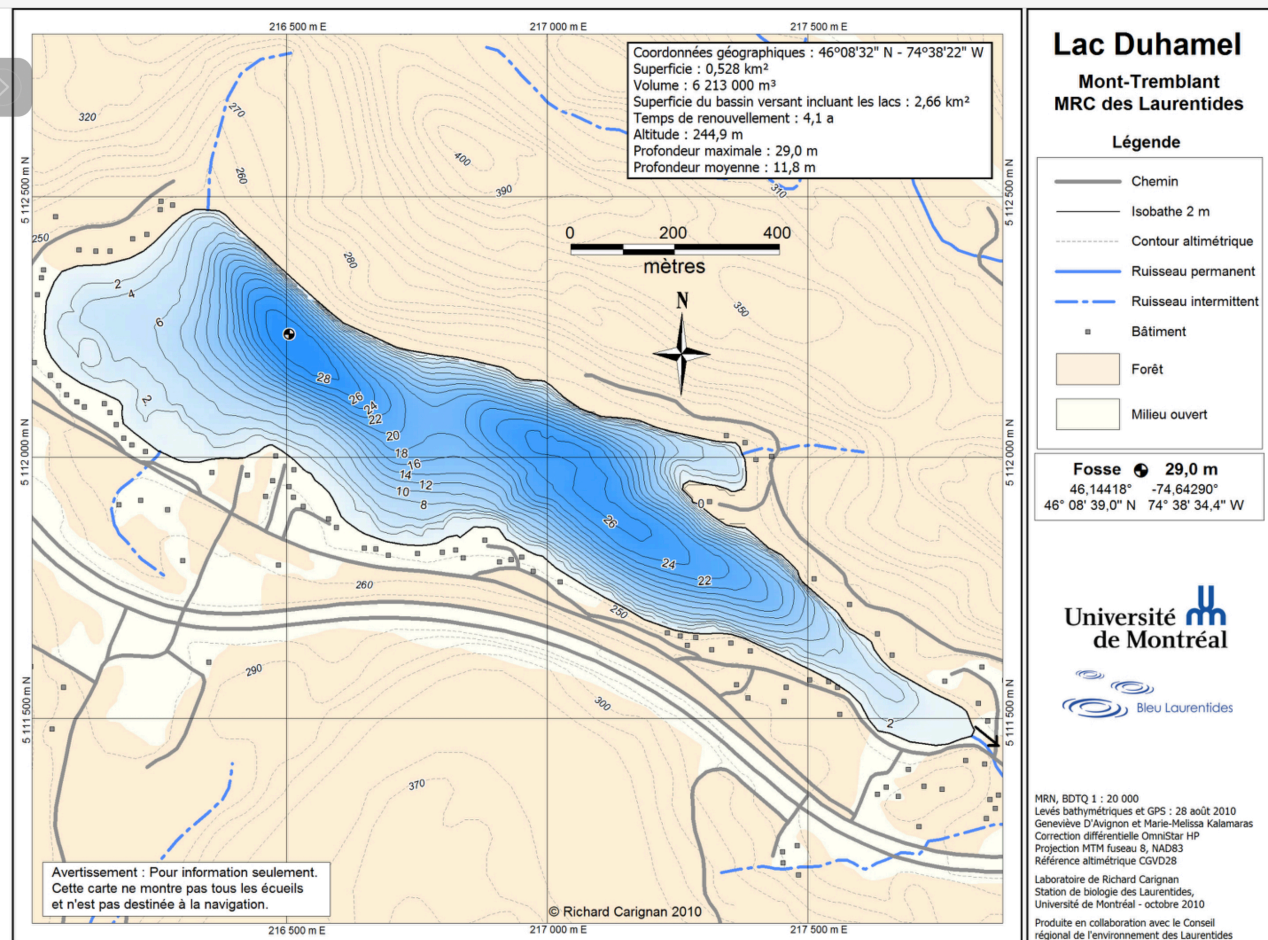


OBSERVATIONS SUR L'ÉCOLOGIE AU LAC DUHAMEL EN LIENS AVEC LES VAGUES CAUSÉES PAR LES EMBARCATIONS À MOTEUR



RAPPORT DES OBSERVATIONS ET MESURES QUI ONT EU LIEU AU COURS DE L'ÉTÉ 2020

Préparé pour : Association des propriétaires du lac Duhamel

Préparé par: Sylvain Miller et Anne Létourneau

Novembre 2020

PRÉAMBULE

Ce rapport est émis sous toute réserve. Nous avons une formation scientifique, sommes familiers avec l'écologie de plusieurs lacs de la région des Laurentides. Nous utilisons le meilleur de nos connaissances et de notre expérience au moment d'écrire le rapport, mais nous ne sommes pas experts dans le domaine de l'environnement. Le but de cette étude est de fournir un état de fait afin d'offrir des pistes pour cibler d'autres investigations ou mettre en place des mesures de mitigation le cas échéant. Nos observations se veulent aussi objectives que possible et offrent quelques comparaisons utiles dont certaines sont spécifiques au Lac Duhamel.

RÉSUMÉ

Au cours de l'été 2020, des données d'observation ont été récoltées afin de d'établir dans quelle mesure le passage des embarcations à moteur générant des vagues pouvait affecter la qualité de l'eau à court et à long terme. Ces mesures, ainsi que des observations des années antérieures, ont aussi été examinées pour détecter des tendances dans le but d'une approche durable et responsable, et aussi afin de maintenir l'excellente valeur immobilière dont jouissent les propriétaires riverains. Le lac Duhamel est présentement classé majoritairement comme étant oligotrophe. Sa couleur turquoise en fait un joyau unique puisque dans la majorité des Laurentides les eaux de surface sont plutôt brunâtres et rougeâtres. L'accès aux bateaux à moteur sans limite de puissance est parfois considéré comme un atout pour l'immobilier alors que la présence du myriophylle à épis, est perçu comme étant négatif.

L'observation des périodes calmes (peu de passage d'embarcations à moteur générant des vagues) ont été comparées aux périodes plus achalandées afin de mieux rendre compte des différences à court terme. Il a été noté que l'impact sur l'érosion des berges semblait visuellement peu important sur la période allant de Mai à Septembre 2020. Deux résidents ont rapporté une apparente recrudescence du myriophylle à épis pour la saison estivale 2020. Bien que perçue comme désagréable par les plaisanciers, une densité plus importante de cette plante près des berges, aurait pu contribuer à protéger davantage de l'érosion.

En vérifiant l'amplitude moyenne des vagues générées par les embarcations passant à haute vitesse, nous avons constaté que celle-ci étaient 4 fois plus grande que les vagues naturelles par vents très forts. Nous avons aussi observé que ces perturbations par les vagues étaient encore légèrement perceptibles visuellement jusqu'à 5 mètres de profondeur.

De tous les paramètres observés, c'est celui de l'impact sur la turbidité (la transparence) de l'eau qui s'est avéré le plus frappant. Des différences visuelles marquées ont été notées à l'intérieur d'une même journée, notamment lors du passage des embarcations à moteur passant à grande vitesse ou avec une forte puissance (bateau tirant un flotteur ou un skieur nautique, etc...). Nous avons pu observer et enregistrer une importante remise en suspension de sédiments lors du passage de chaque train de vagues, affectant ainsi la turbidité de l'eau des berges (même celles les plus éloignées du passage des bateaux) par un facteur du double (8). Ces observations nous apparaissent équivalentes à ce qui est décrit dans le rapport du projet d'évaluation de l'impact des vagues créées par les bateaux de type wakeboat sur la rive des lacs Memphrémagog et Lovering (3). Cette étude recommande d'ailleurs de limiter le passage de ce type de bateau à au moins à 300 m des rives, dans le but d'éviter l'érosion et la resuspension des sédiments. Le lac Duhamel possède plusieurs berges abruptes et rocheuse qui résistent bien à l'assaut des vagues. Par contre, le lac possède une largeur maximale de 300 mètres à l'endroit le plus large. Il est donc impossible aux conducteurs d'embarcation générant des vagues, de se

conformer avec la recommandation de maintenir une distance de 300 mètres des rives à tout moment durant la navigation.

Une autre différence observée au lac Duhamel est une modification importante du zooplancton au cours de la saison estivale 2020. Nos prélèvements dans d'autres lacs à la même période ne nous a pas permis de constater un phénomène semblable. Il y aurait lieu d'investiguer ce paramètre.

OBSERVATIONS QUALITATIVES POUVANT AFFECTER LA SÉCURITÉ NAUTIQUE.

Fréquence des passages de bateau à haute vitesse

Nous avons noté malgré tout qu'il y avait peu de bateau circulant à haute vitesse durant nos visites (moins de 50% du temps dans les heures permises). Il se pourrait que le passage des bateaux n'ait pas été aussi important cette année que durant l'année précédente. Ceci pourrait être en raison des mesures restrictives due au COVID-19. Au moment de l'étude, les autorités sanitaires limitaient les visites à 10 personnes provenant d'un maximum de trois foyer, et recommandait que les activités se tiennent uniquement à l'extérieur des habitations (pas de nuitées à l'intérieur).

Le bon bateau au bon endroits

La largeur du lac ne permet pas aux bateaux passant à une vitesse pouvant générer des vagues de s'éloigner suffisamment des embarcations plus petites pour assurer la sécurité nautique. Il a été noté à quelques reprises que l'amplitude des vagues générées par certains bateaux risquait de compromettre la sécurité d'embarcations plus petites comme les canots, kayaks et planches à pagaie. Nous avons été en mesure de faire l'expérience de la force et mesurer la hauteur des vagues générées par les embarcations circulant à haute vitesse. Nous pouvons corroborer que des trains de vagues importants pourraient représenter un réel danger sur le lac Duhamel pour les petites embarcations surtout pour les personnes jeunes ou sans expérience.

Code d'éthique

Il existe au lac Duhamel un code d'éthique qui restreint les heures où les bateaux peuvent circuler à haute vitesse. Ceci contribue à garder l'harmonie entre les différentes activités nautiques difficilement compatibles. La majorité des plaisanciers respectent l'entente concernant les heures permises. Nous avons aussi été à même de constater qu'à chaque fois qu'une embarcation générant de fortes vagues se présentait sur le lac, la grande majorité des petites embarcations se mettaient à l'abri pour éviter de se trouver dans le passage des bateaux à moteur circulant à haute vitesse, et aussi pour éviter d'être incommodé par ces derniers ou par leur vagues. Toutefois, durant 2 de nos 16 visites, nous avons constaté que des bateaux générant des vagues ne respecteraient pas les heures stipulées dans le code d'éthique.

Malgré la bonne volonté évidente des résidents de promouvoir une cohabitation harmonieuses des différents types d'activité, ce code d'éthique nous est aussi apparu comme une source potentielle de conflit et même de danger

pour la sécurité nautique, en particulier pour les jeunes enfants et les villégiateurs occasionnels. Ces derniers pourraient se trouver en situation de danger s'ils ne sont pas au courant du code d'éthique, ou s'ils se trouvent sur le lac au moment où un bateau circule en créant des vagues en dehors des heures convenues. Une situation de ce type nous a d'ailleurs été rapportée par une personne locataire d'une résidence de tourisme. Cette personne n'était pas au courant concernant les heures permises pour faire des vagues. Elle se trouvait en canot sur le lac avec deux jeunes enfants à bord, au moment où une embarcation à moteur a commencé à faire des aller-retours causant de fortes vagues. Loin de son point de départ, et voyant le risque de chavirer le canot, le groupe a dû se réfugier près d'une des falaises et sortir du canot pour des questions de sécurité. Le canot était maintenu en place dans l'eau peu profonde par l'adulte, et les enfants se sont réfugiés hors de l'eau dans le peu d'espace de la berge pour se mettre à l'abri des vagues. Mais les vagues fortes ont fait en sorte que le canot est venu frapper violemment contre les jambes de l'adulte qui tentait tant bien que mal de le retenir.

RÉSULTATS DES OBSERVATIONS VISUELLES

Mesure des vagues

À l'aide d'un système très rudimentaire nous avons mesuré la différence d'amplitude des vagues. Avec une grande règle placée dans l'eau entre 10 et 20 pouces de profondeur, nous avons procédé à la mesure de l'amplitude entre les passages des trains des vagues comparée à celle des périodes calmes (avant ou après le passage du train de vagues). Le 12 juin, lors d'une journée très venteuse, la hauteur de l'eau a subi une variation d'amplitude de 2 pouces. Le 4 juillet, lors du passage d'un ponton à 60 m de la rive et à basse vitesse, la variation de l'amplitude était de 2 pouces. Le 8 Août, la vague produite par un bateau tirant un skieur a atteint une amplitude de 8 pouces.

TABLEAU 1 : DIFFERENCE DE L'AMPLITUDE DES VAGUES DANS DIFFÉRENTES OCCASIONS

Date	Origine des vagues et distance estimée	Différence d'amplitude en pouces (variation de la hauteur avant/après)
12 Juin 2020	Vents ouest forts (20 - 40 km/hr)	2
4 Juillet 2020	Ponton 75 mètres (haute vitesse)	2
9 Juillet 2020	Aterissage d'un hydravion à 150 m	0
8 Août 2020	Bateau à vagues à 150 m	8

Les vagues produites par un bateau qui propulsent un skieur nautique ou une planche sont 4 fois plus amples que celles des autres embarcations qui sont utilisées sur le lac, si on se fie à la variation de la hauteur mesurée par ces moyens rudimentaires. Les résultats pourraient être précisés si il était possible de mesurer la force avec laquelle les vagues frappent les berges. Plus l'énergie des vagues est grande plus les effets sur le brassage des sédiments sera important et qu'il est susceptible de se manifester à des profondeurs plus importantes.

État des berges - Érosion

Nous avons sillonné les berges autour du lac pour déterminer leur état et des traces potentielles d'érosion sous l'effet des vagues. Nous avons constaté qu'il y avait peu de traces sévères d'érosion sur l'ensemble du lac. Durant l'été 2020, plusieurs résidents ont rapporté une apparente recrudescence du myriophylle à épis. Cette bande dense de plantes aurait pu contribuer à protéger les berges d'une érosion plus importante.



La rive nord est caractérisée par une pente très abrupte. Aucun terrain n'est aménagé sur cette rive naturellement très rocheuse. Quelques traces d'érosion sont toutefois visibles sur la zone où les bateaux créant des vagues ont tendance à naviguer.



Même constat sur la rive sud. Celle-ci est beaucoup plus construite. La pente est généralement plus douce. On peut y observer quelques petits foyers d'érosion.



On remarque aussi des accumulations de sédiment/périphyton soulevé du fonds par les vagues.



Les utilisateurs de bateaux générant des vagues importantes semblent bien connaître le lac et selon nos observations, ceux-ci respectent les zones de navigation pour limiter l'érosion des berges. En majorité, ils sont respectueux des règles d'éthique concernant les heures permises. Les activités nautiques générant des vagues sont pratiquées près de la rive nord dans les zones où la pente est très abrupte et plus rocheuse. De cette façon même si les vagues générées par les bateaux sont importantes, elles auront peu d'impact sur l'érosion des berges rocheuses à cet endroit. Les déplacements dans les zones peu profondes se font également à basse vitesse et créent peu de vagues. Durant nos visites, nous avons aussi remarqué qu'aucun des bateaux observés ne semblait utiliser le maximum de puissance pouvant créer des vagues plus importantes.

La rive Nord étant moins habitée, elle serait peut-être plus favorable comme site de nidification du plongeon huard dans les endroits moins abruptes. Par contre, les fortes vagues générées à cet endroit seraient susceptibles de détruire leur nid s'ils choisissaient de s'y établir. Une pratique qui a cours dans d'autres lacs de la région consiste à créer un îlot flottant qui est en général moins affecté par le passage des trains de vague que la rive. La pratique consiste à installer ces îlots aux endroits moins fréquentés afin d'augmenter les chances de survie d'une progéniture éventuelle.

Brassage des sédiments par les bateaux générant des vagues

La pente et la composition du fond influence l'effet qu'ont les vagues sur le brassage des sédiments. La succession des strates de végétaux et le fait que certaines zones restent dénudées les rendent plus vulnérables. Lorsqu'une grande surface a une profondeur de moins de 2 mètres, le fond est plus susceptible d'être brassé et de briser la couche de périphyton qui stabilise les sédiments.

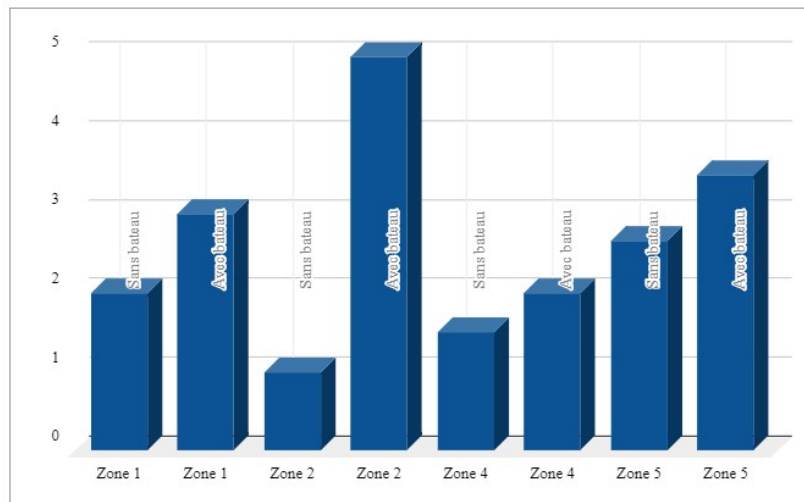
Le niveau de brassage des sédiments a été évalué par le niveau d'augmentation de la turbidité de l'eau près des rives. Nous avons utilisé deux types de test pour mesurer la turbidité de l'eau dans 5 zones (1). Le choix des zones de prélèvement a été fait en fonction de nos prévisions de changements anticipés dans la turbidité en fonction du passage des bateaux. Le site #4 a été désigné comme étant un site témoin puisque nous avons observé peu de vagues à cet endroit lors du passage des bateaux générant des vagues. Un test de turbidité était fait le matin et un autre en fin d'après-midi pour comparer résultats et mettre en lumière les différences possibles. La présence de bateau et la force du vent était notée au moment du test.

Mesure de la turbidité avec la méthode #1

Pour la méthode #1, la turbidité a été évaluée en utilisant une méthode de titrage. Le titrage a été effectué avec l'équipement suivant: Turbidity Test Kit Order Code 7519-01.

Avec cette approche (méthode #1), nous avons observé des différences de turbidité mesurables à tous les points avant et après le passage des bateaux générant des vagues.

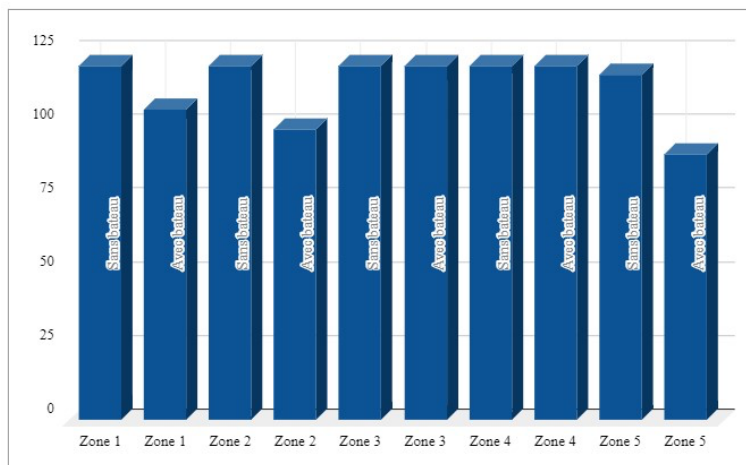
Tableau 2, mesure de la turbidité avec la méthode #1:



Mesure de la turbidité avec la méthode #2

Pour la méthode #2, la turbidité a été évaluée en utilisant une méthode visuelle d'évaluation de la transparence à l'aide d'un tube de turbidité de 1,2 mètre de hauteur.

Tableau 3, mesure de la turbidité avec la méthode #2 (tube de 1 mètre):



Ce deuxième type d'appareil mesure la transparence de l'eau à la manière d'un disque de Secchi mais offre l'avantage d'être utilisé en prélevant des échantillons d'eau près de la rive où le changement de turbidité est plus significatif lors du passage des bateaux générant des vagues. Ce type de test est habituellement utilisé en rivière où la turbidité doit être évaluée dans de faibles profondeurs. Il est constitué d'un tube gradué de 120 cm de hauteur. Une valve au fond du tube permet de retirer un volume d'eau jusqu'à ce qu'un mini disque de Secchi devienne visible. Il est alors possible de lire la hauteur de la colonne d'eau.

Des images prises en surface montrent également des variations de turbidité importantes après le passage des bateaux qui génèrent des vagues. Des mesures à l'aide de la méthode 2 aux mêmes points de prélèvement que pour la méthode 1 ont confirmé et sont venues préciser les mesures obtenues avec celle-ci.

L'augmentation de la turbidité de l'eau a été démontrée comme étant plus significative aux points 1, 2 et 5, soit les points les plus rapprochés du passage des bateaux à vague. La mesure de turbidité a été effectuée une seule fois à la zone 2. L'augmentation de la turbidité étant évidente à ce point et elle a été observée à plusieurs reprises.

Suite aux passages des bateaux générant des vagues, nous avons également observé qu'il se formait des amas de sédiments/périphyton flottant à la surface. Le fond du lac contient une épaisse couche de sédiment qui a été mesurée en 1994 (7). Elle varierait de 0,5 à 1 mètre d'épaisseur. Durant l'été, les sédiments sont recouverts d'algues filamenteuses et d'organismes microscopiques qui forment le périphyton. Comme les sédiments sont riches en éléments nutritifs, une décomposition se fait et des gaz s'accumulent en dessous de la couche d'algues filamenteuses. Lorsque le fond est brassé, des morceaux de cet amalgame d'algues et de sédiments sont transportés à la surface. Nous avons remarqué à plusieurs reprises ces masses de matières organiques qui flottaient à la surface après le passage des bateaux à vagues. Ce phénomène est sans aucun doute dû à un brassage important du fond par l'énergie des vagues. Ce mouvement de sédiments/périphyton a aussi été observé en plongée sous-marine (8).

Lors de plongées en apnée il est possible de voir le mouvement du fond lorsqu'il y a passage de vagues fortes par les bateaux à moteur. Ceci est observable, malgré la présence des longues tiges (pouvant atteindre jusqu'à 15 pieds de haut) des plants de myriophylle à épi.

En plongée sous-marine, le 8 août, nous avons observé un brassage important du fond de l'eau près de la rive sud du lac au point #1. À une profondeur de 8 pieds, dans une zone relativement dénuée de plantes, un important brassage libère les bulles de gaz qui se trouvent sous les sédiments. Le brassage du fond et la remise en suspension des sédiments a été observé à partir de la rive et jusqu'à une profondeur de 12 pieds. Un faible mouvement du fond est encore perceptible jusqu'à une profondeur de 18 pieds. Le bateau ayant causé ces mouvements de fond était passé à une distance estimée à 180 m de la zone d'observation. Il n'est pas possible de savoir si ce bateau utilisait ou non de l'eau dans ses ballastes mais les vagues générées étaient d'une puissance moyenne. Conformément au code d'éthique, les bateaux doivent circuler sans les ballastes remplies. Une vidéo présente des images de ce type de brassage du fond causé par un bateau qui génère des vagues. Un lien vers la vidéo est annexé à ce rapport (8).

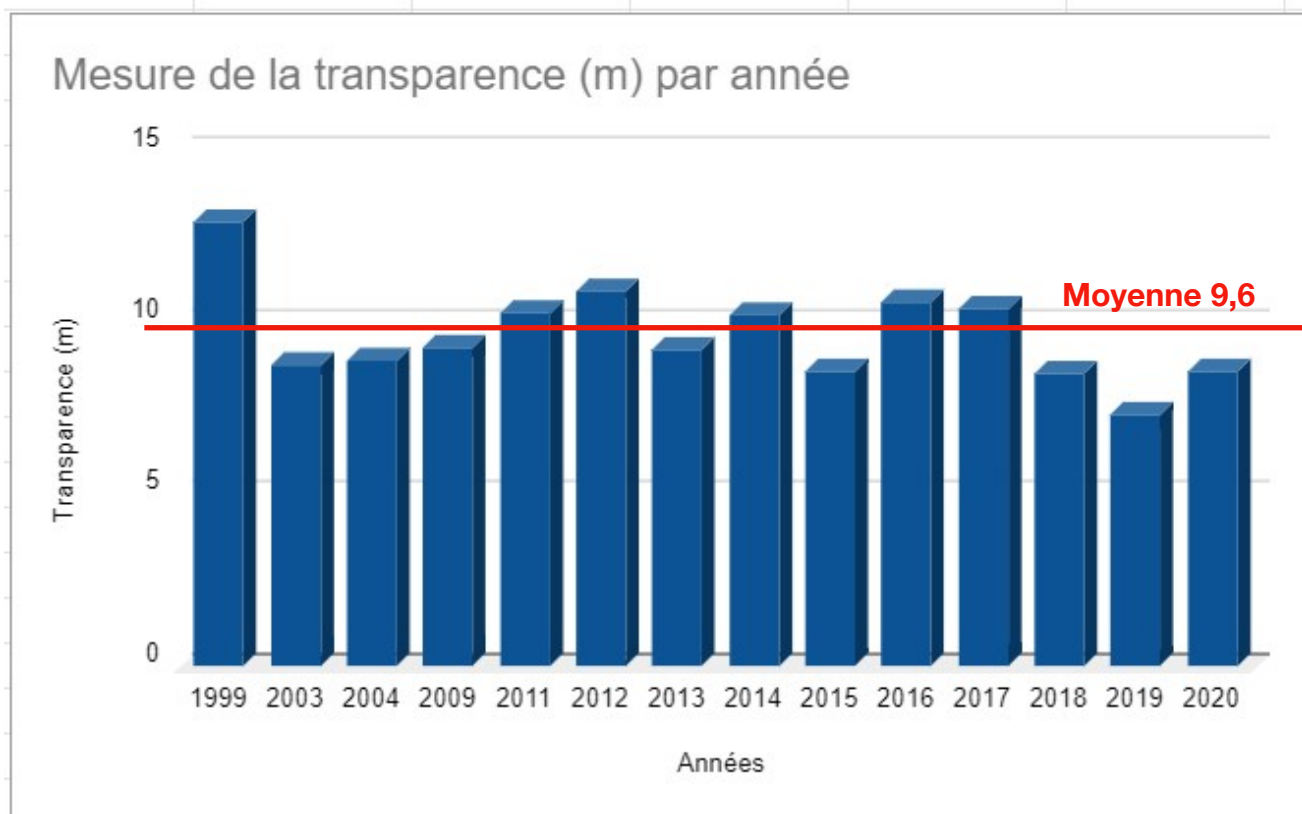
Il est bien connu que le brassage des sédiments va remettre en suspension du phosphore qui sera responsable de la croissance du phytoplancton et des plantes aquatiques. Le brassage des sédiments empêche également les petites particules en suspension de migrer vers le fond du lac diminuant ainsi la transparence de l'eau. Ce brassage répété des sédiments contribue sans aucun doute à une diminution de la transparence de l'eau du lac.

Dans la partie sud du lac, nous avons constaté que les sédiments étaient peu affectés par le brassage. Les vagues des bateaux à moteur étaient de force comparable à celles causées par le vent. Les constatations étaient les mêmes pour la partie Nord.

Mesures de transparence depuis 1999

Les mesures de transparence de l'eau sont vérifiées annuellement au lac Duhamel et les résultats sont disponibles au sein du RSVL (Réseau de surveillance volontaire des lacs) ou des différentes études faites sur le lac. Les mesures de transparence des trois dernières années montrent une légère diminution par rapport à la moyenne depuis 1999.

Plusieurs facteurs peuvent affecter la transparence de l'eau. Avec les changements climatiques, le nombre de jours sans couvert de glace augmente. La température de l'eau à la surface augmente également. Ces changements favorisent la croissance du phytoplancton (algues microscopiques), ce qui peut conduire à une baisse de la transparence de l'eau. Pour limiter la croissance du phytoplancton, il est important de contrôler les apports en phosphore. Au Lac Duhamel, bien que modérément perturbées par l'occupation humaine, la majorité des bandes riveraines sont bien conservées ou aménagées de manière à limiter les apports de phosphore. La surveillance des installations septiques (source potentielle de phosphore) est assurée par la municipalité. Limiter le brassage des sédiments serait une façon additionnelle de réduire la remise en suspension du phosphore contenu dans les sédiments. Ceci contribuerait à l'amélioration la transparence de l'eau.



Selon une étude réalisée par l'Université Laval à Québec en 2014 par Raymond et Galvez (5), plusieurs conditions défavorables pourraient être néfastes à la santé des lacs. Parmi celles qu'on retrouve également au Lac Duhamel, le passage répété des bateaux à vague de type "wakeboat" (également décrite dans la référence 3), la présence de sédiments riches en phosphore, un pH élevé dû à la présence de myriophylle à épis et une température plus élevée causée par les changements climatiques. "L'ensemble de ces conditions favorise le relargage de phosphore en condition oxygène et favorise donc le phénomène d'eutrophisation ou de vieillissement accéléré du lac" (5). Au lac Duhamel, quelques-unes de ces conditions sont réunies et ont certainement un impact sur l'augmentation du phosphore, donc sur la diminution de la transparence de l'eau. Il faut considérer que le passage des bateaux générant des vagues importantes est tout de même limité. De plus une partie importante du lac possède une profondeur qui protège les sédiments du brassage. Toutefois la superficie du lac ne fait que 0,53 km² ce qui rends les rives plus vulnérables. Les surfaces où le brassage des sédiments par les vagues en zone peu profonde n'a pas été calculé avec précision mais, a été estimé comme étant suffisant pour avoir une influence sur la transparence de l'eau.

Taux de renouvellement de l'eau du lac et comparaisons avec d'autres plans d'eau.

La superficie du lac Duhamel est considéré comme étant moyenne comparativement aux autres dans la municipalité de Mont-Tremblant. Par contre, ce lac a un taux de renouvellement d'eau plus long comparé à ceux des environs. Selon les données du CRE Laurentides (2010), le temps de renouvellement des eaux du lac Duhamel est de 4.09 ans. A titre de comparaison, le Lac Ouimet, de superficie semblable, a un temps de renouvellement de 1.03 année. Même le Lac Tremblant et le lac Forget ont des temps de renouvellement plus rapide que le Lac Duhamel (respectivement 1.67 ans et 3.38 ans). Ceci pourrait-il avoir une incidence sur la sensibilité de ce lac au relargage éventuel des minéraux et des nutriments par le brassage et la resuspension des sédiments? Une fois remis en disponibilité, ou dissoutes, et à défaut de se déposer à nouveau, ces matières risquent-elles de demeurer plus longtemps disponible dans la colonne d'eau et ainsi favoriser la croissance des algues microscopiques et des plantes (comme le myriophylle à épi)?

Effet des turbulences de bateaux à moteur sur le zooplancton

La transparence de l'eau est influencée par la présence d'algues microscopiques (phytoplancton) en suspension dans l'eau. La quantité de phytoplancton est elle-même influencée par la quantité des prédateurs qui s'en nourrissent comme les daphnies et les copépodes, qui constituent le zooplancton. Le zooplancton contribue donc à augmenter la transparence de l'eau en broutant le phytoplancton. Les petits poissons se nourrissent à leur tour de zooplancton. Moins de zooplancton réduit donc la quantité de nourriture disponible pour les petits poissons qui s'en nourrissent. De plus, si les carcasses de zooplancton ne sont pas consommées par les poissons, ou si elles meurent sans avoir servi de nourriture, elles pourraient transporter des matières organiques de haute qualité vers les sédiments ou être décomposées par des bactéries dans la colonne d'eau. Ainsi, la biomasse de zooplancton qui servirait normalement à nourrir les poissons serait plutôt détournée pour nourrir les bactéries.

Des échantillons de plancton ont été prélevés de façon régulière durant l'été. Une population importante de daphnies était présente en début d'été. À partir du 25 juin jusqu'au 8 août aucune daphnie n'a été observée dans les échantillons. La daphnie présente, *Daphnia pulicaria* est de la même espèce que celle retrouvée dans un lac de dimension semblable, le Lac Cornu à St-Hyppolite. Dans ce lac, il n'y a aucune embarcation motorisée, les populations de daphnies dominent durant tout l'été dans les échantillons prélevés.

Les daphnies sont de petits crustacés qui mesurent près de 1 mm. Ce sont des animaux très efficaces pour filtrer l'eau et limiter les algues microscopiques. De cette façon ils améliorent la transparence de l'eau. Est-ce que les turbulences causées par les moteurs des bateaux pourraient être responsables de la diminution des daphnies durant l'été? Nous n'avons pas été en mesure de vérifier ce paramètre.

Parmi les causes possibles de la mort du zooplancton, on retrouve possiblement les turbulences par les moteurs de bateau (4). Les scientifiques n'ont pas encore établi avec précision combien de bateaux pourraient causer un problème pour la survie du zooplancton (incluant puissance et vitesse). Nous avons toutefois été en mesure de constater que le zooplancton vivant du lac Duhamel était en deçà de ce qu'on a l'habitude d'observer étant donné la quantité de phytoplancton présent. Le passage des bateaux lors d'activités de type « surf » ou « vagues » dans un lac étroit comme le Lac Duhamel pourrait avoir un effet sur la survie du zooplancton dû aux turbulences importantes qu'ils créent.

Myriophylle à épi

Le myriophylle à épi, plante exotique envahissante, est observée dans le lac depuis la fin des années 80. La première mention dans les rapports remonte à 1994. En ce qui concerne l'érosion et les herbiers aquatiques du Lac Duhamel, mentionnés dans le rapport de Biofilia en 2004 (9), nous avons observé que les herbiers de myriophylle à épi ne semblent pas avoir progressé sauf pour la partie Nord du lac. On retrouve maintenant une mince bande de cette plante du côté nord qui ne figurait pas sur la carte de 2004. La plante pousse à une profondeur allant de 16 pieds (4,9 mètres) jusqu'à 1,5 pieds (45 cm) de profondeur. Entre 16 et 21 pieds de profondeur (6,4 m et 4,9m) aucun macrophyte n'est observé si ce n'est que quelques petits plants de myriophylle ou de potamogeton à large feuille recouverts d'algues filamenteuses. Le fond de l'eau à cette profondeur semble désert si ce n'est de la couverture de cyanobactéries filamenteuses. Plus bas, de 21 à 30 pieds (9,1 à 6,4 m), nous observons des algues de la famille des characées et de grosses colonies d'élodées du Canada. Ces observations ont été faites le 10 août alors que la thermocline se situait à 21 pieds (6,4 m).

Près de la sortie du lac à l'extrémité Est, un résident nous a fait part de l'augmentation de la quantité de myriophylle à épi dans une zone en eau très peu profonde. Une inspection a permis de vérifier la présence d'un herbier important en zone très peu profonde du côté Nord de l'extrémité Est du lac. Du myriophylle a déjà été répertorié à cet endroit en 2004. Ces herbiers figurent sur la carte que nous reproduisons ci-dessous. À certains endroits dans cette même zone, de grandes surfaces qui pourraient être propices au développement de la plante sont encore très peu colonisées par le myriophylle.

Le myriophylle à épi transforme l'écosystème puisqu'il ne connaît pas beaucoup de prédateurs dans les Laurentides. Il favorise la croissance des petits poissons en leur donnant de multiples endroits pour se cacher. Il diminue également la biodiversité en compétitionnant avec les autres plantes pour la lumière et les nutriments. Cependant, comme toutes les plantes aquatiques, le myriophylle joue également un rôle dans la stabilisation des sédiments et la filtration de l'eau. Le myriophylle est bien implanté dans le lac Duhamel depuis plus de 30 ans. Certaines surfaces dans l'extrémité Est du lac en sont dépourvues et à certains endroits, il semble partager l'espace avec d'autres plantes comme les potamots à large feuilles et de Richardson. Il importe cependant d'informer les citoyens et les villégiateurs occasionnels de ne pas déranger les herbiers de myriophylle. Il est important d'en rester loin, autant avec les embarcations motorisés qu'avec les planches à rames, kayak ou canot.

Présence du myriophylle à épis (en vert) en 2004 (9)

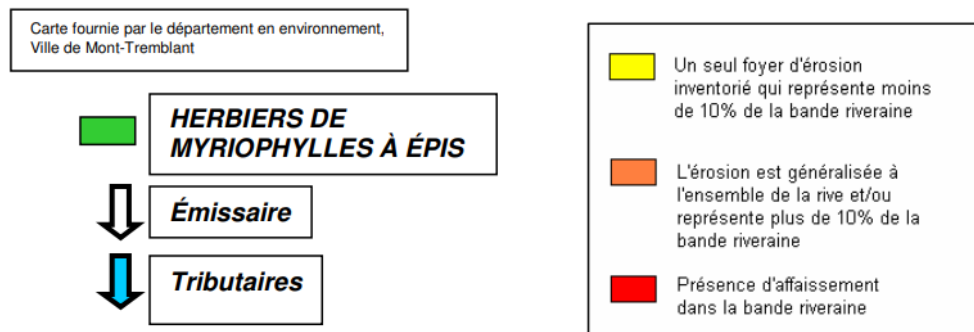
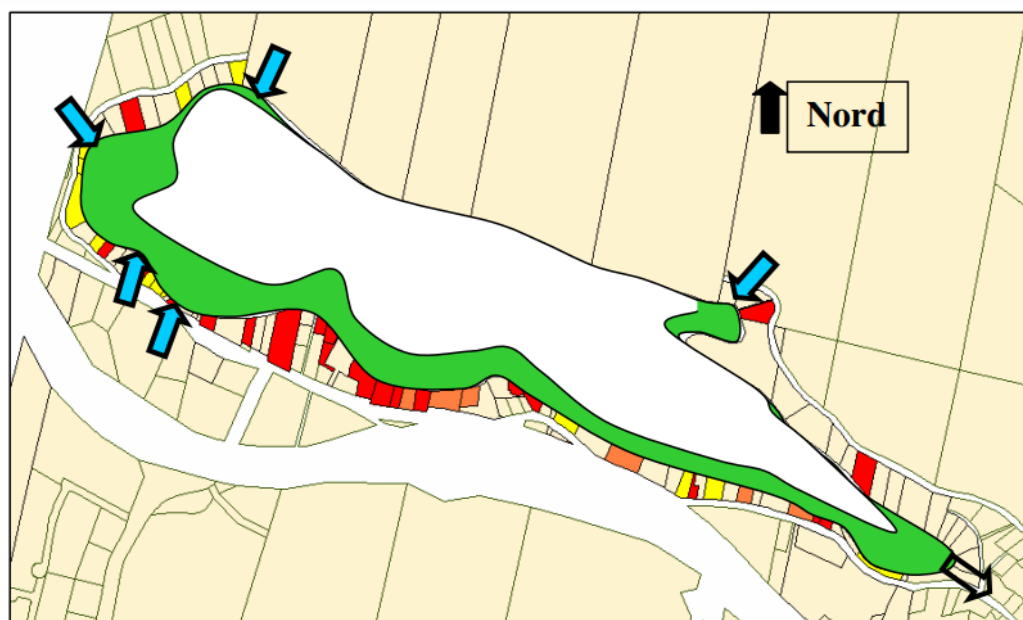


Figure 7.0 Inventaire de l'érosion et des herbiers aquatiques au lac Duhamel, 2004

Dès le 5 juillet nous observons déjà une grande quantité de tiges florales sur les plants de myriophylle. Selon nos observations dans d'autres lacs à la même période, ceci nous a semblé tôt dans la saison.



Une colonie importante de myriophylle à épis en eau peu profonde a été observé à l'extrémité Est du lac.



RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES

Mise en contexte des paramètres chimiques

Le ratio de drainage du Lac Duhamel étant faible, ce lac est naturellement protégé des apports de phosphore par les tributaires. Mais cet avantage pourrait être annulé par l'enrichissement potentiel causé par la perturbation des rives où par la remise en suspension des sédiments présents au fond du lac contenant typiquement un taux élevé de nutriments, dont le phosphore. Les variations de cet élément devient donc une mesure très intéressante à vérifier et à mettre en contexte par rapport à l'effet des fortes vagues pour les années futures.

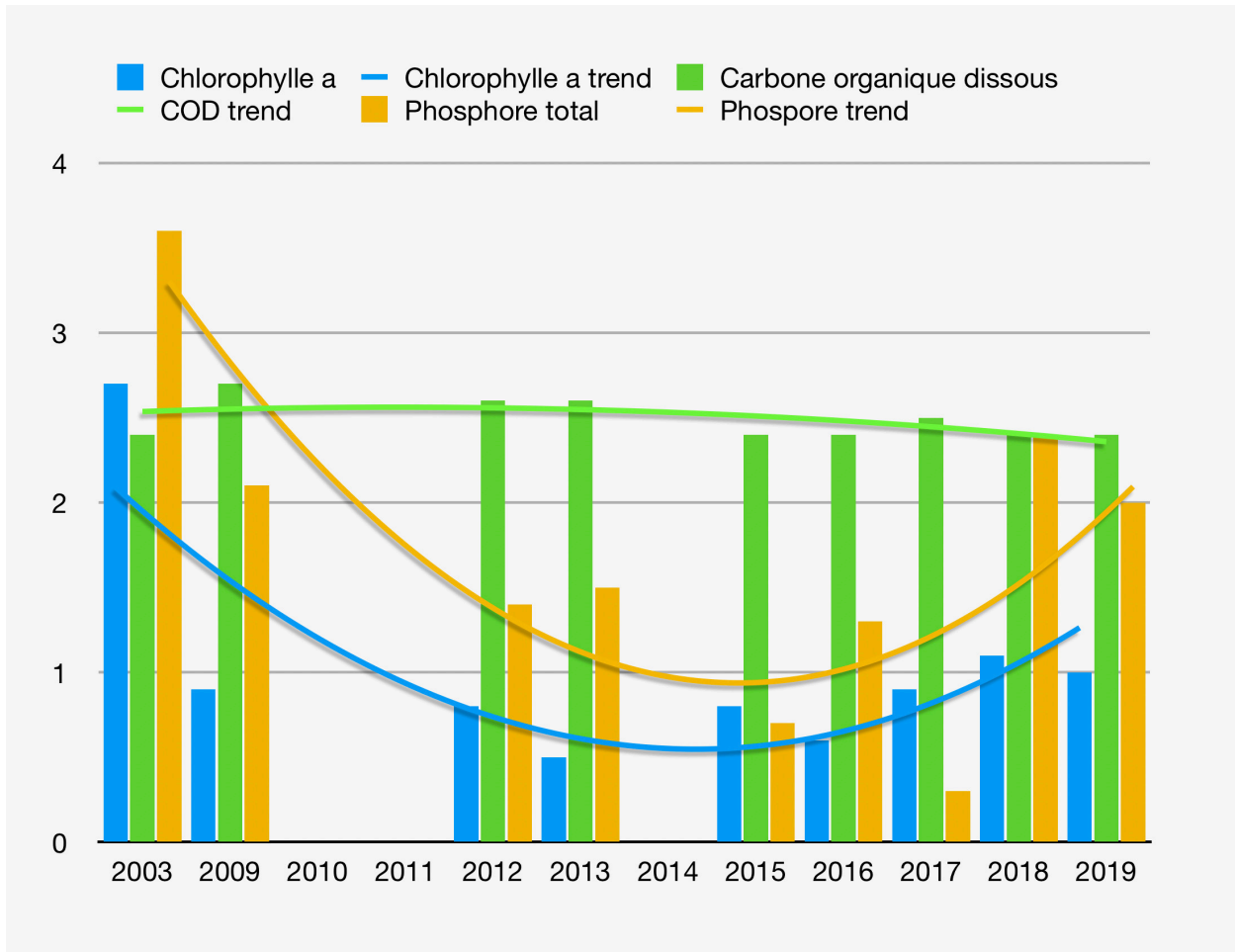
Conclusion

La littérature rapporte que tout passage d'embarcations récréatives créant des vagues pouvaient avoir un impact sur la remise en suspension des sédiments et des minéraux qu'ils contiennent. Des études ont également démontré que les turbulences créées par les moteurs des bateaux pourrait affecter la survie du zooplancton. Bien que ces deux phénomènes puissent avoir été observés visuellement au lac Duhamel, il est difficile de déterminer la portée de leur impact sans pouvoir comparer avec une année où ces embarcations à moteur générant des vagues ne seraient pas présentes. Le phosphore étant généralement un élément limitant la croissance végétale, sa remise en circulation dans l'eau pourrait avoir comme effet d'accroître la prolifération des algues microscopique (phytoplancton) et contribuer à diminuer la transparence de l'eau.

Tout au long de la saison 2020 nous avons observé et mesuré la turbidité/transparence de l'eau près des berges. Bien que les embarcations respectent les zones où les activités nautiques sont permises, nous avons constaté que chaque passage de train de vagues causées par les bateaux à moteur affectait considérablement la transparence (turbidité) de l'eau près des rives. Ceci a été vérifié par 2 types de tests (par titration et par turbidité) ainsi que visuellement (en kayak). Lors plongées sous-marines, nous avons été à même de constater des mouvements des sédiments jusqu'à une profondeur de 5 mètres dans la zone 1. Mais il n'est pas possible de conclure dans quelle mesure ce brassage de sédiments a un impact sur la remise en suspension de nutriments puisque la quantité de ceux-ci n'a pas été analysé spécifiquement. Cette constatation est donc difficile à corroborer avec les données de phosphore, de chlorophylle a et de carbone organique dissous puisqu'il est difficile de recouper cette information avec la venue des bateaux générant de fortes vagues sur ce lac au fil des années. Par contre, il semble y avoir une tendance à la hausse pour au moins 2 de ces valeurs (phosphore et chlorophylle a) depuis 2013 .

Il serait intéressant d'analyser les traces de phosphore dans l'eau à la surface près des rives (avant-après) le passage d'un train de vagues et d'en suivre l'évolution au cours de la saison. En particulier, un test de traces de phosphore lors du brassage automnal, pourrait apporter des données additionnelles intéressantes pour fins de comparaison et analyse des tendances d'une année à l'autre.

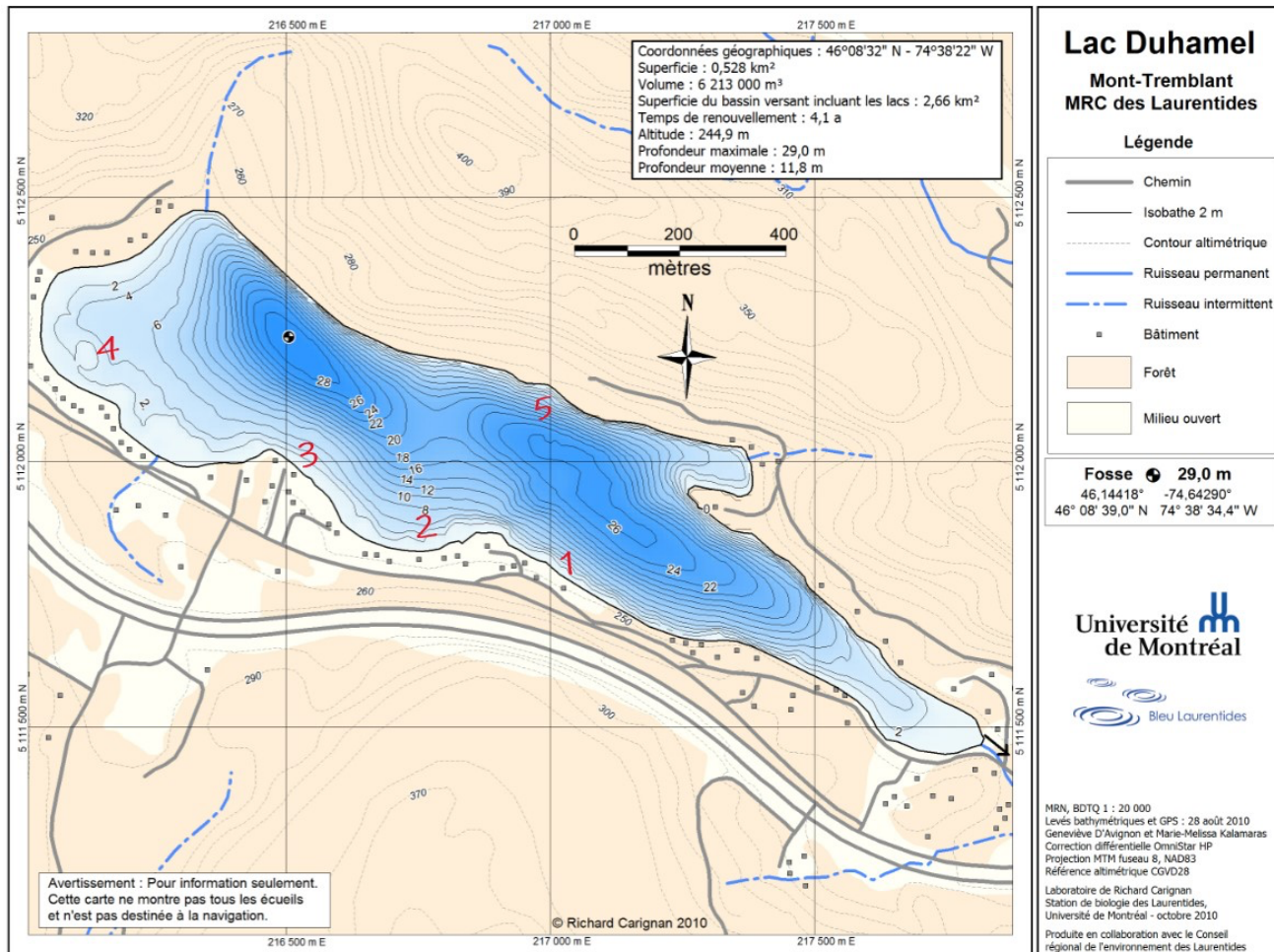
Les données en phosphore du RSVL (Réseau de surveillance volontaire des lacs) indiquent une tendance à la hausse pour le phosphore total et pour de la chlorophylle a depuis 2013. Il est possible que ces paramètres indiquent une augmentation de la quantité d'algues microscopiques, qui elles, influencent à leur tour la transparence de l'eau.



Références

- (1) Carte bathymétrique du lac Duhamel, <https://crelaurentides.org/dossiers/eau-lacs/atlasdeslacs?lac=11952>
- (2) Programme quinquennal de suivi des lacs de Mont-Tremblant, http://crelaurentides.org/images/images_site/documents/atlas/Autres/11952_Duhamel_genivar.pdf
- (3) Projet d'évaluation de l'impact des vagues créées par les bateaux de type wakeboat sur la rive des lacs Memphrémagog et Lovering, http://www.laclovering.org/images/download/Rapport_SCLL_MCI.pdf
- (4) Motor boat turbulence kills zooplankton, Samantha Bickel, a PhD student at the Virginia Institute of Marine Science in Gloucester Point, US
http://news.bbc.co.uk/earth/hi/earth_news/newsid_9449000/9449070.stm
- (5) Raymond, Sébastien et Galvez-Cloutier, Rosa, Impact de la navigation en milieu lacustre - Étude sur la remise en suspension des sédiments : Cas du Lac Masson et du Lac des Sables, Université Laval, 2015, URL : <http://www.obvcapitale.org/wp-content/uploads/2013/07/Ville-de-Québec-2005-Impacts-des-bateaux-sur-le-LSA.pdf>
- (6) Madsen, John & Chambers, P. & James, William & Koch, Evamaria & Westlake, D.. (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia*. 444. 71-84. 10.1023/A:1017520800568.
- (7) Landry Pierre L. (1994) . Inspection du Lac Duhamel et suggestions pour l'améliorer. <https://lacduhamel.ca/wp-content/uploads/2015/09/landry-1994.pdf>
- (8) Effet des vagues. Images video tournées à l'été 2020 du brassage des sédiments qui a lieu en profondeur au Lac Duhamel lors du passage de bateaux qui génèrent des vagues: <https://youtu.be/EqYd2ZdNVUo>
- (9) Biofilia (2004), Lac Duhamel, Résultats interprétation et recommandations. <http://lacduhamel.ca/wp-content/uploads/2015/09/biofilia-2004.pdf>
- (10) Faune et flore du lac Duhamel. Images récoltées durant la saison estivale 2020. <https://youtu.be/sfjQDqUWJ7c>

Annexe 1: Sites de prélèvement des échantillons pour analyser la différence de turbidité



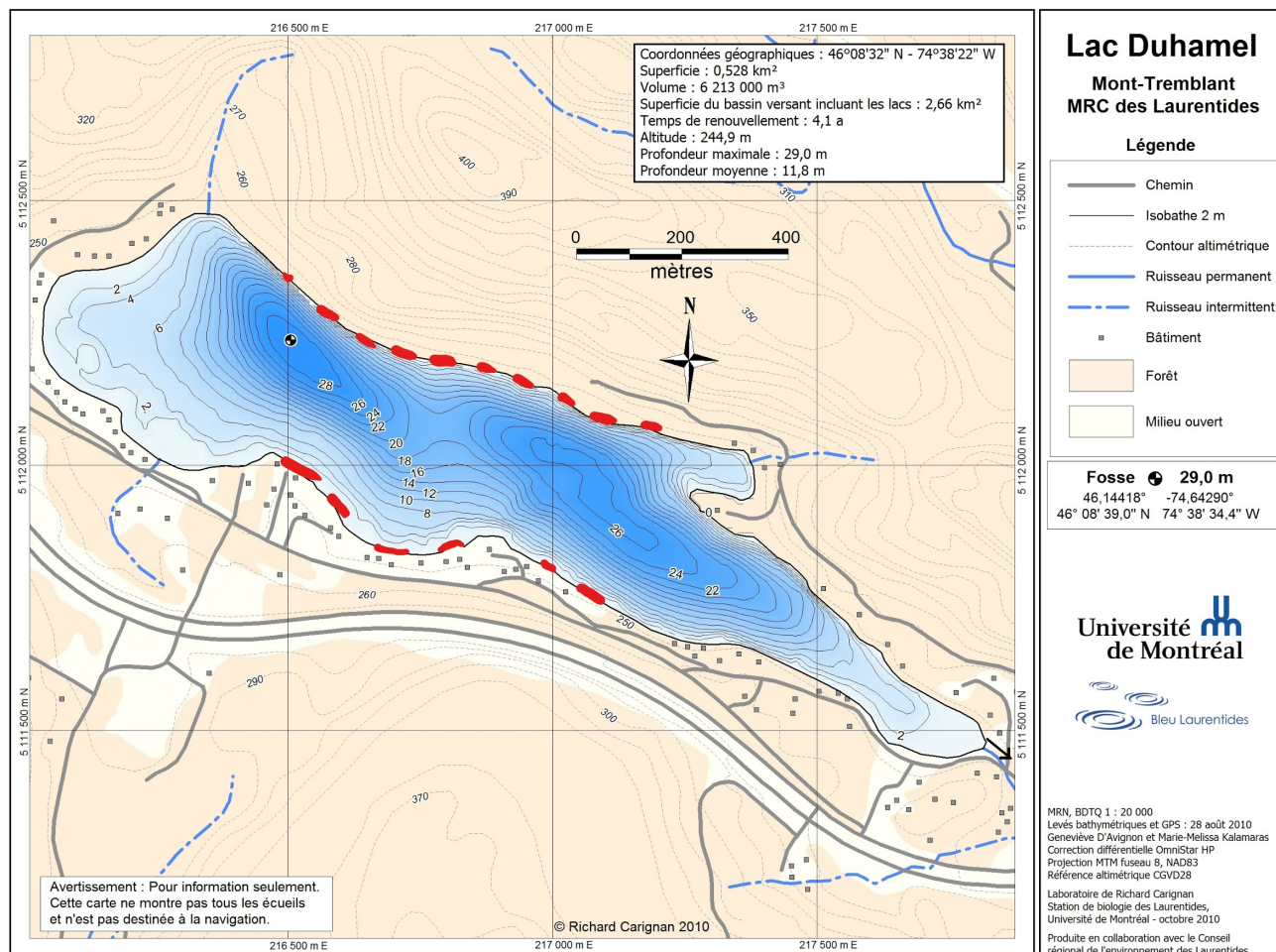
Annexe 2 Mesures de turbidité près des berges test 1

Date	Zone	Turbidité (UJT)*	Vents	Temps la veille	Présence de bateau à vagues
4 Juillet 2020. Midi	1	2	Venteux	Beau	Non
4 Juillet 2020 Midi	1	2	Venteux	Beau	Non
4 Juillet 2020 Midi	1	2	Venteux	Beau	Non
4 Juillet 2020 17h30	5	1	Venteux	Beau	Non
4 Juillet 2020 17h30	5	1	Venteux	Beau	Non
4 Juillet 2020 17h30	1	2	Venteux	Beau	Non
5 Juillet 2020 10h00	3	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
5 Juillet 2020 10h10	4	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
5 Juillet 2020 10h22	5	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
5 Juillet 2020 10h45	1	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
5 Juillet 2020 15h30	2	5	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Oui
5 Juillet 2020 16h15	4	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Oui
5 Juillet 2020 16h30	5	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Oui
5 Juillet 2020 16h40	1	3	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Oui
7 Juillet 2020 11h30	1	2	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
7 Juillet 2020 11h35	2	1	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
7 Juillet 2020 11h40	3	1	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Non
7 Juillet 2020 11h45	4	1	Ouest 15 km/h	Partiellement nuageux	Non
7 Juillet 2020 12h00	5	3	Ouest 10 km	Partiellement nuageux	Oui
* (UJT) Unité Jackson de turbidité					

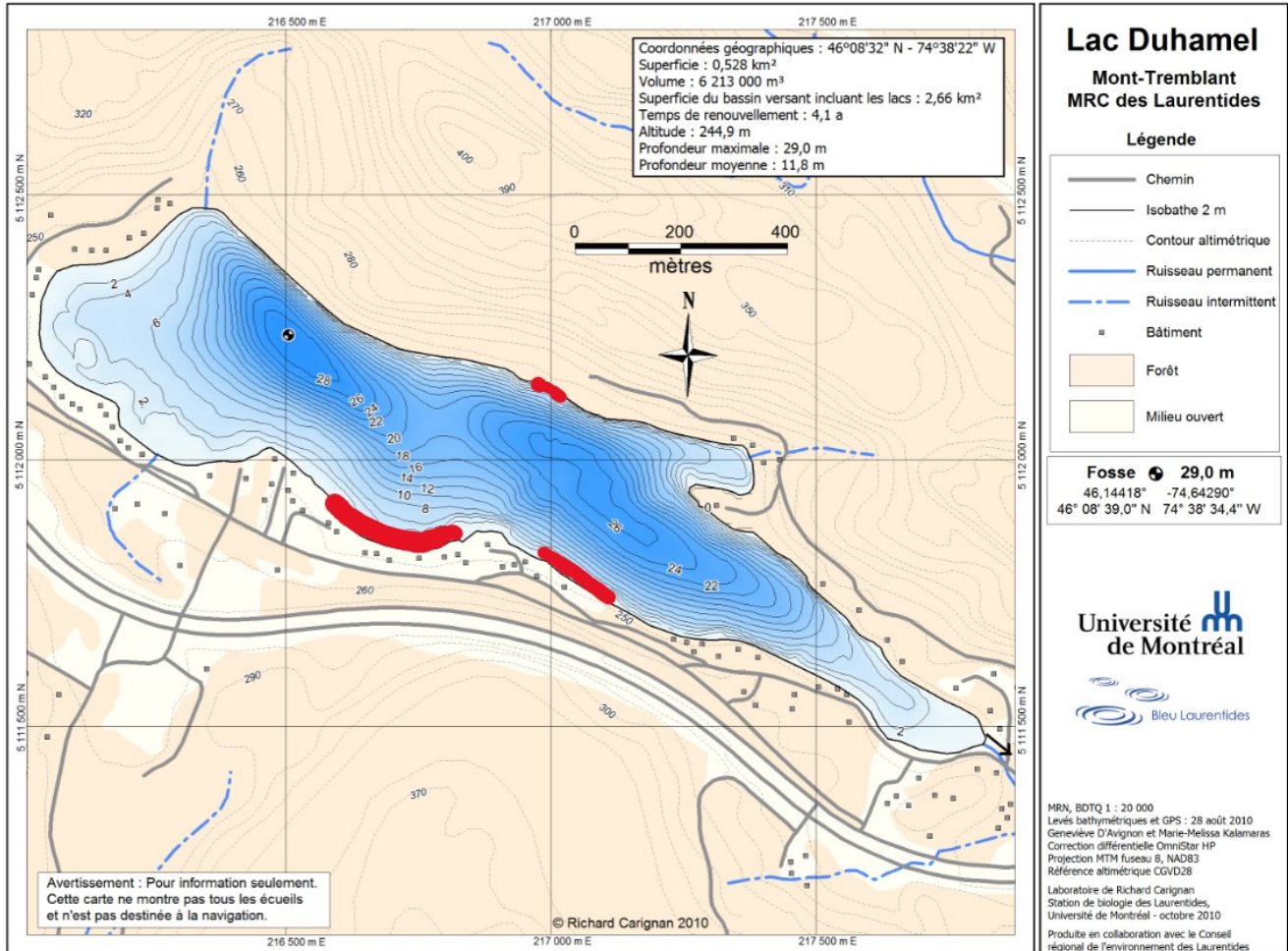
Annexe 3 Mesures de turbidité près des berges test #2

Date	Zone	Hauteur (cm)	Vent	Temps aujourd'hui	Temps la veille	Présence de bateau à vagues
1er Août 2020 11h00	1	116	Ouest 5 km/h	Beau	Averse	Oui début d'activité
8 Août 2020 11h00	1	120	Ouest 5 km/h	Beau	Beau	Non
8 Août 2020 11h15	5	111	Ouest 5 km/h	Beau	Beau	Non
8 Août 2020 11h05	3	120	Ouest 5 km/h	Beau	Beau	Non
8 Août 2020 11h05	2	120	Ouest 5 km/h	Beau	Beau	Non
8 Août 2020 16h30	1	95	Ouest 5 km/h	Beau	Beau	Oui
8 Août 2020 16h30	2	112	Ouest 5 km/h	Beau	Beau	Oui
11 Août 2020 9h45	2	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 9h50	3	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 10h15	5	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 10h30	4	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 16h30	2	120	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 16h30	3	120	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 16h30	5	120	Ouest 15 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
11 Août 2020 16h30	4	120	Ouest 10 km/h	Partiellement nuageux	Averse	Non
16 Août 2020 10h00	2	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Partiellement nuageux	Non
16 Août 2020 10h15	3	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Partiellement nuageux	Non
16 Août 2020 10h30	4	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Partiellement nuageux	Non
16 Août 2020 10h40	5	120	Ouest 5 km/h	Partiellement nuageux	Partiellement nuageux	Non
16 Août 2020 17h00	2	85	Ouest 10 km	Ensoleillé	Ensoleillé	Oui
16 Août 2020 17h10	3	120	Ouest 10 km	Ensoleillé	Ensoleillé	Oui
16 Août 2020 17h20	5	90	Ouest 10 km	Ensoleillé	Ensoleillé	Oui
16 Août 2020 17h30	4	120	Ouest 10 km	Ensoleillé	Ensoleillé	Oui

Annexe 3 Trace d'érosion des berges observées



Annexe 4 Observation d'un brassage important des sédiments



Annexe 5 Identification du plancton

13 Mai Lac Duhamel, 16h00 filet 50 µm vertical 46°08'29.2"N 74°38'11.5"W

Cladocère : *Daphnia pulicaria*, *Bosmina longirostris*

Copépodes : cyclopoïde et calanoides, nauplius cyclopoïde et cala

Rotifères : *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*, polyarthra, Ascomorpha

Algues :

Chrysophytes : *Dynobryon* (nombreuses), *synura*, *mallomonas*

Dynoflagellés

Diatomées : *asterionella*, *tabellaria*

31 Mai Lac Duhamel, 16h00 filet 50 µm vertical 46°08'29.2"N 74°38'11.5"W

Cladocère : *Daphnia pulicaria* ++, mâles, *Bosmina longirostris*, *Scapholebris mucronata*

Copépodes : Calanoides++, cyclopoïde, nauplius++

Rotifères : *Gastropus stylifer*, polyarthra, *synchaeta*, +1

Algues :

Chrysophytes : *Synura* ++ , *mallomonas*, *Dynobryon*(1), amiboïde sur *asterionella*

Dynoflagellés : *Gymnodinium*, *Ceratium*

Diatomées : *asterionella*

Chlorophytes : *botryococcus*, i8261 (400X *Westella* ?)

12 Juin Lac Duhamel, 16h00 filet 80 µm du quai 46°08'29.2"N 74°38'11.5"W

Cladocère : *Daphnia pulicaria*, *Bosmina longirostris*, *Polyphémus pediculus*

Copépodes : Calanoides, cyclopoïde, nauplius

Rotifères : *Kellicottia longispina*, *Gastropus stylifer*, polyarthra, Ascomorpha *ecaudis*, *Asplancha*, *conochilus unicornis*

Algues :

Chrysophytes : *Uroglena*, , amiboïde sur *asterionella*,

Diatomées : *asterionella*+, *tabellaria*, diatomée centriques

Chlorophytes : 2 espèces (I8825 400X, I8833 400x *Coenocystis* ?)

Dynoflagellés : *Ceratium*

Cyanobactéries : *Anabaena* + ciliés

Cryptomonad

15 Juin Lac Duhamel, 17h00 filet 50 µm vertical 46°08'29.2"N 74°38'11.5"W

Cladocère : *Daphnia pulicaria*, *Bosmina longirostris*

Copépodes : Calanoides, cyclopoïde, nauplius

Rotifères : Kellicottia longispina, polyarthra, Ascomorpha ecaudis, synchaeta, keratella longispina

Algues :

Chrysophytes : Uroglena, amiboide sur asterionella, synura, mallomonas

Diatomées : asterionella+, tabellaria, diatomée centriques,

Chlorophytes : 5 espèces (I8825 400X, I8833 400x Coenocystis ?), Eudorina, botryococcus, i9112 400x (Elakatothrix?), i9117 400x, i9118 400x

Cyanobactéries : Anabaena + ciliés

Dynoflagellés : Ceratium

Cryptomonad

25 Juin Lac Duhamel, 16h00 filet 80 µm horizontale du quai 46°08'29.2"N 74°38'11.5"W

Cladocère : Bosmina longirostris

Copépodes : cycloptides, nauplius

Rotifères : Kellicottia longispina, polyarthra, Ascomorpha ecaudis i9127 400x, synchaeta, keratella

Algues :

Chrysophytes : Uroglena, amiboide sur asterionella

Diatomées : asterionella+, tabellaria

Cyanobactéries : Anabaena + ciliés

Dynoflagellés : Ceratium

Heliozoaire

5 Juillet Lac Duhamel, 17h00 filet 50 µm verticale et horizontale 46°08'29.2"N 74°38'11.5"W

Cladocère : Bosmina longirostris

Copépodes peu nombreux : Calanoides, cycloptide, nauplius

Rotifères : Polyarthra nombreux, Ascomorpha ecaudis i9127 400x, synchaeta, keratella, Kellicottia longispina,

Asplancha, Collotheca pelagica

Algues : vertes (i809, i811 400x)

Chrysophytes : Uroglena, amiboide sur asterionella, dynobryon, mallomonas

Diatomées : asterionella+, tabellaria, centriques

Chlorophytes : 3 espèces

Cyanobactéries : Anabaena + ciliés

Dynoflagellés : Gymnodinium, ceratium

Cryptomonad

Hydracarien

Beaucoup de sédiments

7 Juillet Lac Duhamel, 17h30 filet 50 µm verticale et horizontale 46°08'33.1"N 74°38'04.0"W

Cladocère : *Bosmina longirostris*, *Daphnia mendotea*

Copépodes : Beaucoup de microcyclops, Calanoides (*Epischura nordenskiöldi*), cyclopoïde, nauplius

Rotifères : *Kellicottia longispina*, *Conochillus unicornis* (petits), *Keratella* sp.

Algues :

Chrysophytes : *Mallomonas*

Diatomées : *Asterionella*

Cyanobactéries : *Anabaena* + ciliés

Dynoflagellés : *Ceratium* sp.

Héliozoaires

Insectes : *Chaoborus*

8 Août Lac Duhamel, 16h30 filet 50 µm verticale et horizontale 46°08'33.1"N 74°38'04.0"W

Cladocère : *Daphnia pulicaria*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia mendotea*, *Scapholebris mucronata*, *Diaphanosoma* sp.

Copépodes : Beaucoup de microcyclops, Calanoides (*Epischura nordenskiöldi*), cyclopoïdes, nauplius

Rotifères : *Keratella* sp., *Collotheca pelagica*, conochiloïde, *Conochillus unicornis*, *Notholca acuminata*

Algues :

Chrysophytes : *Uroglena* (petites colonies), *Mallomonas*, 1 espèce non-coloniale

Diatomées : *Asterionella*, diatomées centriques

Cyanobactéries : *Anabaena* + ciliés, *Aphanothece*, *Microcystis*,

Chlorophytes : 3 espèces différentes (2474, 2478 *Crucigenia?*, 2535), *Botryococcus*

Dynoflagellés : *Ceratium* sp.

Cryptomonad

Insecte : *Chaoborus*

Note: Les observations sur le phytoplancton durant l'été 2020 sont conformes avec la mesure du pigment associé aux cyanobactéries effectuée en 2018 par le groupe Hémisphères (2018). La proportion de cyanobactéries dans les échantillons prélevés est faible durant l'été, sauf au mois d'août où leur nombre a augmenté considérablement.

Annexe 6 : Plantes observées

Salicaire pourpre

Hydrocharide grenouillette, *Hydrocharis morsus-ranae*

Petit nénuphar jaune, *Nuphar microphylla*

Rubanier flottant, *Sparganium fluctuans*

Sagittaire à larges feuilles, *Sagittaria latifolia*

Sagittaire cunéaire, *Sagittaria cuneata*

Ériocaulon septangulaire, *Eriocolon aquaticum*

Lobélie de dortmann, *Lobelia dortmanna*

Isoète

Myriophylle à épi, *Myriophyllum spicatum* (*hampes florales présentes*)

Myriophylle indigène

Naiade

Potamot à grande feuille, (*potamogeton amplifolium*)

Potamot de Richardson, *Potamogeton richardsonii*

Vallisnérie d'amérique, *Vallisneria americana*