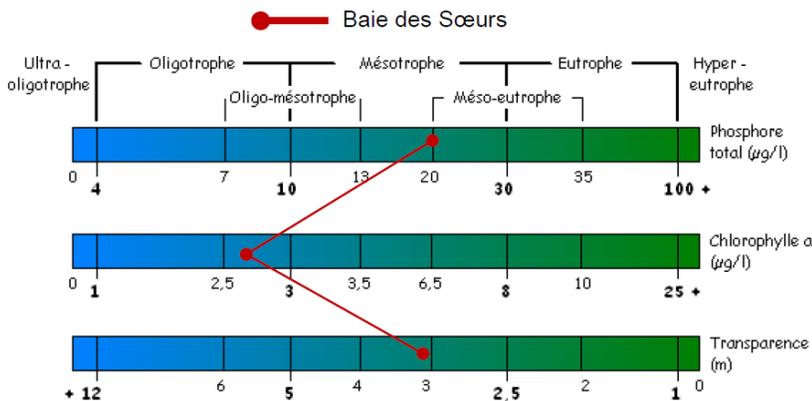
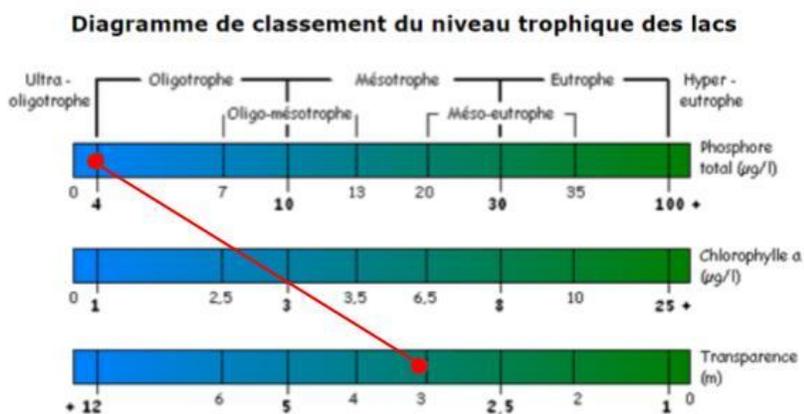


Figure 32 : Classement du niveau trophique de la Baie des Soeurs 2021



¹³ Rapport de Biofilia 2012

Évaluation des macrophytes

La baie des Soeurs est un petit lac caractérisé, dans sa partie plus profonde, par des paramètres physicochimiques qui le place au stade mésotrophe. Par contre, la grande quantité de plantes aquatiques présentes, la faible concentration en oxygène du fond, la faible transparence de l'eau et la richesse de la biodiversité végétale, sont plutôt les caractéristiques d'un lac eutrophe.

Sur la carte à l'extrémité sud, on remarque qu'en 2011 beaucoup de myriophylle à épi semblait être présent. Lors de nos observations entre 2020 et 2022, nous remarquons que les utriculaires sont les plantes submergées dominantes dans ce lac. Le myriophylle à épi y est encore présent mais la compétition avec les autres plantes aquatiques n'en font plus l'espèce dominante. Cette observation serait peut-être un indice que le lac serait moins profond à certains endroits.

Un phénomène intéressant a été observé le 20 juillet dans la baie des Soeurs. Le fond étant composé d'une épaisse couche de sédiment, les bactéries jouent leur rôle de décomposeurs et forment des gaz qui parfois s'accumulent sous une couche plus imperméable. Lorsqu'une importante quantité de gaz a été emprisonnée, elle fait remonter la couche de sédiment qui contient les racines des plantes. Ainsi, nous avons pu observer le 20 juillet une masse d'environ 5 mètres par 8 mètres de sédiments flottant à la surface et laissant apparaître principalement des gros rhizomes de nénuphar. On peut observer des images du phénomène dans la vidéo (43 secondes) sur les herbiers de la Baie des Soeurs et du Passage des Grenouilles¹⁴.

Avec la caméra submersible, on a pu se rendre compte que les herbiers de ce petit lac sont beaucoup plus diversifiés que ce que montre la documentation existante. Comme on peut voir dans le document vidéo sur la Baie des Soeurs et du Passage des Grenouilles¹³, le fond de l'eau est complètement recouvert des plantes suivantes : utriculaire vulgaire, utriculaire pourpre, utriculaire intermédiaire, myriophylle à épi, myriophylle indigène, bident de beck, potamots de robbins, potamots flottant, potamot à large feuilles, potamot feuillé, scirpe subterminal, chara, nymphée odorante, brasénie de Schreber, grand nénuphar jaune, naïade souple, rubanier, et sagittaire.

¹⁴ Sylvain Miller et Anne Létourneau, Herbiers de la Baie des Soeurs, <https://youtu.be/uxFMUsrQjPA>

Lac Wonish

Phosphore

Au Lac Wonish le rapport de Biofilia fait état de 9 µg/L de phosphore en 2011. Une mesure de 5,2 µg/L a été faite le 6 août 2020, ce qui constitue une diminution par rapport à 2011. Par contre, il s'agit tout de même d'une mesure nettement plus élevée que ce qu'on retrouve dans le lac des Seize-Îles.

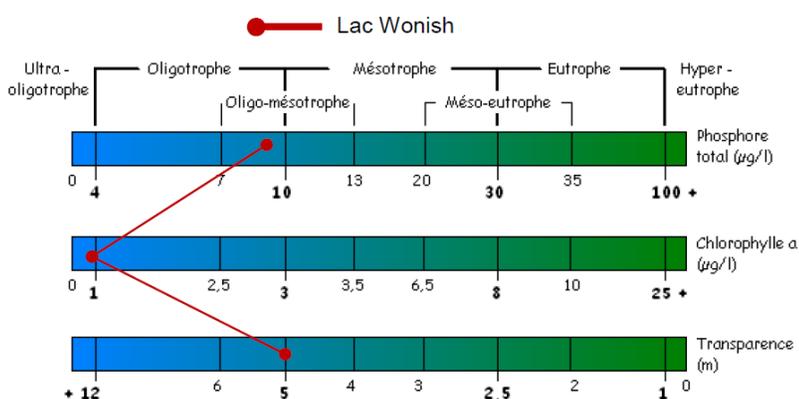
pH

Le pH mesuré était de 7,6 en surface.

Transparence

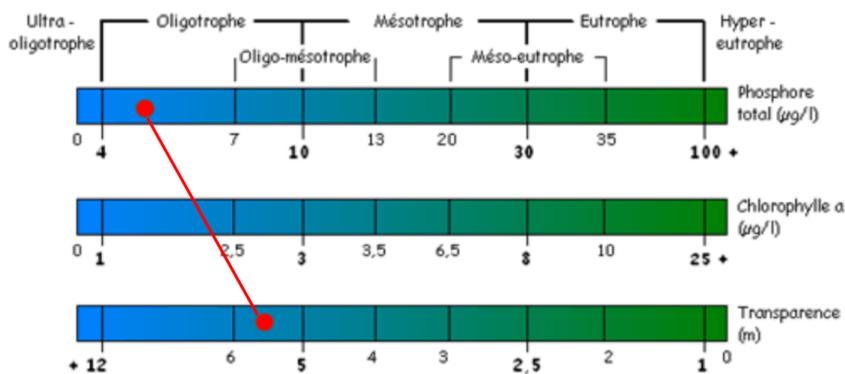
La transparence était de 5,6 mètres le 6 Août 2020. Cette mesure se compare à celle qui a été faite le 19 août 2011 et qui était de 5,0 mètres.

Figure 33 : Classement du niveau trophique du lac Wonish 2021



Source Biofilia 2012

Figure 34 : Classement du niveau trophique du lac Wonish 2020



Lac du Grand Héron

Phosphore

Au lac du Grand Héron des valeurs variant entre moins de 10 µg/L et 16 µg/L ont été mesurées en 2007 et en 2011. La concentration de phosphore mesurée durant l'été 2020 était très élevée en comparaison des autres lacs avec 11 µg/L.

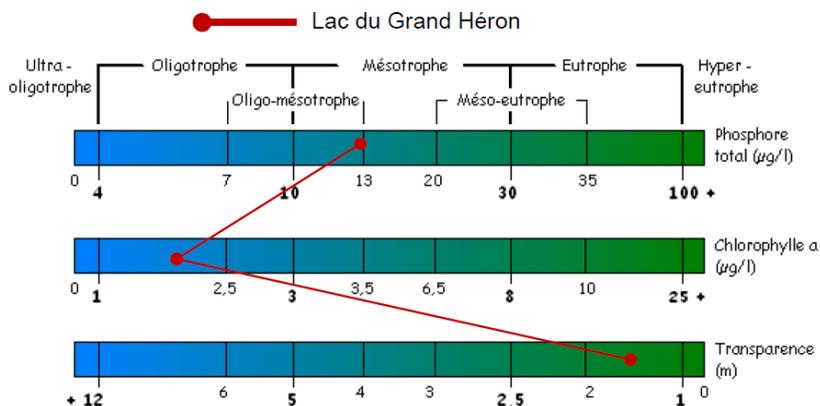
pH

En 2020, le pH de 7,5 en surface diminue rapidement pour atteindre 6,8 à 5 mètres.

Transparence

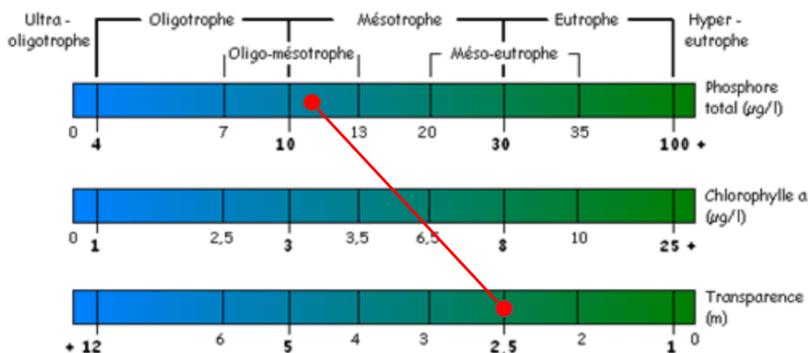
La transparence était de 2,5 mètres le 5 août 2020. Cette mesure est un peu plus élevée que le 1,5 mètre obtenu le 15 août 2011.

Figure 35 : Classement du niveau trophique du lac du Grand Héron en 2011



Source Biofilia 2012

Figure 36 : Classement du niveau trophique du lac du Grand Héron en 2020



Conclusion

Les différents paramètres étudiés entre 2020 et 2022 placent le lac des Seize-Îles dans la classe oligotrophe ce qui indique que le lac serait très peu enrichi en matières nutritives. Typiquement dans le cadre du RSVL, ces paramètres sont mesurés à un seul endroit dans l'eau de surface, au-dessus du point le plus profond du lac. Comme cela avait été fait lors de l'étude de Biofilia entre 2007 et 2011 nous avons mesuré en 2020, les concentrations de phosphore à plusieurs points et nous avons trouvé très peu de différence d'un bout à l'autre du lac. Les résultats les plus élevés ont été trouvés dans la grande baie près de la sortie du lac.

Tel que prescrit par le RSVL, nous suggérons de continuer les mesures de phosphore annuellement au-dessus du point le plus profond afin de suivre la tendance de l'enrichissement. Suite aux résultats obtenus, il serait préférable de faire trois mesures par année à un seul point. Deux mesures, une au printemps et une à l'automne durant le brassage des eaux, donneraient aussi une bonne idée de la concentration de phosphore sur l'ensemble de la colonne d'eau.

L'augmentation de la concentration de phosphore, de l'épaisseur du périphyton et la diminution de la transparence de 2020 à 2022 sont un indice qu'une augmentation des activités et des l'achalandage au lac ont un impact sur la santé du lac. En plus de ces observations, nous avons noté la présence d'une quantité assez importante de phytoplancton en surface pour être visible à l'œil nu. En milieu d'été, le phytoplancton est surtout composé de cyanobactéries et on en retrouve aussi de grande concentration près de la thermocline. Ceci devrait inciter à la prudence et à faire tout ce qui est possible pour limiter l'apport de nutriments dans le lac.

Les algues dorées (chrysophytes) et les algues bleues (cyanobactéries) font partie du phytoplancton. Les chrysophytes rivalisent pour l'absorption du phosphore dissous et d'autres nutriments à de très faibles niveaux, ce qui leur permet de dominer sur les autres algues au début de l'été. À mesure que l'eau se réchauffe, les cyanobactéries deviennent plus abondantes. Le zooplancton qui se nourrit du phytoplancton aide à la transparence de l'eau. Par contre, les cyanobactéries ne sont pas la nourriture préférée du zooplancton ce qui favorise la prolifération de ces algues. Alors les efforts faits pour conserver un taux de phosphore bas aideront à maintenir les niveaux de phytoplancton bas, et ainsi maintenir une bonne transparence de l'eau, en limitant la croissance des cyanobactéries et des chrysophytes en dépit des changements climatiques qui sont responsables de l'augmentation de la température de l'eau en surface et à la diminution du temps de couverture de glace.

La concentration d'oxygène en profondeur, mesurée à l'été 2019 par l'UQAM avait montré des valeurs plus basses que ce qui avait été mesuré en 2010-2011. Les mesures de concentration d'oxygène effectuées entre 2021 et 2022 montrent que le fond du lac conserve de bonnes concentrations d'oxygène durant tout l'été, ce qui est une bonne nouvelle pour la survie de la truite grise. Des concentrations d'oxygène faibles ont été mesurées dans la Baie des Soeurs ce qui ne représente pas un changement par rapport à 2012.

Bien que les tests de coliformes soient importants pour identifier des sources possibles de phosphore, pour des raisons techniques, ils ne sont pas fiables pour identifier avec précision des installations septiques déficientes. Il importe que les autorités municipales fassent un suivi de l'entretien et de la conformité des installations auprès de chaque propriétaire riverain ainsi que ceux du bassin versant.

Les différents tests biologiques montrent que la qualité de l'eau est bonne pour la baignade dans toutes les parties du lac testées.

Concernant le périphyton, le ministère recommande de faire le suivi sur trois ans et de 30 mesures sur 20 sites pour un lac de plus de 2 km². Les mesures effectuées de 2020 à 2022 ont aussi montré une tendance à la hausse au cours de ces trois années ce qui tend à démontrer un enrichissement de la croissance des organismes du lac en fonction de l'achalandage. Cependant, d'autres facteurs pourraient être responsables de cette croissance tels que la quantité des précipitations, la température de l'eau ou la période de couverture de glace .

Les relevés systématiques des bandes riveraines nous montrent que la majorité de celles-ci sont en bon état pour offrir une protection contre les apports de sédiments et de nutriments occasionnés par les eaux de ruissellement (ce qui pourraient enrichir le lac). Le lac possède encore de grandes surfaces naturelles, non développées. Sur le territoire occupé par les résidents, plusieurs propriétés riveraines ont encore des surfaces gazonnées et aménagées avec des plantes non-indigènes requérant fertilisant et compost pour leur maintenance, surtout dans la région de la baie Hammond et du village où la densité est plus grande. Certaines d'entre-elles présentent des pentes telles que les nutriments sont susceptibles de ruisseler beaucoup plus facilement dans le lac, surtout dans les zones où les bandes riveraines ne sont pas naturelles (murets de pierre/ciment et empierrement rocheux, absence de végétation indigène, etc).

Afin de réduire les apports en phosphore, il serait profitable de re-naturaliser les 10 premiers mètres avec les trois types de végétaux indigènes soit les couvre-sols (plantes herbacées), les arbustes et les arbres. Ce constat vaut aussi pour l'ensemble des propriétés du lac. Nous avons peu de contrôle sur les changements climatiques mais au lac des Seize-Îles, la santé du lac passe par l'amélioration des bandes de protection riveraines. C'est aussi une zone où il y a des traces d'érosion car c'est une zone de trafic de bateau à moteur plus intense.

Des zones peu profondes à plusieurs endroits dans le lac sont bien identifiées. Dans la baie Hammond entre autres, des zones de vitesses réduites sont aménagées. Par contre, elles ne sont pas toujours respectées. Il serait important de continuer la sensibilisation parce que le brassage des sédiments dans ces zones peu profondes entraîne le relargage du phosphore présent dans les sédiments.

Certaines autres pratiques observées sont à prescrire ou à encadrer. Par exemple:

- Les feux près de la bande riveraine. La cendre est responsable d'un apport de phosphore important qui risque de se retrouver dans le lac au fil des saisons. Les feux ne devraient pas être permis à moins de 15 mètres de la rive.
- Les pots contenant du terreau ou du compost pour les légumes ou les fleurs devraient également être installés aussi loin de la bande riveraine que possible puisque ceux-ci sont riches en nutriments qui risquent d'être (comme le phosphore contenu dans la cendre) éventuellement entraînés dans le lac par les eaux de pluie. Une solution pourrait être de munir les pots à fleur de contenant pouvant récupérer les eaux de drainage. Il faut cependant surveiller qu'ils ne débordent pas lors de fortes pluies ou lors de l'absence du propriétaire.
- Les douches extérieures devraient être utilisées sans savon. Même le savon biodégradable est riche en nutriments risquant de causer un enrichissement de l'eau.
- Le bac de compost devrait être placé le plus loin possible de la bande riveraine puisque lui aussi constitue une source importante de nutriments.

- La pratique des sports nautiques dans des zones sensibles peut également être une source importante de relargage du phosphore. Deux études importantes ont été faites sur le sujet. Leur conclusion rapporte que les vagues causées par les embarcations de type « wakeboat » ou « surf » ou « remorquage » ont un effet important sur le brassage des sédiments et la remise en circulation du phosphore qu'ils contiennent même jusqu'à plusieurs mètres de profondeur. Il est recommandé de réglementer cette activité à une distance de plus de 300 mètres des rives dans des zones profondes, et de les encadrer afin d'éviter la dégradation des berges et la remise en circulation du phosphore. Cette recommandation s'applique également aux embarcations qui circulent près des hauts fonds qui sont nombreux dans le lac des Seize-Îles.
- En plus de susciter le relargage de phosphore des sédiments, les passages et turbulences de tous types de bateau à moteur encouragent également la dispersion du myriophylle à épis par les boutures. Idéalement, la circulation des bateaux à moteur devrait être limitée à des corridors dans les endroits où cette plante est présente en grande densité. Comme la plante est en diminution, les herbiers importants devraient être identifiés et marqués.

Bibliographie

1. Beatrix Beisner, Biologie - UQAM, résultats de prélèvements 2005 et 2019, communication personnelle.
2. 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, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN 2-550-46503-2, Envirodoq no ENV/2005/0239, collection no QE/167, 32 p. et 2 ann.
3. Biofilia. Plan directeur en environnement, Municipalité de Lac-des-Seize-Îles, Québec, juin 2012, 113 p.
4. Centre d'expertise et de référence en santé publique, «*Cyanobactéries et cyanotoxines dans l'eau potable et l'eau récréative*, [En ligne], URL: <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/cyanobacteries?themekey-theme=mobile>
5. Conseil régional de l'environnement des Laurentides et R. Carignan (2019). Vulnérabilité des lacs du Parc national du Mont-Tremblant à la colonisation par le myriophylle à épi, 26 p. + annexes.
http://crelaurentides.org/wp-content/uploads/2021/09/Vulnerabilite_des_lacs_du_Parc_Mont-Tremblant.pdf
6. Miller, S. Montage vidéo sur les herbiers du lac des Seize-Îles, <https://youtu.be/Y1BLGmFThu8>
7. Miller, S. Montage vidéo sur les Herbiers de la Baie des Soeurs, <https://youtu.be/uxFMUsrcQjPA>
8. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides) et Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique (GRIL), 2012. Protocole de suivi du périphyton, Québec, MDDEP, Direction du suivi de l'état de l'environnement et CRE Laurentides, ISBN 978-2-550-62477-6 (PDF), 33 p.
9. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Indice de qualité de la bande riveraine:
https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/index.htm
10. Ministère du développement durable, environnement, faune et parc «Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac.»
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/Guide-eval-bacteriologique-eau-lac.pdf>
11. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, «*Programme Environnement-Plage Guide d'application.*» [En ligne], URL: <http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/Guide-application.pdf>
12. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, RSVL, Document de soutien au protocole de caractérisation de la bande riveraine (2009), <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/doc-soutien-bande-riv.pdf>

13. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, RSVL, <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/relais/index.asp>
14. Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/guide-interpretationPPRLPI.pdf>
15. Québec Vert, Bandes riveraine, Plantation et entretien pour une restauration durable,
<http://banderiveraine.org/nous-joindre/>
16. Rapport de 1989; Mémoire spécifique de l'association pour la protection du Lac des Seize-Iles concernant certains cours d'eau et milieux humides.
17. RSVL, Protocole de caractérisation de la bande riveraine
[Protocole de caractérisation de la bande riveraine](#)
18. SIMARD, A., 2004. « Portrait global de la qualité de l'eau des principales rivières du Québec », dans le site ministère de l'Environnement du gouvernement du Québec, [En ligne]. www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/global-2004/index.htm.
19. Ville de Mont-Tremblant, Plan climat, présentation 2021-2025,
https://www.villedemont-tremblant.qc.ca/public_upload/files/ville/plans-politiques/VMT-PlanClimatPresentationC.pdf?v=70341&fbclid=IwAR0LV9ARISY6frr-VHWdocs83heex2IL-lvwA7-gWUM6FKQaHiLcnem5sAA
20. Wehr, John & Sheath, Robert & Kociolek, Patrick. (2015). Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification.

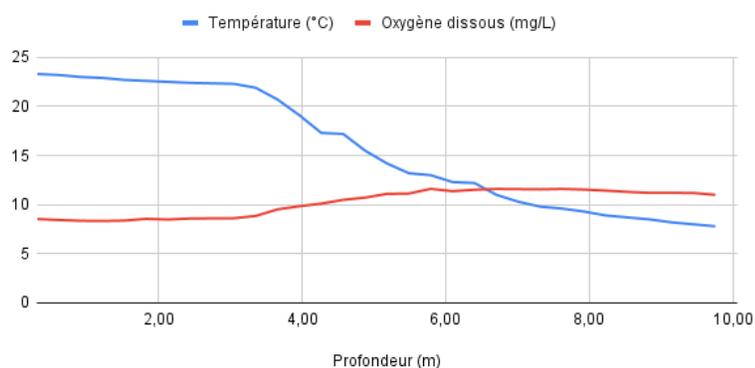
Annexe 1: Numérotation des sites échantillonnés entre 2020 et 2022



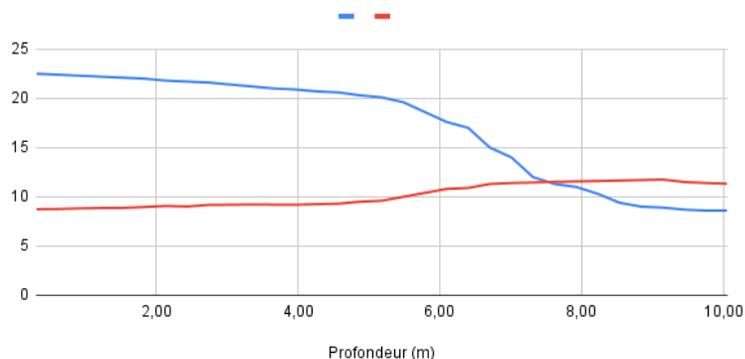
Annexe 2 : Profil de température et d'oxygène au lac des Seize-Îles en 2021 et 2022

Profil de température et d'oxygène dissous en fonction de la profondeur, effectué avec une sonde YSI DO200

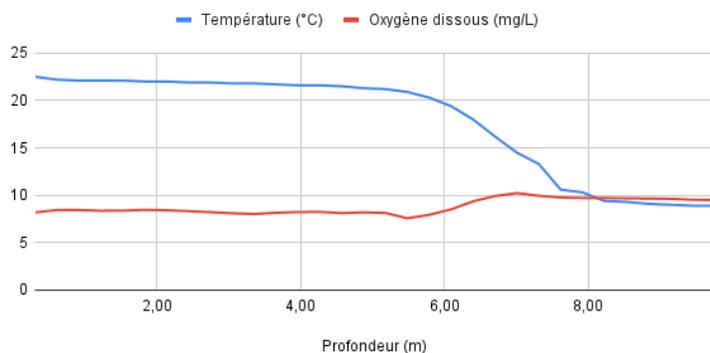
Fosse du lac (Site #10) le 13 juin 2021



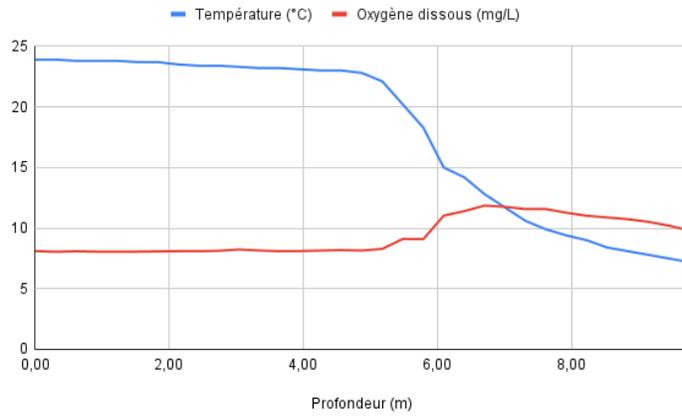
Fosse du lac (Site #10) 12 juillet 2021



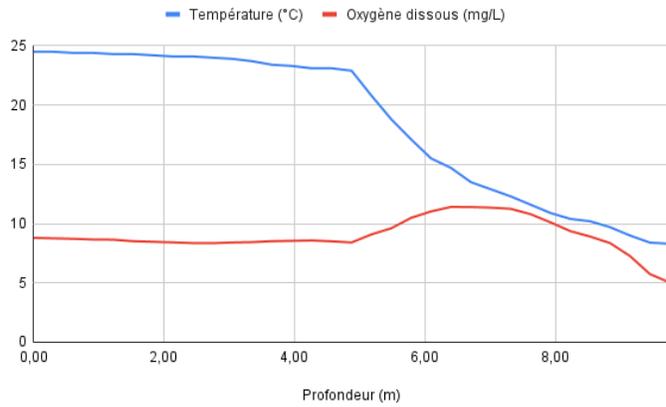
Baie Black (Site #13) 6 août 2021



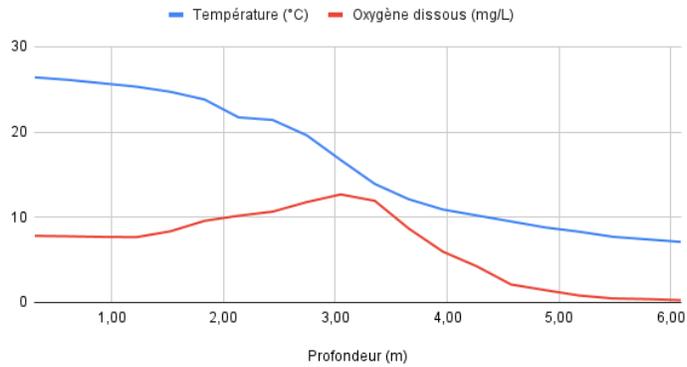
Fosse du lac (Site #10) 6 août 2022



Sortie du lac (Site 15) 6 août 2022

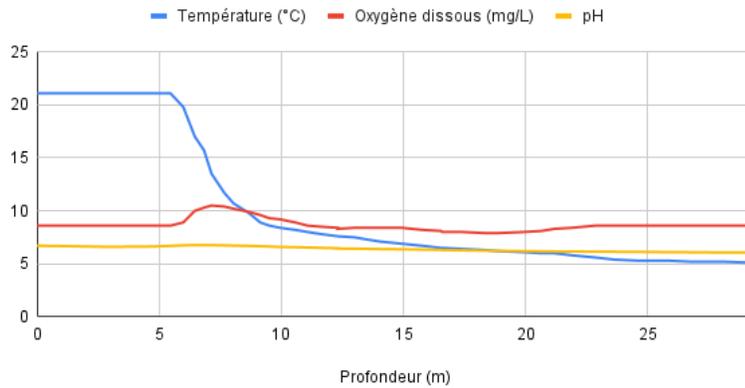


Baie des Soeurs (site #1) 22 juillet 2022

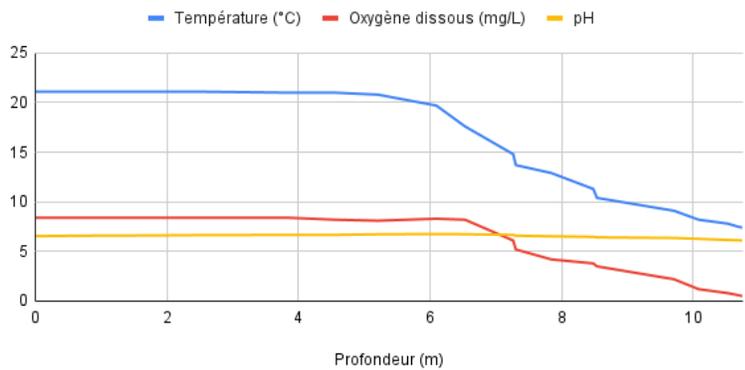


Profil de température, de pH et d'oxygène dissous en fonction de la profondeur, effectué avec une sonde YSI PRO DSS

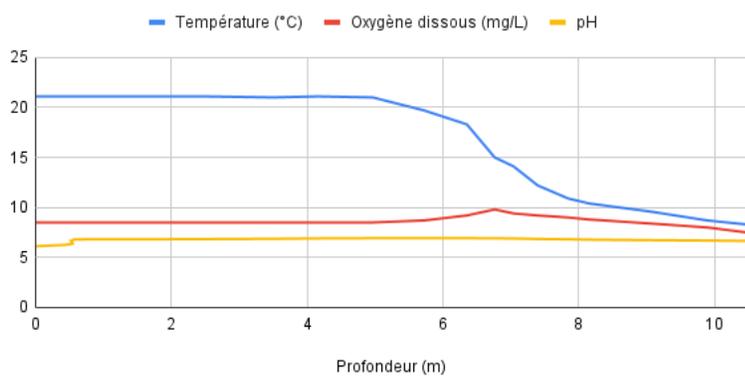
Fosse du lac (Site #10) 6 septembre 2021



Sortie du lac (Site 15) 6 septembre 2021

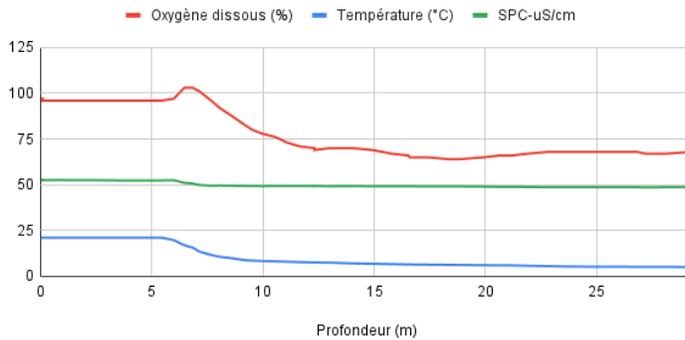


Baie Black (Site #13) 6 septembre 2021

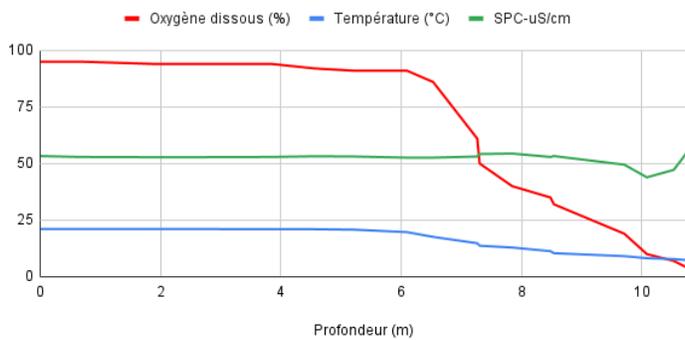


Profil de température, d'oxygène dissous et de conductivité en fonction de la profondeur, effectué avec une sonde YSI PRO DSS

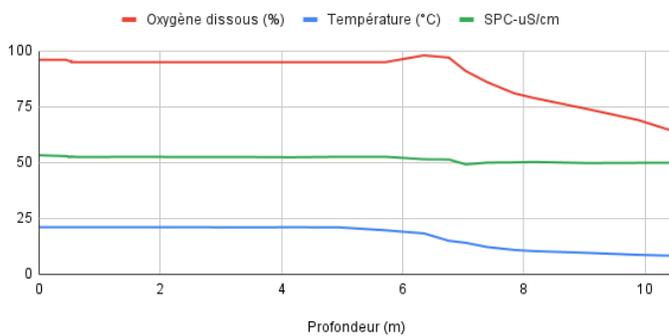
Fosse du lac (Site #10) 6 septembre 2021



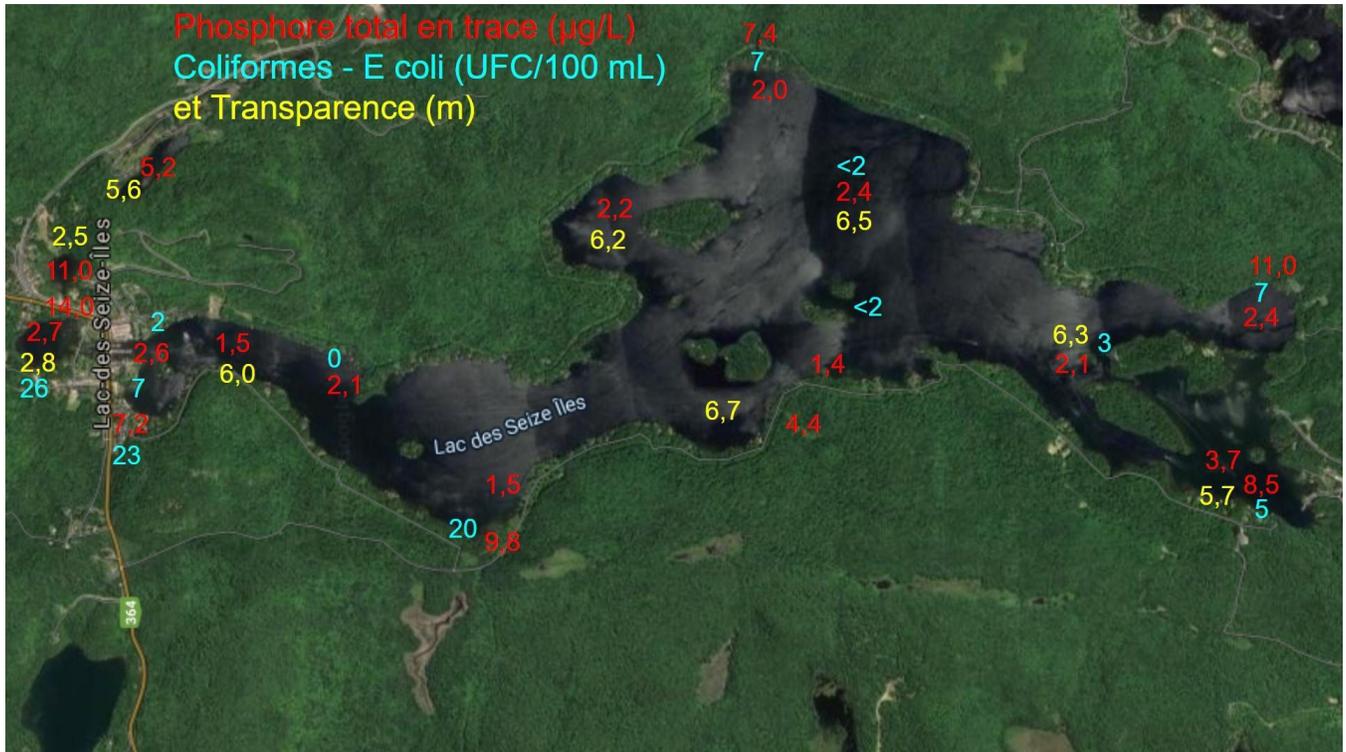
Sortie du lac (Site 15) 6 septembre 2021



Baie Black (Site #13) 6 septembre 2021

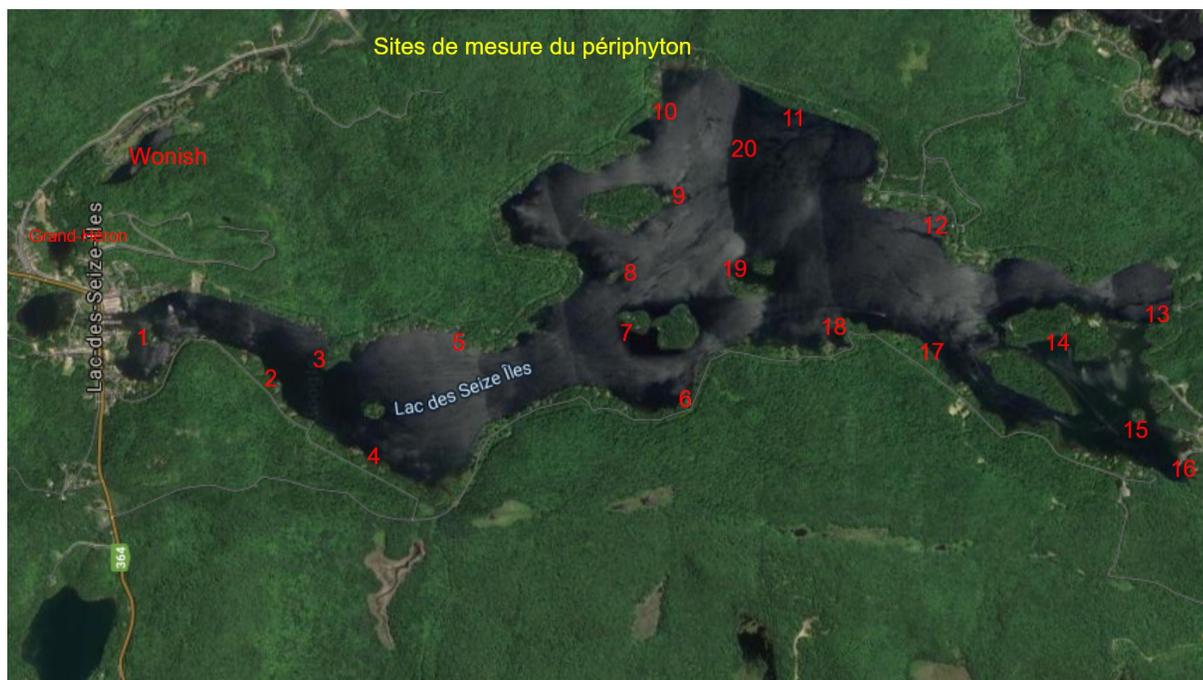


Annexe 3 : Sommaire des résultats selon les sites d'échantillonnage



Annexe 4 : Mesures du périphyton

Sites de mesure de périphyton pour les années 2020 à 2022



Les coordonnées géographiques de chaque site de mesure se trouvent dans le chiffrier envoyé au RSVL à chaque année.

Extrait des mesures de périphyton pour l'année 2020

Site #1											Moyenne
2	1	2	3	3	2	1	2	2	1		2
1	1	2	5	1	4	1	1	1	2		2
2	2	2	3	2	3	1	4	1	1		2
Site # 2										Moyenne Site #1	1,967mm
1	2	1	3	3	2	1	5	2	1		2
1	2	1	3	2	3	1	3	2	1		2
1	3	2	2	3	1	1	5	1	2		2
Site#3										Moyenne Site #2	2,033mm

N.B. Les mesures et observations complètes se retrouvent dans le chiffrier fourni par le ministère. Celui-ci a été transmis au RSVL par la municipalité.

Annexe 6 : résultats pour la caractérisation des bandes riveraines par section du lac.

Figure 37 : Partie Nord du lac pour la caractérisation des bandes riveraines. Ce qui est considéré comme la côte de la rive Est est soulignée en Jaune et la côte de la rive Ouest est soulignée en rouge.



Figure 38 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine pour la partie Nord du lac, côte de la rive ouest (en jaune sur la figure 1)

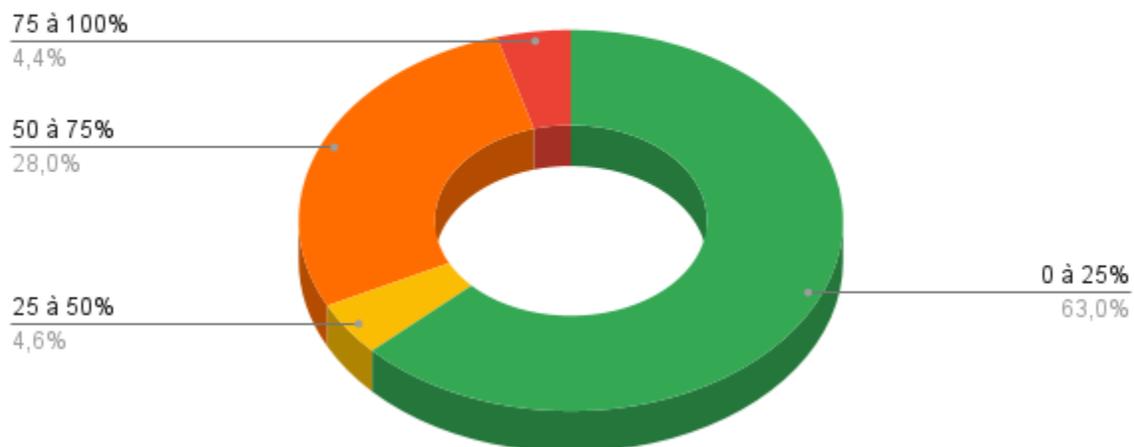


Figure 39 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine pour la partie Nord du lac, côte de la rive est (en rouge sur la figure 1)

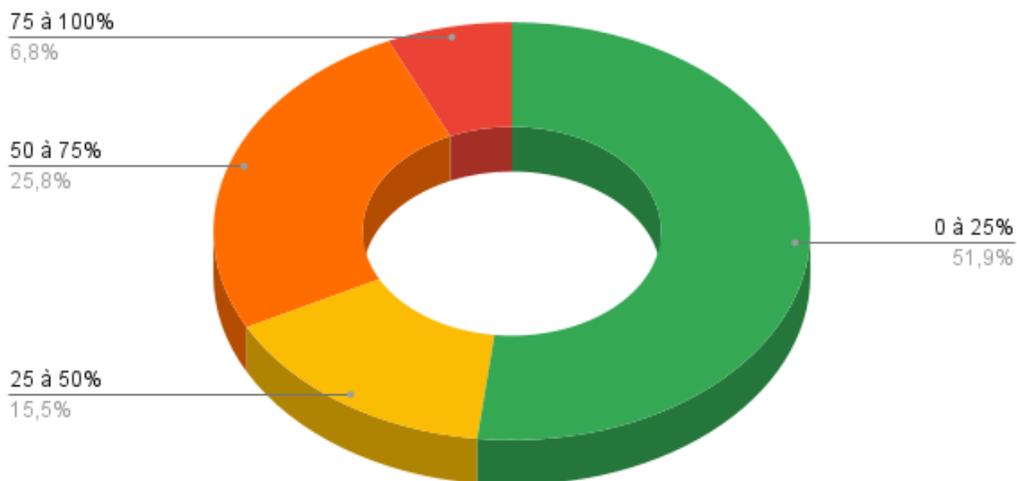


Figure 40 : Partie Sud du lac pour la caractérisation des bandes riveraines. Ce qui a été intégré à la côte de la rive Est est soulignée en Jaune et ce qui a été intégré à la côte de la rive Ouest est soulignée en rouge.



Figure 41 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine Partie Sud du lac, côtes de la rive Ouest du lac, incluant les îles (en jaune sur la figure 4).

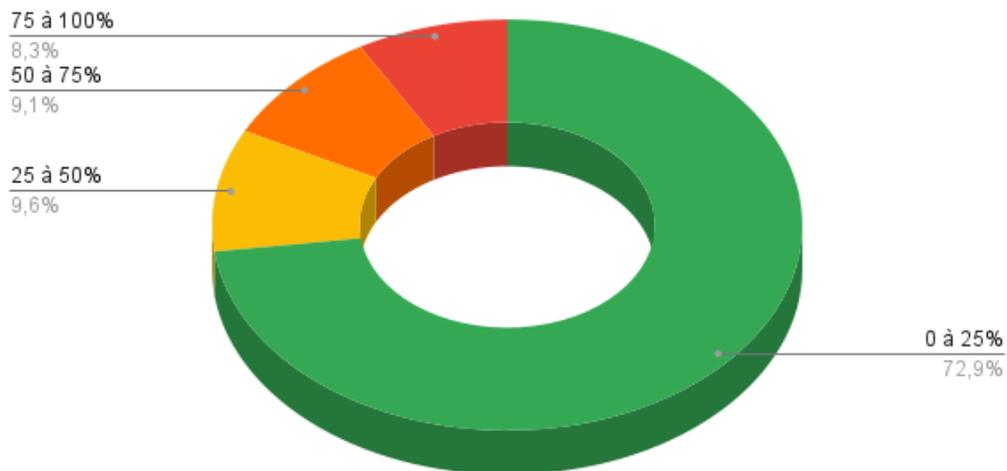
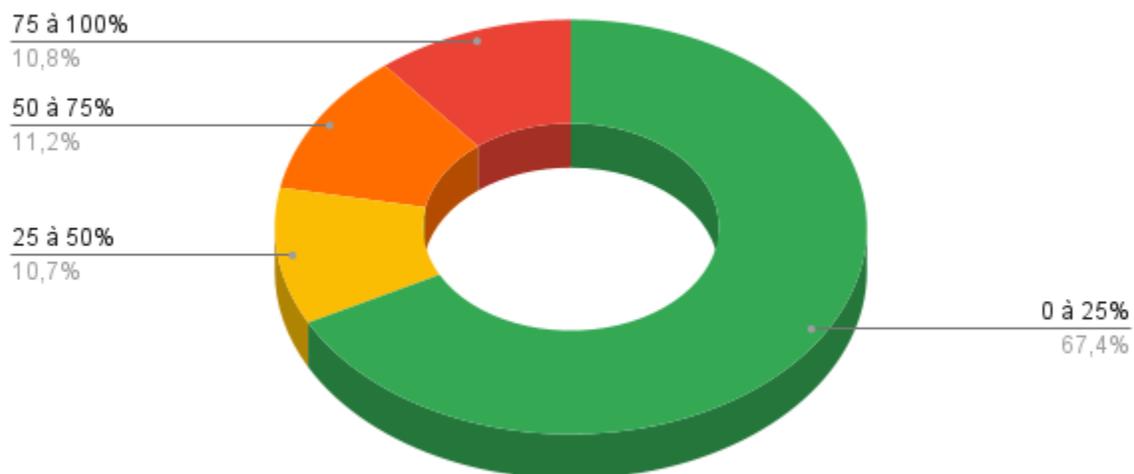
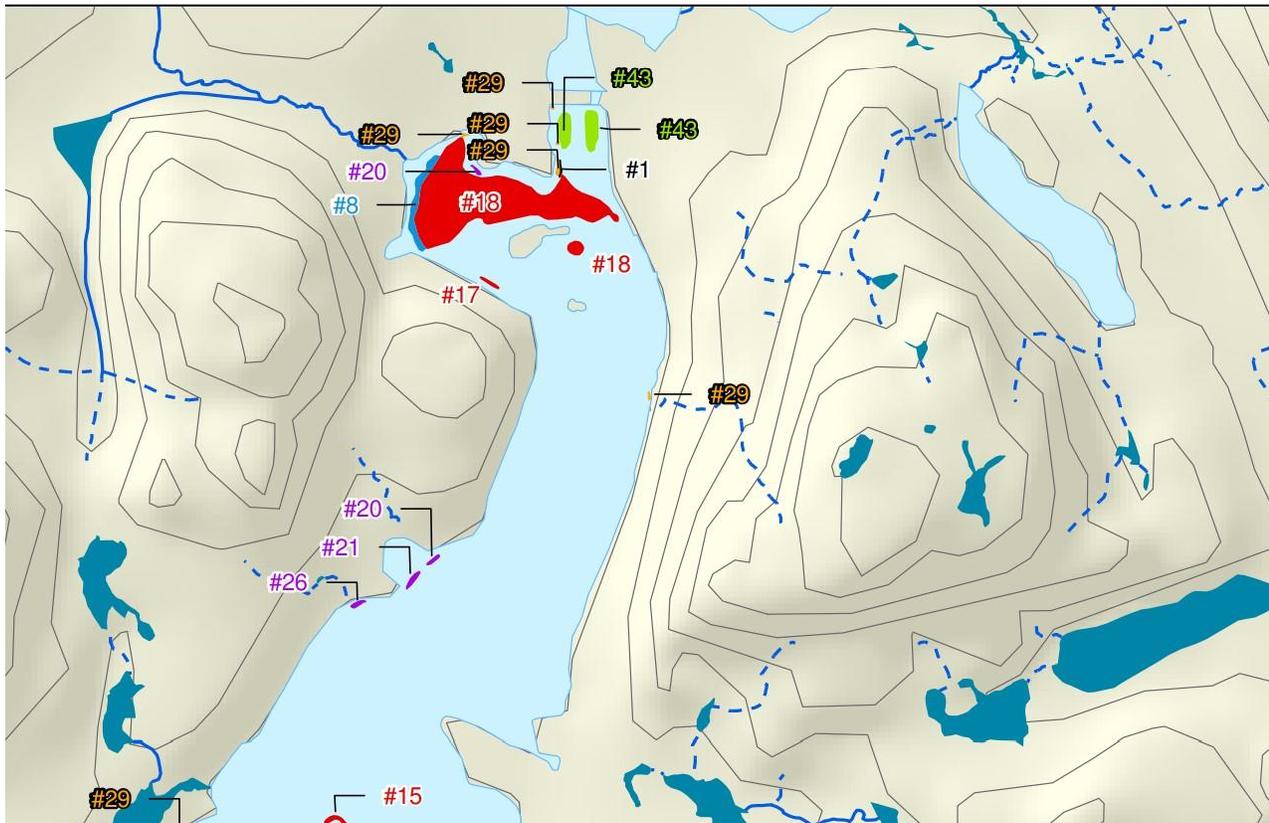


Figure 42 : Pourcentage de dégradation de la bande riveraine partie Sud du lac, côtes de la rive Est du lac, incluant les îles (en rouge sur la figure 4).



Annexe 7 : Carte des herbiers aquatiques

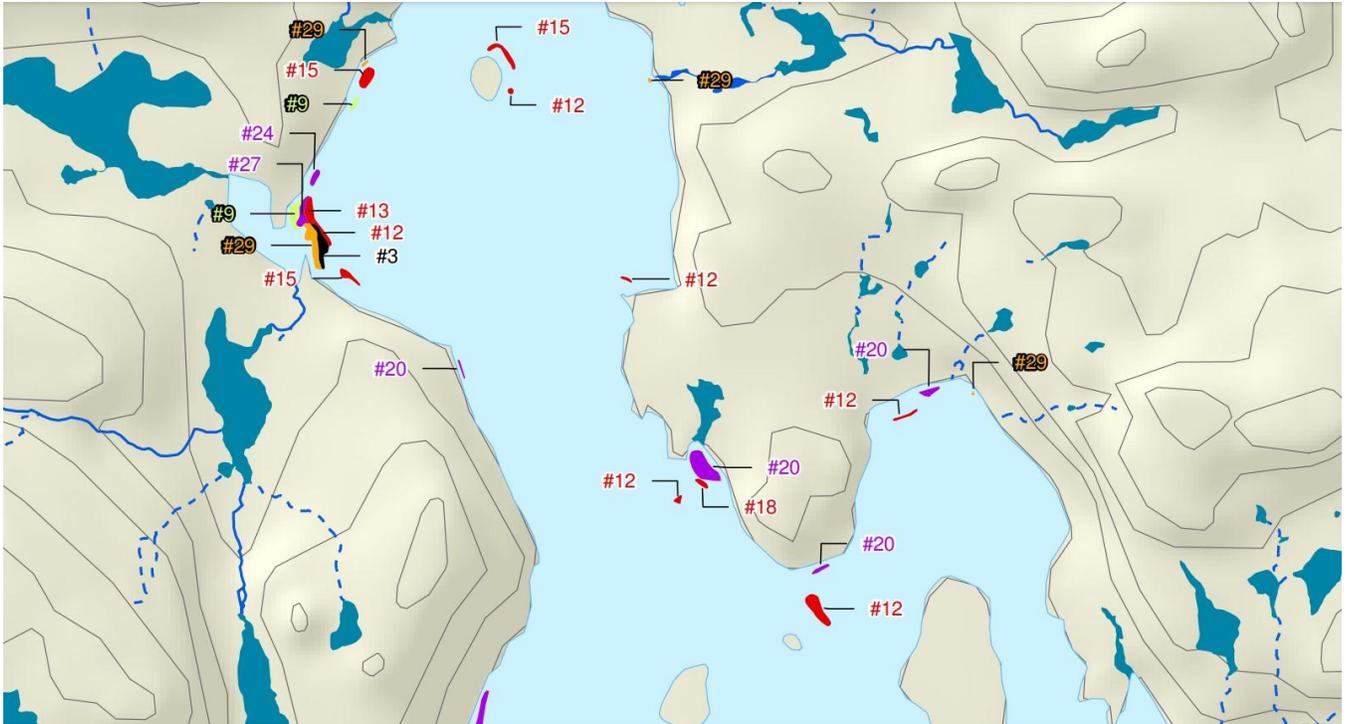
Carte 1 : Herbiers aquatiques de la partie nord du lac en 2011



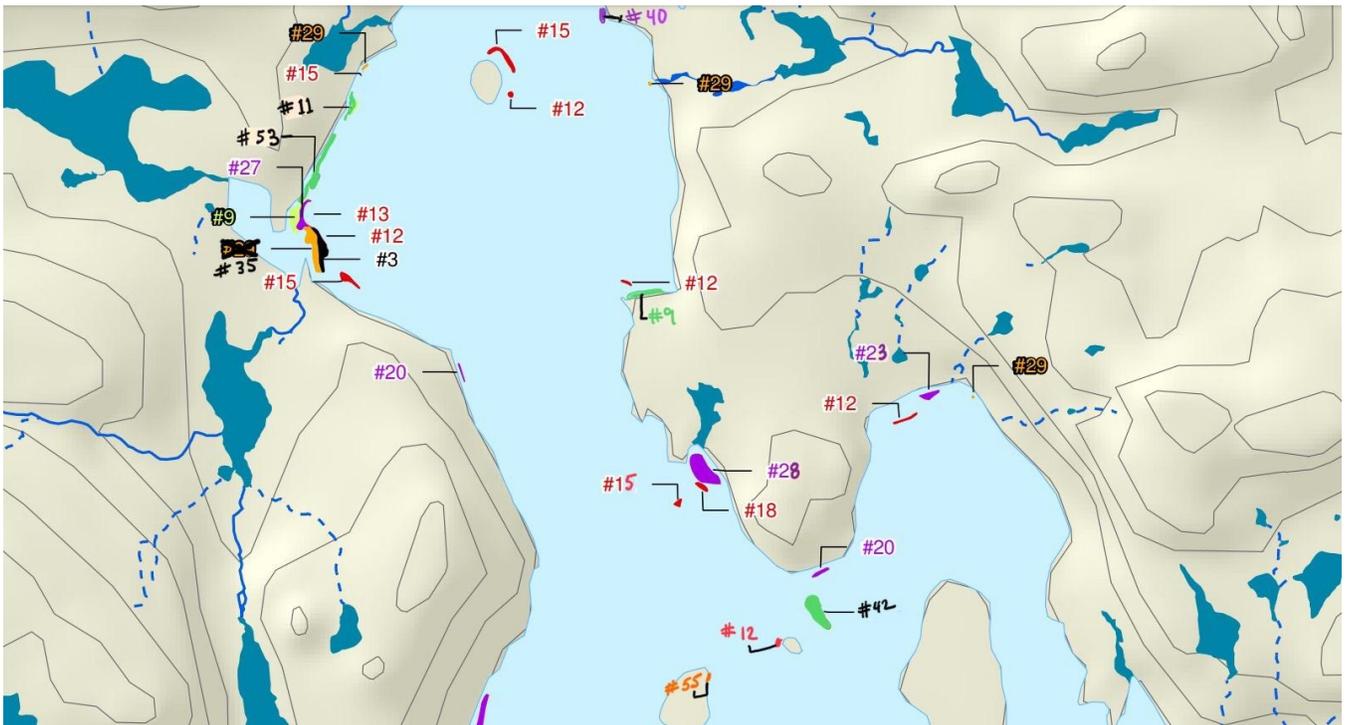
Carte 2 : Herbiers aquatiques de la partie nord du lac en 2022



Carte 3 : Herbiers aquatiques partie 2 en 2011



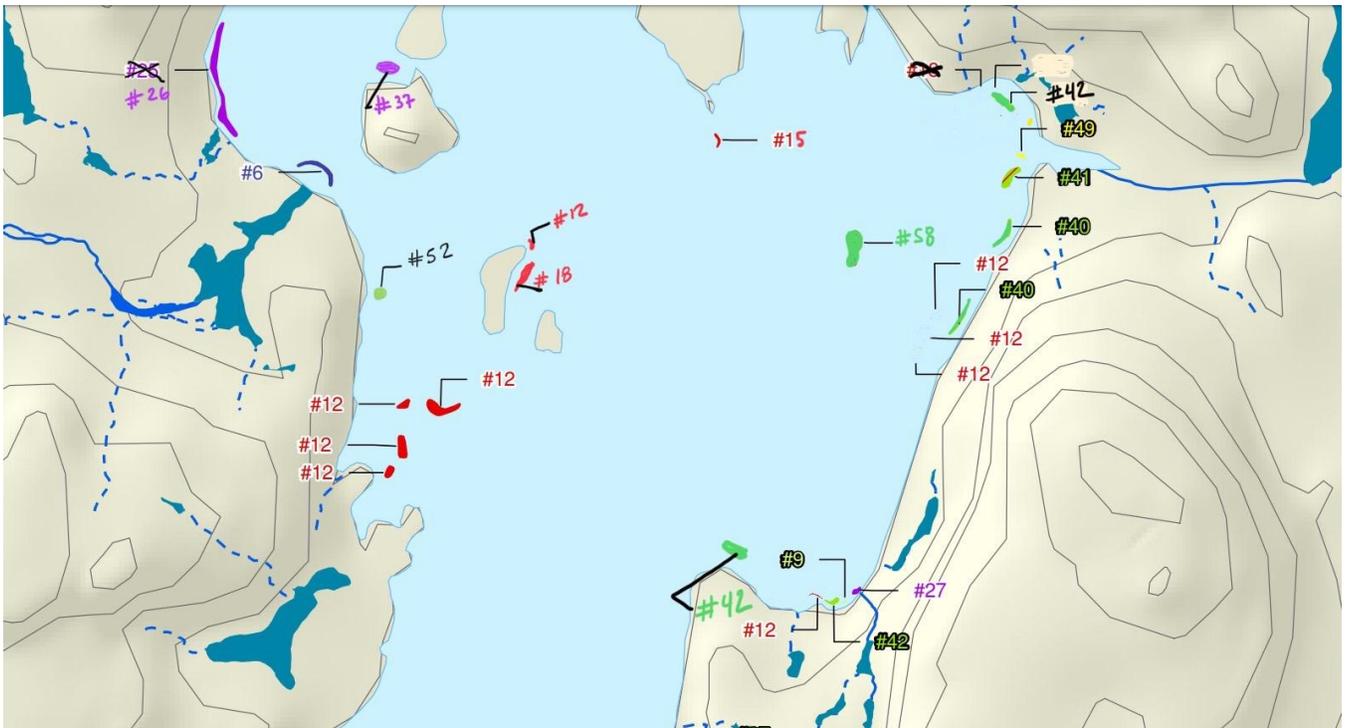
Carte 4 : Herbiers aquatiques partie 2 en 2022



Carte 5 : Herbiers aquatiques partie 3 en 2011



Cartes 6 : Herbiers aquatiques partie 3 en 2022



Annexe 8 : Compositions des herbiers aquatiques répertoriés

Tableau 10 : Espèces dominantes et secondaires composant chacun des herbiers aquatiques du Lac des Seize-Îles et de la Baie des Soeurs¹⁵

	Espèce dominante	1ère espèce accompagnatrice	2e espèce accompagnatrice
#1	Brasenia schreberi		
#2	Brasenia schreberi	Eriocaulon aquaticum	
#3	Brasenia schreberi	Nymphaea odorata	Potamogeton amplifolius
#4	Brasenia schreberi	Pontedaria cordata	
#5	Brasenia schreberi	Potamogeton sp	
#6	Chara		
#7	Elodae canadensis	Potamogeton amplifolius	
#8	Elodae canadensis	Potamogeton robbinsii	
#9	Eriocaulon aquaticum		
#10	Eriocaulon aquaticum	Brasenia schreberi	
#11	Eriocaulon aquaticum	Nymphaea odorata	
#12	Myriophyllum spicatum		
#13	Myriophyllum spicatum	Elodae canadensis	Potamogeton amplifolius
#14	Myriophyllum spicatum	Nymphaea odorata	Brasenia schreberi
#15	Myriophyllum spicatum	Potamogeton amplifolius	
#16	Myriophyllum spicatum	Potamogeton amplifolius	Elodae canadensis
#17	Myriophyllum spicatum	Potamogeton gramineus	
#18	Myriophyllum spicatum	Potamogeton richardsonii	
#19	Myriophyllum spicatum	Potamogeton sp	
#20	Nymphaea odorata		

¹⁵ Tirée et modifié à partir du rapport de Biofilia de 2012

#21	Nymphaea odorata	Brasenia schreberi	
#22	Nymphaea odorata	Brasenia schreberi	Myriophyllum spicatum
#23	Nymphaea odorata	Eriocaulon aquaticum	
#24	Nymphaea odorata	Eriocaulon aquaticum	Brasenia schreberi
#25	Nymphaea odorata	Pontedaria cordata	
#26	Nymphaea odorata	Pontedaria cordata	Potamogeton richardsonii
#27	Nymphaea odorata	Potamogeton amplifolius	
#28	Nymphaea odorata	Potamogeton sp	
#29	Pontedaria cordata		
#30	Pontedaria cordata	Myriophyllum spicatum	Potamogeton sp
#31	Pontedaria cordata	Nymphaea odorata	
#32	Pontedaria cordata	Nymphaea odorata	Brasenia schreberi
#33	Pontedaria cordata	Nymphaea odorata	Eriocaulon aquaticum
#34	Pontedaria cordata	Nymphaea odorata	Sparganium fluctuans
#35	Pontedaria cordata	Sparganium fluctuans	
#36	Pontedaria cordata	Typha latifolia	
#37	Potamogeton amplifolius		
#38	Potamogeton amplifolius	Myriophyllum spicatum	
#39	Potamogeton natans		
#40	Potamogeton richardsonii		
#41	Potamogeton richardsonii	Myriophyllum spicatum	Potamogeton amplifolius
#42	Potamogeton richardsonii	Potamogeton gramineus	
#43	Potamogeton robbinsii	Chara	Scirpus subterminalis
#44	Potamogeton sp		
#45	Potamogeton sp	Brasenia schreberi	Myriophyllum spicatum
#46	Potamogeton sp	Myriophyllum spicatum	

#47	Potamogeton sp	Nymphaea odorata	
#48	Scirpus subterminalis		
#49	Sparganium fluctuans		
#50	Typha latifolia		
#51	Typha latifolia	Pontedaria cordata	
#52	Potamogeton richardsonii	Potamogeton robbinsii	Myriophyllum spicatum
#53	Eriocaulon aquaticum	Nymphaea odorata	Pontedaria cordata
#54	Nymphaea odorata	Brasenia schreberi	Potamogeton richardsonii
#55	Lobelia dortmanna		
#56	Nymphaea odorata	Potamogeton sp.	Utricularia sp.
#57	Brasenia schreberi	Potamogeton natans	
#58	Potamogeton gramineus	Potamogeton amplifolius	Potamogeton sp.
#59	Eleocharis sp.		
#60	Utricularia sp.	Pontedaria cordata	Potamogeton amplifolius

Une vidéo en ligne permet aussi de voir des images des principaux herbiers.

Pour le lac des Seize-Îles

<https://youtu.be/Y1BLGmFThu8>

Pour la Baie des Soeurs et le passage des grenouilles

<https://youtu.be/uxFMUsrQjPA>

Annexe 9 : Identification du plancton de 2020 à 2022

Les signes ajoutés à côté d'une espèce ou du genre, indiquent la présence d'une quantité significative.

++ indiquent une quantité très importante. +++ indiquent une dominance de l'espèce.

Verticale : le filet a été descendu à 12 mètres et remonté rapidement à la verticale.

Horizontale : le filet est tiré à la surface de l'eau à vitesse faible sur une distance de 30 mètres.

Des images sont disponibles sur demande pour l'identification (sylvain.miller@hotmail.ca).

2020

8 Novembre Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10 secchi 7,1 m

45°53'44.1"N 74°27'39.2"W

Cladocères : Sida crystallina, Daphnies++ (Daphnia mendotea, Catawba et longiremis), bosmina longirostris+, holopedium+

Copépodes : Cyclopoïdes+, calanoides+ et nauplius

Rotifères : Conochilus unicornis, Kellicottia, keratella cochlearis, Asplancha, polyarthra

Algues :

Cyanobactéries : Aphanothece, aphanocapsa, anabaena

Chrysophytes : Dinobryon++, Synura, Chrysosphaerella, Uroglena, sur les diatomées, mallomonas

Diatomées : Synedra, Tabellaria+++, Asterionella+++

Chlorophyceae (vertes) : staurastrum

Dinoflagellés : Peridinium

Cryptomonad

Ciliés sur asterionella

Dépôt à la surface (anabaena)

26 Septembre Lac des Seize-îles, verticale 80 µm Site #10

45°53'44.1"N 74°27'39.2"W

Cladocères : Sida crystallina++, Daphnies+ (Daphnia mendotea), bosmina longirostris, Diaphanosoma birgei, holopedium+, Leptodora

Copépodes : Cyclopoïdes+, calanoides+ et nauplius

Rotifères : Conochilus unicornis, Kellicottia, keratella, Asplancha, Collotheca pelagica, polyarthra

Algues : Cyanobactéries : Anabaena+ (avec ciliés), Aphanothece+, Aphanocapsa++

Chrysophytes : Dinobryon++, Synura+, Chrysosphaerella+, Uroglena, sur les diatomées

Diatomées : Synedra, Tabellaria+++, Asterionella+++

Chlorophyceae (vertes) : i4723

Dinoflagellés : Ceratium

20 Août Lac des Seize-îles, Baie des Soeurs, verticale 80 µm Site #1

45°55'34.1"N 74°28'06.8"W

Bloom Chrysosphaerella

Insectes : Chaoborus

Cladocères : Daphnies++ (Daphnia mendotea et parvula?), Diaphanosoma birgei

Copépodes : Cyclopoïdes+, calanoïdes + et nauplius (peu nombreux)

Rotifères : Keratella crassa, Kellicottia bostoniensis, polyarthra, filinia

Algues :

Cyanobactéries : Anabaena (avec ciliés), Woronichinia, Gloeotrichia, Microcystis

Chrysophytes : Chrysosphaerella+++ , Dinobryon++, Uroglena, mallomonas,

Diatomées : Asterionella

Chlorophyceae (vertes) : Staurastrum

Dinoflagellés : Ceratium++

12 Août Lac des Seize-iles, verticale 50 µm Site #8

45°54'04.0"N 74°27'57.5"W

Cladocères : Daphnies (Daphnia mendotea), Sida crystallina, bosmina longirostris, Diaphanosoma birgei, holopedium, Leptodora

Copépodes : Cyclopoïdes+, calanoïdes + et nauplius

Rotifères : Conochilus unicornis, Collotheca pelagica, Ascomorpha ecaudis, polyarthra

Algues dominantes :

Cyanobactéries : Anabaena (avec ciliés)++, Aphanothece++, Gloeotrichia, Woronichinia (i2700)

Chrysophytes : Dinobryon+, , Chrysosphaerella, mallomonas, Uroglena, Chrysophytes (i2698),

Chlorophycées (verte) : (i2638), Staurastrum, Botryococcus

Diatomées : Tabellaria, Synedra, Asterionella, Dinoflagellés : Ceratium

Cryptomonad+

Baie Black 45°52'46.3"N 74°28'01.9"W

Semblable mais moins de cyanobactéries

Synura++, Uroglena++

7 Août Lac Wonish Filet à plancton 50µm descente et remonté verticale 10h30

45°55'19.6"N 74°27'33.3"W

Cladocère: Daphnia longirémis et (laevis ou dubia), Bosmina, Holopedium, Diaphanosoma

Copépodes : Cyclo++ et calanoïde++ 2 espèces (Epischura nordenskiöldi), nauplius

Rotifères : Keratella, Synchaeta, i2355, i2430, gastropus sp.

Algue :

Chrysophytes : Dinobryon+++, Uroglena, Chrysosphaerella, Mallomonas, Synura,

Dinoflagellés : Ceratium

Diatomées : Asterionella + chrysophytes, Tabellaria

7 Août Lac du grand Héron Filet à plancton 50µm descente et remonté verticale 11h30

45°55'30.8"N 74°27'51.4"W

Insectes : Chaoborus

Cladocères: Bosmina, Daphnia ambigua et rosea ?

Copépodes : Cyclo et calanoïde, nauplius

Rotifères : Keratella crassa, Kellicottia bostoniensis

Algue :

Chrysophytes : Dinobryon++, Uroglena, Mallomonas, Uroglenopsis

Dinoflagellés : Ceratium++, (péridinium?)

Cyanobactéries : Woronichinia

Chlorophycées : Desmides

28 Juillet Lac des Seize-îles, verticale Site #15 50 µm

45°52'52.5"N 74°28'31.7"W

Insecte : Chaoborus

Cladocères : Sida crystallina, holopedium, Diaphanosoma birgei, bosmina longirostris, Daphnies (Daphnia pulicaria et mendotea),

Copépodes : Cyclopoïdes++, calanoïdes ++ et nauplius

Rotifères : Conochilus unicornis, Kellicottia longispina, keratella, polyarthra

Algues dominantes :

Chrysophytes : Synura++, Uroglena, mallomonas

Cyanobactéries : Anabaena (avec ciliés), Aphanothece ++

Dinoflagellés : Ceratium

Cryptomonad

Chlorophycés : Staurastrum, Nephrocytium (i1817), Verte (i1823),

Diatomées : Asterionella + Chrysophytes, Diatomées centriques

26 Juillet Lac des Seize-îles, verticale Site #4 50 µm

45°55'10.6"N 74°28'06.8"W

Cladocères : Daphnies (Daphnia mendotae),sida crystallina, Diaphanosoma birgei, holopedium, bosmina longirostris

Copépodes : Cyclopoïdes, calanoïdes et nauplius

Rotifères : Conochilus unicornis, Kellicottia longispina, keratella, Conochiloides

Algues dominantes :

Cyanobactéries : Aphanothece ++, Anabaena (avec ciliés), Microcystis,

Chrysophytes : Synura, Uroglena, Uroglenopsis, Sphaerocystis (i1672), Dinobryon, mallomonas

Chlorophyceae : Staurastrum, botryococcus

Diatomées : Tabellaria

Dinoflagellés : Ceratium

25 Juillet Lac des Seize-îles, Échantillon pris en plongée à 16 pieds puis filtré

45°53'15.2"N 74°28'16.4"W

Cladocères : Daphnies

Copépodes : Cyclopoïdes

Rotifères : Keratella, Kellicottia longispina, Polyarthra

Algues dominantes :

Cyanobactéries : Aphanothece +++, Anabaena (avec ciliés), Rhabdoderma

Chrysophytes : Uroglena

21 Juillet Lac des Seize-îles, verticale 15h30 50 µm

45°53'15.2"N 74°28'16.4"W

Cladocères : Daphnies (*Daphnia mendotae*), *Sida crystallina*, *Diaphanosoma birgei*, *Holopedium*, *Bosmina longirostris*

Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius

Rotifères : *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella*, *Conochiloides*

Algues dominantes :

Cyanobactéries : *Anabaena* (avec ciliés), *Microcystis*

Chrysophytes : *Uroglena*, *Sphaerocystis* (i1672), *Dinobryon*, *Mallomonas*

Diatomées : *Tabellaria*,

Dinoflagellés : *Ceratium*,

Chlorophyceae : *Botryococcus*

12 Juillet Lac des Seize-îles, verticale 18h00 50 mm 4 points

Acarien

Cladocères : Daphnies (*Daphnia mendotae* et *pulicaria*), *Sida crystallina*, *Holopedium*, *Bosmina longirostris*

Copépodes : Cyclopoïdes (*Cyclops scutifer*), calanoides 2 espèces (*Epischura nordenskiöldi*) et nauplius

Rotifères : *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*, *Gastropus stylifer*, *Ascomorpha ecaudis*, *Collotheca pelagica*, *Conochiloides*, *Polyarthra*,

Algues dominantes :

Cyanobactéries : *Microcystis*, *Anabaena* (avec ciliés), *Woronichinia*, *Rhabdoderma*

Chrysophytes : *Uroglena*, *Synura* (colonies défaits) i1478, *Sphaerocystis* (i1459), *Dinobryon*, *Synura*, *Mallomonas*

Diatomées : *Tabellaria*

Dinoflagellés : *Ceratium*

Chlorophyceae : verte i 1450 400x, *Botryococcus*, i9191 200 x, *Micrasteria*

Cryptomonad

16 Juin Lac des Seize-Îles, verticale 18h00 50 mm 45°55'20.9"N 74°28'05.7"W

Cladocères : Daphnies (*Daphnia mendotae* et *pulicaria*), *Sida crystallina*, *Holopedium*, *Bosmina longirostris*, *Leptodora*

Copépodes : Cyclopoïdes (*Cyclops scutifer*), calanoides et nauplius

Rotifères : *Conochilus unicornis*, *Polyarthra*, *Gastropus stylifer*

Algues dominantes :

Chrysophytes : *Uroglena*, *Dinobryon*, *Synura*, *Mallomonas*,

Diatomées : *Asterionella*, *Tabellaria*,

Cyanobactéries : *Anabaena* (avec ciliés), *Microcystis*,

Dinoflagellés : *Ceratium*,

Chlorophytes : verte i 9194 200x, *Botryococcus*, i9191 200 x

Cryptomonad

13 Juin Lac des Seize-îles, du quai 9h30 80 mm 45°55'20.9"N 74°28'05.7"W

Dominants : Bosmina, cyclopoïde
Cladocères : Daphnies (Daphnia mendotae), bosmina longirostris, Holopedium, polyphemus
Copépodes : Cyclopoïdes (Cyclops scutifer), calanoides et nauplius
Rotifères : Conochilus unicornis, kelicottia, (keratella crassa), Trichocerca sp.
Ciliés : frontonia
Algues dominantes :
Chrysophytes : Uroglena, Dinobryon, Synura,
Diatomées : Asterionella, Tabellaria,
Cyanobactéries : Anabaena (avec ciliés), Microcystis
Dinoflagellés : Ceratium

2021

6 Septembre Lac des Seize-îles, Filet à plancton 50µm vertical 10h00 Eau 21°C, Secchi 6,5m, 45°55'19.0"N 74°28'18.7"W (img000-028)

Cladocères : Daphnies (Daphnia Mendotea, Catawba), Sida crystallina, Holopedium
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides 2 espèces (Epischura nordenskiöldi) et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, Polyarthra sp., Keratella sp,
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena avec ciliés+, Aphanothèce+++ , microcystis
Chrysophytes : Mallomonas+, Dinobryon
Diatomées : Asterionella, Synedra
Chlorophyceae (vertes) : Gloeocystis, Staurastrum
Dinoflagellés :

**11 Août Lac des Seize-îles, verticale 50 µm 17h00
45°53'52.0"N 74°27'53.1"W**

Cladocères : Daphnies (Daphnia Catawba, Mendotea+), Holopedium, bosmina longirostris, Sida crystallina, Diaphanosoma
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Conochilus hippocrepsis, Keratella, Kellicottia
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena avec ciliés++, Aphanothèce+++ , Gloeotrichia
Chrysophytes : Mallomonas, Synedra, Dinobryon, Amibes sur tabellaria
Diatomées : Centriques, Synedra, Tabellaria
Chlorophyceae (vertes) : Gloeocystis, Staurastrum, Crucigenia, botryococcus
Dinoflagellés :

**29 Juillet Lac des Seize-îles, Baie black, verticale 50 µm 10h00
45°52'44.4"N 74°28'02.5"W**

Cladocères : Daphnies (Daphnia Catawba, Mendotea), Holopedium, bosmina longirostris, Sida crystallina
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Conochilus hippocrepis, Polyarthra
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena avec ciliés, Aphanothece++
Chrysophytes :
Diatomées :
Chlorophyceae (vertes) :
Dinoflagellés :

**29 Juillet Lac des Seize-îles, Baie Hammond, verticale et trainé 50 µm
45°55'18.7"N 74°28'17.4"W**

Arrachage de myriophylle la veille (beaucoup de sédiments en suspension)
Cladocères : Daphnies (Daphnia mendotea), Bosmina+++
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Polyarthra++, Synchaeta
Algues :
Chlorophyceae (vertes) : Sphaerocystis+, Staurastrum
Chrysophytes : Chrysosphaerella++, Dinobryon, Mallomonas, Uroglenopsis, amiboïde sur chlorophycée
Diatomées : Tabellaria, Synedra, centrique
Dinoflagellés : Ceratium
Cyanobactéries : Anabaena + ciliés, Aphanothèce
Planaire

**22 Juillet Lac des Seize-îles, Baie des Soeurs, verticale et trainé 50 µm Site #1
45°55'34.1"N 74°28'06.8"W**

Bloom Dinobryon
Cladocères : Daphnies++ (Daphnia mendotea et parvula?), Diaphanosoma birgei, Ceriodaphnia
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Keratella crassa, Gastropus hyptopus, Kellicottia, polyarthra
Algues :
Chrysophytes : Chrysosphaerella++, Dinobryon++++, Mallomonas
Diatomées : Asterionella,
Dinoflagellés : Ceratium, Peridinium

**22 Juillet Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10, 14h00
45°53'28.3"N 74°27'58.9"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia Catawba, Mendotea), Holopedium, bosmina longirostris, Sida crystallina
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, Conochilus longicornis, Polyarthra
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena avec ciliés, Aphanothece++, Microcystis

Chrysophytes : Mallomonas, Dinobryon
Diatomées : Asterionella, sphérique, Synedra
Chlorophyceae (vertes) : Chlorococcum ?, Sphaerocystis, Crucigenia
Dinoflagellés : Ceratium
Cryptomonad : Présentes

**12 Juillet Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10, 14h00, Secchi 7,5 m
45°53'28.3"N 74°27'58.9"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia Catawba, Mendotea), Holopedium++, bosmina longirostris, Sida crystallina
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, Conochilus longicornis+, Polyarthra, Collotheca mutabilis
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena avec ciliés, Aphanothece
Chrysophytes : Mallomonas
Diatomées : Tabellaria, Asterionella, sphérique+, Synedra
Chlorophyceae (vertes) : Chlorococcum ?, Sphaerocystis, Staurastrum, Crucigenia
Dinoflagellés : Ceratium
Cryptomonad : Présentes

**13 Juin Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10, 14h00, Secchi 7,5 m
45°53'44.1"N 74°27'39.2"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia longiremis? et Catawba, Mendotea, Holopedium++, bosmina longirostris,
Copépodes : Cyclopoïdes+, calanoides et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, Conochilus longicornis, Polyarthra,
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena (rare petites colonies)
Chrysophytes : Dinobryon, Uroglena, Chrysophytes sur diatomées (Epipyxis)
Diatomées : Tabellaria, Asterionella+++ , sphérique+++ , Synedra
Chlorophyceae (vertes) : Botryococcus, Staurastrum, pediastrum
Dinoflagellés : Ceratium
Cryptomonad : Présentes

**24 Mai Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10, 11h30, Secchi 6,5 m, 5,5 m site #15
45°53'44.1"N 74°27'39.2"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia longiremis? et pulicaria/Catawba (hybride?), bosmina longirostris, holopedium
Copépodes : Cyclopoïdes+, calanoides et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, keratella cochlearis, Asplancha sp.
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena (rare petites colonies)
Chrysophytes : Dinobryon, Chrysosphaera, Mallomonas, Uroglena
Diatomées : Tabellaria, Asterionella+++ , sphérique, Synedra

Chlorophyceae (vertes) : Botryococcus, Staurastrum
Dinoflagellés : Peridinium+, Ceratium
Cryptomonad : Présentes
Pollen

**24 Avril Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10, 15h00, Secchi 6,0 m
45°53'44.1"N 74°27'39.2"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia longiremis et pulicaria/Catawba (hybride?), bosmina longirostris+, holopedium (2 larves)
Copépodes : Cyclopoïdes+++ , calanoides+ et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, Conochilus unicornis, keratella cochlearis, Asplancha sp.
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena (rare petites colonies)
Chrysophytes : Chrysosphaerella, Dinobryon, Synura, Mallomonas
Diatomées : Tabellaria, Asterionella+++
Chlorophyceae (vertes) : Sphaerocystis
Dinoflagellés : Peridinium+
Cryptomonad

2022

**15 Septembre Lac des Seize-îles, Filet à plancton 50µm vertical 15h30 Eau 20°C 45°53'42.6"N
74°27'28.5"W**

Cladocères : Daphnies (Daphnia Mendotea, Catawba), Sida crystallina, Holopedium gibberum, Bosmina longirostris), Diaphanosoma birgei
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides 2 espèces (Epischura nordenskiöldi) et nauplius
Rotifères : Conochilus, Kellicottia longispina, Keratella sp, Gastropus stylifer
Algues :
Cyanobactéries : Anabaena+, Aphanothèce+, Aphanocapsa+
Chrysophytes : Synura+++ , Dinobryon, Chrysosphaerella
Diatomées : Asterionella
Chlorophyceae (vertes) : Crucigenia
Dinoflagellés : absents

**7 Août Lac des Seize-îles, 12h30, verticale 50 µm Pointe de l'église
45°54'51.9"N 74°28'24.1"W**

Cladocères : Sida crystallina++, Daphnies+ (Daphnia mendotea et pulicaria), Holopedium gibberum, Bosmina longirostris, Diaphanosoma birgei
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Chonochillus, Keratella sp., Kellicottia, polyarthra, Gastropus stylifer
Algues :
Chrysophytes : Synura+++ , Uroglena, Mallomonas
Diatomées : Asterionella, Tabellaria, Centrique
Dinoflagellés :

Chlorophytes : Crucigenia, Sphaerocystis, Staurastrum, Botryococcus
Cyanobactéries : Anabaena, Aphanothece+++, Aphanocapsa, Rhabdoderma
Cryptomonad : Présentes

**22 Juillet Lac des Seize-îles, Baie des Soeurs, 14h00, verticale 50 µm Site #1
45°55'34.1"N 74°28'06.8"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia mendotea et parvula?), Diaphanosoma birgei
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Keratella sp., Kellicottia
Algues :
Chrysophytes : Chrysosphaerella+++, Dinobryon++
Diatomées : Asterionella, épiphytes sur copépode
Dinoflagellés : Ceratium+++, Peridinium

**6 Juillet Lac des Seize-îles, verticale 50 µm Site #10, 11h00
45°53'28.3"N 74°27'58.9"W**

Cladocères : Daphnies+ (Daphnia Catawba, Mendotea), Holopedium++, bosmina longirostris, Sida
crystallina
Copépodes : Cyclopoïdes, calanoides et nauplius
Rotifères : Kellicottia longispina, Conochilus unicornis, Polyarthra+, Gastropus Stylifer+,
Algues :
Cyanobactéries : Aphanothece, aphanocapsa
Chrysophytes : Uroglena+++, synura++, Mallomonas
Diatomées : Tabellaria, Asterionella avec amiboïdes, sphérique+
Chlorophyceae (vertes) : Chlorococcum ?, Sphaerocystis, Staurastrum
Dinoflagellés : Ceratium
Cryptomonad : NON

Annexe 10 : Séquences vidéo se rapportant au rapport

Deux vidéos en ligne permettent de voir des images des principaux herbiers.

Pour le lac des Seize-Îles

<https://youtu.be/Y1BLGmFThu8>

Pour la Baie des Soeurs et le passage des grenouilles

<https://youtu.be/uxFMUsrQjPA>

Nous avons créé un mini reportage à partir d'images prises au lac entre Juin 2017 et novembre 2020. Presque toutes les images ont été prises au lac des Seize-Îles ou à partir d'échantillons prélevés dans le lac. Certaines séquences peuvent être pertinentes pour illustrer des observations discutées dans ce rapport.

La vidéo est disponible sur YouTube en suivant ce lien: <https://youtu.be/NugCxFBoECg>

On y trouve les exemples suivants:

Plantes émergentes : 1 minute à 2 min 16

Un affluent important : 2 min 50

Mesure du périphyton : 7 min 45

Plantes submergées : 9 min 06

Phytoplancton à la thermocline : 10 min 25

Plancton en général: 10 min 55

Zooplancton : 11 min 25

Chrysophytes (phytoplancton): 13 min 25

Cyanobactéries (phytoplancton): 14 min : 23