



# Association du lac Tomcod



## Rapport final

PROJET DE TRAITEMENT DES CYANOBACTERIES  
AU PETIT LAC SAINT-FRANÇOIS (TOMCOD)

Claude Paulin | 2019

<b>TABLE DES MATIÈRES</b>	<b>Page</b>
Préambule .....	3
Pourquoi le Petit Lac Saint-François.....	3
Définition de l'eutrophisation .....	4
Les différents stades de l'eutrophisation.....	7
Les cyanobactéries .....	8
Algues ou bactéries .....	9
Problématiques associées aux cyanobactéries .....	10
Un projet pour le Petit Lac Saint-François (Tomcod) .....	10
L'utilisation d'ondes ultrasoniques .....	11
Les appareils d'émission d'ondes ultrasoniques .....	11
Protocole de suivi.....	12
Déroulement du Projet .....	16
Évaluer l'effet du traitement.....	17
Suivi qualitatif du visuel.....	18
Suivi quantitatif par échantillonnage.....	19
Suivi de la qualité de l'eau .....	20
Rapports d'étapes et le rapport final .....	21
Applications du programme de suivi .....	21
Résultat des analyses et lecture des paramètres.....	22
Observation visuelle des macrophytes pour la durée du projet .....	32
Observation visuelle de la présence des cyanobactéries .....	33
Tableaux des observations visuelles des cyanobactéries.....	35
Observation sur la performance des appareils à ultrasons .....	39
Conclusion.....	40

## Préambule

Le présent rapport fait état d'observation et de constatation terrain, d'un projet pilote de contrôle des cyanobactéries sur un lac. Les échantillons d'eau du lac ont été analysés par un laboratoire accrédité par le MDDELCC. L'auteur n'est pas un scientifique, il n'est pas habilité à faire des recommandations, des évaluations ou de tirer des conclusions. Certains commentaires servent à préciser des constats. L'auteur n'est pas responsable des résultats qui pourraient émaner suite à la lecture de ce rapport.

## Pourquoi le petit lac Saint-François (lac Tomcod)

Le nom est joli, la couleur surprenante, la chose visqueuse et même dangereuse. L'algue bleue. Depuis le début des années 2000, elle met en péril notre santé et notre mode de vie. La prolifération des algues bleues préoccupe de plus en plus le citoyen ordinaire, ainsi que les autorités



municipales et provinciales. Le citoyen risque de plus en plus de voir une soupe verte teinter son plaisir de vacances traditionnelles au bord d'un lac. Les autorités, elles, craignent pour l'industrie touristique et le marché immobilier. Non sans raison. Les algues bleues menacent la santé des animaux aussi bien que celle des êtres

humains et mettent en péril l'économie des endroits de villégiature. Si le Québec semble particulièrement touché par la dégradation de ses lacs et rivières, les autres provinces n'échappent pas à la menace. Les algues bleues colorent aussi les plans d'eau de l'Ontario, du Manitoba, de la Nouvelle-Écosse et même de l'Alberta.

Le lac ciblé dans le cadre de ce projet est le Petit-Lac-Saint-François, situé dans la municipalité de Saint-François-Xavier-de-Brompton en Estrie. Le Petit-Lac-Saint-François est le seul lac dans le grand bassin versant de la rivière Saint-François à être affecté sur sa totalité par les cyanobactéries majoritairement toxiques (COGESAF, 2007 et Lavoie, 2007). Les activités récréotouristiques qui avaient lieu sur ce lac sont maintenant interdites, la plage municipale est fermée et plusieurs habitats fauniques sont perturbés. Les conditions actuelles et les particularités de ce lac en font un choix idéal pour de futurs projets de démonstration qui serviront de modèle de base à d'éventuels projets de réhabilitation pour d'autres bassins versants. (Blueleaf 2007)

Le Petit-Lac-Saint-François, d'une superficie de 0,8 km<sup>2</sup>, se situe dans la municipalité de Saint-François-Xavier-de-Brompton dans la MRC du Val-Saint-François. Il s'agit d'un lac de tête sans apport externe, alimenté par un bassin versant d'une superficie de 18,5 km<sup>2</sup>. Le lac compte sept tributaires, dont les trois principaux sont les ruisseaux Godbout, Chabot et du Cimetière. Le lac s'étend sur une longueur maximale de 1,7 km et une largeur maximale de 0,8 km. Le temps de séjour hydrologique du lac est de 22 jours (RAPPEL, 2004). Il n'y a aucune stratification thermique due à la faible profondeur de l'eau (moyenne de 0,9 m, maximale de 2,1 m dans la fosse) (Thomas, 2006).

Ce plan d'eau subit un important envasement en raison des apports en sédiments et nutriments. L'épaisseur moyenne des sédiments a été évaluée à 3,4 m tandis que l'épaisseur maximale serait de 6,9 m dans la fosse. La quantité totale de sédiments a été évaluée à 2 810 000 m<sup>3</sup> (RAPPEL, 2006). Malgré sa vulnérabilité naturelle, les causes d'envasement sont d'origine humaine. Certaines activités dans le bassin versant, comme les activités agricoles, la densité résidentielle et la méthode d'entretien des fossés routiers, semblent contribuer à l'abondance de sédiments riches en nutriments (RAPPEL, 2006 ; Chabrol, 2007 ; Langelier, 2005 et Laforest, 2000).

Les données de la qualité de l'eau et des sédiments dépassent largement les critères du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). Les valeurs mesurées des paramètres de l'eau indiquent que le Petit-Lac-Saint-François est à un stade hyper-eutrophe.

## **Définition de l'eutrophisation**

L'eutrophisation est une forme de dégradation de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lors d'un enrichissement prononcé en éléments nutritifs dans le milieu.

Cette dégradation est à l'origine un phénomène naturel extrêmement lent, qui intervient dans l'évolution du lac. Cependant ce processus peut être fortement accéléré par des apports anthropiques de nutriments\* d'origine agricole, domestique ou encore industrielle.

Les principaux nutriments à l'origine de l'eutrophisation sont le phosphore (principalement sous forme de phosphates) et l'azote (sous forme d'ammonium, de nitrates ou organique). La matière organique joue également un rôle important. Les paramètres physiques du milieu comme l'ensoleillement ou la température de l'eau, peuvent eux aussi favoriser le processus d'eutrophisation. Ce type de pollution affecte tout particulièrement les lacs, où le renouvellement des eaux est en règle générale relativement lent.

Ainsi, une quantité importante de nutriments s'accumule dans les lacs qui réceptionnent les eaux de ruissellement et des rivières de l'ensemble du bassin versant.

Stimulées par cet apport en éléments nutritifs, certaines algues ou macrophytes se développent de manière excessive et envahissent les couches d'eaux superficielles du lac.

Il en est de même pour les espèces animales (zooplancton et poissons). Cette biomasse en excès conduit, lorsqu'elle meurt et se décompose, à une augmentation de la charge naturelle de l'écosystème en matière organique biodégradable.

Les végétaux aquatiques et les animaux morts qui se décomposent et sédimentent au fond du lac sont dégradés par les bactéries qui prolifèrent à leur tour. Ces bactéries, pour la plupart aérobies\* consomment de plus en plus d'oxygène. Les conditions de faibles circulation et oxygénation au fond des lacs fait que l'oxygène des couches d'eaux profondes s'épuise. Des mécanismes de fermentation anaérobie peuvent alors prendre place. La matière organique s'accumule avec les sédiments. On parle alors de « Vieillesse prématuré » du lac, qui, avec le dépôt des sédiments, se comble peu à peu.

# Comment meurt un lac

**L'eutrophisation est le phénomène géologique de vieillissement d'un lac qui le mènera à sa mort. Cette manifestation est naturelle, mais l'activité humaine change l'échéance.** La qualité de l'eau se détériore jusqu'à ce que la lumière ne puisse plus jouer son rôle dans l'épanouissement de la faune et de la flore aquatiques. La biodiversité est ainsi changée pour toujours.

## 12 000 ans

Les lacs du sud du Québec ont été créés à la fin de la dernière période glaciaire et sont donc censés être au début de leur vie. À 12 000 ans, ils sont, en théorie, au début de leur cycle d'évolution.

**P**  
Phosphore

**N**  
Azote

Le phosphore et l'azote sont les deux éléments nutritifs nécessaires à la production végétale dans les lacs.

## 100 000 ans

Sans activité humaine, l'eutrophisation peut s'étendre sur des milliers d'années, voire sur cent mille ans. Certains lacs québécois, beaucoup plus jeunes, sont déjà rendus à la phase eutrophe de leur évolution.

**P**  
Phosphore

**N**  
Azote

S'il y a trop de phosphore et d'azote, un déséquilibre biologique survient et engendre la prolifération d'algues et un dérèglement de l'écosystème.

**Eau fraîche**

**Eau claire**

Peu de végétaux aquatiques

Fond en gravier, en roches ou en sable

**Oligotrophe (lac jeune)**

➔

**Eau brouillée**

**Eau chaude**

Beaucoup d'algues

Fond vaseux

**Eutrophe (lac vieux)**

### Sources de nutriments qui font vieillir les lacs

Le processus d'eutrophisation des lacs est accéléré par l'apport en sédiments et nutriments.

- Engrais domestiques
- Engrais agricoles
- Coupes forestières abusives et érosion des rives
- Rejets de sites d'enfouissement
- Détergents et savons
- Rejets industriels

## **Les différents stades de l'eutrophisation**

Les plans d'eau peuvent être classés en fonction de l'état trophique qu'ils présentent. On différencie ainsi plusieurs stades d'avancement dans le processus d'eutrophisation, appelés aussi niveaux (ou états) trophique ou degrés d'eutrophisation.

On retrouve dans cette classification des plans d'eau :

Les lacs « Ultra-Oligotrophe et Oligotrophe » : (peu nourris), ayant une productivité faible, pauvres en nutriments, mais très oxygénés dans toute leur profondeur, et dont la clarté de l'eau est très bonne.

Les lacs « Mésotrophe » : qui ont une productivité modérée, et qui correspondent à la catégorie de lacs intermédiaires entre le stade oligotrophe et eutrophe.

Les lacs « Eutrophe » : (bien nourris), ayant une forte productivité et une importante biomasse

Les lacs « Hyper-eutrophe » : qui sont des lacs extrêmement affectés par l'eutrophisation, et dont le fonctionnement est très fortement perturbé.

Chaque lac ayant ses propres caractéristiques, il est souvent difficile d'établir une classification précise des différents types de niveaux trophiques. Il existe cependant certains outils et modèles qui permettent d'évaluer le niveau d'eutrophisation. Pour caractériser au mieux l'état trophique des lacs, on évalue le degré d'eutrophisation en se basant sur différents paramètres comme par exemple les concentrations en phosphore total, chlorophylle-a\*, ou la clarté des eaux mesurée à l'aide du disque de Secchi. En quantifiant ces paramètres pour caractériser la qualité de l'eau on peut établir une classification des niveaux d'eutrophisation des plans d'eau.

## Les cyanobactéries

Les cyanobactéries, aussi appelées algues bleu-vert en raison de leur couleur, existent depuis plus de 2,5 milliards d'années, fournissant suffisamment de temps pour s'adapter aux changements dans la biosphère de la Terre. Ils vivent dans l'eau où un régime d'azote et de phosphore, combinée avec le réchauffement climatique, peut les inciter à produire des algues toxiques gluantes qui rendent l'eau impropre à la consommation, l'agriculture et les loisirs.

(Les activités humaines ont considérablement augmenté les apports d'azote et de phosphore dans de nombreuses rivières et des lacs, ce qui provoque la prolifération d'algues qui menacent utilisations économiques et récréatives de ces eaux), dit Hans Paerl, professeur de la science de l'environnement à l'Université de Caroline du Nord à Chapel Hill Institute.

"Ces nutriments surabondants en eau douce ont conduit à une prolifération mondiale de cyanobactéries, qui perturbent les réseaux alimentaires, réduisent l'oxygène, et produisent des métabolismes toxiques pour les poissons, zooplancton, le bétail, les animaux domestiques et les humains.

" Les humains qui boivent l'eau ou mangent ces poissons ou ces crustacés peuvent subir des dommages au foie, aux intestins et au système nerveux. En outre, alors encore inconnu, il existe une possibilité que l'utilisation de cette eau pour l'irrigation des cultures comestibles pourrait potentiellement permettre à des toxines d'être transféré dans les aliments comestibles, car ils ne se décomposent pas facilement », dit Paerl.

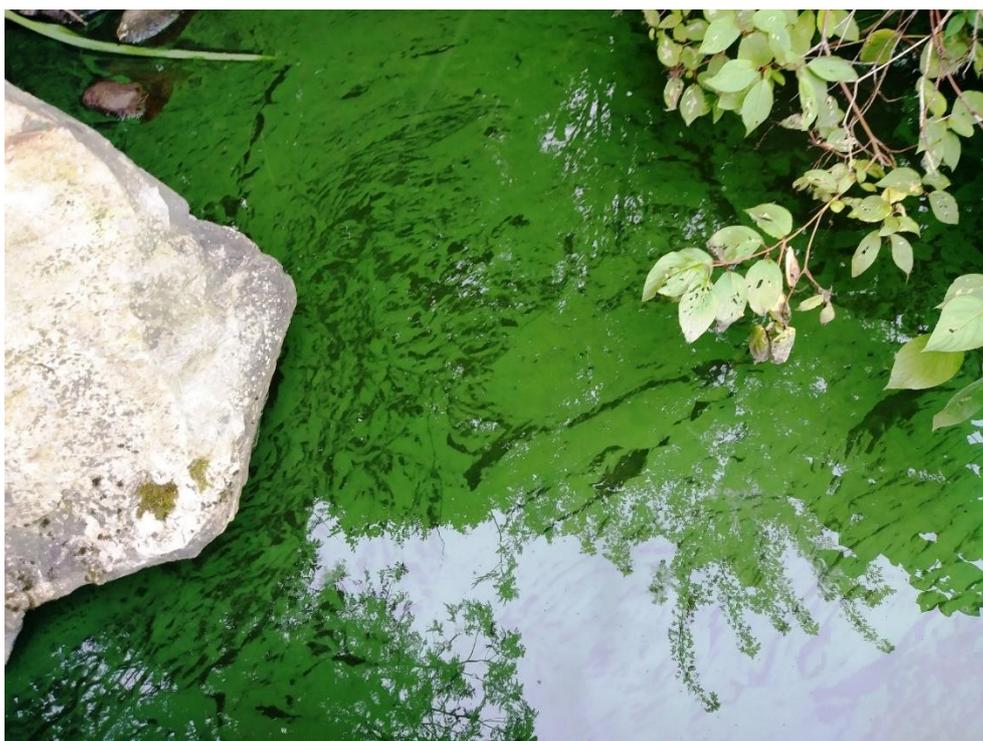
Les principales sources d'azote et de phosphore qui entrent dans l'eau et nourrissent les cyanobactéries comprennent, le ruissellement des engrais chimiques, des usines, des surfaces imperméables urbains et les installations de traitement des eaux usées, et de la pollution de l'air à partir de combustibles fossiles et la combustion automobile pour créer "une soupe parfaite " des proliférations nocives, dit-il, ajoutant : (Nous avons maintenant le devoir de rembourser Mère Nature pour tous ces progrès culturels.)

### *Le changement climatique fera empirer les choses*

Le changement climatique complique les calculs, puisque les microorganismes semblent prospérer dans des températures chaudes. "Les cyanobactéries aiment le temps chaud," dit Paerl. "Beaucoup des proliférations de cyanobactéries se produisent généralement en été. Un temps plus chaud augmentera la probabilité que ces fleurs deviennent dominantes." Ainsi, les seuils de nutriments devront probablement devenir plus faible à mesure que le temps se réchauffe. (Si vous obtenez une réduction d'un certain seuil, les chances pour ces fleurs de se développer diminuent,) dit-il. "Mais si vous augmentez la température en même temps, alors le seuil va changer aussi. On peut donc avoir à réduire le seuil encore plus. Nous concevons une stratégie de réduction des éléments nutritifs pour la température actuelle, mais nous pouvons avoir besoin de revoir la stratégie de réduction des nutriments pour l'avenir.

## **Algues ou bactéries**

Malgré la fausse appellation «algues bleu-vert», «Les cyanobactéries ne sont pas les algues, mais des bactéries. Ils sont procaryotes, ce qui signifie qu'ils n'ont pas un noyau, contrairement aux algues traditionnelles. Les cyanobactéries effectuent la photosynthèse comme les algues traditionnelle, mais ils préfèrent des conditions chaudes, contrairement aux véritables groupes d'algues, qui atteignent des taux de croissance de pointe à des températures inférieures. "Les cyanobactéries sont uniques du fait qu'ils sont le seul groupe capable de photosynthèse bactérienne dégageant de l'oxygène." dit Paerl. "Cela a eu des ramifications importantes pour l'évolution de la vie sur Terre, notamment de l'oxygénation de l'atmosphère, il y a deux milliards d'années. Cette transformation a fourni des occasions pour les plantes et les animaux supérieurs, y compris l'homme, d'habiter notre planète. Ainsi, l'influence des cyanobactéries sur Terre est recto-verso à partir d'un point de vue humain - à la fois bon et mauvais ".



Fleur d'eau au petit lac Saint-François(Tomcod)4 aout 2018

## **Les problématiques associées aux cyanobactéries**

Lorsque les conditions sont favorables, la croissance excessive des cyanobactéries engendre des fleurs d'eau ou efflorescences, pouvant produire une écume ou une coloration sur la surface des plans d'eau. L'augmentation en fréquence et en sévérité des épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries à travers le monde a été associée à l'eutrophisation d'origine anthropique (Hallegraeff 1993, Heisler et al 2008). Les floraisons de cyanobactéries causent des problèmes écologiques et de santé publique, et entraînent d'importantes pertes économiques. D'abord, les floraisons de cyanobactéries augmentent la turbidité de l'eau, ce qui limite la croissance des autres producteurs primaires et se traduit par d'importants changements dans la composition en espèces des communautés aquatiques (Paerl et al 2001, Lavoie et al 2007). Elles peuvent aussi causer l'hypoxie des zones situées en profondeur lorsque leur décomposition par les bactéries hétérotrophes épuise l'oxygène dissous disponible, menant à la mort d'invertébrés et de poissons (Paerl et al 2011). Certaines cyanobactéries produisent des composés organiques volatils non toxiques (i.e géosmine et 2-méthylisobornéol) donnant à l'eau un goût et une odeur de vase (Watson 2003). Les floraisons de cyanobactéries nuisent aux activités récréatives et augmentent les coûts de traitement de l'eau potable, ce qui a engendré dans les années 2000 des coûts annuels d'au moins 2 milliards de dollars aux États-Unis seulement (Dodds et al 2009).

Les floraisons de cyanobactéries sont également reconnues pour leur production de toxines (Quiblier et al 2013, Zanchett et Oliveira 2013). En effet, cent-soixante-huit espèces (46 genres) de cyanobactéries produisent des toxines, qui peuvent affecter le foie, le système nerveux ou irriter les muqueuses (De Boutray et al 2017). Les floraisons toxiques de cyanobactéries planctoniques telles qu'Aphanizomenon, Anabaena, Microcystis et Cylindrospermopsis sont très étudiées en raison du risque lié à la contamination de l'eau potable.

(Chorus et Bartram 1999)

## **Un projet pour le petit lac Saint-François (Tomcod)**

En 2014 l'association du lac Tomcod déposait au conseil municipal de la municipalité de Saint-François-Xavier de Brompton, un document proposant un projet expérimental de contrôle des cyanobactéries sur le lac de la municipalité. Fort d'une résolution approuvant ce projet, l'association du lac Tomcod entreprenait des démarches auprès du MDDELCC afin d'obtenir un certificat d'autorisation autorisant ce traitement. Après deux ans de négociation l'Association a obtenu cette autorisation et a procédé à la mise en place du projet. Le projet consiste en l'installation sur le lac de trois appareils de diffusion d'ultrason destinés à contrôler la prolifération des fleurs de cyanobactéries et

assurer un suivi de l'expérimentation sur une période de trois ans aux moyens de prélèvements, d'analyses par un laboratoire certifié, et d'observations visuelles sur le terrain comprenant aussi des mesures in situ de certains paramètres.

## L'utilisation d'ondes ultrasoniques

Les technologies à ultrasons ont été présentées comme un moyen efficace de minimiser les proliférations de cyanobactéries dans les étangs et les lacs, mais les effets des ultrasons sur les organismes non ciblés ou les processus écosystémiques sont mal connus lorsqu'ils sont appliqués à grande échelle dans des systèmes naturels complexes. Pour mieux comprendre les effets possibles de cette technologie, nous résumons la littérature scientifique disponible sur les effets de la sonication et des appareils à ultrasons anti-cyanobactériens. Les ultrasons (ondes sonores à environ 20 kHz) induisent des vibrations et rompent les vacuoles à gaz contrôlant la flottabilité des cyanobactéries. Les cyanobactéries coulent alors et ne peuvent pas retrouver leur flottabilité dans les faibles niveaux de lumière au fond du lac.

## Les appareils d'émission d'ondes ultrasoniques

Appareil Quatro-DB de la compagnie AlgaeControl.US LLC. Ces appareils autonomes sont ancrés au fond du lac. Les appareils sont calibrés pour émettre des ultrasons à 185 décibels (dB) sur 360 degrés à une fréquence de 2024 pulsations (période d'émission de 0,4 seconde et pause de 0,6 seconde) par cycle de 34 minutes initié aléatoirement. Le fournisseur mentionne que cette



conception rend très peu probable l'émission synchronisée des pulsations entre les appareils, ce qui réduirait en pratique considérablement le risque d'amplification du son dans les aires de superposition des zones traitées par chacun des appareils et la perte associée de l'efficacité du traitement. L'appareil émet des ultrasons sur deux bandes de

fréquences, soit une première allant de 24 à 58 kHz et une deuxième allant de

195 à 205 kHz. L'appareil fonctionne sur courant continu de 24 volt à une puissance de 50watts et est rechargé à l'aide de panneaux solaire de 180 watts. La photo montre l'appareil en fonction sur le lac.

## **Protocole de suivi**

L'octroi du certificat d'autorisation de MDDELCC est associé à un protocole de suivi :

### Programme de suivi

Projet de contrôle des fleurs d'eau de cyanobactéries au Petit-lac-Saint-François  
(lac Tomcod ) Municipalité de Saint-François-Xavier-de-Brompton

N°/Réf : 7430-05-01-4202015

Version du 15 mai 2017

---

### Contexte

Le Petit-lac-Saint-François (PLSF) est un petit lac eutrophe (0,8 km<sup>2</sup>) de faible profondeur (profondeur moyenne de 0,9 m et maximum de 2,1 m) sans stratification thermique.

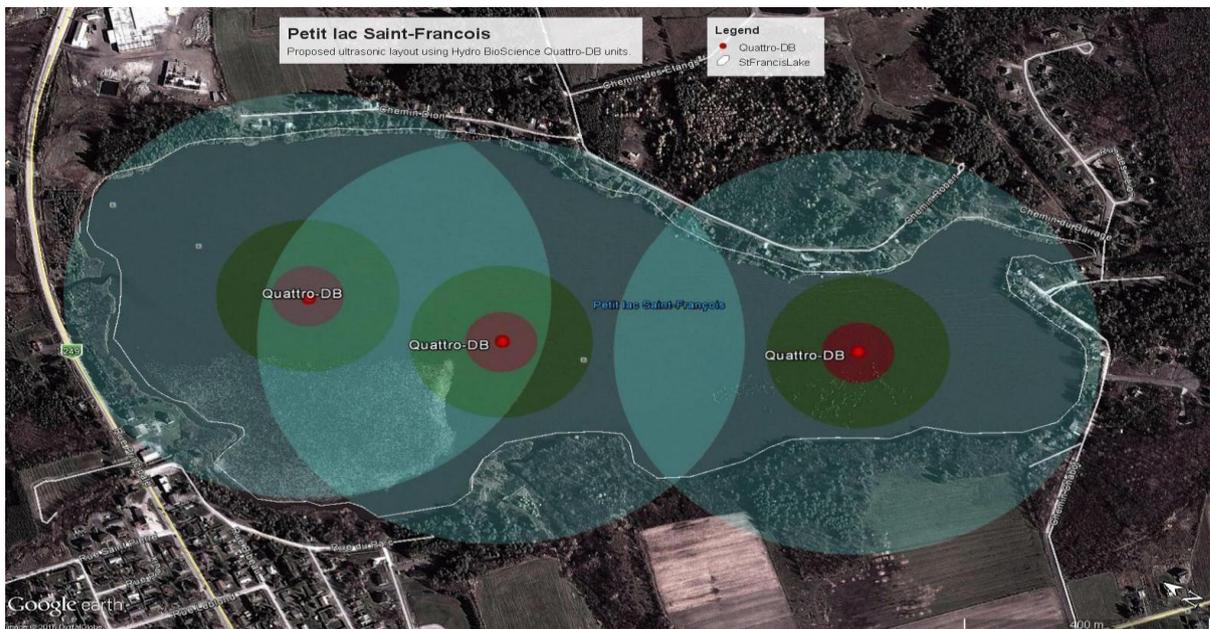
Le lac est affecté par des épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries (ou algues bleu-vert «ABV») importantes et récurrentes depuis plusieurs années. Le traitement initialement proposé comprenait l'utilisation des ultrasons combinée à une oxygénation du lac à l'aide d'aérateur mécanique et l'introduction de bactérie. Le volet ultrason de ce traitement vise le contrôle des cyanobactéries, alors que l'oxygénation et l'introduction de bactéries viseraient, selon le promoteur de cette approche, la décomposition de la matière organique dans une optique de restauration du lac, soit une neutralisation du phosphore accumulée dans le lac suite à la minéralisation du phosphore organique. Dans ce type de lac eutrophe, le phosphore accumulé contribue à la présence d'une charge interne contribuant aux symptômes de l'eutrophisation, principalement la croissance d'une biomasse importante de phytoplancton. En raison de la grande incertitude concernant l'efficacité du traitement complet, de son effet potentiel sur l'écosystème ainsi que sa pertinence pour la restauration du lac, uniquement le volet contrôle des algues bleu-vert fait l'objet du présent Certificat d'autorisation et du programme de suivi.

L'utilisation des ultrasons pour réduire la présence des algues bleu-vert et l'émergence de fleurs d'eau est proposée depuis maintenant plusieurs années. Son efficacité semble variable, comme le montrent notamment les résultats des deux projets expérimentaux réalisés au Québec ces dernières années. Dans ce contexte, le présent projet est considéré également comme un projet pilote

expérimental et la délivrance du CA est accompagnée d'un plan de traitement et d'un programme de suivi auquel doit se conformer le demandeur.

### *Plan de traitement et effets attendus*

Le projet consiste à installer 3 appareils de type Quattro-DB de la compagnie AlgaeControl.US LLC selon le plan de la figure 1. Ces appareils autonomes seront ancrés au fond du lac aux trois points rouges comme indiqué à la figure 1. Les appareils sont calibrés pour émettre des ultrasons à 185 décibels (dB) sur 360 degrés à une fréquence de 2024 pulsations (période d'émission de 0,4 seconde et pause de 0,6 seconde) par cycle de 34 minutes initié aléatoirement. Le fournisseur mentionne que cette conception rend très peu probable l'émission synchronisée des pulsations entre les appareils, ce qui réduirait en pratique considérablement le risque d'amplification du son dans les aires de superposition des zones traitées par chacun des appareils et la perte associée de l'efficacité du traitement. L'appareil émet des ultrasons sur deux bandes de fréquences, soit une première allant de 24 à 58 kHz et une deuxième allant de 195 à 205 kHz.



Localisations des appareils et zones d'effet du traitement.

Selon les informations du fournisseur, l'effet du traitement se divise en trois zones circulaires à partir du point d'émission (tableau 1). Ces zones sont déterminées en tenant compte de la décroissance du niveau des ultrasons à partir du point d'émission ( $\text{dB à distance } x = 185 - 20 \cdot \log_{10}(\text{distance } x)$ ) et de l'étendue du niveau sonore nécessaire pour maintenir l'effet anticipé sur les organismes. Les zones en rouge, vert et gris sur la figure 1 indiquent les superficies du lac

traitées pour les trois effets anticipés.

Effets anticipés et zones traitées à partir du point d'émission des ultrasons selon  
les informations du fournisseur

Effet anticipé	Étendu du niveau sonore nécessaire (dB)	Distance du rayon de l'effet (m)	Portion de la superficie du lac traitée (%)
Inhibition de la croissance des bactéries	185-148	70,8 (zone rouge)	6
Mortalité directe des algues	185-141	158,5 (zone verte)	30
Élimination de la flottaison des ABV	185-131,5	473,0 (zone grise)	100

Le contrôle des bactéries (destruction) n'est pas un effet souhaité dans le traitement d'un lac avec les ultrasons, car celles-ci sont essentielles à la décomposition de la matière organique. Le fournisseur n'indique pas dans quelle mesure les bactéries en milieu naturel peuvent être affectées par les ultrasons et il y a une incertitude à cet égard. Cependant, puisqu'uniquement 6 % de la superficie du lac serait affectée selon les données du fournisseur, l'amplitude de cet effet non souhaité, s'il survient, est jugée acceptable.

Les ultrasons causeront la mortalité des algues diatomées et vertes sur une superficie d'environ 30 % du lac. La mortalité directe des algues bleu-vert par les ultrasons est plus incertaine. Il n'est pas reconnu que les ultrasons causent une mortalité directe sur un large spectre d'espèces d'algues bleu-vert. Le fournisseur mentionne que la mortalité directe a été observée uniquement sur le genre *Lyngbya* dans la gamme de fréquences de 24 à 64 kHz. Par contre, il y aurait des observations de mortalité directe sur le groupe des *Microcystis* à une fréquence de 200 kHz résultant d'une amplification de la résonance harmonique de la fréquence à l'intérieur de la cellule à un niveau qui reproduit l'effet de cavitation des ultrasons. C'est pour cette raison que l'appareil a une bande qui émet également à cette fréquence. Il semble y avoir peu d'observations scientifiques bien documentées sur la mortalité directe.

L'effet principal recherché par les ultrasons est l'élimination de la capacité de flottaison chez les espèces de cyanobactéries qui possèdent cette capacité en détruisant les petites vésicules de gaz à l'intérieur des cellules. Celles-ci sombrent alors à un niveau où l'absence de lumière empêche la photosynthèse, ce qui cause éventuellement le déclin des populations et leur mortalité. Le plan de traitement avec trois appareils vise à produire cet effet sur l'ensemble de la superficie du lac.

L'efficacité du traitement aux ultrasons sur le PLSF dépend essentiellement de cet effet. Puisque les espèces dominantes observées dans le lac possèdent cette capacité, on peut s'attendre à ce que le traitement affecte la flottaison d'une bonne partie de la communauté des algues bleu-vert.

Il n'est pas attendu selon le fournisseur et la revue scientifique que le traitement ait pour effet une augmentation de la production de cyanotoxines. Le fournisseur mentionne un possible effet positif des ultrasons en ce qui regarde la dégradation des molécules composant les toxines. Cette prétention n'est toutefois pas appuyée par des études scientifiques.

Il n'est pas certain que le traitement ne réussisse à complètement contrôler les algues bleu-vert dans le lac. Plusieurs facteurs peuvent venir influencer l'efficacité du traitement. En principe, la mortalité directe des diatomées et des algues vertes ainsi que la perte de la flottaison d'une bonne partie des algues bleu-vert vont augmenter la transparence de l'eau du lac. Cette hausse de transparence liée à forte disponibilité du phosphore peut favoriser d'autres espèces d'algues bleu-vert qui n'ont pas besoin de la capacité de flottaison pour être présentes dans la colonne d'eau. De plus, la faible profondeur du lac et une augmentation de la transparence peuvent faire en sorte que les populations des algues bleu-vert qui couleraient au fond pourraient y trouver les conditions suffisantes (lumière, phosphore et azote) pour ne pas décliner. En raison de la faible profondeur, on ne peut totalement éliminer le fait que le brassage par l'action du vent puisse les remettre en suspension dans la colonne d'eau. Il n'est pas possible d'anticiper exactement la chaîne d'effets et d'interactions qui va se produire dans le lac et prédire les conséquences sur les cyanobactéries et l'émergence des fleurs d'eau. Il faut aussi être conscient que si l'augmentation de la transparence est importante, la croissance des plantes aquatiques risque d'être favorisée et le lac peut rapidement devenir un lac dominé par les macrophytes. L'évolution normale des lacs de ce type est de passer d'une dominance par le phytoplancton à une dominance par les macrophytes et le phénomène pourra être accéléré par le traitement. De plus, la croissance des plantes aquatiques peut avoir comme conséquences de réduire la propagation des ultrasons et une réduction de l'efficacité du traitement. Il n'est pas possible de déterminer les conséquences de cette rétroaction négative sur la présence des cyanobactéries.

Dans ce contexte d'incertitude sur la chaîne d'effets et d'interactions entre un ensemble de facteurs dynamiques, il est difficile de mettre en place un programme de suivi simple et peu coûteux qui permettrait de décrire précisément ce qui se passe dans l'écosystème et l'effet du traitement sur l'état du lac et son écologie. Dans ce contexte, le programme de suivi doit donc se concentrer sur deux principaux objectifs, soit :

- Évaluer dans quelle mesure le traitement permettra le contrôle des fleurs d'eau d'algues bleu-vert et s'il induira indirectement un changement dans les caractéristiques de l'écosystème, en particulier la présence des macrophytes.
- De suivre l'évolution de variables dans l'espace et le temps afin de décrire et d'évaluer sommairement certaines caractéristiques du milieu pouvant être affectées par le traitement. L'étude plus détaillée des transformations dans le lac et des liens de causalité demanderait un programme de recherche d'envergure beaucoup plus considérable qui est hors portée.

La première question trouve sa réponse en page 36 à 38 du présent rapport. Les observations démontrent hors de tout doute que les ultrasons n'empêchent pas l'émergence de fleur d'eau de cyanobactéries.

La deuxième question relative à des modifications observables ont montré une modification de la présence de macrophytes après traitement tel qu'indiqué à la page 32 du rapport, ainsi qu'une augmentation de la transparence de l'eau tel que le démontre le tableau de la page 31.

Les partis doivent être conscients que ce programme de suivi répondra que partiellement aux interrogations que le projet soulève et les conclusions risquent d'être mitigées.

## **Déroulement du projet**

Le projet se déroulera sur trois ans, soit de 2017 à 2019 inclusivement. Une éventuelle poursuite du projet après 2019 devra faire l'objet d'une nouvelle autorisation. Le tableau 2 présente le calendrier de l'application du traitement. En 2017, le traitement débutera à partir du 15 juin en fonction de la disponibilité des appareils et de l'échantillonnage avant traitement qui pourra être réalisé. Pendant la période de traitement, les appareils émettront en continu sans interruption sauf pour des raisons de bris et d'ajustement. Les appareils ne peuvent être déplacés sans l'autorisation du MDDELCC. Tout déplacement autorisé des appareils peut être accompagné d'un ajustement au plan de suivi auquel devra se conformer le demandeur.

Tableau 2. Calendrier du traitement aux ultrasons

Année	Début (à partir du)	Fin
2017	15 juin	31 octobre
2018	1 mai	31 octobre
2019	1 mai	31 octobre

Les dates de mise en place des appareils sont influencées par la fonte des glaces. Elles seront inscrites au rapport final.

## Programme de suivi

Le programme de suivi se divise en deux parties. La première vise à évaluer l'effet du traitement sur la présence des algues bleu-vert et une éventuelle libération de cyanotoxines. Elle vise également à évaluer dans quelle mesure la croissance des plantes aquatiques sera favorisée par le traitement. La deuxième partie aborde le suivi de la qualité de l'eau du lac. Ce suivi peut servir dans une certaine mesure à décrire ce qui va se produire dans le lac avec le traitement, sous réserve des limites de ce programme de suivi comme mentionné à la section 2.

## Évaluer l'effet du traitement

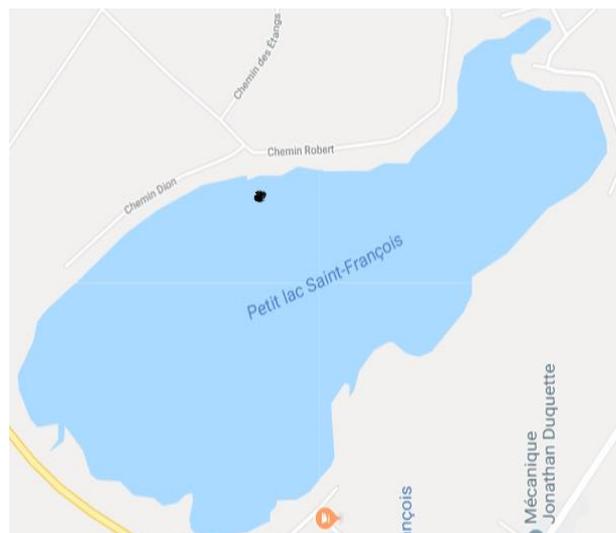
### 4.1.1 Suivi des fleurs d'eau d'algues bleu-vert et présence de cyanotoxines

L'abondance et la distribution des algues bleu-vert peuvent être très variables dans un lac. Plusieurs facteurs peuvent intervenir dans la dynamique des fleurs d'eau et il y a des incertitudes sur l'effet du traitement. L'échantillonnage de l'eau à des dates fixes pour déterminer l'abondance et les espèces présentes ne permettront pas nécessairement de bien caractériser l'évolution des populations de cyanobactéries puisque les cycles de croissance peuvent ne pas coïncider avec une telle stratégie d'échantillonnage. Le programme de suivi proposé allie la force du suivi visuel systématique des fleurs d'eau à une approche quantitative par échantillonnage pour déterminer l'abondance et la composition en cyanobactéries ainsi que la présence de cyanotoxines.

Point d'échantillonnage 2017.



Point échantillonnage 2018-2019



## Suivi qualitatif visuel

Il est exigé du demandeur de réaliser un suivi visuel de la présence des fleurs d'eau, selon les modalités du Protocole de suivi visuel d'une fleur d'algues bleu-vert du ministère <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/index.htm>. Les modalités du réseau sentinelle du COGESAF peuvent être combinées à ce protocole pour le dépistage des fleurs d'eau. Ce suivi visuel devra être maintenu tout au long du projet durant la période de traitement ainsi que pour la période de prétraitement en 2017. Le ministère assurera un encadrement pour la mise en place de ce suivi.

## **Suivi quantitatif par échantillonnage**

Il est demandé aux responsables du projet de procéder à l'échantillonnage de l'eau du lac pour le dénombrement et l'identification des cyanobactéries ainsi que pour le dosage des cyanotoxines selon le plan d'échantillonnage suivant (minimum 10, maximum 12):

Dates fixes (5) prévues à l'échantillonnage de la qualité de l'eau;

Minimum cinq autres prélèvements effectués en présence soupçonnée de fortes abondances de cyanobactéries. S'il ne semble pas y avoir plus de cyanobactéries, il faut alors introduire dans le calendrier d'échantillonnage des prélèvements supplémentaires au fur et à mesure de la période de traitement jusqu'à concurrence de 10 échantillonnages;

À chaque séquence de date fixe d'échantillonnage, un prélèvement doit être effectué aux quatre stations identifiées à la figure 2. Le prélèvement consiste en un intégré de la strate de profondeur 0 à 1 m, ou moins si la profondeur ne le permet pas (il faut éviter de toucher aux sédiments);

Les prélèvements en plus fortes abondances n'ont pas de localisation fixe. L'objectif consiste alors à répartir les 4 prélèvements dans le lac de façon à couvrir la diversité apparente visuellement dans l'abondance des algues en suspension ou qui s'accumulent sur le bord du lac (exemple 2 prélèvements où les algues semblent plus abondantes et 2 prélèvements où elles semblent moins abondantes) en notant avec exactitude l'emplacement des prélèvements (notes sur une carte et coordonnées GPS).

Les analyses doivent être faites au laboratoire du ministère (CEAEQ) ou dans un laboratoire selon une méthode équivalente.

### **4.1.2 Suivi des plantes aquatiques**

Délimitation visuelle et importance relative des herbiers avant et après projet.

## Suivi de la qualité de l'eau

Voir tableau avec plan d'échantillonnage aux 4 stations. Ajouts :

Profils : avant le lever du jour (juste après la nuit ; période de respiration) au moins à 5 reprises

Transects (2) avec des mesures de transparence au Secchi à espacement régulier pour voir effet du traitement selon un plan spatial (par exemple le long de la ligne imaginaire traversant le lac sur sa partie la plus longue. Voir figure 2).

Tableau 3. Paramètres suivis

Variables	Semaines											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cyanobactéries et cyanotoxines (formes intra et extra cellulaire)	*		*		*		*		*		*	
COD	*		*		*		*		*		*	
Chlorophylle a	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
PT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Profils : T, OD, pH, COND												
Jour	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Nuit	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Secchi stations	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Secchi transects												

COD: carbone organique dissous- Chlorophylle a - PT: phosphore total -T: température - OD: oxygène dissous-COND: conductivité

## **Rapports d'étapes et rapport final**

Un rapport d'étape devra nous être soumis avant le 30 novembre de chaque année d'exploitation et devra comprendre, sans s'y restreindre, les données exigées dans le programme de suivi et un compte rendu sur le fonctionnement des appareils (installation, problèmes rencontrés, etc.).

Un rapport final devra nous être déposé avant le 15 décembre 2019.

Engagement à arrêter le traitement en cas d'effets néfastes sur l'environnement

Vous devez vous engager à cesser le traitement dans l'éventualité où une détérioration de l'environnement est observée. Vous êtes responsable de communiquer avec nous dès que la détérioration est constatée. Un représentant du MDDELCC déterminera les mesures à apporter ou si une révocation du CA sera nécessaire.

De plus, nous tenons à vous rappeler l'importance de bien informer le public et spécialement les utilisateurs sur la présence de cyanobactéries et de cyanotoxines dans le lacs.

## **Applications du programme de suivi**

Ce programme de suivi est une condition préalable à l'émission du certificat d'autorisation (CA) du Ministère et l'Association du lac Tomcod devra s'engager à l'exécuter afin de réaliser son projet expérimental de contrôle des cyanobactéries à l'aide des ultrasons. À ce titre, il fera partie intégrante des conditions associées au certificat d'autorisation. L'Association ainsi que ses mandataires, dans la réalisation des activités, sont tenus de réaliser les activités et travaux décrits dans le programme.

Tout changement apporté à la baisse en ce qui regarde les mesures à effectuer et la fréquence de ces mesures doit être soumis par écrit au Ministère dans un délai raisonnable pour approbation.

Ce programme de suivi est basé sur le scénario que les appareils seront en service pour une durée de 3 ans de 2017 à 2019 inclusivement. Si l'Association du lac Tomcod souhaite modifier le plan initial pour prolonger ou diminuer le nombre d'années de la mise en place et le fonctionnement des appareils dans le lac, ou encore modifier leur emplacement, elle devra soumettre une demande de modification au certificat d'autorisation émis par le Ministère. L'Association devra alors se conformer aux modifications que le Ministère pourra apporter au programme de suivi.

## Résultat des analyses et lecture des paramètres

L'ensemble des analyses et lectures sont représentés sous forme de tableaux, représentant chacune des trois années du projet pilote.

VARIABLES	Mai	mai	Juin	juin	Juillet	juillet	Août	août	Sept.	sept.	Oct.	Oct.	Oct.
Date	15	30	15	30	10	24	7*	21	5	19	2	17	22
Cyanobactéries cel/ml	x	x	x	x	81	x	351	x	680	x	1	x	1
cyanotoxines	x	x	x	x	oui	x	oui	x	oui	x	non	x	non
phosphore total mg/l	0	0	0	0	0,118	0,113	0,135	0,252	0,358	0,258	0,226	0,072	0,079
Chlorophylle a ug/l	0	0	0	0	20,6	22,5	239	188	86,6	18,6	1,66	36	23,2
COD	0	0	0	0	0	0	11,2	x	11	x	10,3	x	8,3
<b>Jour 08h00 et 16h00</b>													
TDS(ppm)jour	0	0	0	0	98	111	109	118	116	116	123	119	183
PH jour	0	0	0	0	8,1	8,9	9,3	9,6	9	8,2	8,2	8,5	8,2
température@jour	0	0	0	0	22,3	24,1	20,5	21,6	17,3	21,8	16	12,6	12,8
OD (mg/l )jour	0	0	0	0	15,83	14,6	12,9	14,4	13,5	7,5	6,8	13,03	11,8
COND(us/cm)jour	0	0	0	0	197	221	216	231	237	238	249	266	327
<b>Nuit 18h00 et 21h00</b>													
TDS (ppm)soir	0	0	0	0	99	105	109	105	98	111	124	118	126
PH soir	0	0	0	0	8,6	9	9,8	10,1	9	8,4	7,8	8,2	7,8
température @ soir	0	0	0	0	23	22,8	22,3	23,1	17,8	22,4	17,1	12,8	13,7
OD (mg/l ) soir	0	0	0	0	15	13,4	16	16,4	12,3	7,44	8,1	14,3	10,9
COND(us/cm) soir	0	0	0	0	199	223	215	212	193	226	248	232	252
Secchi Transec 1	0,62	0,00	0,60	0,00	0,60	0,65	0,33	0,43	0,45	1,40	1,92	1,62	2,0f
Secchi Transec 2	0,60	0,00	0,60	0,00	0,68	0,65	0,37	0,45	0,44	1,35	1,89	1,55	2,04f
Secchi Transec 3	0,60	0,00	0,60	0,00	0,64	0,62	0,31	0,38	0,42	1,35	1,90	1,63	2,00
Secchi Transec 4	0,60	0,00	0,60	0,00	0,70	0,55	0,35	0,44	0,41	1,16	1,77f	1,77f	1,93f
secchi= mètre	ATT: mise en fonction des ultrasons le 11 juillet 2017												
COD ; carbone organique dissous	Ch	Chlorophylle a			PT: Phosphore total			T : Température			secchi: mètre		
OD : Oxygène dissous	PH acidité		COND : Conductivité				TDS: solides dissous total(ppm)						
<b>Petit lac Saint-François (Tomcod) RSVL: 510</b>													

Rapport final –Projet de traitement des cyanobactéries au Petit Lac Saint-François  
(Lac Tomcod)

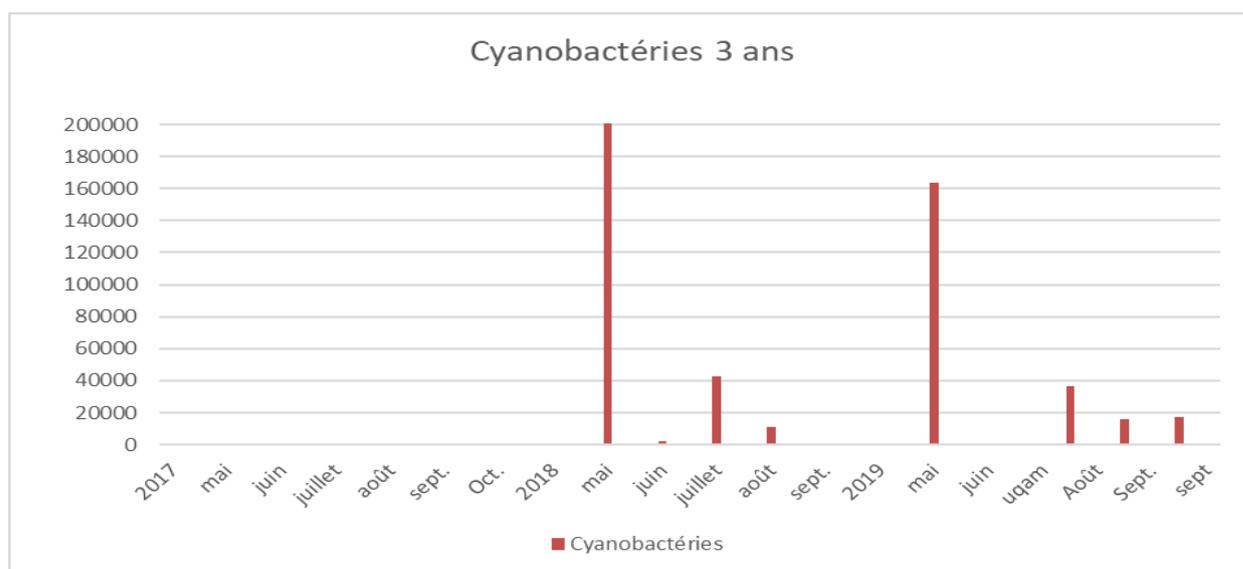
<b>PROGRAMME DE SUIVI : CONTRÔLE DES CYANOBACTÉRIES 2018</b>											
VARIABLES	Mai	mai	Juin	juin	Juillet	juillet	Août	août	Sept.	sept.	Oct.
Date	14	28	11	25	9	23	6	20	4	17	15
Cyanobactéries cel/ml	0	21,192	389 601	0	1931	0	42796	0	10725	0	50
Microcystines ppb	1	0	1,5	0	0	0	0,5	0	5	0	1
phosphore total mg/l	67	89	171	152	127	198	309	387	304	157	79
Chlorophylle a ug/l	21,5	23	141,3	5,6	38,3	125,6	273,2	273,2	55,6	10,4	8,5
COD	0	6,7	0	13,4	0	8,3	0	11,3	0	12,7	0
<b>Jour 08h00 et 16h00</b>											
TDS(ppm)jour	116	116	252	253	170	104	156	112	89	112	98
PH jour	7,9	8,9	9,6	8,6	8,69	9,39	9,92	10	8,4	8,9	8,1
COND(us/cm)jour	235	351	216	159	261	213	268	201	176	213	192
température@jour	17,8	20,2	19,1	21,8	25,4	24,2	26,1	25,4	23,3	21,9	10,8
OD (mg/l )0,5m	12,7	14,49	16,1	9,31	9,7	11,32	6,76	6,1	7,7	9,05	10,3
OD (mg/l )1,0m	12,6	14,22	14,45	7,15	9,29	10,34	5,91	5,3	6,9	8,44	9,1
OD (mg/l )1,5m	12,6	13,97	13,34	5,88	8,84	7,96	4,68	3,8	3,8	4,86	5,9
OD (mg/l )2,0m	11,6	13,5	12,71	3,92	8,62	5,36	1,63	1,6	2,3	3,24	5,3
secchi RSVL	0,89	0,8	0,73	1,09	0,67	0,34	0,38	0,34	1,08	1,1	1,25
<b>Nuit 18h00 et 21h00</b>											
TDS (ppm)soir	118	119	246	197	100	115	135	103	87	111	98
PH soir	8,1	8,9	9,7	8,2	8,4	9,47	10,4	10,3	8,6	8,9	8,1
COND(us/cm)soir	235	351	227	179	196	199	267	202	181	233	200
température @ soir	17	20,6	20,8	22,1	26	24,9	26,1	25,5	24,1	21,1	10,8
OD (mg/l )0,5m	12,3	13,21	13,82	9,86	10,21	13,91	7,78	6,9	7,6	10,4	11,2
OD (mg/l )1,0m	12,3	13,07	12,96	9,75	9,65	12,97	6,3	5,8	6,3	9,9	9,9
OD (mg/l )1,5m	11,90	12,90	12,02	9,66	9,43	12,03	5,83	5,30	5,01	8,70	8,90
OD (mg/l )2,0m	11,90	12,73	11,54	9,43	9,53	8,96	4,41	3,90	3,87	3,90	6,10
Secchi Transec 1,0	0,88	0,60	0,71	0,92	0,60	0,35	0,31	0,31	1,03	1,05	1,26
Secchi Transec 1,2	0,87	0,87	0,73	0,96	0,69	0,34	0,34	0,37	1,10	1,08	1,23
Secchi Transec 1,3	0,89	0,80	0,75	1,05	0,67	0,34	0,38	0,41	1,17	1,08	1,26
Secchi Transec 1,4	0,89	0,90	0,72	1,05	0,69	0,31	0,41	0,48	1,10	0,82	1,26
secchi= mètre	ATT: mise en fonction des ultrasons le 31 mai 2018										
COD ; carbone organique dissous	Ch	Chlorophylle a		PT: Phosphore total			T : Température		secchi: m		
OD : Oxygène dissous	PH acidité	COND : Conductivité			TDS: solides dissous total(ppm)						
<b>Petit lac Saint-François (Tomcod) RSVL: 510</b>											
Prélèvement provenant d'un poste identifié au RSVL(45,5360n/72,0353o),											
à toutes les 2 semaines de Mai à Octobre inclusivement.											
Emplacement des appareils: no:1 45,5396-72,0389 No:2 45,5368 - 72,0369 No:3 45,5335 - 720344											

Rapport final –Projet de traitement des cyanobactéries au Petit Lac Saint-François (Lac Tomcod)

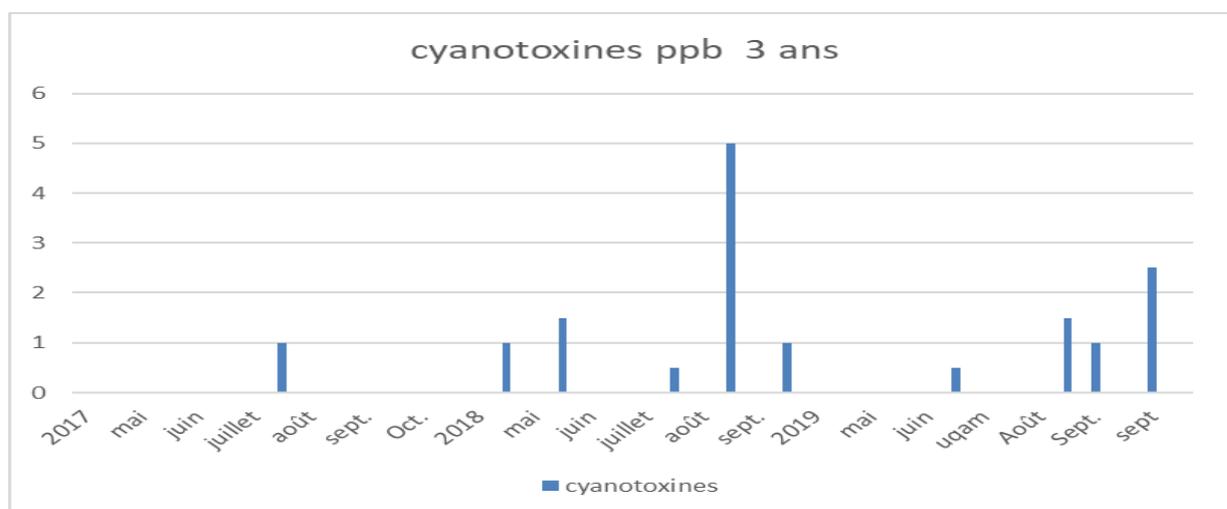
PROGRAMME DE SUIVI : CONTRÔLE DES CYANOBACTÉRIES 2019													
VARIABLES	Mai	mai	Juin	juin	Juillet	uqam	juillet	Août	août	Sept.	sept.	sept	Oct.
Date	13	28	10	25	8	12 juil.	22	5	19	3	16	30	21
Cyanobactéries cel/ml	4	0	163 529	0	750	0	0	36750	0	16157	0	17050	0
Microcystines ppb	0	0	0	0	0,5	0	0	0	1,5	1	0	2,5	0
phosphore total mg/l	0,059	0,049	0,033	0,078	0,11	0,114	0,082	0,149	0,09	0,159	0,152	0,131	0,087
Chlorophylle a ug/l	21,5	33,1	34,2	53,7	45,7	49,1	18,2	87,6	46,9	39,8	4,4	44,5	38,6
COD	0	6,6	0	9,9	0	9,7	9,6	0	6,3	0	9,2	0	10,2
<b>Jour 08h00 et 16h00</b>													
TDS(ppm)jour	89	88	83	103	91	84	99	97	107	118	131	107	110
PH jour	8,8	8,2	9,03	8,4	8,3	7,2	8,3	8,4	8,8	8,86	8,77	8,98	9,1
COND(us/cm)jour	160	162	170	180	180	169	202	196	222	234	220	238	214
température@jour	12,2	14,6	18,8	20,5	23,1	24,4	25,1	23,2	22,3	18,9	17,8	15,2	9,2
OD (mg/l) 0,5m	9,38	8,08	10,87	7,32	7,63	6,6	6,3	7,88	7,83	6,09	7,99	7,38	7,81
OD (mg/l) 1,0m	9,19	7,29	10,25	7,22	7,06	6,5	6,02	7,29	7,74	6,02	7,79	7,71	8,23
OD (mg/l) 1,5m	9,05	7,56	9,48	6,87	6,59	6,5	5,36	6,6	7,1	5,99	8,09	7,44	8,69
OD (mg/l) 2,0m	8,56	7,81	7,4	6,48	6,23	5,87	5,18	6,15	6,4	6,04	8,91	6,95	9,67
secchi RSVL	0,83	0,67	0,89	0,78	0,91	1,03	1,02	0,71	0,64	0,43	0,53	0,62	0,69
<b>Nuit 18h00 et 21h00</b>													
TDS (ppm)soir	91	91	97	102	93	88	99	122	113	123	133	113	113
PH soir	8,8	8,4	9,02	8,8	8,3	7,9	7,9	8,8	8,97	8,9	8,8	8,8	9
COND(us/cm)soir	162	162	205	214	186	177	196	230	225	238	224	240	217
température @ soir	11,8	13,8	20,04	22,1	25,7	25,1	25,1	23,8	22,4	18,1	16,8	14,9	9,4
OD (mg/l) 0,5m	9,3	8,9	11,08	9,71	8,25	6,8	6,32	10,09	9,91	8,53	8,04	7,59	7,89
OD (mg/l) 1,0m	9,15	8,1	10,89	9,53	8,08	6,8	6,57	10,25	8,35	7,72	7,79	7,42	8,23
OD (mg/l) 1,5m	9,15	7,50	9,82	9,11	7,95	5,90	6,19	9,07	5,70	6,07	7,71	6,51	8,71
OD (mg/l) 2,0m	8,21	7,20	8,21	9,03	7,95	5,54	6,43	8,25	4,30	5,99	7,49	5,99	8,68
Secchi Transec 1,0	0,84	0,68	0,93	0,83	1,12	1,03	1,07	0,73	0,64	0,47	0,54	0,59	0,70
Secchi Transec 1,2	0,84	0,67	0,93	0,80	0,98	1,02	1,07	0,73	0,65	0,44	0,52	0,59	0,68
Secchi Transec 1,3	0,81	0,67	0,93	0,80	0,91	1,03	1,01	0,70	0,66	0,43	0,53	0,60	0,69
Secchi Transec 1,4	0,80	0,67	0,92	0,82	0,91	1,01	0,94	0,70	0,67	0,45	0,52	0,60	0,69
secchi= mètre	ATT: mise en fonction des ultrasons le15 mai 2019												
COD ; carbone organique dissous	Ch	Chlorophylle a	PT: Phosphore total				T : Température		secchi: mètre				
OD : Oxygène dissous	PH acidité	COND : Conductivité				TDS: solides dissous total(ppm)							
<b>Petit lac Saint-François (Tomcod) RSVL: 510</b>													
Prélèvement provenant d'un poste identifié au RSVL(45,5360n/72,0353o),													
toutes les 2 semaines de Mai à Octobre inclusivement.													
Emplacement des appareils:no:1 45,5396-72,0389 No:2 45,5368 - 72,0369 No:3 45,5335 - 720344													

Afin d’avoir une image plus représentative de ces données, chaque élément est représenté sous forme de graphique réunissant les trois années du projet. Cependant seules les données de jour sont prises en compte. De plus, un étudiant de l’université du Québec à Montréal est venu le 12 juillet 2019 prendre des prélèvements et lectures au lac Tomcod, qu’il m’a fait parvenir afin de les inclure dans ce rapport.

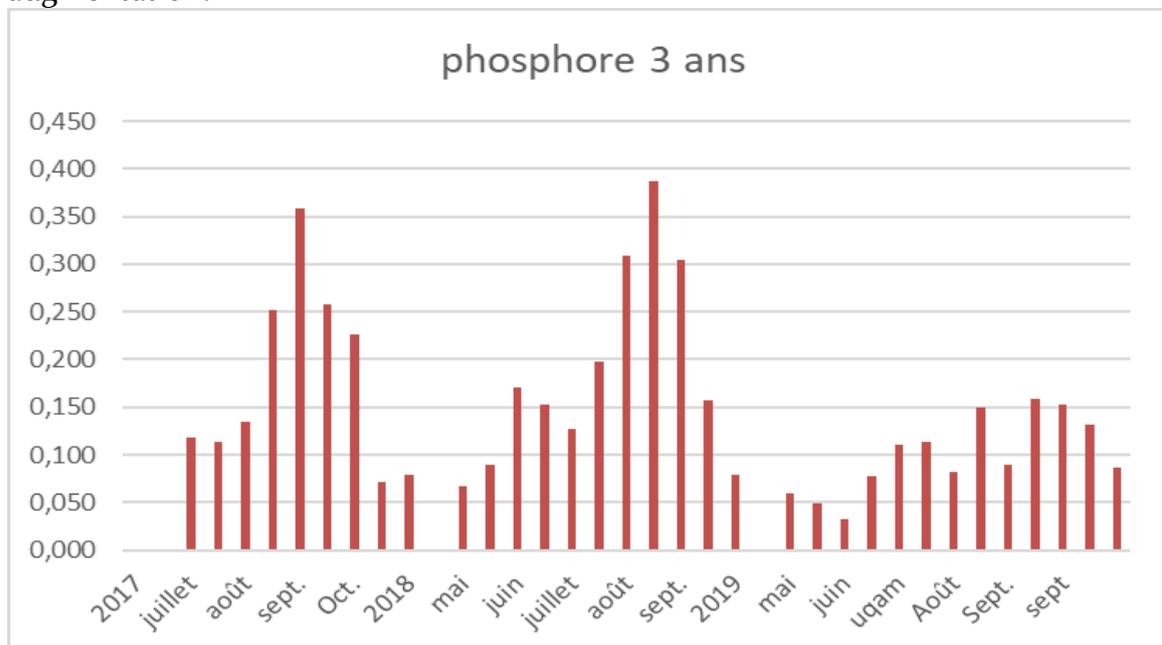
Les analyses montrent une présence de cyanobactéries importantes en mai et qui diminue graduellement vers la fin de la saison estival, sauf en 2019 où leur présence s’étire jusqu’à la fin septembre.



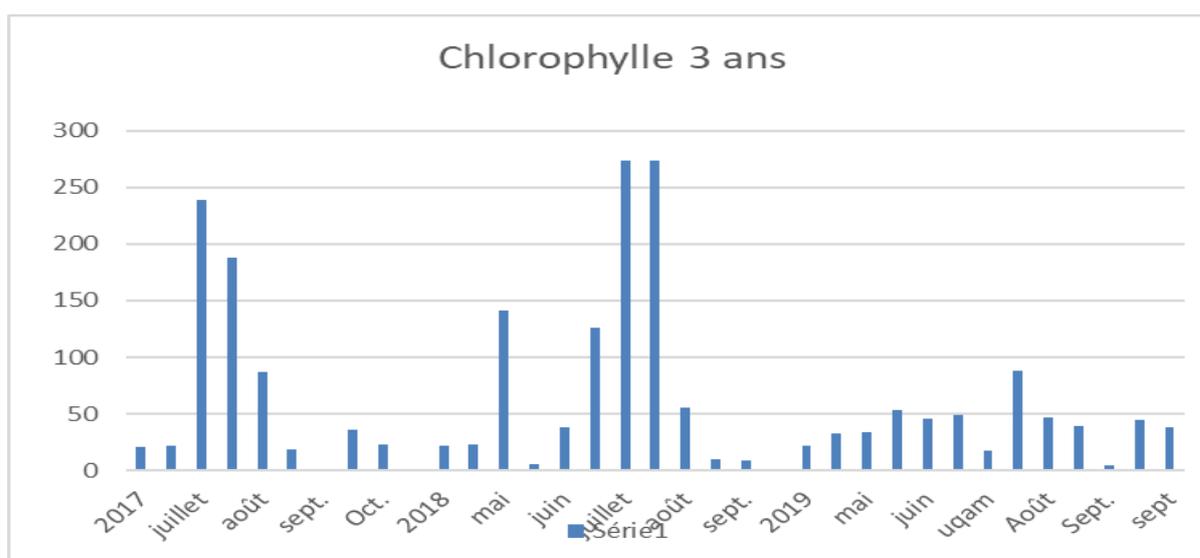
Les cyanotoxines ne suivent pas la tendance des cyanobactéries en termes de concentration. Cependant il faut préciser que des concentrations sous les 5 ppb sont négligeables.



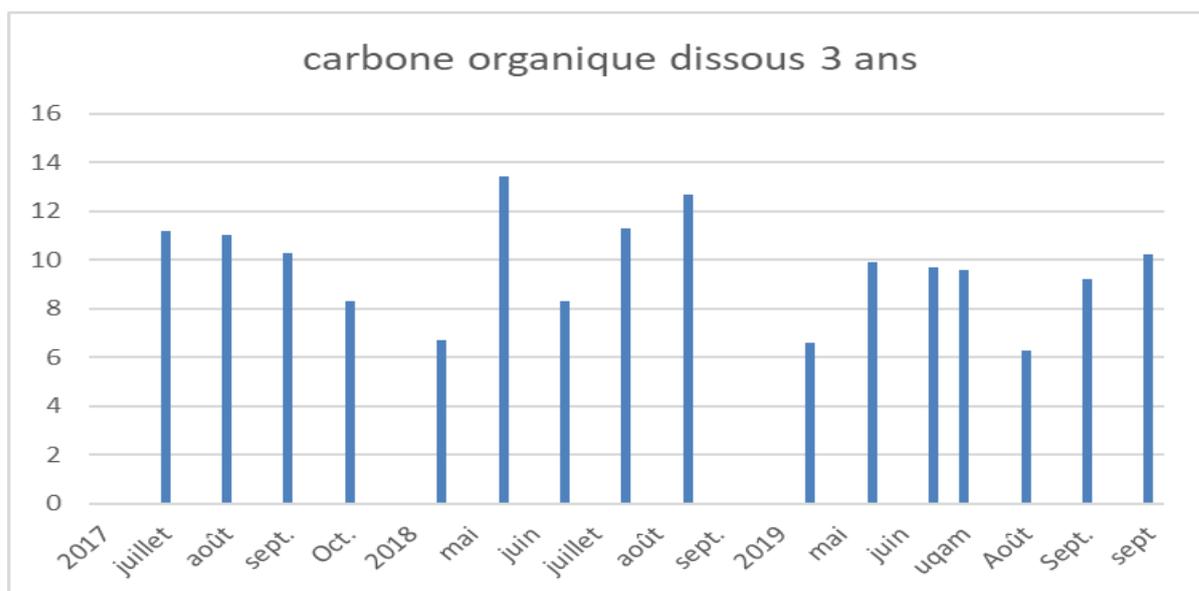
Le phosphore demeure toujours le problème principal de ce plan d'eau, malgré une diminution en 2019 la présence visuelle de cyanobactéries était en augmentation.



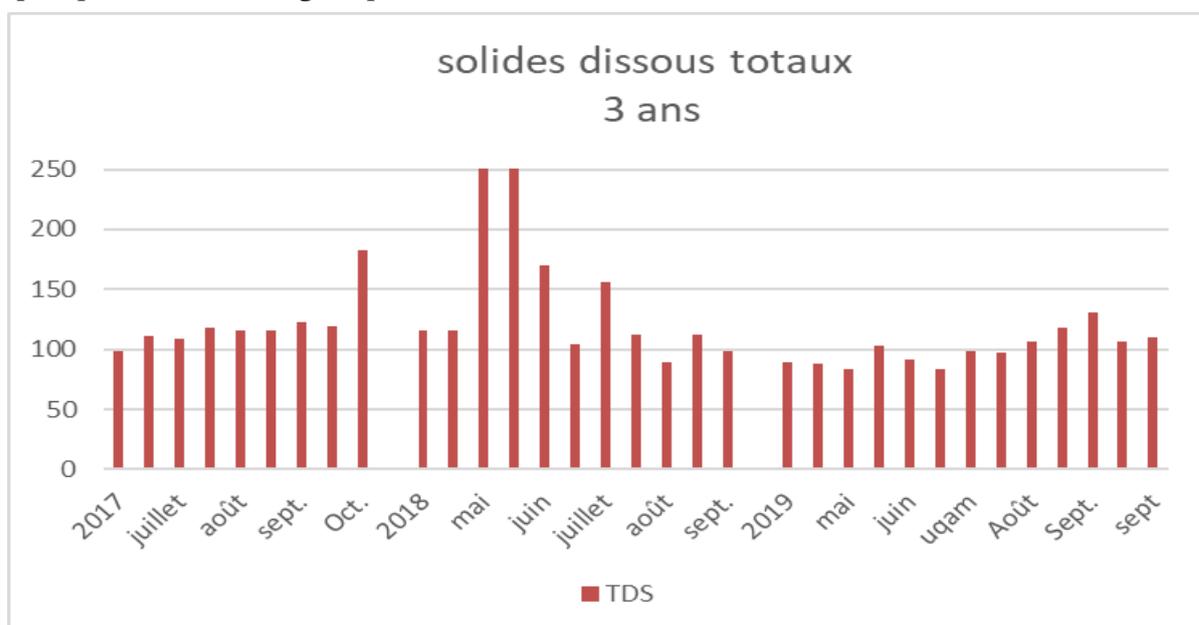
La chlorophylle est le pigment le plus important chez tous les organismes capables de photosynthèse, notamment les algues microscopiques en suspension dans l'eau. Ce pigment donne aux végétaux leur couleur verte et leur permet de faire de la photosynthèse.



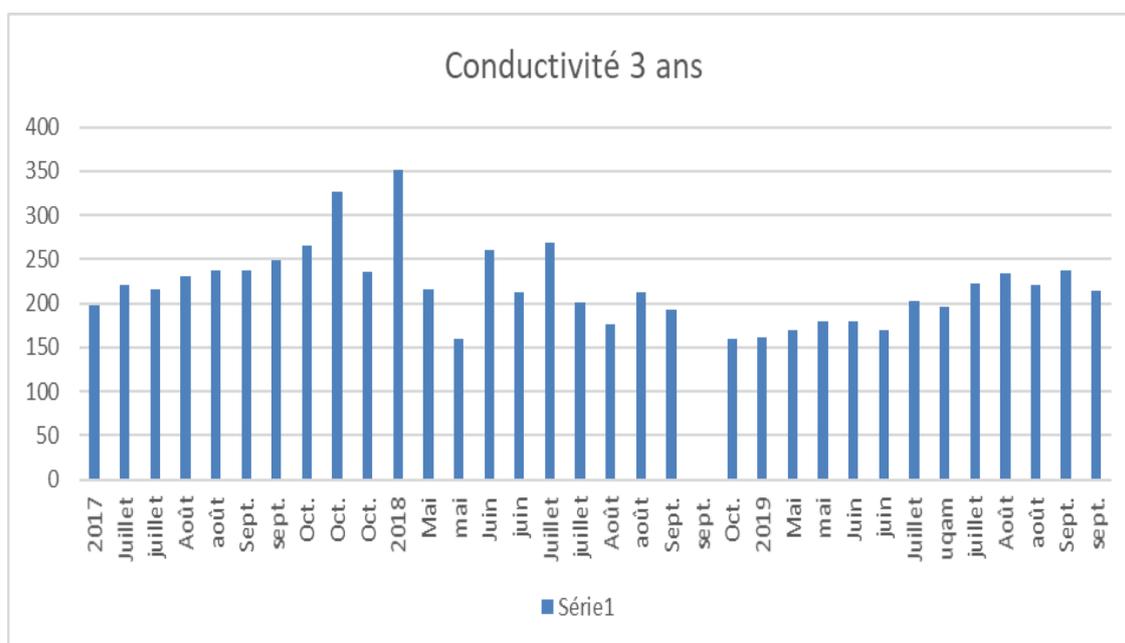
Le carbone organique trouvé dans les eaux naturelles est composé en majeure partie de substances humiques, de matériaux végétaux et animaux partiellement dégradés, ainsi que de substances organiques provenant de divers effluents municipaux et industriels, en particulier les usines de pâtes et papiers. Pour un effluent donné, une corrélation peut être établie entre le carbone organique dissous et la demande chimique ou biochimique en oxygène.



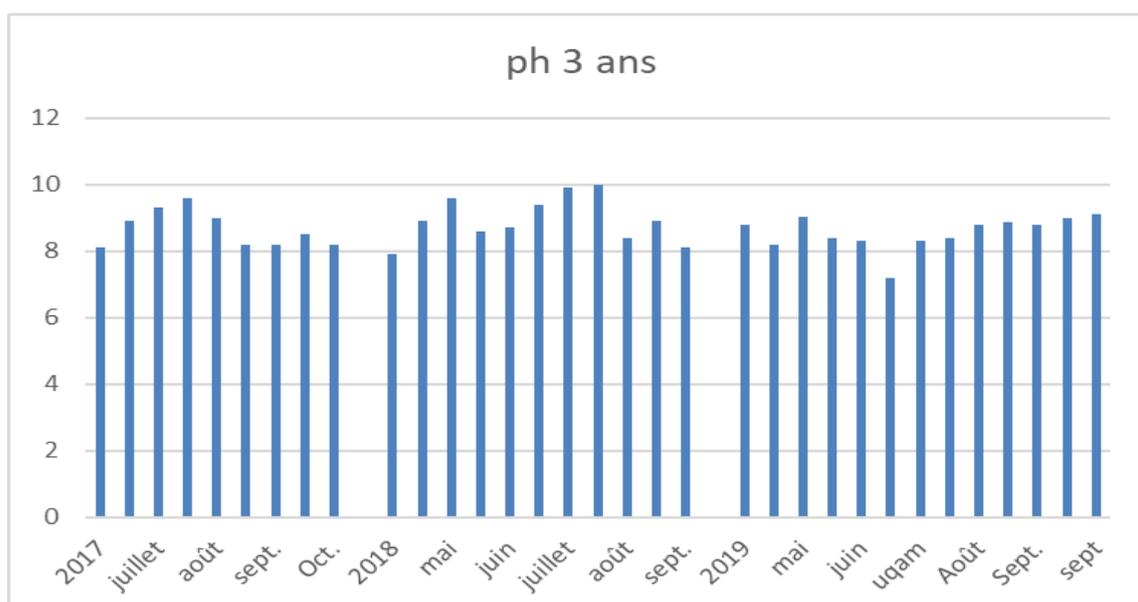
TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.



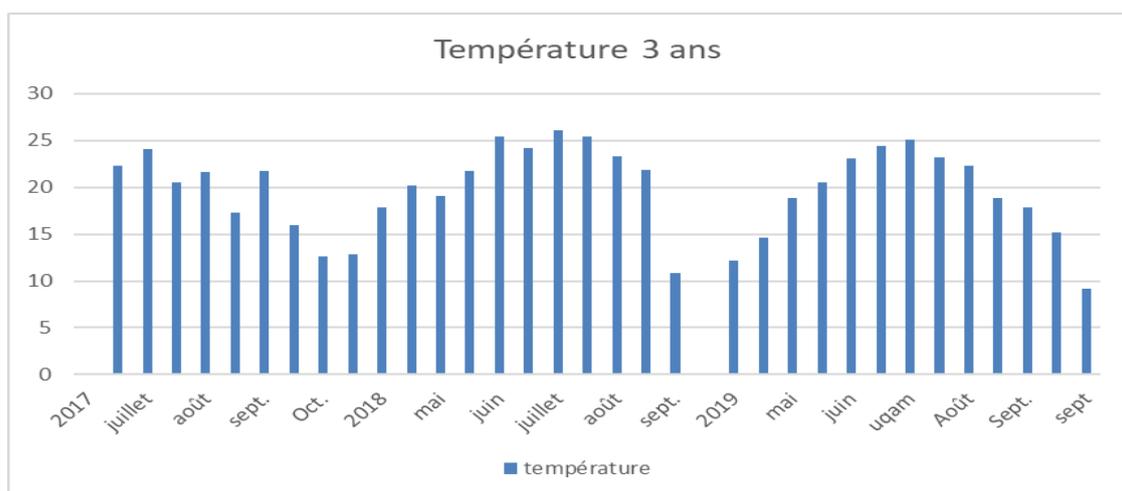
La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux et non les matières organiques) dissous dans l'eau.



Le ph se maintien de façon régulière d'une année à l'autre malgré l'influence des autres éléments durant la saison comme le phosphore.

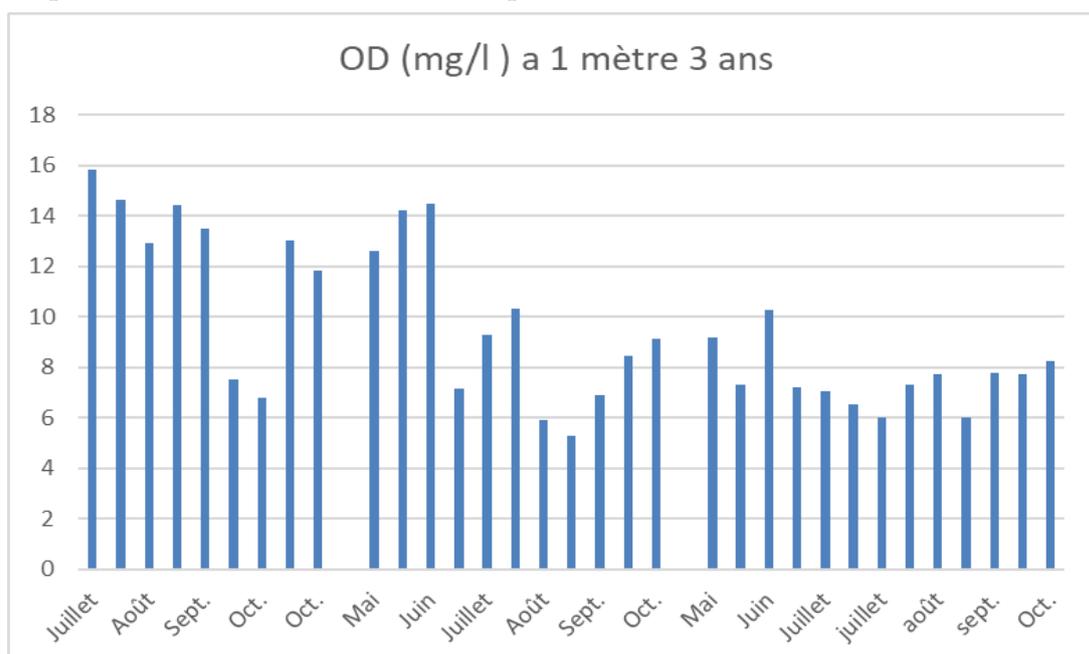


La température de l'eau a une influence directe sur l'apparition des cyanobactéries dès que l'eau atteint 20 Celsius, les chances de voir apparaître des cyanobactéries sont grandes. Les périodes chaudes de 2018 et 2019 montrent des températures au-delà des 25 Celsius.

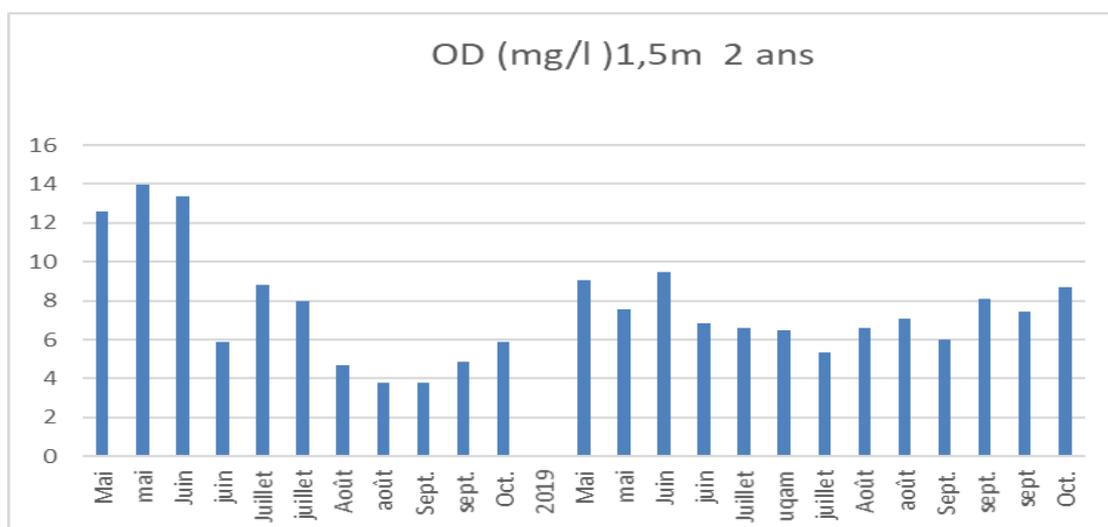
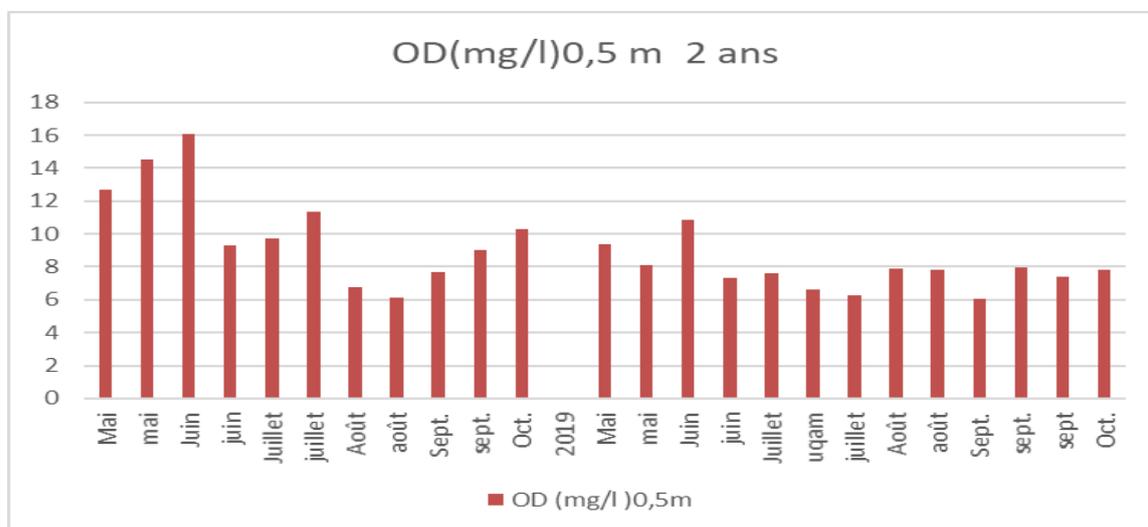
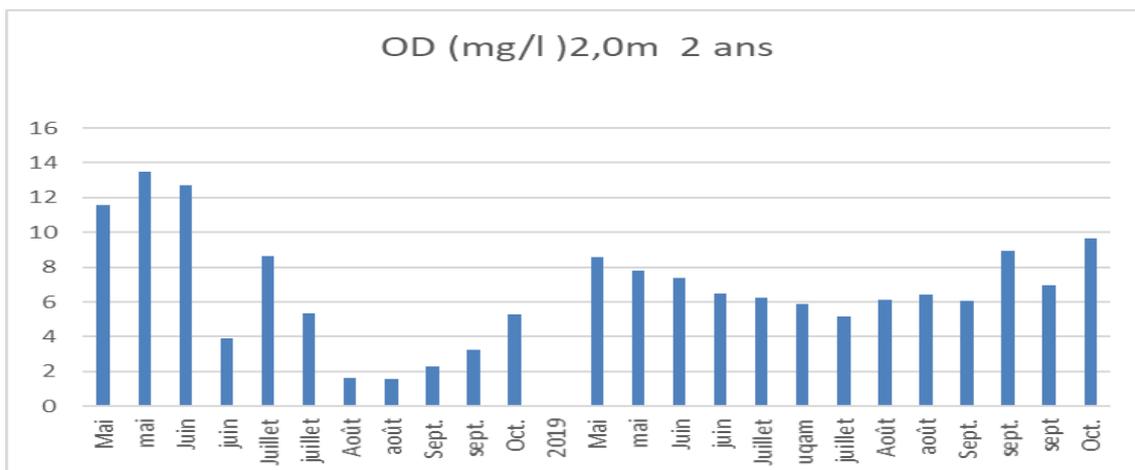


*Lectures prises à 2 mètres de profondeur.*

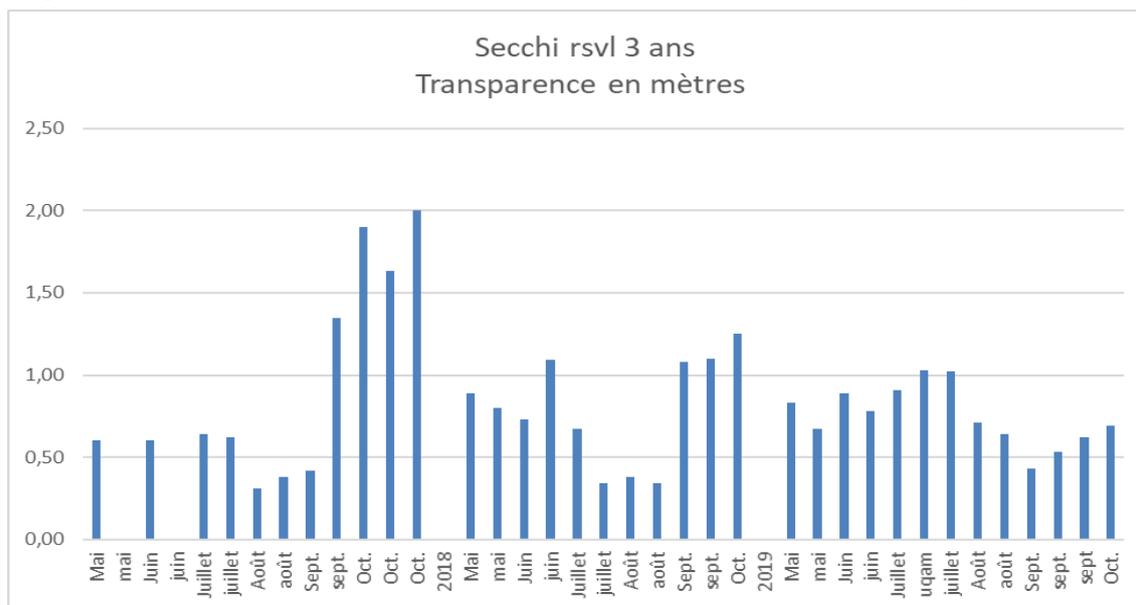
La mesure d'oxygène dissous à 1 mètre est la seule disponible pour 3 ans puisque le ministère nous a demandé pour la deuxième et la troisième année du projet de prendre des lectures à différentes profondeurs.



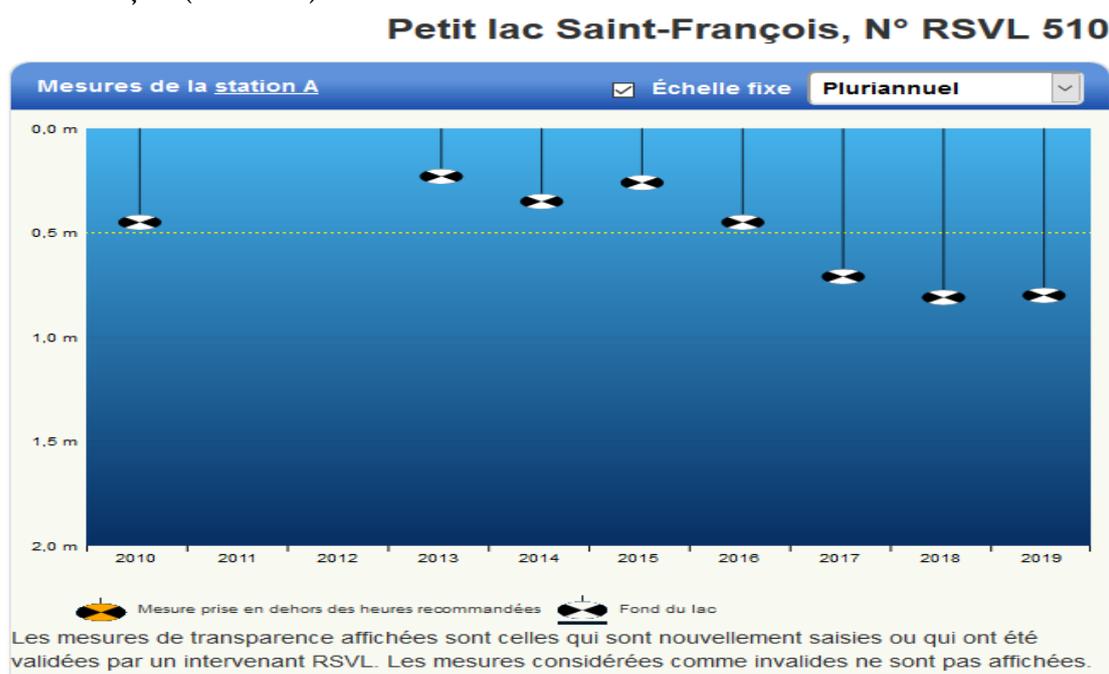
Rapport final –Projet de traitement des cyanobactéries au Petit Lac Saint-François (Lac Tomcod)



Les mesures de transparence de l'eau est un indice important de la qualité, en effet plus l'eau est chargée de nutriments plus elle devient trouble. Les cyanobactéries affecte aussi la transparence de l'eau puisqu'elles occupent une charge importante dans la colonne d'eau. La mesure de transparence utilisée est celle du Réseau volontaire de surveillance des lac RSVL(45,5360n/72,03530) tel qu'enregistrer auprès de l'organisme. Ce graphique permet de constater une augmentation de la transparence de l'eau durant les trois années du projet



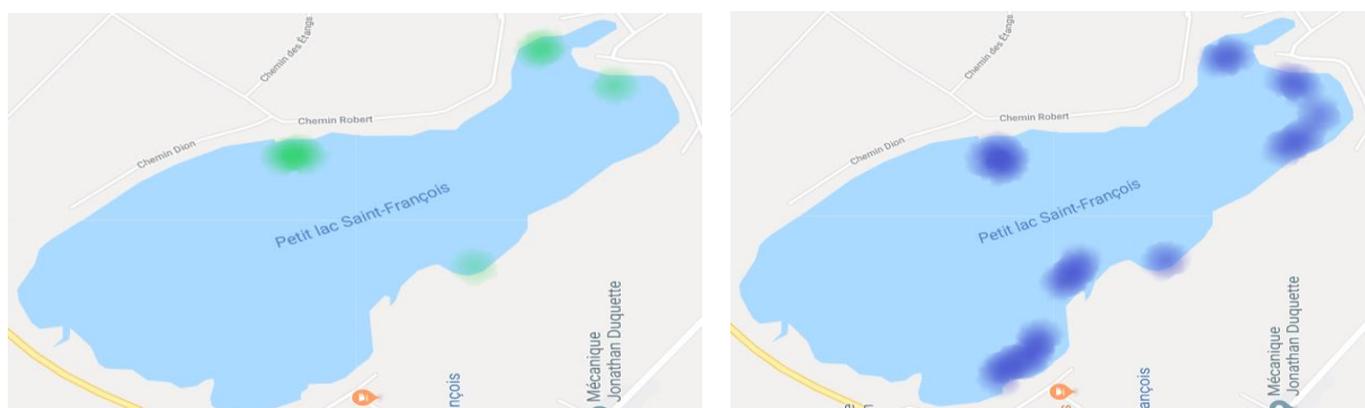
Le tableau suivant montre l'évolution de la transparence de l'eau au petit lac Saint-François(Tomcod) selon les archives du RSVL.



## Observation visuelle des macrophytes pour la durée du projet

Compte tenu de la faible transparence de l'eau au début du traitement soit moins de 50cm il était difficile d'évaluer l'étendue des plantes sur le lac. La première image à gauche montre l'état du lac avant le traitement selon les observations des bénévoles, celle de droite montre l'augmentation observable des macrophytes après traitement. L'observation s'est concentrée principalement sur la Myriophylle en épis.

Durant la saison 2019, l'augmentation de la transparence de l'eau nous a permis de constater des zones plus précises qui semblent confirmer les appréhensions du MDDELCC quant à l'augmentation possible des macrophytes résultant d'une amélioration de la transparence de l'eau.



## Catégorisation de la présence des cyanobactéries

Un des avantages de demeurer sur les rives d'un lac est la possibilité d'en observer l'état de façon journalière. C'est au moyen d'un calendrier quotidien que nous avons noté la présence ou non des cyanobactéries selon leur densité tel qu'établi par le RSVL soit catégorie 1, catégorie 2a, et catégorie 2b.

### Catégorie 1

Une fleur d'eau de catégorie 1 est visible à l'œil nu. Elle se caractérise par une faible densité de particules qui sont réparties de façon clairsemée dans la colonne d'eau.

Elle peut donner l'apparence d'une eau anormalement trouble, de particules qui semblent flotter entre deux eaux ou d'agrégats (flocons, boules ou autres) ou d'amas assez éloignés les uns des autres. La fleur d'eau peut être plus difficile à observer, puisqu'elle ne donne pas l'impression d'un changement dans la consistance de l'eau.

Il est important de mentionner que, dans cette catégorie, la densité des particules peut varier grandement, allant de quelques particules à plusieurs particules clairsemées dans la colonne d'eau.



## Catégorie 2

La catégorie 2 est subdivisée en deux sous-catégories selon qu'il y a absence ou présence d'écume:

- Catégorie 2a - absence d'écume.
- Catégorie 2b - présence d'écume.

### Catégorie 2a

Une fleur d'eau de catégorie 2a se caractérise par une densité moyenne à élevée de particules distribuées dans la colonne d'eau. Les algues bleu-vert peuvent être réparties dans la colonne d'eau et ressembler notamment à une soupe au brocoli, à de la peinture, à des agrégats (boules, flocons, filaments ou autres) ou à des amas rapprochés les uns des autres ou à une purée de pois.



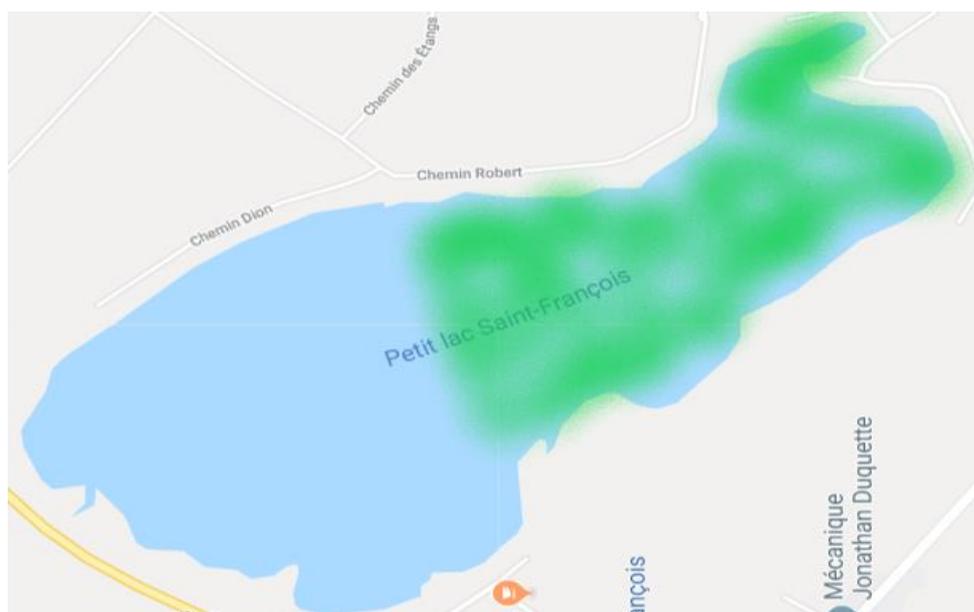
### Catégorie 2b

Une fleur d'eau de catégorie 2b se caractérise par la présence d'algues bleu-vert à la surface de l'eau qui forment ce que l'on appelle une **écume**. La fleur d'eau sous forme d'écume peut être balayée par le vent et s'entasser près du rivage. La densité d'algues bleu-vert y est alors très élevée. Une écume peut ressembler à un déversement de peinture et se présenter sous forme de traînées, d'un film à la surface de l'eau ou de dépôts près de la rive.

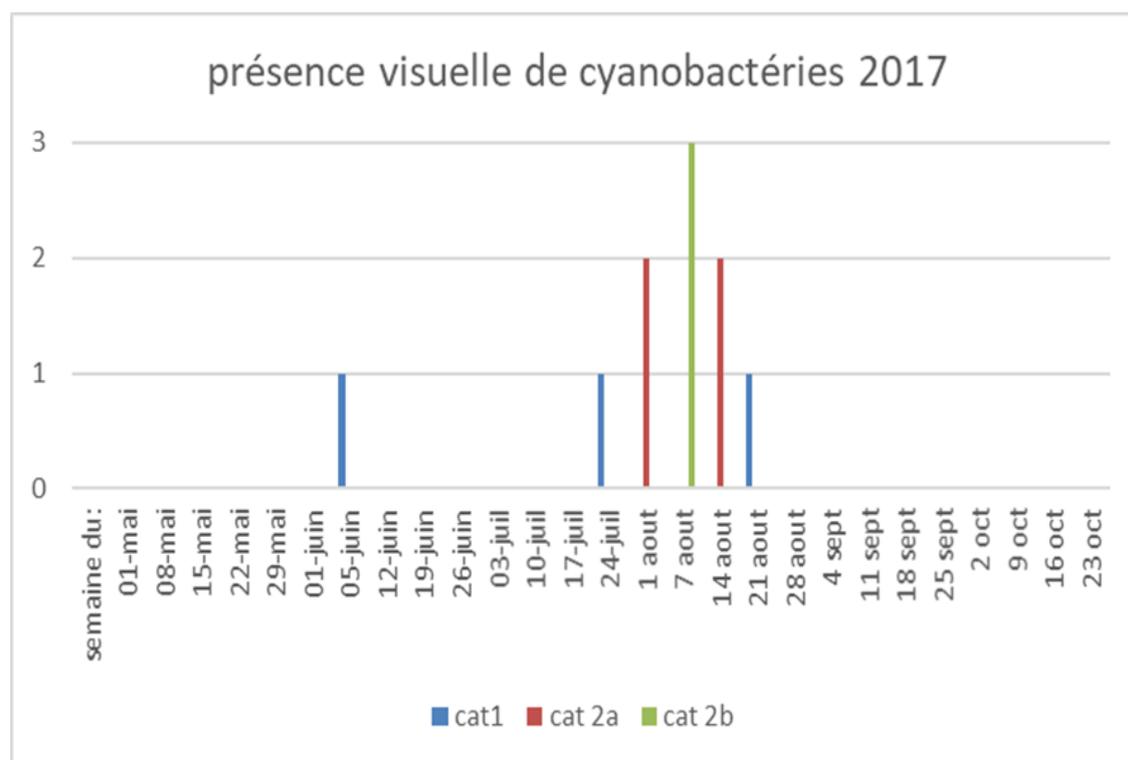


## **Tableau des observations de cyanobactéries et des conditions météo associées.**

Le protocole d'identification des algues demande de préciser les endroits où apparaissent les cyanobactéries, mais puisque le Petit lac Saint-François est affecté sur toute sa surface, cette identification n'est pas nécessaire. Cependant les vents dominants font en sorte que les cyanobactéries se concentrent sur la portion ouest du lac lorsqu'ils sont en plus faible concentration comme le montre l'image ci-dessous.



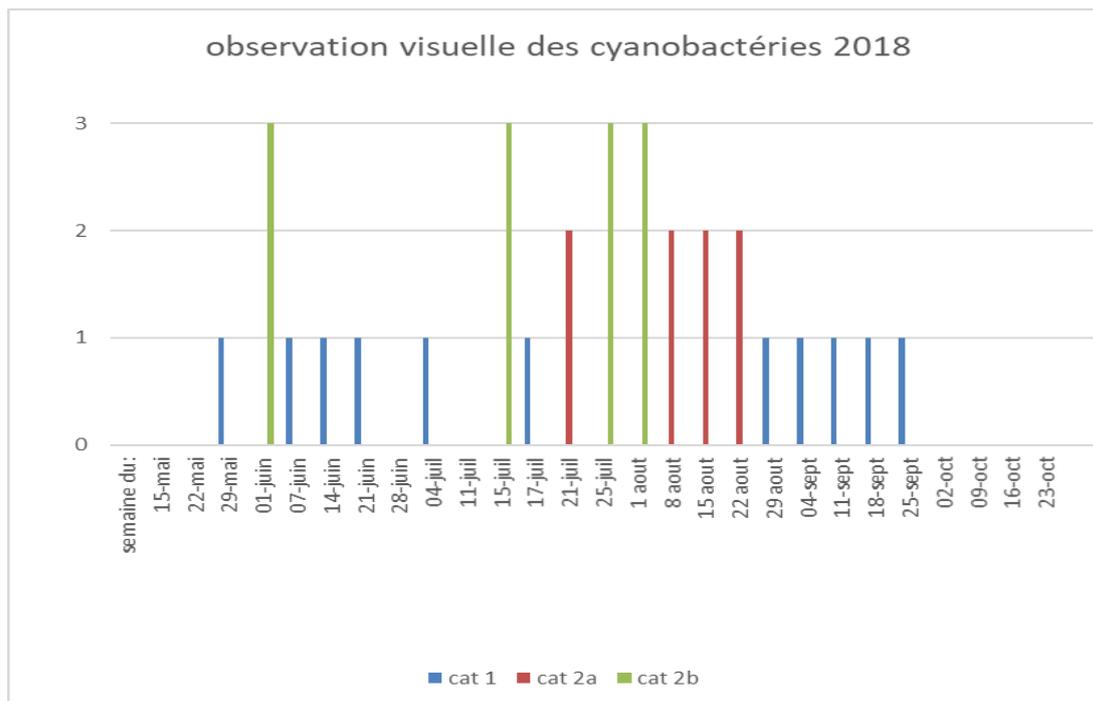
Afin de bien avoir le reflet de la réalité sur le terrain, il est important d'associer au graphique des observations, les conditions de la météo pour la même période. En effet nous connaissons l'influence des conditions météorologiques sur l'apparition des cyanobactéries. La recette soleil, chaleur et phosphore est indissociable avec la densité des observations sur le terrain. De plus les pluies et le vent dans un lac de faible profondeur provoque un relargage et une accumulation de sédiments transportant le phosphore et l'azote nécessaire aux cyanobactéries.



<b>Mai 2017</b>		Températures : <b>6°C/16°C</b> Précipitations : <b>87mm</b>	<b>correct</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN MAI 2017 →</a>
<b>Juin 2017</b>		Températures : <b>10°C/21°C</b> Précipitations : <b>63mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN JUIN 2017 →</a>
<b>Juillet 2017</b>		Températures : <b>13°C/24°C</b> Précipitations : <b>52mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN JUIL 2017 →</a>
<b>Août 2017</b>		Températures : <b>12°C/22°C</b> Précipitations : <b>44mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN AOÛT 2017 →</a>
<b>Septembre 2017</b>		Températures : <b>11°C/21°C</b> Précipitations : <b>40mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN SEP. 2017 →</a>
<b>Octobre 2017</b>		Températures : <b>8°C/16°C</b> Précipitations : <b>65mm</b>	<b>correct</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN OCT. 2017 →</a>

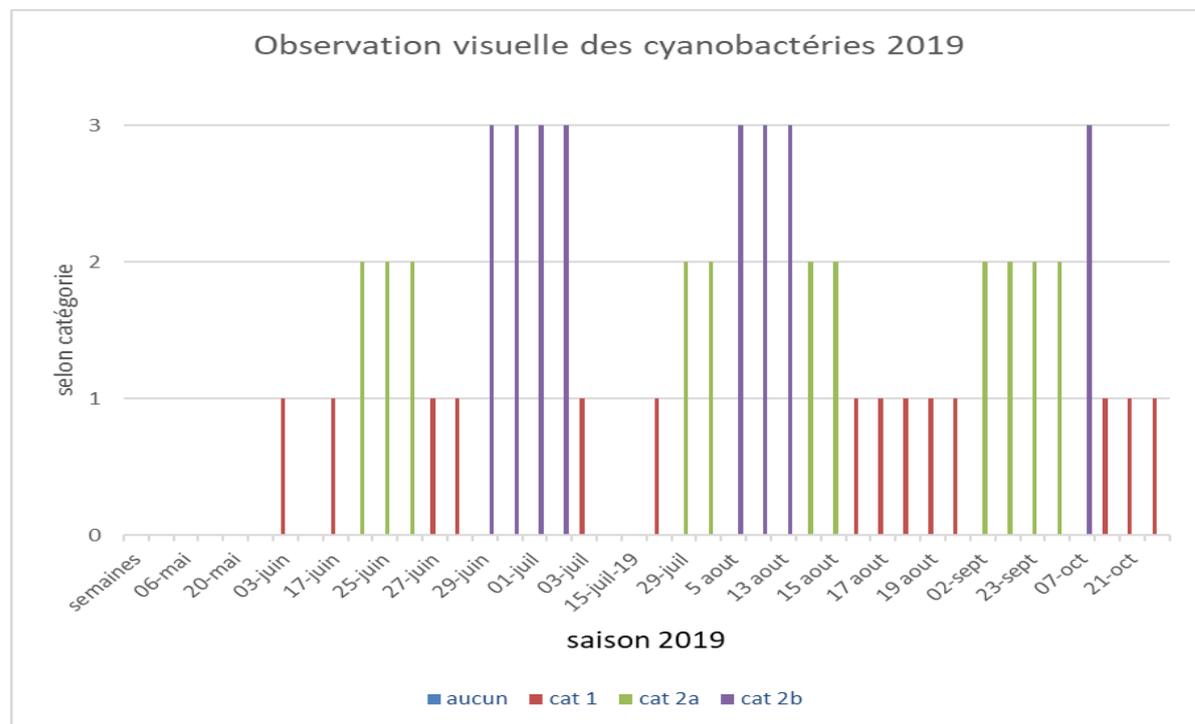
Soleil, température fraîche, pas trop de pluie.

Rapport final –Projet de traitement des cyanobactéries au Petit Lac Saint-François (Lac Tomcod)



<b>Mai 2018</b>		Températures : <b>7°C/20°C</b> Précipitations : <b>29mm</b>	<b>favorable</b>	MÉTÉO À SHERBROOKE EN MAI 2018 →
<b>Juin 2018</b>		Températures : <b>10°C/21°C</b> Précipitations : <b>39mm</b>	<b>favorable</b>	MÉTÉO À SHERBROOKE EN JUIN 2018 →
<b>Juillet 2018</b>		Températures : <b>15°C/26°C</b> Précipitations : <b>51mm</b>	<b>idéal</b>	MÉTÉO À SHERBROOKE EN JUIL 2018 →
<b>Août 2018</b>		Températures : <b>15°C/25°C</b> Précipitations : <b>45mm</b>	<b>favorable</b>	MÉTÉO À SHERBROOKE EN AOÛT 2018 →
<b>Septembre 2018</b>		Températures : <b>10°C/20°C</b> Précipitations : <b>32mm</b>	<b>favorable</b>	MÉTÉO À SHERBROOKE EN SEP. 2018 →
<b>Octobre 2018</b>		Températures : <b>2°C/9°C</b> Précipitations : <b>73mm</b>	<b>très défavorable</b>	MÉTÉO À SHERBROOKE EN OCT. 2018 →

Canicule en juillet et en aout pluie moyenne.



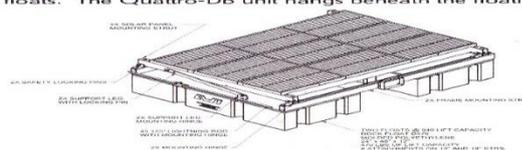
<b>Mai 2019</b>		Températures : <b>4°C/14°C</b> Précipitations : <b>218mm</b>	<b>correct</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN MAI 2019 →</a>
<b>Juin 2019</b>		Températures : <b>10°C/21°C</b> Précipitations : <b>191mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN JUIN 2019 →</a>
<b>Juillet 2019</b>		Températures : <b>14°C/26°C</b> Précipitations : <b>125mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN JUIL 2019 →</a>
<b>Août 2019</b>		Températures : <b>12°C/23°C</b> Précipitations : <b>174mm</b>	<b>favorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN AOÛT 2019 →</a>
<b>Septembre 2019</b>		Températures : <b>8°C/17°C</b> Précipitations : <b>206mm</b>	<b>correct</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN SEP. 2019 →</a>
<b>Octobre 2019</b>		Températures : <b>4°C/12°C</b> Précipitations : <b>149mm</b>	<b>très défavorable</b>	<a href="#">MÉTÉO À SHERBROOKE EN OCT. 2019 →</a>

Canicule en juillet pluie abondante tout au long de la saison.

## Observation sur la performance des appareils à ultrason

Durant les trois années du projet, certaines observations ont pu être réalisées sur le fonctionnement des appareils émettant des ultrasons.

2. Floating Solar Systems have 180 watt panels but sit flat on dock floats. The Quattro-DB unit hangs beneath the floating array.



The following pictures show the solar float system back and side views while in the maintenance position where you can see the battery box.



- Défaut mineur (câblage) 2017 sur un appareil, réparé.
- Rappel sur les diffuseurs fin 2017.
- Diffuseurs remplacés à la fin de saison 2017.
- Appareils semblent mal fonctionner en début de saison 2018.
- Aout 2018 le représentant de la Cie remplace tous les éléments reliés aux émissions d'ultrason.
- Saison 2019 test positif de fonctionnement en début de saison.
- Durant tout le projet les panneaux solaires alimentent bien les batteries, une lampe témoin le confirme.
- Impossible d'évaluer la constance des émissions durant le projet sauf par les lampes témoins des contrôleurs.
- Problèmes récurant avec les oiseaux causant des fientes sur les panneaux solaires. Même avec des contres mesures.
- L'utilisation des ultrasons n'empêche pas l'apparition des fleurs de cyanobactéries, comme le montre les observations visuelles.
- L'utilisation des ultrasons à permis d'augmenter la transparence de l'eau de 50cm à 1 mètre en moyenne.
- L'utilisation des ultrasons n'a pas d'incidence sur la production de cyanotoxine.
- L'utilisation des ultrasons n'influence pas les conditions physicochimiques du lac, sauf pour la production de macrophytes.

## En conclusion

Les bénévoles ont dépensé beaucoup d'énergie pour planifier mettre en place et mener à bien ce projet pilote. Un budget de 50,000\$ à été nécessaire pour l'achat des appareils et les trois années d'analyses en laboratoires. Il est certain que nous aurions aimé que les appareils contrôlent mieux les fleurs de cyanobactéries, mais avec des pointes de phosphore comme les graphiques indiquent, la capacité de traitement des appareils est peut-être insuffisante. Cependant l'amélioration de la transparence de l'eau a donné espoir à la population pour le futur. C'est un aspect du projet que nous n'avions pas prévu car ce renouveau de l'intérêt pour le petit lac Saint-François (Tomcod) encourage les bénévoles de l'association à poursuivre les efforts nécessaires à la réhabilitation du lac. Les changements climatiques auront un effet de dégradation accéléré sur les lacs du Québec dans les prochaines années et d'autres actions devront être mises en place si nous voulons un jour retrouver l'usage de nos lacs. Nous remercions la Municipalité de Saint-François-Xavier de Brompton de nous avoir autorisé à faire ce projet et au Ministère du développement durable et de la lutte aux changements climatiques de nous avoir accompagné via le protocole de suivi tout au long de ces trois années, ainsi que la compagnie Biobac pour leur soutien technique tout au long du projet. Un remerciement tout particulier aux bénévoles du conseil d'administration de l'association du lac Tomcod pour leur support de chaque instant.

Claude Paulin  
Président  
Association du lac Tomcod  
[www.associationdulactomcod.org](http://www.associationdulactomcod.org)

## Partenaires du projet

