

**Rapport d'échantillonnage de la qualité de l'eau
du lac Boivin – 2020**



Mars 2021



Équipe de réalisation

Coordination de projet	Jean Fecteau, M. Sc. Aménagement du territoire Ressource spécialisée, OBV Yamaska
Rédaction du rapport	Laurence Plante-Péloquin, B. Sc. Biol. Technicienne terrain, gestion des données, OBV Yamaska
Échantillonnage	Jean Fecteau, M. Sc. Aménagement du territoire Aménagiste du territoire, OBV Yamaska
	Sébastien Fortin Demers, Techniques du milieu naturel Technicien terrain, OBV Yamaska
	Meggie Hébert, B. Sc. Biologie-Écologie Technicienne terrain, géomatique, OBV Yamaska
Cartographie	Michel Landry, B. Sc. Géomatique, M. Env. Géomaticien, OBV Yamaska
Révision générale	Alex Martin, M. Env. Directeur général, OBV Yamaska
	Ariane Blier-Langdeau, M. Sc. Biol. Biologiste, OBV Yamaska

Ce rapport a été commandé par la Ville de Granby. Une copie PDF du rapport ainsi que les fichiers numériques suivants seront remis au client :

- Certificats d'analyse
- Classeurs Excel des données brutes d'échantillonnage
- Rapport en version PDF

Les limites des bassins et les cartes ont été produites à partir des données reconnues disponibles dans l'objectif de faciliter l'interprétation des données d'échantillonnage. Toute autre utilisation pourrait ne pas convenir.

Le présent rapport peut être cité de la façon suivante :

OBV YAMASKA, 2020. *Rapport d'échantillonnage de la qualité de l'eau du lac Boivin – 2020 (version préliminaire)*, pour la Ville de Granby, Organisme de bassin versant de la Yamaska, 55 pages.

Table des matières

Table des matières.....	I
Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	4
Liste des photos.....	6
Résumé.....	7
1. Mise en contexte.....	8
2. La station d'échantillonnage et le territoire	
2.1 Localisation de la station d'échantillonnage.....	9
2.2 Description du territoire	11
3. Méthodologie	
3.1 Paramètres analysés.....	14
3.2 Indices utilisés	17
3.3 Période d'échantillonnage	18
3.4 Prélèvements et laboratoire.....	19
3.5 Limites du bassin versant.....	19
4. Analyse de la qualité de l'eau du lac Boivin par paramètre	
4.1 <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>).....	20
4.2 Phosphore total.....	23
4.3 Chlorophylle α	27
4.4 Carbone organique dissous	31
4.5 Transparence.....	34
4.6 Paramètres de la multisonde (oxygène dissous et pH)	39
5. Conclusion et recommandations	
5.1 Suivi de la qualité de l'eau	43
5.2 Pratiques agricoles.....	44
5.3 Milieux humides.....	45
5.4 Gestion des eaux de ruissellement et contrôle de l'érosion.....	45

5.5	Sensibilisation, communication et concertation	46
6. Références	4
7	
7. Annexes...	51
	Annexe 1 - Précipitations à la station météorologique de Granby (7022800), 2020.....	51
	Annexe 2 – Résultats 2010-2020 de l’analyse de la qualité de l’eau du lac Boivin dans le cadre du Réseau de surveillance volontaire des lacs.....	53

Liste des figures

Figure 1	Localisation de la station d'échantillonnage Lac Boivin – fosse (114).....	10
Figure 2	Localisation de la station du lac Boivin et délimitation du bassin versant du lac Boivin....	13
Figure 3	Concentration de coliformes fécaux (<i>E.coli</i>) et classe trophique des prélèvements de 2020 22	
Figure 4	Concentration de phosphore total et classe trophique des prélèvements de 2020.....	26
Figure 5	Concentration de chlorophylle α des prélèvements de 2020.....	29
Figure 6	Concentration de carbone organique dissous des prélèvements de 2020.....	32
Figure 7	Mesures de transparence des prélèvements de 2020.....	37
Figure 8	Précipitations à la station météorologique de Granby. Adapté de Gouvernement du Québec (2020c).....	51

Liste des tableaux

Tableau 1	Localisation de la station d'échantillonnage de 2020.....	9
Tableau 2	Paramètres analysés en laboratoire et <i>in situ</i> en 2020.....	14
Tableau 3	Signification environnementale des paramètres analysés, adapté de Hébert et Légaré (2000) 15	
Tableau 4	Classes de qualité bactériologique, pour la bactérie <i>Escherichia coli</i> , des eaux de baignade en eaux douces. Adapté de Gouvernement du Québec, 2013.....	20
Tableau 5	Moyennes arithmétiques, classes de qualité et dépassements de 2011 à 2016 pour les coliformes thermotolérants (fécaux) et de 2017 à 2020 pour <i>E. coli</i>	23
Tableau 6	Concentration d' <i>E. coli</i> pour chacun des 12 prélèvements en 2020.....	23
Tableau 7	Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de phosphore total. Adapté de Gouvernement du Québec (2020e).....	24
Tableau 8	Moyenne, classe trophique, dépassements et amplitude moyenne pour le phosphore total de 2010 à 2020.....	25
Tableau 9	Concentration de phosphore pour chaque prélèvement en 2020.....	27
Tableau 10	Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs de chlorophylle α . Adapté de Gouvernement du Québec (2020e).....	27
Tableau 11	Moyennes et classes trophiques pour la chlorophylle α de 2010 à 2020.....	30
Tableau 12	Concentration de chlorophylle α pour chaque prélèvement en 2020.....	30

Tableau 13	Moyennes pour le carbone organique dissous mesuré de 2010 à 2020.....	33
Tableau 14	Concentration de carbone organique dissous pour chaque prélèvement en 2020.....	33
Tableau 15	Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de transparence. Adapté de Gouvernement du Québec (2020e).....	34
Tableau 16	Moyennes et classes trophiques pour la transparence de 2010 à 2020	38
Tableau 17	Mesures de transparence pour chaque sortie en 2020	38
Tableau 18	Mesures des paramètres de la multisonde pour chaque sortie en 2020.....	40
Tableau 19	Classes trophiques par paramètres de 2010 à 2020	42
Tableau 20	Classes de qualité et dépassements de critères pour le phosphore et les coliformes fécaux (incluant <i>E.coli</i>) de 2010 à 2020	43
Tableau 21	Type d'échantillonnage selon les précipitations (données corrigées) dans les 48 heures précédant l'échantillonnage (Gouvernement du Québec, 2020c)	52

Liste des photos

Photo 1	Le lac Boivin le 2 juin 2020.....	18
Photo 2	Le lac Boivin le 14 juillet 2020.....	18
Photo 3	Le lac Boivin le 25 août 2020.....	18
Photo 4	Le lac Boivin le 13 octobre 2020.....	18

Résumé

En accord avec son *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin*, la Ville de Granby a confié à l'OBV Yamaska le mandat d'échantillonner le lac Boivin tous les étés depuis 2010. Les paramètres suivis sont le carbone organique dissous, la chlorophylle α , le phosphore total et l'*Escherichia coli* (*E. coli*). Les échantillons d'eau sont analysés par le laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). À ces paramètres s'ajoute le suivi de l'oxygène dissous et du pH de l'eau à l'aide d'une multisonde. La transparence est aussi évaluée avec disque de Secchi. Le rapport qui suit présente les résultats d'échantillonnage pour 2020. Depuis 2010, aucune tendance significative dans l'évolution des classes trophiques mesurées à la fosse du lac Boivin n'a été observée et le lac varie entre la sous-classe mésoeutrophe et la classe eutrophe.

Pour donner suite aux résultats obtenus depuis 2010, cinq recommandations sont détaillées dans ce rapport :

1. Poursuivre le suivi de la qualité de l'eau du lac Boivin en 2021;
2. Promouvoir les bonnes pratiques agricoles dans le bassin versant du lac Boivin;
3. S'assurer qu'il n'y ait aucune perte nette de milieux humides dans le bassin versant du lac Boivin;
4. Implanter des mesures de contrôle de l'érosion et de protection des bandes riveraines dans le bassin versant du lac Boivin;
5. Informer et sensibiliser les résidents riverains et s'assurer d'une bonne concertation avec la MRC de La Haute-Yamaska, les municipalités présentes sur le territoire du bassin versant du lac Boivin et l'OBV Yamaska.

I. Mise en contexte

En 2008, la Ville de Granby a déposé son *Plan vert*, un document de planification stratégique qui prescrit des gestes et des objectifs visant l'amélioration de la qualité de l'environnement dans son ensemble. La gestion de l'eau, cette ressource essentielle dont la qualité et la quantité sont continuellement modifiées par les actions humaines, détient une place primordiale dans ce plan (Ville de Granby, 2008).

Dans cette optique, la Ville de Granby a entrepris en 2009 le *Projet d'amélioration de la qualité de l'eau du lac Boivin* et en 2010, le suivi de la qualité de l'eau du lac Boivin et de ses tributaires. En effet, le lac Boivin, situé au cœur de la ville, subit de fortes pressions agricoles et urbaines qui, combinées à certains aspects naturels et intrinsèques du lac, mènent à une eutrophisation accélérée (processus naturel de « vieillissement » des plans d'eau).

À la suite d'un processus de consultation publique, la Ville de Granby a élaboré le *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin*, qu'elle a adopté en 2015, dans le but de poser des actions concertées favorisant la réhabilitation du lac. En accord avec ce plan d'action, la Ville de Granby, qui travaille en collaboration avec l'Organisme de bassin versant de la Yamaska (OBV Yamaska) depuis huit ans, a confié à l'OBV Yamaska le mandat de poursuivre l'échantillonnage du lac Boivin. Le rapport qui suit présente les résultats d'échantillonnage pour 2020.

Tous ces efforts sont déployés dans l'espoir de retrouver et diversifier les usages récréotouristiques du lac Boivin et, plus particulièrement, de sauvegarder cette pièce maîtresse du paysage de la Ville.

2. La station d'échantillonnage et le territoire

2.1 Localisation de la station d'échantillonnage

Le suivi de la qualité de l'eau du lac Boivin a été effectué à partir d'une seule station d'échantillonnage localisée directement à côté de la fontaine, dans la fosse du lac (Figure 1 et Tableau 1). Elle est située à l'aval du lac Boivin et à l'aval du bassin versant du lac Boivin dont elle fait partie, soit dans le chenal du lac, qui représente l'emplacement de l'ancien cours de la rivière, au niveau de la partie la plus profonde selon la bathymétrie effectuée en 2010 (Figure 1). Des variations de profondeur dans le chenal ont été identifiées entre les bathymétries de 1973 et 2010, ce qui impliquerait que celui-ci est dynamique (OBV Yamaska, 2011a).

C'est à cette station (station Lac Boivin - fosse) que depuis 2010, dans le cadre du Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL), des prélèvements ont été effectués lors de l'échantillonnage du lac Boivin. Le nombre de prélèvements associés au RSVL a varié au cours des années. Les résultats compilés par le RSVL pour l'année 2020 se trouvent en (Annexe 2) et ceux des années antérieures sont disponibles sur le site Web du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) (Gouvernement du Québec, 2020a).

Tableau 1 Localisation de la station d'échantillonnage de 2020

Nom de la station	N° Station	Superficie BV (km ²)	Latitude	Longitude
Lac Boivin - fosse	03030114	212	45,39749	-72,71043



Figure 1 Localisation de la station d'échantillonnage lac Boivin – fosse (114)

2.2 Description du territoire

Le lac Boivin, anciennement connu sous le nom de lac Granby, a été créé au 19^e siècle, à la suite de l'érection de deux barrages sur la rivière Yamaska Nord, en 1830 et 1923 respectivement (Gendron et al., 2001; Teknika HBA inc., 2010). Il servira, un certain temps, comme source d'eau potable à la Ville, avant que des problèmes de contamination due aux industries et aux rejets des eaux usées municipales directement dans la rivière rendent l'eau inconsommable (OBV Yamaska, s.d.). S'est construit par la suite, au sud-est du lac, le réservoir Lemieux qui est devenu la nouvelle réserve d'eau potable de la Ville (Teknika HBA inc., 2010). Une vocation uniquement récréative a depuis été attribuée au lac.

Anciennement un milieu humide de type marécageux, le lac Boivin est très peu profond, avec une profondeur moyenne d'environ 1,5 mètre et une profondeur maximale, au niveau de la fosse, de 5,5 mètres (Teknika HBA inc., 2010; OBV Yamaska, 2011a). Ceci résulte en un milieu idéal pour le développement des plantes aquatiques, non seulement en raison de la grande superficie photique du lac, mais aussi par la riche présence de nutriments dans les sédiments (Teknika HBA inc., 2010).

Le lac se retrouve sur le territoire de la Municipalité régionale de comté (MRC) de La Haute-Yamaska qui regroupe huit municipalités et couvre une superficie de 643,75 km².

Le lac Boivin, d'une superficie de 1,35 km², se situe au cœur de la Ville de Granby. Son bassin versant, qui s'étend de Waterloo à Granby et qui couvre une superficie d'environ 212 km², correspond en grande partie à l'amont du bassin versant de la Yamaska Nord, le principal tributaire du lac (Figure 2) (Teknika HBA inc., 2010; OBV Yamaska, 2011b). Le bassin versant comporte également deux autres plans d'eau majeurs, soit le lac Waterloo et le réservoir Choinière. Par ailleurs, ce dernier aurait un impact important sur la qualité de l'eau du lac Boivin, en captant ou sédimentant plusieurs éléments, notamment le phosphore (INRS-EAU, 1976). Il est à noter que ceci pourrait éventuellement avoir l'effet inverse à la suite de relargage ou de désédimentation du réservoir, ou bien encore, de la vidange épisodique de ce dernier (La Violette, 1999).

Selon Teknika HBA inc. (2010), le temps de renouvellement du lac Boivin est relativement rapide, tout en considérant que les courants d'eau peuvent avoir une influence sur ce temps de renouvellement : une zone plus isolée devrait donc se renouveler plus lentement qu'une zone dynamique. Une fontaine se retrouve aussi au centre de la fosse et les macrophytes aquatiques ne sont pas ou peu visibles à cet endroit.

Le territoire du bassin versant du lac Boivin est constitué principalement d'un couvert forestier, de cultures pérennes et annuelles ainsi que de milieux résidentiels et urbains. Le lac est également entouré de plusieurs milieux humides. Le côté nord du lac se caractérise par des cultures pérennes et annuelles ainsi que par des résidences dotées d'installations sanitaires. Le milieu urbain couvre principalement les secteurs ouest et sud du lac, où il est possible d'être confronté à des débordements des réseaux d'égouts et pluviaux (OBV Yamaska, 2011b). En effet, quatre ouvrages de surverse ont des points de rejet situés directement dans le lac (Drolet, 2014).

Les sites suivants se retrouvent également dans le bassin versant du lac Boivin et peuvent avoir une influence sur la qualité de l'eau :

- Quatre ouvrages de surverse avec des points de rejet dans le lac;
- Deux stations d'épuration situées en amont du lac;
- Le barrage du réservoir Choinière, aussi situé en amont du lac;
- Le Centre d'interprétation de la nature du lac Boivin (CINLB);
- Deux dépôts à neige;
- Un camping.

2.3 Date de la campagne – enjeux externes

Il est à noter que douze sorties terrain ont été réalisées, mais deux sorties n'ont pu être analysées concernant les divers paramètres. Effectivement, les échantillons du 6 juin 2020 n'ont pu être analysés pour tous les paramètres parce que le laboratoire d'analyse était fermé (COVID-19). Cela explique d'ailleurs pourquoi aucune sortie n'a été réalisée en mai (confinement obligatoire). Cependant, la donnée de transparence a tout de même pu être prise lors de cette sortie. Les échantillons du 22 juin 2020 n'ont quant à eux pu être analysés pour deux paramètres (coliformes fécaux et chlorophylle a considérant une température trop élevée lors de l'arrivée au laboratoire (problème d'entreposage lors de la livraison).

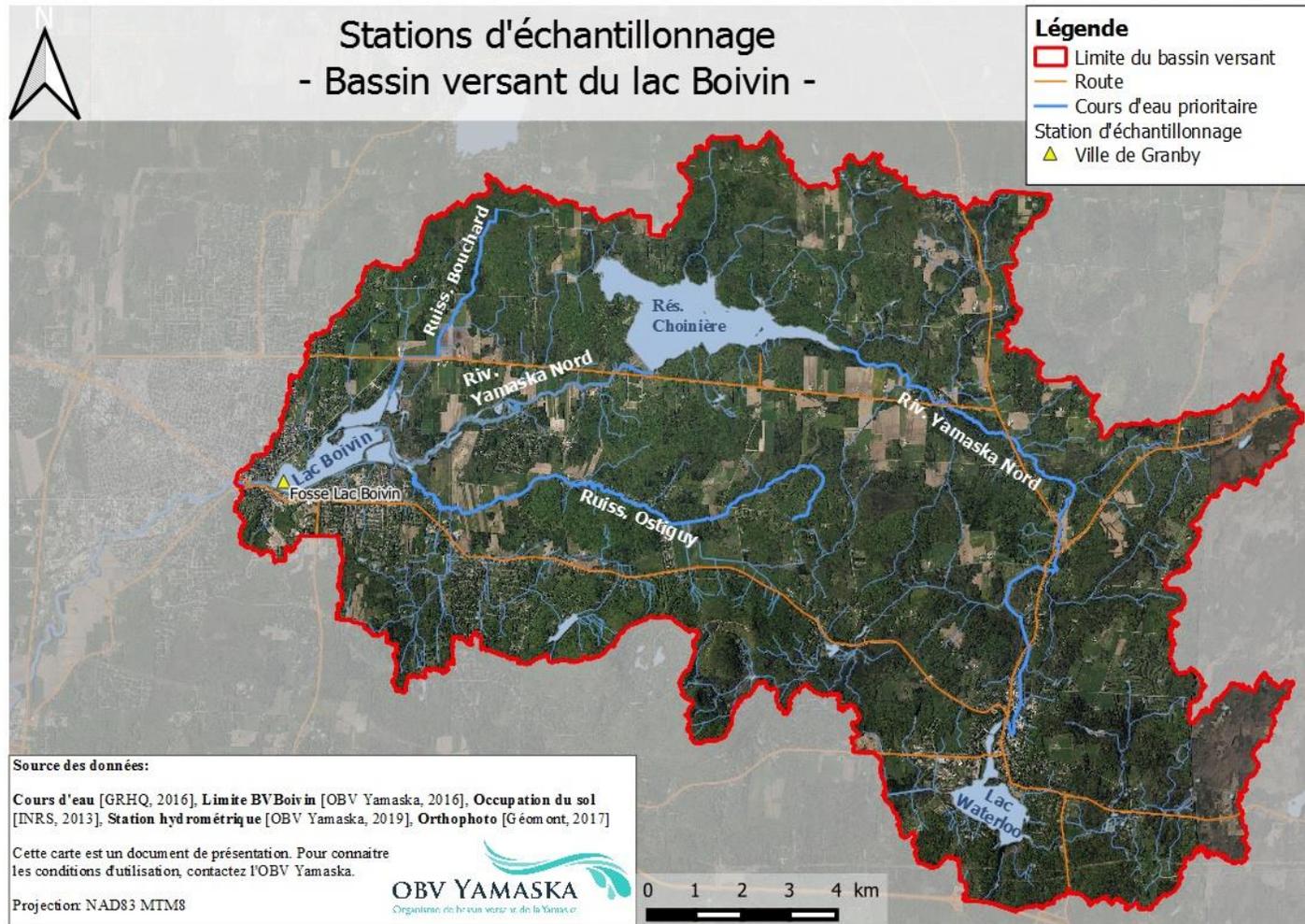


Figure 2 Localisation de la station du lac Boivin et délimitation du bassin versant du lac Boivin

3. Méthodologie

3.1 Paramètres analysés

Les paramètres analysés depuis 2010 sont principalement ceux associés au programme RSVL, c'est-à-dire le carbone organique dissous, la chlorophylle α , le phosphore total et la transparence de l'eau. Ces paramètres permettent d'évaluer le niveau trophique d'un lac et de faire le suivi de son évolution sur une échelle temporelle (Tableau 2) (Gouvernement du Québec, 2020b). Or, il est important de savoir que pour l'année 2020, en raison de la COVID-19, le RSVL n'a pu se dérouler considérant le fait que plusieurs stations ont dû être éliminées en raison du contexte sanitaire particulier (ressources humaines limitées). Cependant, des échantillons ont été réalisés concernant les paramètres mentionnés ci-haut, mais ce, dans un contexte externe au RSVL afin de bonifier les données de la Ville de Granby. Ainsi, seules les mesures de transparence de l'eau ont été compilées pour le RSVL.

Tableau 2 Paramètres analysés en laboratoire et *in situ* en 2020

Analyses en laboratoire	Analyses <i>in situ</i> par l'OBV Yamaska
Carbone organique dissous	Transparence
Chlorophylle α	Conductivité*
Phosphore total	pH
<i>Escherichia Coli</i> (<i>E. Coli</i>)	Turbidité*
	Oxygène dissous
	Température*

* Ces paramètres ne seront pas discutés dans le présent rapport. Ils ont plutôt servi à baliser certains aspects de l'analyse de la qualité de l'eau.

Pour la contamination bactériologique, c'est l'espèce *Escherichia coli* (*E. coli*) qui a été analysée depuis 2016 (voir la section 3.2 ci-dessous). Les prélèvements ont été faits à la main à une profondeur de 1 mètre sous la surface de l'eau, au niveau de la fosse du lac. Chaque paramètre permet d'obtenir des informations sur un aspect physique, chimique, biologique ou bactériologique de l'eau et détient sa signification environnementale propre (Tableau 3).

Tableau 3 Signification environnementale des paramètres analysés. Adaptée de Hébert et Légaré (2000)

Paramètre	Signification environnementale
Carbone organique dissous	<ul style="list-style-type: none"> • La concentration de <u>carbone organique dissous</u> permet d'évaluer la présence des matières responsables de la coloration jaunâtre ou brunâtre de l'eau telles l'acide humique provenant des milieux humides (marécages, tourbières et marais). La transparence de l'eau diminue avec l'augmentation de la concentration en carbone organique dissous.
Chlorophylle α	<ul style="list-style-type: none"> • La mesure de la <u>chlorophylle α</u> est utilisée comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux naturelles. La chlorophylle α représente le plus important pigment chez les organismes photosynthétiques aérobies (en excluant les cyanobactéries) et toutes les algues en contiennent. Le contenu cellulaire en chlorophylle α est de 1 % à 2 % en poids sec.
Escherichia Coli (E. coli)	<ul style="list-style-type: none"> • En raison des difficultés que pose la détection des bactéries et virus pathogènes, on détermine qu'une eau est exempte de micro-organismes pathogènes par des méthodes indirectes. On utilise des bactéries intestinales non pathogènes, soit les coliformes thermotolérants (fécaux), comme indicateurs de pollution fécale, donc de la présence potentielle de bactéries et virus pathogènes. Les <u>coliformes thermotolérants (fécaux)</u> proviennent des matières fécales produites par les humains et les animaux à sang chaud et ils peuvent être facilement identifiés et comptés. L'<i>E. coli</i> est une sous-classe des coliformes fécaux qui est davantage associée au développement de maladies gastro-intestinales chez les baigneurs.
Conductivité	<ul style="list-style-type: none"> • C'est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La <u>conductivité</u> des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux et spécialement de leur concentration en minéraux. La conductivité augmente avec la teneur en solides dissous. Cette mesure permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire la quantité de substances dissoutes ionisées présentes.
Matières en suspension	<ul style="list-style-type: none"> • Les <u>matières en suspension</u> sont constituées par les solides en suspension dans l'eau. Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, du ruissellement des terres agricoles ainsi que des retombées de matières atmosphériques en suspension.
pH	<ul style="list-style-type: none"> • Le <u>pH</u> indique l'équilibre entre les acides et les bases d'un plan d'eau et est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Il se mesure sur une échelle de 0 à 14. Un pH de 7 indique une eau neutre; les valeurs inférieures à 7 indiquent des conditions acides, et les valeurs supérieures à 7 sont caractéristiques de conditions alcalines. Le pH influence la toxicité de plusieurs éléments en régissant un grand nombre de réactions chimiques. Dans les eaux naturelles peu soumises aux activités humaines, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature géologique du sous-sol.
Phosphore dissous	<ul style="list-style-type: none"> • Le phosphore peut se retrouver sous de nombreuses formes organiques ou inorganiques et être présent dans l'eau sous forme dissoute ou en suspension. Il est directement assimilable par les algues et plantes aquatiques. Le phosphore étant une substance nutritive essentielle pour les végétaux, il est possible de contrôler la croissance des algues et des plantes aquatiques en limitant la quantité de phosphore atteignant les cours d'eau.

Paramètre	Signification environnementale
Phosphore total	<ul style="list-style-type: none"> • Tant dans les eaux de surface que dans les eaux usées, le <u>phosphore (total)</u> se retrouve principalement sous la forme de phosphates. Il est dissous ou associé à des particules. Le phosphore présent dans les eaux de surface provient principalement des effluents municipaux, du lessivage et du ruissellement des terres agricoles fertilisées et des effluents de certaines industries (ex. : agro-alimentaires et papetières). Le phosphore est un élément nutritif essentiel à la croissance des plantes. Toutefois, au-dessus d'une certaine concentration et lorsque les conditions sont favorables (faible courant, transparence adéquate, etc.), il peut provoquer une croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques.
Transparence de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> • La <u>transparence</u> diminue avec l'augmentation de la quantité d'algues dans l'eau du lac. Il y a donc un lien entre la transparence de l'eau d'un lac et son état trophique. Les lacs eutrophes sont généralement caractérisés par une faible transparence de leur eau.
Turbidité	<ul style="list-style-type: none"> • La <u>turbidité</u> est la mesure du caractère trouble de l'eau. Elle est causée par les matières en suspension telles que l'argile, le limon, les particules organiques, le plancton et les autres organismes microscopiques. Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques.

Les données de pluviométrie de la station Granby du réseau de surveillance Info-Climat du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) seront utilisées pour l'interprétation des données (Gouvernement du Québec, 2020c) (voir Annexe I).

3.2 Indices utilisés

Depuis plus de quarante ans, un suivi de la qualité des eaux de baignade s'effectue au Québec à travers le Programme Environnement-Plage (PEP), qui est sous la responsabilité du Centre de contrôle environnemental du Québec (CCEQ) du MELCC. Ce programme permet de renseigner la population sur la qualité des eaux de baignade de différentes plages publiques (Brouillette, 2010; Gouvernement du Québec, 2020c). Jusqu'en 2013, l'attribution des cotes aux plages participantes était basée sur la moyenne géométrique des concentrations de coliformes thermotolérants (fécaux), en fonction des classes de qualité bactériologique des eaux de baignade en eaux douces. Depuis 2013, le PEP se base sur la moyenne arithmétique des concentrations d'*Escherichia coli* (*E. coli*). Rappelons que l'*E. coli* est une sous-espèce de bactéries dans la famille des coliformes fécaux; elles composent généralement les deux tiers de ces derniers en eaux douces et elles sont davantage associées au développement de maladies gastro-intestinales chez les baigneurs. L'*E. coli* est un indicateur plus spécifique d'une contamination fécale que le groupe des coliformes fécaux (CEAEQ, 2014). Le critère de protection pour le contact direct (de type baignade) est de 200 UFC/100 ml (Gouvernement du Québec, 2020c). Étant donné que les valeurs pour l'*E. coli* sont du même ordre de grandeur que celles pour les coliformes fécaux, les résultats du lac Boivin obtenus cette année peuvent être comparés à ceux des années antérieures.

La chlorophylle α , le phosphore total et la transparence de l'eau ont été analysés en fonction de la classification des niveaux trophiques des lacs du MDDELCC.

Le carbone organique dissous a été comparé à la plage de variation habituelle, 5^e et 95^e centile de Hébert et Légaré (2000), puisqu'aucun indice ou critère de qualité de l'eau spécifique n'existe pour ce paramètre.

3.3 Période d'échantillonnage

Le lac Boivin a été échantillonné à douze reprises du 2 juin au 13 octobre 2020 (Photos 1 à 4).



Photo 1 Le lac Boivin le 02 juin 2020



Photo 2 Le lac Boivin le 14 juillet 2020



Photo 3 Le lac Boivin le 25 août 2020



Photo 4 Le lac Boivin le 13 octobre 2020

3.4 Prélèvements et laboratoire

Les prélèvements ont été réalisés conformément aux recommandations du Protocole d'échantillonnage de la qualité de l'eau 4^e édition (MDDELCC et CRE Laurentides, 2017). Le phosphore total, l'*E. coli*, le carbone organique dissous et la chlorophylle α ont été analysés par le laboratoire du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Afin de contrôler la qualité des manipulations, des blancs de terrain sont généralement prélevés. Considérant le fait que le RSVL ait été annulé en 2020 à cause des restrictions sanitaires de la COVID-19 (diminution du nombre de plans d'eau suivis étant donné le personnel limité), le blanc de terrain habituel n'a pas été réalisé par manque de matériel.

Le disque de Secchi a été utilisé pour évaluer la transparence de l'eau. Un poids lesté a servi pour effectuer les échantillonnages, de façon à descendre les bouteilles à une profondeur d'un mètre sous la surface de l'eau.

3.5 Limites du bassin versant

La délimitation du bassin versant a été effectuée par l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) grâce au modèle numérique d'altitude (MNA) dérivé du relevé LiDAR d'un mètre de résolution (donnée de 2012 fournies par GéoMont). La délimitation a nécessité d'éliminer l'effet des ponceaux et assurer des parcours continus des écoulements, utilisés en intrants aux routines de calculs hydrologiques. Cela a également demandé de colliger et de regrouper les directions et les accumulations des parcours de l'eau en sous-bassins avec un seuil minimal de superficie fixé à 1 % de la zone d'étude (Michaud et coll., 2018).

4. Analyse de la qualité de l'eau du lac Boivin par paramètre

4.1 *Escherichia coli* (*E. coli*)

Les bactéries *E. coli* proviennent des matières fécales produites par les humains et les autres animaux. Le critère de qualité pour l'eau de surface au Québec, pour ce paramètre, correspond à un maximum de 1000 UFC/100 ml en ce qui a trait à la prévention de la contamination ainsi que la protection des activités récréatives et de l'esthétique pour les activités de contact secondaire (canotage, pêche) (Gouvernement du Québec, 2013). Quand il s'agit de contact primaire, comme la baignade, le critère correspond à un maximum de 200 UFC/100 ml (Gouvernement du Québec, 2013). Comme il est mentionné à la section 3.2 ci-dessus, le Programme Environnement-Plage utilise une classification basée sur le critère le plus restrictif (Tableau 4).

Tableau 4 Classes de qualité bactériologique, pour la bactérie *Escherichia coli*, des eaux de baignade en eaux douces. Adapté de Gouvernement du Québec, 2013

Cote		Moyenne arithmétique (UFC/100 ml)
A	<u>Excellente</u>	0 - 20
B	<u>Bonne</u>	21 - 100
C	<u>Passable</u>	101 - 200
D	<u>Polluée</u>	> 201 ou plus de 10 % des échantillons d'un prélèvement sont > à 400 *

* S'il y a moins de 10 échantillons par prélèvement, on exige deux échantillons supérieurs à 400 au lieu d'appliquer la règle du 10 %.

Les coliformes thermotolérants (fécaux) et l'*E. coli* peuvent provenir de différentes sources liées aux activités humaines, soit : les rejets municipaux, l'épandage de fumier et lisier, les fosses septiques, les fosses à purin défectueuses et le ruissellement urbain (Hébert et Légaré, 2000).

L'analyse de l'*E. coli* pour 2020 donne une qualité d'eau excellente (A), avec une moyenne arithmétique de 17,3 UFC/100 ml (Tableau 5). Aucun dépassement n'a été enregistré durant la saison, signifiant que tous les échantillons se situent sous le critère de qualité de 200 UFC/100 ml (Figure 6). Ainsi, la cote A a été

atteinte par sept échantillons sur dix, dont deux se trouvaient à la limite de détection de 2 UFC/100 ml (Figure 6, Tableau 4 et Tableau 6).

Ainsi, 10 échantillons ont officiellement été réalisés concernant *E. coli* (voir section 2.3). La prise de l'échantillon montrant la valeur la plus élevée, soit 76 UFC/100 ml (22 septembre 2020), fut faite suivant un temps sec (Annexe I). Considérant le fait que la journée échantillonnée était calme, ensoleillée et qu'il y avait une très bonne visibilité dans l'eau (meilleure donnée de transparence de 2020), aucune hypothèse évidente ne peut être posée quant à la source d'*E. coli*. Cependant, il est à remarquer que les résultats de l'année 2020 montrent une tendance similaire aux années précédentes, où les données de coliformes fécaux (*E. coli*) augmentent considérablement dans les mois de septembre et octobre. Ainsi, il pourrait être intéressant d'investiguer davantage concernant la source apparemment récurrente d'année en année concernant les coliformes fécaux (*E. coli*). Or, les résultats de 2020 ne semblent pas montrer un lien entre l'échantillonnage et les précipitations.

Rappelons que, depuis 2015, la valeur demandée pour la classification de la qualité est la moyenne arithmétique et non plus la moyenne géométrique. Les cotes de qualité pour les années antérieures qui se retrouvent au Tableau 5 ont été recalculées pour refléter cette nouvelle méthodologie. Toutefois, la moyenne pluriannuelle pour 2011-2020 n'a pas été calculée pour ce paramètre compte tenu du changement du remplacement des coliformes thermotolérants (fécaux) par l'*E. coli*.

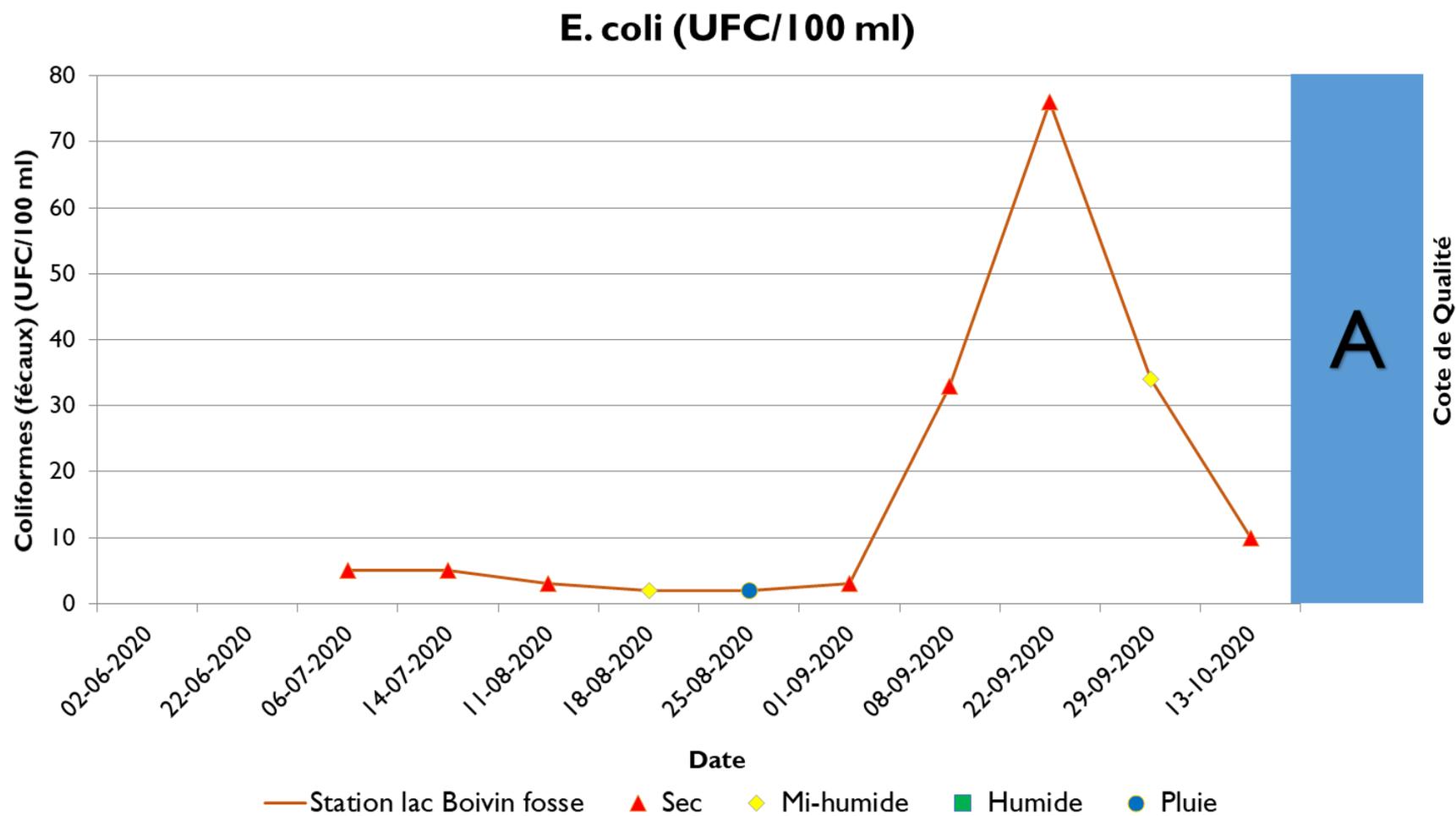


Figure 3 Concentration de coliformes fécaux (*E. coli*) et classe trophique des prélèvements de 2020

Tableau 5 Moyennes arithmétiques, classes de qualité et dépassements de 2011 à 2016 pour les coliformes thermotolérants (fécaux) et de 2017 à 2020 pour *E. coli*

COLIFORMES FÉCAUX 2011-2016 ET <i>E. COLI</i> 2017-2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE			
Année	Moyenne arithmétique (UFC/100 ml)	Classe de qualité	Nombre de dépassements¹
2011	139,4	C	2/9
2012	19,4	A	0/10
2013	29,8	B	0/10
2014	23,8	B	0/10
2015	11	A	0/10
2016	13,8	A	0/9
2017*	20,7	A	0/10
2018*	20,4	A	0/10
2019*	1,9	A	0/10
2020*	17,3	A	0/10

* Années dont les échantillons concernent des analyses portant spécifiquement sur *E. coli*.

Tableau 6 Concentration d'*E. coli* pour chacun des douze prélèvements en 2020

<i>E. COLI</i> EN 2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE	
Date	<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)
06-07-2020	5
14-07-2020	5
11-08-2020	3
18-08-2020	2
25-08-2020	2
01-09-2020	3
08-09-2020	33
22-09-2020	76
29-09-2020	34
13-10-2020	10

4.2 Phosphore total

Le phosphore est reconnu comme un des principaux nutriments liés à l'eutrophisation des lacs et cours d'eau. Ce paramètre a été évalué en fonction de la classification trophique des lacs du MDDELCC (Tableau 7). Le lac Boivin étant aux prises avec des problématiques d'efflorescences de cyanobactéries, il serait souhaitable que l'apport en phosphore y soit le plus restreint possible.

Tableau 7 Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de phosphore total. Adapté de Gouvernement du Québec (2020e)

Classe trophique		Phosphore total (mg/l)
Classe principale	Classe secondaire (transition)	Moyenne
Ultra-oligotrophe		< 0,004
Oligotrophe		0,004 - 0,010
	<i>Oligo-mésotrophe</i>	0,007 - 0,013
Mésotrophe		0,010 - 0,030
	<i>Méso-eutrophe</i>	0,020 - 0,035
Eutrophe		0,030 - 0,100
Hyper-eutrophe		> 0,100

Le phosphore peut provenir de différentes sources liées aux activités humaines, soit : les rejets municipaux, les activités agricoles, les fosses septiques et le ruissellement urbain (Hébert et Légaré, 2000). Il peut également provenir du lac lui-même, par le relargage des sédiments. Suivant la tendance des dix dernières années, la station du lac Boivin est eutrophe en ce qui concerne le phosphore, avec une moyenne de 0,056 mg/l pour 2020 (Tableau 8) déterminée en fonction d'onze échantillons (section 2.3).

La concentration de phosphore a atteint son pic saisonnier le 6 juillet avec une valeur de 0,184 mg/l. Par la suite, les valeurs diminuent continuellement pour atteindre le plus bas niveau mesuré le 22 septembre avec une valeur de 0,025 mg/l pour finalement remonter un peu par la suite. Les données de septembre et d'octobre sont les seules appartenant au niveau mésotrophe (Tableau 9). Les résultats de l'année 2020 ne semblent pas présenter de lien avec les précipitations (Annexe I). Effectivement, la valeur de dépassement maximale (0,184 mg/l) du 6 juillet 2020 était présente en temps sec (plusieurs jours consécutifs sans pluie). Cependant, tout porte à croire, en se fiant aux données de turbidité (28 UTN), que cet échantillon ait été pris à la suite d'un brassage accidentel de l'eau (relargage des matières en suspension), ceci venant créer un biais en surestimant le phosphore réellement présent dans la colonne

d'eau. La valeur de chlorophylle α , assez élevée pour cet échantillon, par rapport à la valeur de transparence, particulièrement basse, viennent finalement alimenter cette théorie. Également, considérant la tendance récurrente à avoir ce type de répartition des données au travers des années, il pourrait toutefois s'agir d'une courbe normale pour l'année 2020. Effectivement, la tendance veut que, dans le moins de juin, les valeurs de phosphore soient à leur maximum, cela pouvant s'expliquer au mélange des eaux de crue de printemps chargées en nutriments ainsi qu'aux températures chaudes, cela rendant le lac eutrophe. Comme pour 2018 et 2019, tous les prélèvements de 2020 ont dépassé le seuil de protection de 0,02 mg/l (Tableau 9 et Figure 4) et l'amplitude moyenne de dépassement est de 2,8. Cette valeur est donc la plus élevée depuis 2011 après la valeur observée en 2019, qui elle était de 2,9. La moyenne pluriannuelle 2010-2020 augmente donc à 0,047 mg/l (Tableau 8). Les moyennes observées au cours des dernières années ne semblent donc pas démontrer de tendance à la hausse ou à la baisse. Le phosphore jouant un rôle crucial dans la production primaire, les résultats obtenus peuvent souvent également expliquer ceux de la chlorophylle α et de la transparence. Effectivement, les résultats obtenus en 2020 semblent démontrer une corrélation entre ces trois paramètres.

Tableau 8 Moyenne, classe trophique, dépassements et amplitude moyenne pour le phosphore total de 2010 à 2020

PHOSPHORE TOTAL 2010-2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE				
Année	Moyenne (mg/l)	Classe trophique	Nombre de dépassements	Amplitude moyenne*
2010	0,044	Eutrophe	5/5	2,2
2011	0,069	Eutrophe	5/5	3,5
2012	0,036	Eutrophe	10/10	1,8
2013	0,046	Eutrophe	10/10	2,3
2014	0,040	Eutrophe	10/10	2,0
2015	0,038	Eutrophe	9/9	1,9
2016	0,034	Eutrophe	9/10	1,8
2017	0,050	Eutrophe	10/10	2,5
2018	0,045	Eutrophe	7/7	2,3
2019	0,058	Eutrophe	11/11	2,9
2020	0,056	Eutrophe	11/11	2,8
2010-2020	0,047	Eutrophe	97/98	2,4

*Nombre de fois supérieur au critère pour les dépassements (moyenne/0,02 mg/l).

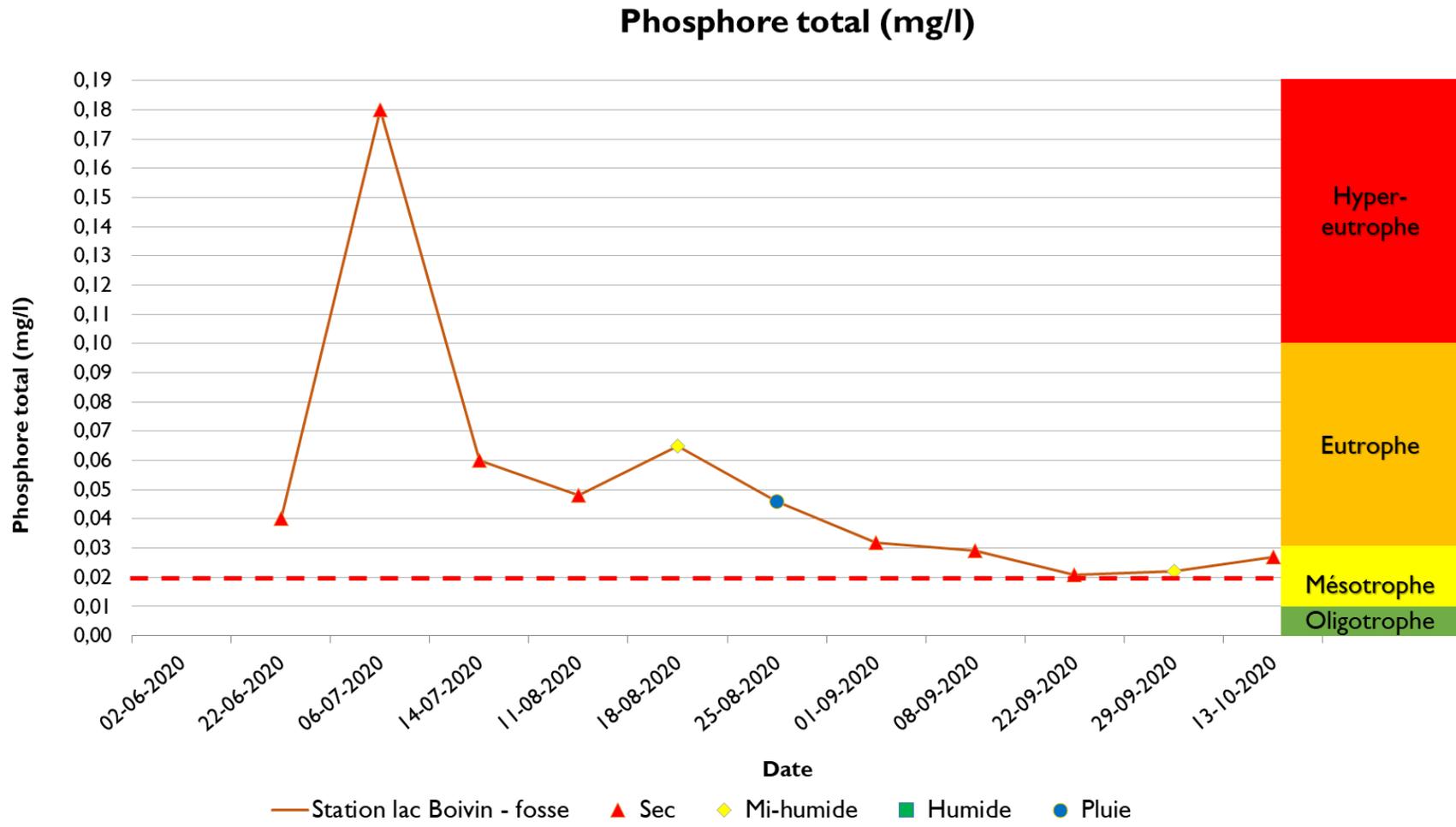


Figure 4 Concentration de phosphore total et classe trophique des prélèvements de 2020

Tableau 9 Concentration de phosphore pour chaque prélèvement en 2020

PHOSPHORE TOTAL EN 2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE	
Date	Phosphore total (mg/l)
22-06-2020	0,044
06-07-2020	0,184
14-07-2020	0,064
11-08-2020	0,052
18-08-2020	0,069
25-08-2020	0,050
01-09-2020	0,036
08-09-2020	0,033
22-09-2020	0,025
29-09-2020	0,026
13-10-2020	0,031

4.3 Chlorophylle α

La mesure de la chlorophylle α est utilisée comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux naturelles, car c'est un pigment contenu dans toutes les algues. Ce paramètre a été évalué en fonction de la classification trophique des lacs du MDDELCC (Tableau 10).

Tableau 10 Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs de chlorophylle α . Adapté de Gouvernement du Québec (2020e)

Classes trophiques		Chlorophylle α ($\mu\text{g/l}$)
Classe principale	Classe secondaire (transition)	Moyenne
Ultra-oligotrophe		< 1
Oligotrophe		1 - 3
	Oligo-mésotrophe	2,5 - 3,5
Mésotrophe		3 - 8
	Méso-eutrophe	6,5 - 10
Eutrophe		8 - 25
Hyper-eutrophe		> 25

La valeur moyenne pour la chlorophylle α en 2020 est de 10,4 $\mu\text{g/l}$, ce qui représente une valeur plus basse que la valeur moyenne de 2017 (21,5 $\mu\text{g/l}$) et de 2019 (12,2 $\mu\text{g/l}$), mais plus élevée que 2018 (8,1 $\mu\text{g/l}$) (Tableau 11). Ainsi, dix échantillons ont été pris concernant ce paramètre et deux échantillons furent éliminés (voir section 2.3). Il n'y a donc pas de tendance vers la hausse ou la baisse d'une année à l'autre. Cependant, depuis 2010, le lac se maintient de façon constante entre la classe méso-eutrophe et la classe eutrophe (Tableau 11). La valeur la plus élevée, étant de 33,80 $\mu\text{g/l}$, celle-ci a été atteinte le 14 juillet (Tableau 12). En effet, cette dernière, additionnée avec la donnée du 6 juillet (25,50 $\mu\text{g/l}$), sont les seules appartenant à la classe hyper-eutrophe. La plus faible valeur fut quant à elle échantillonnée le 22 juillet, présentant un résultat de 4,89 $\mu\text{g/l}$ et faisant partie de la classe mésotrophe. Les données en fin de saison sont généralement plus basses que celles allant de juin jusqu'au début juillet (Figure 5). Ainsi, il ne semble pas y avoir de lien entre les précipitations et les données de chlorophylle α puisque les mesures les plus basses et la mesure la plus haute ont presque toutes été prises par temps sec (Figure 5). Effectivement, la valeur de dépassement maximale du 14 juillet 2020 était présente en temps sec (plusieurs jours consécutifs sans pluie).

Cependant, en comparant les données de chlorophylle α aux données de turbidité des échantillons des 6 et 14 juillet (28 UTN et 5 UTN), on observe une corrélation entre ces deux paramètres. Effectivement, les deux dates où la turbidité présente des valeurs plus élevées concordent avec celles où la chlorophylle α l'est également. D'ailleurs, ces deux dates appartiennent à la classe hyper-eutrophe concernant la chlorophylle α . Cela peut s'expliquer par la période de l'année, particulièrement chaude, qui, de concert avec le phosphore total, vient augmenter la biomasse végétale présente dans le lac, et donc, la chlorophylle α . Plus de chlorophylle α vient finalement influencer la turbidité, et ce, principalement par la présence de végétaux en décomposition réfractant la lumière, rendant donc l'eau trouble et la visibilité mauvaise. Les données de transparence étaient d'ailleurs particulièrement basses en ces dates. La donnée du 6 juillet pourrait quant à elle s'expliquer par un brassage accidentel de l'eau (et donc, relargage des matières en suspension), ceci venant surestimer le phosphore réellement présent dans la colonne d'eau et, du même coup, la chlorophylle α .

La valeur moyenne annuelle est inférieure à la moyenne pluriannuelle et classe le lac comme étant eutrophe. La moyenne pluriannuelle (2010-2020) se maintient à 11,8 $\mu\text{g/l}$ (Tableau 11) et place le lac Boivin dans la classe eutrophe (Tableau 10) ce qui correspond à la classe obtenue par l'analyse des valeurs de phosphore. Ainsi, la courbe de 2020 semble suivre la tendance normale des années antérieures.

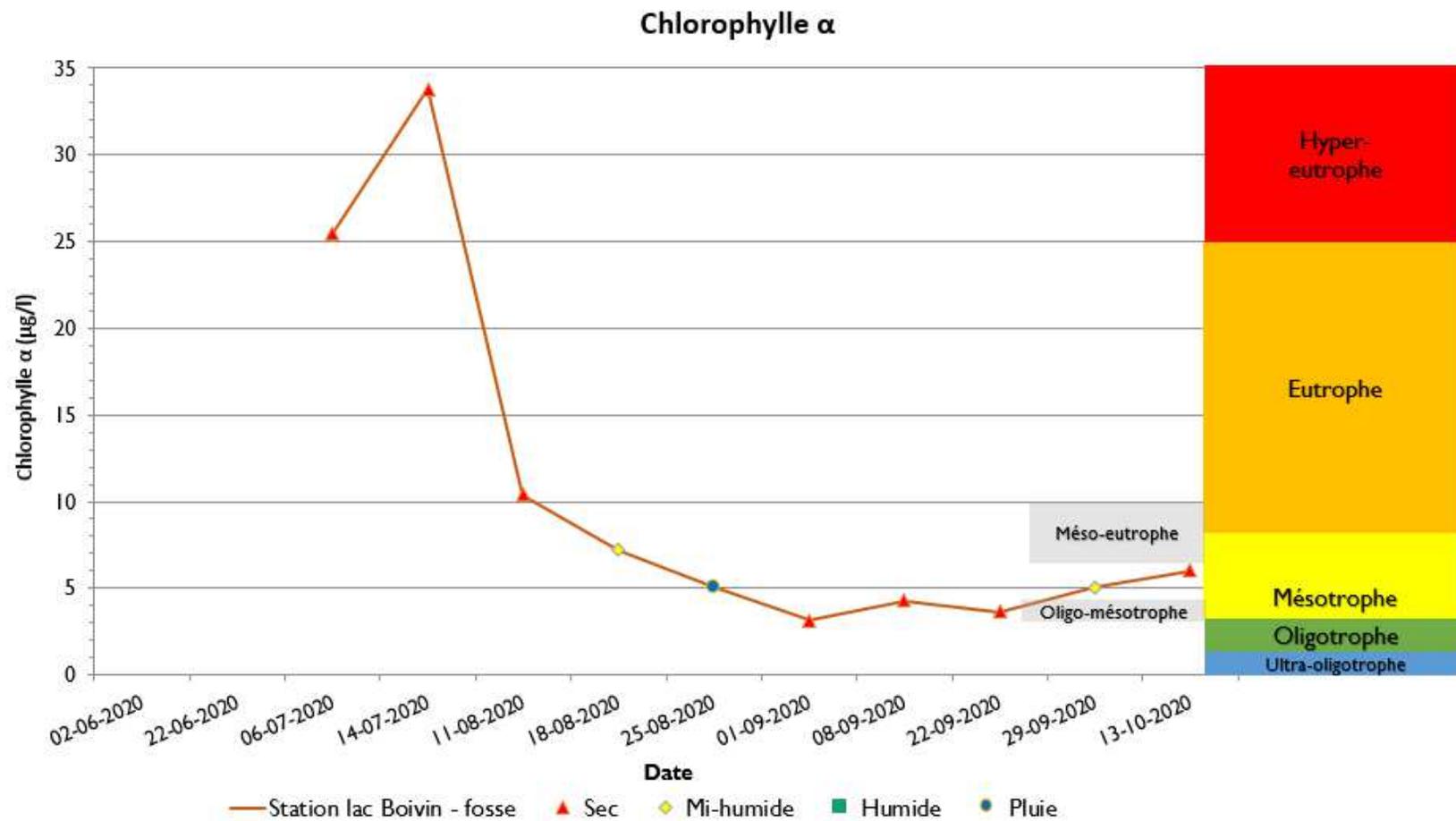


Figure 5 Concentration de chlorophylle α des prélèvements de 2020

Tableau 11 Moyennes et classes trophiques pour la chlorophylle α de 2010 à 2020

CHLOROPHYLLE α DE 2010-2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE		
Année	Moyenne ($\mu\text{g/l}$)	Classe trophique
2010	8,2	Méso-eutrophe
2011	19,1	Eutrophe
2012	6,6	Méso-eutrophe
2013	7,2	Méso-eutrophe
2014	17,4	Eutrophe
2015	7,8	Méso-eutrophe
2016	11,1	Eutrophe
2017	21,5	Eutrophe
2018	8,1	Méso-eutrophe
2019	12,2	Eutrophe
2020	10,4	Eutrophe
2010-2020	11,8	Eutrophe

Tableau 12 Concentration de chlorophylle α pour chaque prélèvement en 2020

CHLOROPHYLLE α EN 2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE	
Date	Chlorophylle α ($\mu\text{g/l}$)
06-07-2020	25,50
14-07-2020	33,80
11-08-2020	10,40
18-08-2020	7,18
25-08-2020	5,08
01-09-2020	3,15
08-09-2020	4,26
22-09-2020	3,63
29-09-2020	5,05
13-10-2020	6,01

4.4 Carbone organique dissous

La plus grande partie du carbone organique des eaux naturelles est composée de substances humiques (par exemple, l'acide humique provenant des milieux humides) et de matière végétale et animale partiellement dégradées ainsi que de substances organiques provenant de divers effluents municipaux et industriels (Hébert et Légaré, 2000). La mesure du carbone organique dissous permet donc de suivre l'évolution d'une pollution organique dans les milieux aquatiques. La transparence de l'eau diminue avec l'augmentation de la concentration en carbone organique dissous. Aucun critère de qualité n'existe pour le carbone organique dissous (COD) dans l'eau de surface, mais la plage de variation habituelle est de 2,3 mg/l à 11,2 mg/l (Hébert et Légaré, 2000).

La moyenne estivale de 2020, soit 6,9 mg/l, se situe dans la plage de variation habituelle (Figure 6), tout comme ce fut le cas pour les résultats des dix années précédentes et de la moyenne pluriannuelle 2010-2020 qui est demeurée à 6,4 mg/l (Tableau 13). La moyenne annuelle de 2020 est plus élevée que celle de 2019 (5,9 mg/l), de 2018 (6,1 mg/l) ou encore de 2017 (6,3 mg/l). Celle-ci fut ainsi déterminée en fonction d'onze échantillons (explications à la section 2.3).

Ainsi, il ne semble pas y avoir de lien entre les précipitations et les données de carbone organique dissous puisque les mesures les plus basses et la mesure la plus haute ont toutes été prises par temps sec (Figure 6). Effectivement, la valeur de dépassement maximale (14 juillet 2020) étant de 18,4 mg/l, celle-ci était présente en temps sec (plusieurs jours consécutifs sans pluie). Cependant, tout porte à croire qu'il y a corrélation en comparant cette donnée aux données de phosphore, transparence et chlorophylle α . Effectivement, cette donnée concorde avec les plus hautes valeurs de phosphore et chlorophylle α , par rapport à la plus faible valeur de transparence. Cette valeur élevée de carbone organique dissous semble donc principalement causée par la forte teneur en phosphore qui aurait menée à la prolifération de biomasse végétale (et donc, de chlorophylle α), cela venant finalement augmenter le taux de COD lors de la décomposition de cette même biomasse. Tous les échantillons de 2020 se positionnent dans la plage de variation habituelle, à l'exception de l'échantillon du 14 juillet 2020 précédemment cité (Figure 6). Les valeurs de COD se sont maintenues entre 4,3 et 18,4 mg/l avec un pic saisonnier atteint le 14 juillet et une valeur minimale atteinte le 11 août (Figure 6 et Tableau 14). Aucune hypothèse ne peut cependant être émise quant à la tendance de la courbe par rapport à celles des années antérieures.

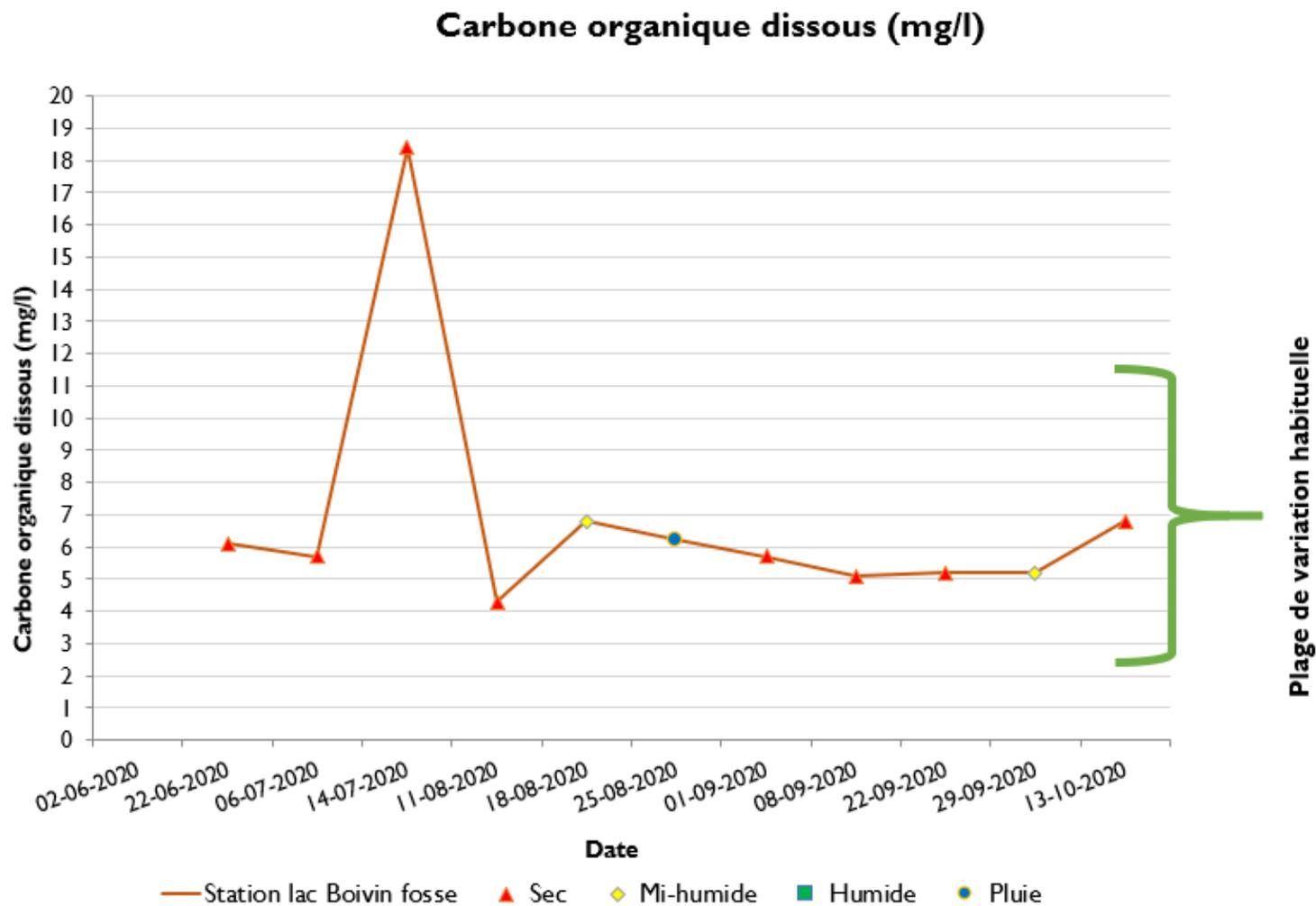


Figure 6 Concentration de carbone organique dissous des prélèvements de 2020

Tableau 13 Moyennes pour le carbone organique dissous mesuré de 2010 à 2020

CARBONE ORGANIQUE DISSOUS DE 2010-2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE	
Année	Moyenne (mg/l)
2010	6,2
2011	6,7
2012	5,6
2013	7,9
2014	5,7
2015	7,7
2016	5,6
2017	6,3
2018	6,1
2019	5,9
2020	6,9
2010-2020	6,4

Tableau 14 Concentration de carbone organique dissous pour chaque prélèvement en 2020

CARBONE ORGANIQUE DISSOUS EN 2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE	
Date	Carbone organique dissous (mg/l)
22-06-2020	6,1
06-07-2020	5,7
14-07-2020	18,4
11-08-2020	4,3
18-08-2020	6,8
25-08-2020	6,2
01-09-2020	5,7
08-09-2020	5,1
22-09-2020	5,2
29-09-2020	5,2
13-10-2020	6,8

4.5 Transparence

La transparence est fortement liée à la propriété de l'eau à transmettre la lumière. Plusieurs facteurs peuvent réduire la transparence de l'eau d'un lac. En plus de l'intensité lumineuse, la quantité et la nature des matières et des substances présentes dans l'eau jouent un rôle important. Toutefois, on observe que la transparence de l'eau diminue principalement en fonction de l'augmentation de la quantité d'algues en suspension. Puisque la quantité d'algues augmente avec la concentration en matières nutritives, il y a un lien entre la transparence de l'eau et l'état d'avancement de l'eutrophisation du lac (MDDEP et CRÉ Laurentides, 2007) (Tableau 15). La profondeur à laquelle disparaît et réapparaît le disque de Secchi à la vue de l'observateur est la méthode employée pour mesurer la transparence de l'eau.

Tableau 15 Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de transparence. Adapté de Gouvernement du Québec (2020e)

Classes trophiques		Transparence (m)
Classe principale	Classe secondaire (transition)	Moyenne
Ultra-oligotrophe		> 12
Oligotrophe		12 - 5
	<i>Oligo-mésotrophe</i>	6 - 4
Mésotrophe		5 – 2,5
	<i>Méso-eutrophe</i>	3 - 2
Eutrophe		2,5 – 1
Hyper-eutrophe		< 1

Selon le protocole du RSVL, lorsque le disque de Secchi touche au fond du lac lors d'une mesure (ou plus), c'est la profondeur de l'eau qui limite la mesure et non la transparence réelle. Par conséquent, aucune moyenne n'est calculée et cette variable ne peut être utilisée pour le classement trophique du lac. Au lac Boivin, une fontaine est localisée dans le secteur de la fosse, qui est associée à une profondeur approximative de 5,5 mètres. La station d'échantillonnage est positionnée à cet endroit. Étant donné la présence de cette fontaine, il est difficile d'échantillonner précisément au niveau de la fosse, d'où la possibilité que le disque de Secchi touche le fond à des profondeurs inférieures à 5,5 mètres. De façon à obtenir un portrait de la transparence du lac comparable d'une année à l'autre, une moyenne annuelle est tout de même calculée et celle-ci comprend les mesures touchant le fond. Il est pertinent d'avoir un portrait de la transparence au courant de la saison estivale. Par exemple, si la qualité de l'eau est mauvaise durant la majorité de la période d'échantillonnage et que, tard dans la saison, le disque touche le fond du lac, il serait important malgré tout de considérer la mauvaise transparence qui a été relevée dans la presque totalité des cas. Cependant, il est bon de garder à l'esprit que, comme chaque lac a une profondeur différente, un lac ayant naturellement une profondeur de 4 mètres ne pourra jamais être oligotrophe selon les critères montrés plus haut. La classe trophique associée au lac par la transparence doit donc servir à titre indicatif seulement.

En 2020, la valeur moyenne de la transparence de l'eau est de 2,4 mètres (Tableau 16) ce qui situe le lac Boivin dans la classe secondaire méso-eutrophe. La moyenne pluriannuelle de 2010 à 2020 s'est maintenue à 2,4 mètres ce qui classifie également le lac Boivin à la classe secondaire méso-eutrophe (Tableau 15 et Tableau 16). La limite du critère de protection des activités récréatives et esthétiques étant d'1,2 mètres (Gouvernement du Québec, 2020g), cela place donc la qualité de l'eau du lac Boivin comme étant acceptable pour la saison estivale 2020, à l'exception du mois de juillet. En effet, les plus faibles données de transparence, mesurées le 6 juillet ainsi que le 14 juillet, donnent toutes deux des valeurs d' 1,1 mètre. La meilleure transparence a pour sa part été atteinte au début de l'automne (22 septembre) et celle-ci présentait une valeur de 3,7 mètres (Tableau 17). Le lac a donc varié entre mésotrophe et eutrophe, et ce, en passant près d'être hyper-eutrophe (Figure 7).

Encore une fois, en se fiant à la turbidité (28 et 5 UTN) des échantillons possédant les plus faibles transparences (1,1 mètre), on peut conclure que cela s'explique par un brassage somme tout normal de l'eau (à l'exception des données du 6 juillet qui auraient pu être causées par un brassage accidentel de l'eau vu la donnée de turbidité) correspondant aux fluctuations annuelles. Effectivement, en se basant sur les données des années précédentes, on peut observer que la plupart des paramètres seront à leur apogée dans les mois de juin et juillet. Cela peut correspondre à des résultats découlant du brassage printanier en raison des périodes de crue et du fort ruissellement des eaux de surface chargées en nutriments. Cela vient alimenter le lac et le phosphore total, qui, de concert avec les températures chaudes estivales, vont favoriser le développement de la biomasse végétale et, donc, de la chlorophylle α . Cette dernière va, pour sa part, augmenter la teneur en COD dans le cours d'eau lors de la dégradation de la biomasse végétale, donnant une apparence de l'eau davantage brune et chargée en particules en suspension. Également, la présence de coliformes fécaux peut avoir un impact sur la teneur en COD et sur les particules en suspension. Ainsi, tous ces paramètres influenceront la transparence de l'eau, la diminuant alors qu'eux-mêmes augmenteront. On observe ici une courbe inversement proportionnelle entre ces paramètres.

La transparence a généralement augmenté du début de la saison estivale (eutrophe) jusqu'au mois de septembre (mésotrophe) pour finalement redescendre en octobre (eutrophe). Une hypothèse peut être émise quant aux courbes de tendance de cette année et des années antérieures qui suggèrent qu'il pourrait y avoir un lien entre les concentrations en coliformes fécaux et la baisse de transparence lors des derniers échantillonnages automnaux de l'année. Cela dit, il ne semble pas y avoir de lien entre les précipitations et les données de transparence puisque les mesures les plus basses et les mesure les plus hautes ont toutes été prises par temps sec (Figure 7).

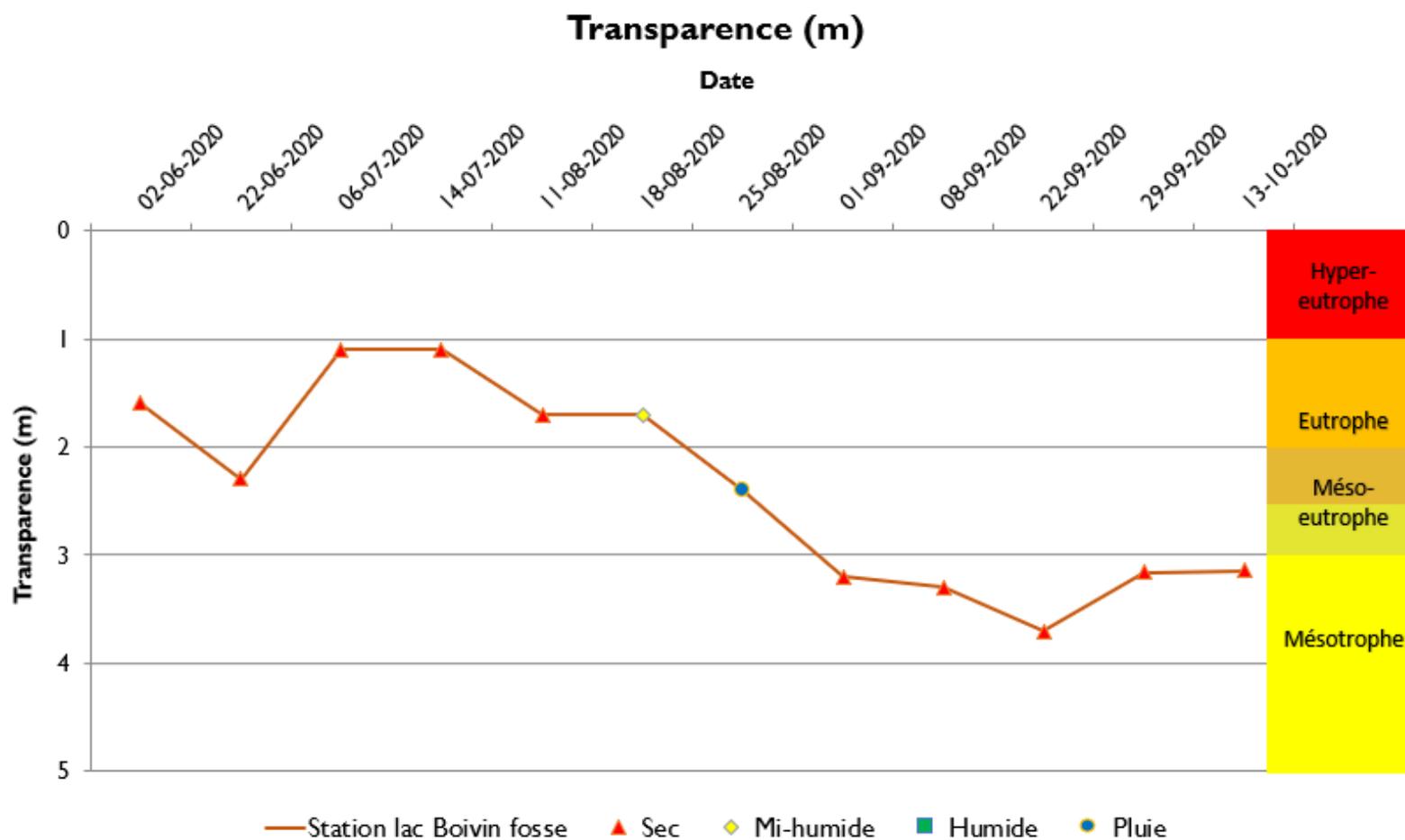


Figure 7 Mesures de transparence des prélèvements de 2020

Tableau 16 Moyennes et classes trophiques pour la transparence de 2010 à 2020

TRANSPARENCE 2010-2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE		
Année	Moyenne (m)	Classe trophique
2010	2,2 ^F	Méso-eutrophe
2011	1,1	Eutrophe
2012	2,4	Méso-eutrophe
2013	2,6	Méso-eutrophe
2014	3,0 ^F	Méso-eutrophe
2015	2,9 ^F	Méso-eutrophe
2016	2,7	Méso-eutrophe
2017	2,2	Méso-eutrophe
2018	2,5	Méso-eutrophe
2019	2,3	Méso-eutrophe
2020	2,2	Méso-eutrophe
2010-2020	2,4	Méso-eutrophe

Tableau 17 Mesures de transparence pour chaque sortie en 2020

TRANSPARENCE EN 2020 À LA STATION LAC BOIVIN - FOSSE	
Date	Transparence (m)
02-06-2020	1,6
22-06-2020	2,3
06-07-2020	1,1
14-07-2020	1,1
11-08-2020	1,7
18-08-2020	1,7
25-08-2020	2,4
01-09-2020	3,2
08-09-2020	3,3
22-09-2020	3,7
29-09-2020	3,2
13-10-2020	3,1

^F Le disque de Secchi a touché le fond du lac à une reprise en 2010 et 2014 ainsi qu'à deux reprises en 2015. Ces données ont été considérées dans la moyenne annuelle.

4.6 Paramètres de la multisonde (oxygène dissous et pH)

Les paramètres mesurés à l'aide la multisonde permettent d'obtenir des résultats complémentaires aux paramètres mesurés en laboratoire (phosphore total, chlorophylle α , carbone organique dissous) et à l'aide du disque de Secchi (transparence). La multisonde permet d'obtenir des valeurs de température, de conductivité, de turbidité, d'oxygène dissous et de pH. Dans ce présent rapport, seuls les résultats des deux derniers paramètres mentionnés seront discutés, puisque des critères de protection en fonction des usages sont disponibles uniquement pour ceux-ci (Tableau 18). Les recommandations pour la qualité de l'eau, aux fins de la protection de la vie aquatique, établissent que les conditions sont acceptables à la survie des organismes aquatiques au stade adulte lorsque la valeur de l'oxygène dissous est supérieure à 6,5 mg/l dans les écosystèmes d'eau froide (CCME, 1999). Or, durant la période d'échantillonnage 2020, la valeur d'oxygène dissous est descendue sous 6,5 mg/l lors des deux échantillonnages de juin, soit un échantillon au début du mois de juillet et un échantillon au début du mois de septembre. Le plus bas niveau atteint, étant de 0,29 mg/l (Tableau 18), celui-ci fut observé lors de l'échantillonnage en début du mois de juillet (6 juillet). Comme l'oxygène dissous varie, entres autres, en fonction de la température et des précipitations (ruissellement), ces paramètres ont aussi été analysés. On remarque que les températures les plus froides ($< 21,5$ °C) sont généralement accompagnées par les valeurs d'oxygène dissous les plus hautes (entre 9 et 12 mg/l). Les précipitations n'ont pas semblé affecter l'oxygène dissous considérant que la quasi-totalité des échantillons démontrant des taux particulièrement bas d'oxygène dissous ont été pris après des périodes de temps sec (Annexe 1). Inversement, la quasi-totalité des échantillons démontrant des taux élevés d'oxygène dissous ont été pris à la suite de périodes de pluie (à l'exception de l'échantillon du 8 septembre 2020, avec un taux d'oxygène dissous très bas). Or, dans la théorie, on s'attendrait à une tendance inverse.

Pour ce qui est du pH, la plage de protection des activités récréatives et de l'esthétique se situe entre 6,50 et 8,50 (Gouvernement du Québec, 2020h). Les échantillonnages du 11 août et du 18 août ont montré des valeurs inférieures (respectivement de 6,20 et 6,28) au critère minimal de 6,50 par rapport à l'échantillonnage du 22 septembre qui lui a montré une valeur supérieure (8,76) au critère maximal de 8,50 (Tableau 18). Comme le pH tend à augmenter avec l'activité photosynthétique (CRE Laurentides, 2007), une corrélation pourrait être faite en fonction des taux de chlorophylle α ainsi que ceux de carbone organique dissous (influencés par la chlorophylle α et influençant les valeurs de pH). Or, pour l'année 2020, une corrélation claire ne peut être conclue et ce, même si une tendance semble se dessiner en ce sens.

Il est cependant important de savoir que, suivant les divers aléas techniques, les données des divers paramètres de la multisonde sont à analyser avec précaution pour l'année 2020. Effectivement, considérant que l'utilisation, la calibration et l'entreposage aient été réalisées par des techniciens terrain dont la formation diffère, il est donc possible que cela ait créé un biais lors de l'échantillonnage. Également, considérant le fait que la sonde ne semblait pas donner des résultats optimaux, une deuxième sonde a alors été utilisée, ce qui peut également créer un biais considérant que ces deux sondes n'offrent pas la même efficacité à cause de leur ancienneté. Ensuite, certaines données ponctuelles semblent avoir été prises à la suite d'un brassage accidentel de l'eau (manipulations du technicien), ce qui vient évidemment créer un biais pour les divers paramètres. Le fait d'avoir pris des échantillons durant la présence ou l'absence de la fontaine peut également venir expliquer les différences dans les données considérant que celle-ci vienne oxygéner le lac et que l'échantillonnage se déroule à proximité, à la fosse. De ce fait, échantillonner de façon précise aux abords de la fontaine n'est pas toujours évident, et, du même coup, le fait d'échantillonner à 2 mètres ou 4 mètres de profondeur (car profondeur variable à cet endroit) peut venir influencer les résultats finaux. En conclusion, il sera donc de mise de former de façon homogène les techniciens sur les techniques d'utilisation, de calibration et d'entreposage de la sonde tout en imaginant le remplacement des divers capteurs, et, le cas échéant, de la sonde complètement.

Tableau 18 Mesures des paramètres de la multisonde pour chaque sortie en 2020

TEMPÉRATURE, OXYGÈNE DISSOUS ET PH EN 2020 À LA STATION LAC BOIVIN -			
Date	Température de	Oxygène dissous	pH
02-06-2020	16,7	ND*	7,93
22-06-2020	28,3	ND*	7,76
06-07-2020	21,6	ND*	6,66
14-07-2020	25,4	8,56	8,32
11-08-2020	25,3	8,58	6,20
18-08-2020	24,5	7,66	6,28
25-08-2020	22,4	8,41	6,56
01-09-2020	18,3	9,22	7,55
08-09-2020	19,0	ND	7,35
22-09-2020	14,1	11,04	8,76
29-09-2020	19,0	9,34	8,32
13-10-2020	10,9	11,79	ND*

*En raison de difficultés techniques, ces données n'ont pas été considérées pour les diverses analyses considérant leur caractère inhabituel.

5. Conclusion et recommandations

La campagne d'échantillonnage 2020 a permis de poursuivre la collecte de données pour le lac Boivin. Ce suivi pluriannuel sur dix ans nous permet de confirmer que le lac Boivin est dans un stade d'eutrophisation relativement avancé, se situant entre les classes trophiques méso-eutrophe et eutrophe selon les éléments analysés. Selon Simoneau *et al.* (2004), la chlorophylle α serait le meilleur indicateur de l'état trophique d'un lac lorsque les signaux en provenance des différents paramètres seraient discordants comme c'est le cas pour le lac Boivin. En effet, pour chaque année depuis 2010, le lac est eutrophe en ce qui concerne le phosphore et dans la classe de transition méso-eutrophe pour la transparence, à l'exception de 2011. La situation est plus complexe pour la chlorophylle α : en 2010, 2012, 2013, 2015 et 2018, la classe trophique associée à ce paramètre était méso-eutrophe, alors qu'elle était plutôt eutrophe en 2011, 2014, 2016, 2017, 2019 et 2020. En consultant le Tableau 19, qui détaille la classe trophique par année et par paramètre depuis 2010, nous n'observons aucune tendance significative dans l'évolution des classes trophiques mesurées à la fosse du lac Boivin depuis 2010, même en ne prenant en considération que la chlorophylle α .

Tableau 19 Classes trophiques par paramètres de 2010 à 2020

CLASSES TROPHIQUES LIÉES AU PHOSPHORE, À LA CHLOROPHYLLE α ET À LA TRANSPARENCE DE 2010 À 2020			
Année	Phosphore	Chlorophylle α	Transparence
2010	Eutrophe	Méso-eutrophe	Méso-eutrophe
2011	Eutrophe	Eutrophe	Eutrophe
2012	Eutrophe	Méso-eutrophe	Méso-eutrophe
2013	Eutrophe	Méso-eutrophe	Méso-eutrophe
2014	Eutrophe	Eutrophe	Méso-eutrophe
2015	Eutrophe	Méso-eutrophe	Méso-eutrophe
2016	Eutrophe	Eutrophe	Méso-eutrophe
2017	Eutrophe	Eutrophe	Méso-eutrophe
2018	Eutrophe-	Méso-eutrophe	Méso-eutrophe
2019	Eutrophe	Eutrophe	Méso-eutrophe
2020	Eutrophe	Eutrophe	Méso-eutrophe

* Les classes trophiques du phosphore et de la chlorophylle α de 2010 et 2011 sont basées sur cinq données et celles du phosphore de 2018 sur sept données, Toutes les autres classes trophiques (phosphore, chlorophylle α et transparence) sont basées sur neuf ou dix données par saison.

Pour ce qui concerne les critères de qualité de l'eau de surface, rappelons que le phosphore a dépassé le critère de protection des activités récréatives et de l'esthétique pour tous les prélèvements depuis 2010 à l'exception du dernier prélèvement de 2016. Il n'y a eu aucun dépassement du critère pour les contacts directs en ce qui concerne les *E. coli*. (ou les coliformes thermotolérants) depuis 2012. Le Tableau 20 présente les classes de qualité pour le phosphore et les coliformes fécaux ainsi que le pourcentage et l'amplitude des dépassements de ces deux paramètres depuis 2010.

Le pH, mesuré à l'aide d'une multisonde, a excédé le seuil inférieur ainsi que le seuil supérieur pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique comme c'était le cas l'année dernière (seulement pour le seuil supérieur cependant). Qui plus est, cette année, l'oxygène dissous est descendu sous le critère pour la vie aquatique durant tout le mois de juin, le début du mois de juillet ainsi que le début du mois de septembre (Tableau 18). Or, comme il est mentionné à la section 4.6, ces données sont à interpréter avec précaution.

Tableau 20 Classes de qualité et dépassements de critères pour le phosphore et les coliformes fécaux (incluant *E. coli*) de 2010 à 2020

Année	Phosphore			Coliformes thermotolérants (fécaux) et <i>E. coli</i>		
	Classe de qualité	Nombre de dépassements	Amplitude moyenne	Classe de qualité	Nombre de dépassements	Amplitude moyenne
2010	Eutrophe	100 %	2,2	N/D	N/D	N/D
2011	Eutrophe	100 %	3,5	C	22,22 %	2,9
2012	Eutrophe	100 %	1,8	A	0	—
2013	Eutrophe	100 %	2,3	B	0	—
2014	Eutrophe	100 %	2,0	B	0	—
2015	Eutrophe	100 %	1,9	A	0	—
2016	Eutrophe	90%	1,8	A	0	—
2017	Eutrophe	100 %	2,5	A	0	—
2018	Eutrophe	100 %	2,3	A	0	—
2019	Eutrophe	100 %	2,9	A	0	—
2020	Eutrophe	100 %	2,8	A	0	—

5.1 Suivi de la qualité de l'eau

Il est recommandé de poursuivre le suivi de la qualité de l'eau en 2021, comme l'indique l'action 6.1.6 du *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* (6.1.6 Poursuivre l'échantillonnage de l'eau à la fosse du lac Boivin) (Ville de Granby, 2015a). L'obtention de données sur plusieurs années permet d'établir un portrait plus réaliste de l'état du lac, en limitant la variabilité des résultats qui est associée aux conditions météorologiques et au taux de renouvellement extrêmement rapide du lac. Par le fait même, il est donc important de conserver le nombre de prélèvements à minimalement dix, soit un échantillonnage aux deux semaines environ de mai à octobre.

Il est également recommandé de reprendre la campagne d'échantillonnage spatial présentement en cours dans le bassin versant du lac Boivin. Ce suivi implique de modéliser les apports de nutriments au lac en fonction de la topographie et de l'occupation du sol dans le bassin versant. En effet, la stratégie déployée permet de mettre en œuvre deux actions du *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin*, soit l'action 6.1.3 (Procéder à l'identification des secteurs problématiques d'où proviennent des sources ponctuelles ou diffuses d'apports en éléments nutritifs) et l'action 6.1.5 (Échantillonner et analyser les affluents du lac Boivin afin de déterminer la présence de divers contaminants tels que phosphates, matières en suspension et coliformes fécaux) (Ville de Granby, 2015a). Un suivi sur trois ans permet de faire abstraction des aléas météorologiques et d'obtenir un portrait fiable du comportement du bassin versant relatif aux exportations de contaminants au lac, ainsi que d'augmenter la précision de l'utilitaire GÉODEP pour ce qui est de la modélisation de ces apports sous différents scénarios d'aménagement du territoire et d'occupation du sol.

De façon à évaluer la qualité de l'eau et l'état trophique des cours d'eau, il est aussi possible d'effectuer un suivi à l'aide de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC). Les diatomées, des petites algues ordinairement brunâtres retrouvées dans le fond des cours d'eau, sont d'excellents indicateurs de la qualité de l'eau et du degré d'eutrophisation des cours d'eau du fait de leur sensibilité aux nutriments, plus particulièrement l'azote et le phosphore, ainsi qu'à la matière organique (Campeau, 2010).

5.2 Pratiques agricoles

Comme il est mentionné dans le *Plan Vert* de la Ville de Granby (2008), le territoire de la Ville est constitué à 45 % de superficies agricoles. De plus, une bonne superficie du territoire du bassin versant du lac Boivin est utilisée à des fins agricoles. Le *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* propose plusieurs actions afin de réduire la pollution diffuse d'origine agricole. À la suite de l'identification des secteurs problématiques pour la pollution ponctuelle et diffuse, par l'entremise de la campagne de caractérisation hydrologique et d'échantillonnage spatial en cours, il serait possible de promouvoir une amélioration des pratiques dans ces secteurs. Cela se ferait en accord avec l'action 6.2.12 qui vise à poursuivre le programme de soutien du milieu agricole pour réduire l'apport d'éléments nutritifs et de sédiments (Ville de Granby, 2015b), programme qui encourage les cultures de couverture et des ouvrages tels que des bandes riveraines et des haies brise-vent. Également, les actions du *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* 6.2.4 (Aménager des ouvrages agricoles visant le traitement des eaux chargées en éléments nutritifs, l'étape suivant la réalisation de l'action 6.1.3) et 6.2.8 (Évaluer la possibilité de créer des bassins de sédimentation dans le ruisseau Bouchard au sud du boulevard David-Bouchard) (Ville de Granby, 2015a) seraient de mise.

Le projet collectif du lac Boivin dirigé par l'OBV Yamaska permet de coordonner les efforts en milieu agricole sur tout le territoire du lac Boivin. Il est fortement recommandé que la Ville de Granby poursuive sa collaboration avec l'OBV Yamaska et les autres partenaires du projet collectif.

5.3 Milieux humides

Les milieux humides sont des zones écologiques importantes, non seulement pour le maintien de la biodiversité, mais également pour leurs rôles d'épuration et de régulation des niveaux d'eau. Plusieurs milieux humides se retrouvent en amont du lac Boivin et jouent un rôle de filtre contre les nutriments se dirigeant vers les eaux du lac. Certains milieux humides sont entourés de quartiers résidentiels ou sont à proximité de zones en développement. Il est donc recommandé d'assurer qu'il n'y ait aucune perte nette de milieux humides en réalisant l'action 5.1.4 du *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* (Élaborer un plan de conservation des milieux naturels dans le Corridor bleu et vert de la Haute-Yamaska (5.1.1, 5.1.2 et 5.1.3)) (Ville de Granby, 2015a).

5.4 Gestion des eaux de ruissellement et contrôle de l'érosion

L'érosion et les eaux de ruissellement sont des problématiques associées tout particulièrement aux matières en suspension. Des surfaces mises à nu par des chantiers de construction, des travaux de voirie, des enrochements de ponceaux, des routes non asphaltées ainsi que l'absence de barrières de rétention de sédiments peuvent occasionner l'apport de particules dans les cours d'eau.

Considérant le développement ayant lieu sur le territoire de la Ville, il est fortement conseillé d'implanter des mesures de contrôle de l'érosion appropriées telles que les actions 6.2.11 (Favoriser l'aménagement des fossés de drainage en noue végétalisée pour les nouveaux secteurs développés) et 6.2.5 (Aménager des seuils dans les fossés de routes. Privilégier les secteurs de la rue David Bouchard (nord du CINLB) et de la rivière Yamaska nord (en amont du lac Boivin), (étape suivant la réalisation de l'action 6.1.3) du *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* (Ville de Granby, 2015a). Également, il faut empêcher la destruction ou l'empiétement dans la bande riveraine sur une largeur de 10 à 15 mètres. Finalement, une gestion des eaux de pluie (Action 6.2.6 Gestion des eaux pluviales des fossés urbains) peut être favorable afin de contrer l'apport en sédiments souvent relié aux fortes variations de débit.

5.5 Sensibilisation, communication et concertation

Une campagne de sensibilisation auprès des riverains et des autres acteurs de l'eau reste une action importante dans le but de les informer de l'importance de la conservation du milieu et des conséquences de leurs actions sur les cours d'eau et le lac Boivin. De plus, il est souhaitable de faire réaliser aux citoyens qu'un riche environnement les entoure et peut-être ainsi permettre une mobilisation de la population et des acteurs locaux pour améliorer la qualité de l'eau. Le plan de communication et de sensibilisation prévu à l'action 4.3.1 dans le *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* (Ville de Granby, 2015a) s'inscrit parfaitement dans cette orientation.

Également, compte tenu de l'engouement populaire et des médias entourant le lac Boivin, l'organisation d'une soirée annuelle d'information citoyenne permettant de présenter l'ensemble des suivis et des projets réalisés par la Ville (Action 4.3.3 du *Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin* (Ville de Granby, 2015a) permettrait d'informer et de sensibiliser la population sur l'état de la situation et les actions envisagées afin de réhabiliter le lac.

Enfin, comme 88 % du bassin versant du lac Boivin est à l'extérieur du territoire de la Ville de Granby, il est recommandé de favoriser une gestion intégrée de l'eau en assurant une concertation entre l'OBV Yamaska et la MRC de La Haute-Yamaska ainsi que les municipalités se trouvant en amont. Ceci correspond à l'action 4.2.1 du *Plan d'action pour le lac Boivin* (Harmoniser le Plan d'action du lac Boivin avec les Plans d'action de la MRC de La Haute-Yamaska, le PDE du bassin versant de la Yamaska et le Schéma d'aménagement et de développement de la MRC de La Haute-Yamaska) (Ville de Granby, 2015a).

6. Références

BROUILLETTE D., 2010, La gestion des eaux de baignade. Un monde de différences! Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, Vecteur environnement, mai 2010, 4 p.

CAMPEAU S., 2010, Suivi biologique des cours d'eau du bassin versant de la rivière Yamaska à l'aide de l'indice IDEC, Rapport déposé au Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska (COGEBY), Université du Québec à Trois-Rivières, janvier 2010, 19 p.

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME), 1999, Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique – oxygène dissous (eau douce), Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999, Winnipeg, Le Conseil, 7 p.

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ), 2014, Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants (fécaux) et confirmation à l'espèce *Escherichia coli* : méthode par filtration sur membrane, MA, 700 – Fec.Ec 1.0. Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 20 p.

CRE LAURENTIDES, 2007, Le pH, 3 p.

DROLET S., 2014, Connaître le lac Boivin pour mieux agir, Ville de Granby.

GENDRON M., J. ROCHON et R. RACINE, 2001, Histoire de Granby, Granby, Société d'histoire de la Haute-Yamaska.

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2013, Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP), ISBN 978-2-550-67327-9 (PDF), 30 p. + 1 annexe.

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 2020a, Réseau de surveillance volontaire des lacs – Résultats de la qualité de l'eau, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL :

<https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/relais/index.asp>

—, **2020b**, Le Réseau de surveillance volontaire des lacs – Description du programme, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/index.htm>

—, **2020c**, Données climatiques – Sommaire de données climatiques (tableau), Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/donnees/sommaire.asp>

—, **2020d**, Programme Environnement-Plage, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <https://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/>

—, **2020e**, Le Réseau de surveillance volontaire des lacs – Les méthodes, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/EAU/rsvl/methodes.htm>

—, **2020f**, Le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) – État de situation sur les résultats de phosphore dans les lacs du réseau, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rsvl/etat-situation-phosphore.htm>

—, **2020g**, Critères de qualité de l'eau de surface – transparence, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0459

—, 2020h, Critères de qualité de l'eau de surface – pH, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/details.asp?code=S0381

HÉBERT S., et S., LÉGARÉ, 2000, Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq n° ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, 24 p., et 3 annexes.

INRS-EAU, 1976, Étude intégrée de la qualité des eaux des bassins versants des rivières Saint-François et Yamaska, Volume 2 : secteur des substances nutritives, Québec, INRS-Eau, Ministère des Richesses naturelles, ISBN 2-89146-055-3, 288 p.

LA VIOLETTE N., 1999, Le bassin versant de la rivière Yamaska : les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu, section 6, dans ministère de l'Environnement (éd.), Le bassin de la rivière Yamaska : état de l'écosystème aquatique, Québec : Direction des écosystèmes aquatiques, 1999, envirodoq n° EN990224, rapport n° EA-14.

MICHAUD, A.R., M. NIANG, A. BLAIS-GAGNON, W. HUERTAS, Z. IPIÑA ET M. LANDRY, 2018, Suivi hydrométrique et modélisation hydrologique des sédiments et des nutriments du bassin versant du lac Boivin à Granby. Rapport scientifique final. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), OBV Yamaska. 79 pages plus annexes. 83 pages.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS ET CONSEIL RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT DES LAURENTIDES, 2007, Protocole de mesure de la transparence de l'eau, mai 2007, 2^e édition mai 2009, Québec, ISBN 978-2-550-5573-9 (version imprimée), 8 p.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC) ET CONSEIL RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT DES LAURENTIDES (CRE LAURENTIDES), 2017. Protocole d'échantillonnage de la qualité de l'eau, 4^e édition, Québec, Direction de l'information sur les milieux aquatiques, ISBN 978-2-550-78284-1 (PDF), 9 p.

OBV YAMASKA, 2011a, Bathymétrie du lac Boivin, 8 p.

OBV YAMASKA, 2011b, Rapport d'échantillonnage de la qualité de l'eau 2010 du lac Boivin et de ses tributaires, présenté à la Ville de Granby, Organisme de bassin versant de la Yamaska, 62 pages.

OBV YAMASKA, 2009, La Yamaska, c'est notre histoire! L'épopée tumultueuse du lac Boivin, [En ligne], [Citation : 11 novembre 2019], URL : <https://www.obv-yamaska.qc.ca/node/407>, s.d.

SIMONEAU M, ROY L, ET OUELLET M, 2004, Info-lacs – Résultats de l'année 2003, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq n° ENV/2004/0374, rapport n° QE/152, 14 p.

TEKNIKA HBA INC., 2010, Ville de Granby, Perspectives de restauration du lac Boivin : synthèse de l'information pertinente, Rapport final, Montréal, Québec, N° de réf. : GRAV-482, 18 p.

VILLE DE GRANBY, 2015a, Plan d'action pour l'avenir du lac Boivin, 47 p. [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <https://goo.gl/mFdGFV>

—, **2015b**, Aide financière pour réduire la pollution d'origine agricole, [En ligne], [Citation : 02 décembre 2020], URL : <http://www.ville.granby.qc.ca/fr/ville/nav/7C18/programmes.html>.

—, **2008**, Un plan vert pour la Terre, 28 p.

7. Annexes

Annexe I - Précipitations à la station météorologique de Granby (7022800), 2020

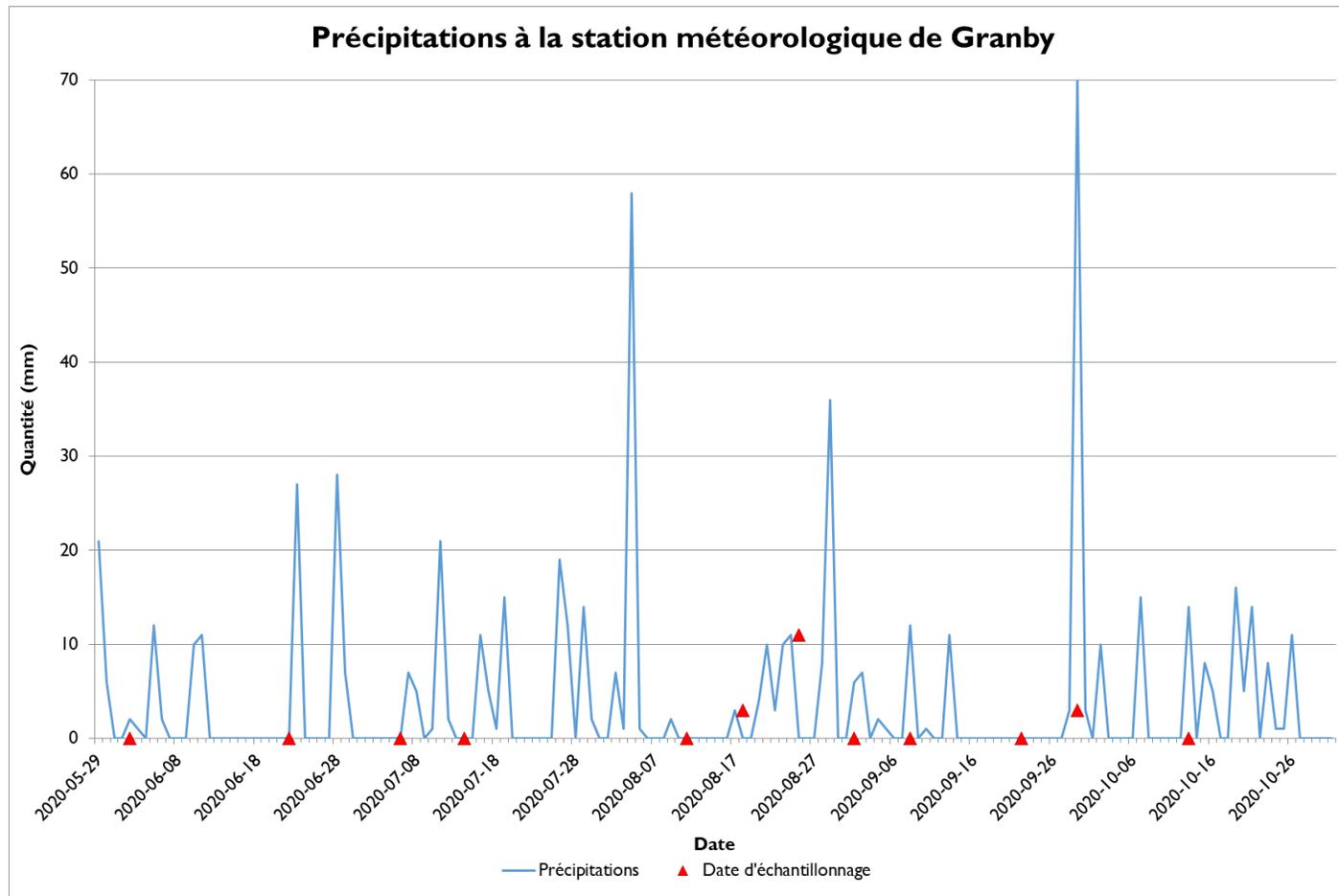


Figure 8 Précipitations à la station météorologique de Granby. Adapté de Gouvernement du Québec (2020c)

Tableau 21 Type d'échantillonnage selon les précipitations (données corrigées) dans les 48 heures précédant l'échantillonnage (Gouvernement du Québec, 2020c)

Jour d'échantillonnage (j)	24 heures précédant l'échantillonnage	48 heures précédant l'échantillonnage	Type d'échantillonnage
	Précipitations (mm) quotidiennes - j-1 (8 h j-1 à 8 h j)	Précipitations (mm) quotidiennes - j-2 (8 h j-2 à 8 h j-1)	
02-06-2020	0,4	0	Sec
22-06-2020	0	0	Sec
06-07-2020	0	0	Sec
14-07-2020	0	2,2	Sec
11-08-2020	0	2,4	Sec
18-08-2020	3,2	0	Mi-Humide
25-08-2020	11,2	10	Pluie
01-09-2020	0	0	Sec
08-09-2020	0	0	Sec
22-09-2020	0	0	Sec
29-09-2020	2,8	0	Mi-Humide
13-10-2020	0,4	0	Sec

Pluviométrie	Description
Pluie	≥ 10 mm de pluie dans les 24 heures précédant l'échantillonnage
Humide	< 10 mm et ≥ 4 mm de pluie dans les 24 heures précédant ou ≥ 10 mm de pluie dans les 48 heures précédant l'échantillonnage
Mi-Humide	< 4 mm dans les 24 heures précédant et > 2 mm et < 10 mm de pluie dans les 48 heures précédant l'échantillonnage
Sec	≤ 2 mm de pluie dans les 48 heures précédant l'échantillonnage

Annexe 2 -Résultats 2010-2020 de l'analyse de la qualité de l'eau du lac Boivin dans le cadre du Réseau de surveillance volontaire des lacs