

Diagnose des lacs Neigette et Écho – 2020-2021

Rapport final | 2023



Préparé pour la Ville de Québec
Par Agiro

Équipe de réalisation

Rédaction et analyses

Maxime Wauthy, Limnologiste, Ph.D. Biologie, Chargé de projets en limnologie

Gabrielle Gosselin, Biologiste, M. Sc. Eau, Chargée de projets en limnologie

Cartographie

Gabrielle Gosselin, Biologiste, M. Sc. Eau, chargée de projets en limnologie

Échantillonnage et travaux terrain

Gabrielle Gosselin, Biologiste, M. Sc. Eau, Chargée de projets en limnologie

Maxime Wauthy, Limnologiste, Ph.D. Biologie, Chargé de projets en limnologie

Caroline Côté, Biologiste, Ph.D, Chargée de projets en limnologie

Antoine Boudry, Biologiste, M. Sc. environnement, Chargé de projets

Ludvic Pagé-Laroche, Biologiste, M. Sc. Eau, Chargé de projets en limnologie

Marie-Joëlle Desgagné, Génie des eaux, CPI, Chargée de projets en gestion des eaux usées et pluviales

Laura Côté, Biologiste, M. Sc. Biologie végétale, Assistante aux chargés de projets en limnologie

Chloé Mathieu, Assistante aux chargés de projets

Protocole d'échantillonnage

Sonja Behmel, Ph.D. ATDR, Géographe, M. Sc., Coordinatrice scientifique

Révision

Sonja Behmel, Ph.D. ATDR, Géographe, M. Sc., Coordinatrice scientifique

Mélanie Deslongchamps, Directrice générale

Yves Gendron, Urbaniste OUQ, Directeur de l'urbanisme et du développement durable, Municipalité de Lac-Beauport

Anne-Marie Cantin, PAE-DD, Conseillère en environnement, Ville de Québec

Référence à citer

Agiro (2023) *Diagnose des lacs Neigette et Écho – 2020-2021*. Québec, 58 pages.

Description et crédit de la page couverture

Lac Neigette, Laura Côté, 2021.

Coordonnées d'Agiro

433, rue Delage
Québec (Québec) G3G 1H4
418 849-9844
info@agiro.org

Portée et limitations

Ce document est publié conformément et sous réserve d'une entente entre Agiro et la Ville de Québec. Il est limité aux activités mentionnées dans le document d'appel d'offres et préparé en utilisant les niveaux de compétence et de diligence normalement exercés par des scientifiques en environnement dans la préparation d'un tel document. Ce document est destiné à être lu comme un tout et des sections ou des parties ne doivent donc pas être lues, utilisées ou invoquées hors de leur contexte. Le document est la propriété de la Ville de Québec. La reproduction de ce document en entier ou en partie est autorisée sous réserve de faire référence à Agiro comme en étant l'auteur.

Lors de la préparation de ce document, Agiro a suivi une méthodologie et des procédures et pris les précautions appropriées au degré d'exactitude visé, en se basant sur ses compétences professionnelles en la matière et avec les précautions qui s'imposent. Agiro est d'avis que les recommandations issues de ce rapport doivent être considérées comme valides avec une marge d'erreur raisonnable pour ce type d'étude.

Toute personne ou organisation qui s'appuie sur ou utilise ce document à des fins ou pour des raisons autres que celles convenues par Agiro et la Ville de Québec sans avoir obtenu au préalable le consentement écrit de la Ville de Québec, le fait à ses propres risques. Agiro décline toute responsabilité envers la Ville de Québec et les tiers en ce qui a trait à l'utilisation (publication, renvoi, référence, citation ou diffusion) du présent document, ainsi que toute décision prise ou action entreprise sur la foi dudit document par quelque tiers que ce soit.

Résumé

Le présent document rapporte les résultats des deux diagnoses effectuées par Agiro aux lacs Neigette et Écho en 2020-2021. Ces diagnoses avaient pour objectif principal d'évaluer le niveau trophique de ces deux lacs et leur évolution au cours des trois dernières décennies. Elles ont été complétées dans le cadre du suivi de la qualité de l'eau sur le haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles instauré en 2010 en collaboration avec la Ville de Québec. La caractérisation des herbiers aquatiques s'est déroulée en août 2020, alors que les suivis physicochimiques des lacs, leurs tributaires et leur effluent ont eu lieu d'avril à novembre 2021. Les résultats de cette étude permettront d'évaluer l'état trophique des lacs Neigette et Écho dans le cadre d'un suivi à long terme de l'ensemble des lacs du territoire.

Lac Neigette

Le lac Neigette serait rendu à un stade mésotrophe. Les critères de qualité de l'eau sont dans l'ensemble acceptables pour ce lac, l'hypoxie sévère rencontrée dans le fond de la colonne d'eau constituant son principal enjeu. Ce manque d'oxygène couplé à la forte stratification thermique durant la période estivale n'est pas propice à la survie d'espèces sensibles, tout en augmentant le risque d'un enrichissement par le relargage de phosphore depuis les sédiments. Bien que toujours supérieure aux valeurs moyennes rapportées au début des années 90, la concentration en ions chlorure a été divisée par 25 au cours de la dernière décennie, mettant en évidence la résilience de l'écosystème et l'importance d'une meilleure gestion des sels de voirie dans le bassin versant. Les critères de qualité de l'eau de l'IQBP sont généralement « bons » à « satisfaisants » pour les tributaires et effluent du lac Neigette, à l'exception d'un de ses affluents qui présente des épisodes « douteux » de turbidité lors des sorties printanières et automnales.

Lac Écho

Le lac Écho présente un état trophique similaire au lac Neigette, bien que la transparence de l'eau et les concentrations en nutriments mesurées suggèrent un enrichissement légèrement supérieur. L'hypoxie rencontrée dans le fond de la colonne d'eau constitue également son principal enjeu, avec les mêmes implications potentielles pour la santé du lac. Une petite efflorescence de cyanobactéries a été observée au lac Écho au mois de juin 2021, incitant à la vigilance. Dans l'ensemble, ses tributaires et effluent présentent une eau « bonne » à « satisfaisante » selon l'IQBP, avec quelques épisodes « douteux » concernant les concentrations en oxygène dissous et en phosphore.

Conclusions et recommandations

Bien que la qualité de leur eau reste acceptable, nous observons que les lacs Neigette et Écho présentent des signes de vieillissement depuis quelques décennies. Cette eutrophisation pourrait être accélérée par les activités humaines et le développement immobilier dans leur bassin versant. Afin de préserver la qualité de l'eau de ces lacs, nous recommandons d'appliquer les actions de mitigation suivantes dans leur bassin versant :

- Conserver au maximum le territoire forestier ;
- Éviter les nouvelles constructions ou développements d'activités intensives ;
- Limiter les applications de sels de voirie dans le bassin versant, incluant les allées d'accès et stationnements ;
- Végétaliser les terrains des habitations en bordure des lacs ;
- Assurer le bon fonctionnement et la bonne utilisation des installations septiques autonomes ;
- Poursuivre la surveillance afin d'éviter l'introduction de plantes exotiques envahissantes (nettoyage des embarcations à la mise à l'eau, sensibilisation, etc.) ;
- Mettre en place un programme de suivi visuel d'efflorescences de cyanobactéries par les résidents du lac Écho.

Glossaire

Abondance	Quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée
Anoxie	Absence d'oxygène dissous dans l'eau
Aquascope	Appareil de visualisation sous-marine
Bassin versant	Ensemble d'un territoire alimentant un lac
Bathymétrie	Mesure de la profondeur de l'eau dans les lacs
Conductivité spécifique	Capacité de l'eau à conduire un courant électrique, normalisée à une température de 25°C
Épilimnion	Couche supérieure (surface) d'une masse d'eau stratifiée
État trophique	Niveau d'enrichissement en éléments nutritifs d'un lac
Eutrophe	Désigne un lac fortement enrichi en éléments nutritifs
Eutrophisation	Processus de vieillissement naturel d'un lac se caractérisant par un enrichissement progressif en éléments nutritifs. Fortement accéléré par le développement d'activités humaines dans le bassin versant du lac
Herbiers aquatiques	Organismes végétaux visibles à l'œil nu croissant dans l'eau et capables de faire de la photosynthèse
Hypolimnion	Couche inférieure (fond) d'une masse d'eau stratifiée
Hypoxie	Faible concentration en oxygène dissous dans l'eau (< 2–3 mg/L)
Mésotrophe	Désigne un lac modérément enrichi en éléments nutritifs
Métalimnion	Couche intermédiaire de transition d'une masse d'eau stratifiée
Oligotrophe	Désigne un lac faiblement enrichi en éléments nutritifs
Orthophotographie	Image obtenue par traitement d'un cliché aérien
Photosynthèse	Processus bioénergétique réalisé par les organismes photosynthétiques (incluant les végétaux) et consistant en la conversion de l'énergie lumineuse en provenance du Soleil en matière organique
Richesse spécifique	Nombre d'espèces présentes dans un milieu donné
Thermocline	Zone de transition thermique rapide entre les eaux de surface (épilimnion) et le fond (hypolimnion) d'une masse d'eau stratifiée
Zone colonisable	Section du lac colonisable par les herbiers aquatiques (où la profondeur est inférieure à 3 m)

Tables des matières

1	Introduction	1
2	Description des lacs et de leur bassin versant	1
3	Méthodologie	6
3.1	Contexte de mesures	6
3.2	Caractérisation de la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho et de leurs tributaires	6
3.2.1	Analyse des données physicochimiques des lacs Neigette et Écho	8
3.2.2	Caractérisation des herbiers aquatiques	10
3.2.2.1	Recensement des herbiers aquatiques	10
3.2.2.2	Analyse des herbiers aquatiques	11
3.2.3	Caractérisation des rives	11
3.2.3.1	Recensement des zones homogènes	11
3.2.3.2	Analyse des bandes riveraines	12
3.2.4	Caractérisation de la qualité de l'eau des tributaires et effluents des lacs Neigette et Écho	12
4	Résultats	15
4.1	Conditions météorologiques – Contexte de mesures	15
4.2	Résultats de la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho	16
4.2.1	Résultats des paramètres physicochimiques de l'eau	16
4.2.1.1	Température et oxygène dissous	16
4.2.1.2	Transparence, turbidité et solubles dissous	20
4.2.1.3	Conductivité spécifique et ions chlorure	21
4.2.1.4	pH et alcalinité	21
4.2.1.5	Nutriments et chlorophylle a	26
4.2.1.6	Cyanobactéries	27
4.3	Caractérisation des herbiers des lacs Neigette et Écho	29
4.3.1	Recouvrement et densité	29
4.3.2	Richesse spécifique et dominance des espèces	31
4.4	Caractérisation des bandes riveraines des lacs Neigette et Écho	32
4.5	Évaluation de l'état trophique des lacs Neigette et Écho	33
4.6	Analyse de la qualité de l'eau des tributaires et effluents des lacs Neigette et Écho	36
5	Discussion, conclusion et recommandations	39
5.1	Discussion et conclusion	39
5.2	Recommandations	40
6	Références bibliographiques	42

Figures

Figure 1	Localisation des lacs Neigette et Écho.	2
Figure 2	Classification des pentes du bassin versant du lac Neigette selon la méthode des normes des inventaires forestiers du Gouvernement du Québec.	3
Figure 3	Occupation du sol du bassin versant des lacs Neigette et Écho en 2018.	5
Figure 4	Emplacement des stations d'échantillonnage et bathymétrie des lacs Neigette et Écho.	7
Figure 5	Méthode d'inventaire des herbiers.	10
Figure 6	Températures moyennes (en °C) et précipitations totales (en mm) mensuelles mesurées par Environnement Canada à la station de l'aéroport Jean-Lesage en 2021 en comparaison avec les normales mensuelles entre 2001 et 2020.	15
Figure 7	Profils de température (°C) et d'oxygène dissous (%) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.	17
Figure 8	Profils de température (°C) et d'oxygène dissous (%) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.	18
Figure 9	Profil de la température (°C) des lacs Neigette et Écho en 2021.	19
Figure 10	Profils de conductivité spécifique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et ions chlorure (mg/l) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.	22
Figure 11	Profils de conductivité spécifique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et ions chlorure (mg/l) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021. .	23
Figure 12	Profils de pH et d'alcalinité ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.	24
Figure 13	Profils de pH et d'alcalinité ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.	25
Figure 14	Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 21 avril 2021.	27
Figure 15	Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 16 juin 2021.	28
Figure 16	Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 28 juillet 2021.	28
Figure 17	Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 4 novembre 2021.	28
Figure 18	Pourcentage de recouvrement des herbiers aquatiques aux lacs (A) Neigette et (B) Écho en 2021.	30
Figure 19	Répartition des zones homogènes des bandes riveraines des lacs Neigette (A) et Écho (B) et leurs IQBR en 2020.	33
Figure 20	Conductivité spécifique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) mesurée lors des quatre sorties de 2021 aux tributaires et à l'effluent des lacs (A) Neigette et (B) Écho.	38

Tableaux

Tableau 1	Caractéristiques des lacs Neigette et Écho.	4
Tableau 2	Classification d'occupation des sols du bassin versant du lac Neigette.	4
Tableau 3	Résumé de la création et gestion des contextes de mesures pour chaque point d'échantillonnage.	6
Tableau 4	Paramètres mesurés avec la sonde EXO2 et paramètres dosés au laboratoire de la Ville de Québec pour les lacs Neigette et Écho en 2021.	8
Tableau 5	Indicateurs de l'état trophique utilisés pour l'analyse des données physicochimiques et biologiques.	9
Tableau 6	Classification de l'IQBR.	12
Tableau 7	Classe de qualité de l'eau de l'IQBP.	13
Tableau 8	Classes de conductivité spécifique et de concentration en ions chlorure proposées par Agiro pour le haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles.	14
Tableau 9	Pluviométrie recensée lors des journées d'échantillonnage par Environnement Canada à la station de Beauport.	16
Tableau 10	Transparence de l'eau mesurée aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) en 2021.	20
Tableau 11	Concentrations en phosphore total (PT), azote total (NT) et chlorophylle a (chl _a) aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho).	26
Tableau 12	Superficie et pourcentage de recouvrement des herbiers aux lacs Neigette et Écho en 2021.	29
Tableau 13	Espèces aquatiques observées aux lacs Neigette et Écho en 2020 (validées en 2021). ...	31
Tableau 14	Répartition des bandes riveraines identifiées en fonction de l'IQBR pour les lacs Neigette et Écho.	32
Tableau 15	Résumé des différents indicateurs du lac Neigette en fonction de leur état trophique.	34
Tableau 16	Résumé des différents indicateurs du lac Écho en fonction de leur état trophique.	35
Tableau 17	Résultats des paramètres mesurés aux tributaires et à l'effluent du lac Neigette et leur classification en fonction de l'IQBP.	36
Tableau 18	Résultats des paramètres mesurés aux tributaires et à l'effluent du lac Écho et leur classification en fonction de l'IQBP.	37

Annexes

Annexe 1	Développement résidentiel dans le bassin versant du lac Écho.	44
Annexe 2	Détermination du facteur de pondération pour le calcul de l'IQBR.	45
Annexe 3	Profils verticaux de turbidité et solubles dissous aux lacs Neigette et Écho.	46
Annexe 4	Bandes riveraines du lac Écho.	48
Annexe 5	Concentrations en ions chlorure dans les tributaires et effluents.	49

1 Introduction

Dans le cadre du programme de suivi de la qualité de l'eau du haut bassin versant de la rivière Saint-Charles instauré depuis 2010 en collaboration avec la Ville de Québec, Agiro réalise la diagnose de plusieurs lacs du territoire afin de suivre l'évolution de leur état de santé et de leur éventuelle dégradation. Les diagnoses sont habituellement effectuées aux cinq à dix ans pour un même lac, mais cette fréquence peut varier en fonction des ressources financières, humaines et techniques disponibles. Certains lacs, comme les lacs Neigette et Écho, n'ont jamais été échantillonnés dans le cadre de ce programme de suivi. Cependant, leur état trophique a déjà été étudié par différents organismes, et ce de manière ponctuelle. Les présentes diagnoses réalisées en 2020 et 2021 par Agiro avaient pour objectif de mettre à jour l'état trophique des lacs Neigette et Écho et le comparer avec les résultats de leurs échantillonnages précédents. De façon plus spécifique, les objectifs de cette étude visent à caractériser :

- La qualité de l'eau des lacs ;
- Les communautés de cyanobactéries ;
- Les herbiers aquatiques ;
- Les bandes riveraines ;
- L'état trophique des lacs ;
- La qualité de l'eau des tributaires.

Ce rapport se divise ainsi :

- Description des lacs et de leur bassin versant ;
- Méthodologie pour chaque objectif ;
- Résultats pour chaque objectif ;
- Conclusion et recommandations.

2 Description des lacs et de leur bassin versant

Situés sur le territoire de la Municipalité de Lac-Beauport, les lacs Neigette et Écho sont deux lacs connectés du bassin versant de la rivière Jaune, dans la portion est du haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles. Ces deux lacs alimentent donc la rivière Jaune, laquelle se jette à son tour dans la rivière Saint-Charles, en aval du lac Saint-Charles et en amont de la prise d'eau potable de la Ville de Québec (Figure 1).

Du point de vue géologique, le bassin versant des lacs Neigette et Écho (Figure 2) fait partie du Bouclier canadien. Le sol y est très mince, recouvrant un lit de roches mères et on y observe beaucoup d'affleurements nus. Les dépôts surfaciques sont de types glacières, des blocs granitiques et quelques dépôts organiques provenant de milieux humides. Le relief est quant à lui principalement caractérisé par des pentes modérées à fortes, limitant les secteurs facilement aménageables (Figure 2). L'altitude du territoire varie de 384 mètres à l'extrême nord du bassin versant à 220 mètres à l'effluent du lac Neigette.

Le lac Écho repose à une altitude de 238 mètres. Son bassin versant comprend majoritairement de la forêt et des habitations résidentielles sur installation septique autonome ou système de traitement communautaire (Figure 3). Sur la cinquantaine de résidences dénombrées dans le bassin versant du lac Écho, 15 unités d'habitations sont situées sur les rives du plan d'eau, soit plus du double de ce qui était dénombré en 2010 (OBV de la Capitale, 2012). Trois petits tributaires alimentent en eau de surface ce lac, alors que son effluent se déverse dans le lac Neigette en aval ; le bassin versant du lac Écho se situe donc dans le bassin versant du lac Neigette (Figure 2).

En 2015, le lac Écho était classé comme oligo-mésotrophe par la Municipalité de Lac-Beauport (Municipalité de Lac-Beauport, 2016). Comparé à une étude de 2010 réalisé par l’OBV de la Capitale et qui le classait comme oligotrophe (OBV de la Capitale, 2012), le lac Écho semble avoir connu une détérioration rapide, notamment dû à une augmentation prononcée de la concentration en phosphore total. Étant donné le développement résidentiel en bordure du lac observé ces dernières années (Annexe 1, Figure 21), une nouvelle diagnose semblait nécessaire afin d’évaluer l’évolution de l’état de ce plan d’eau.

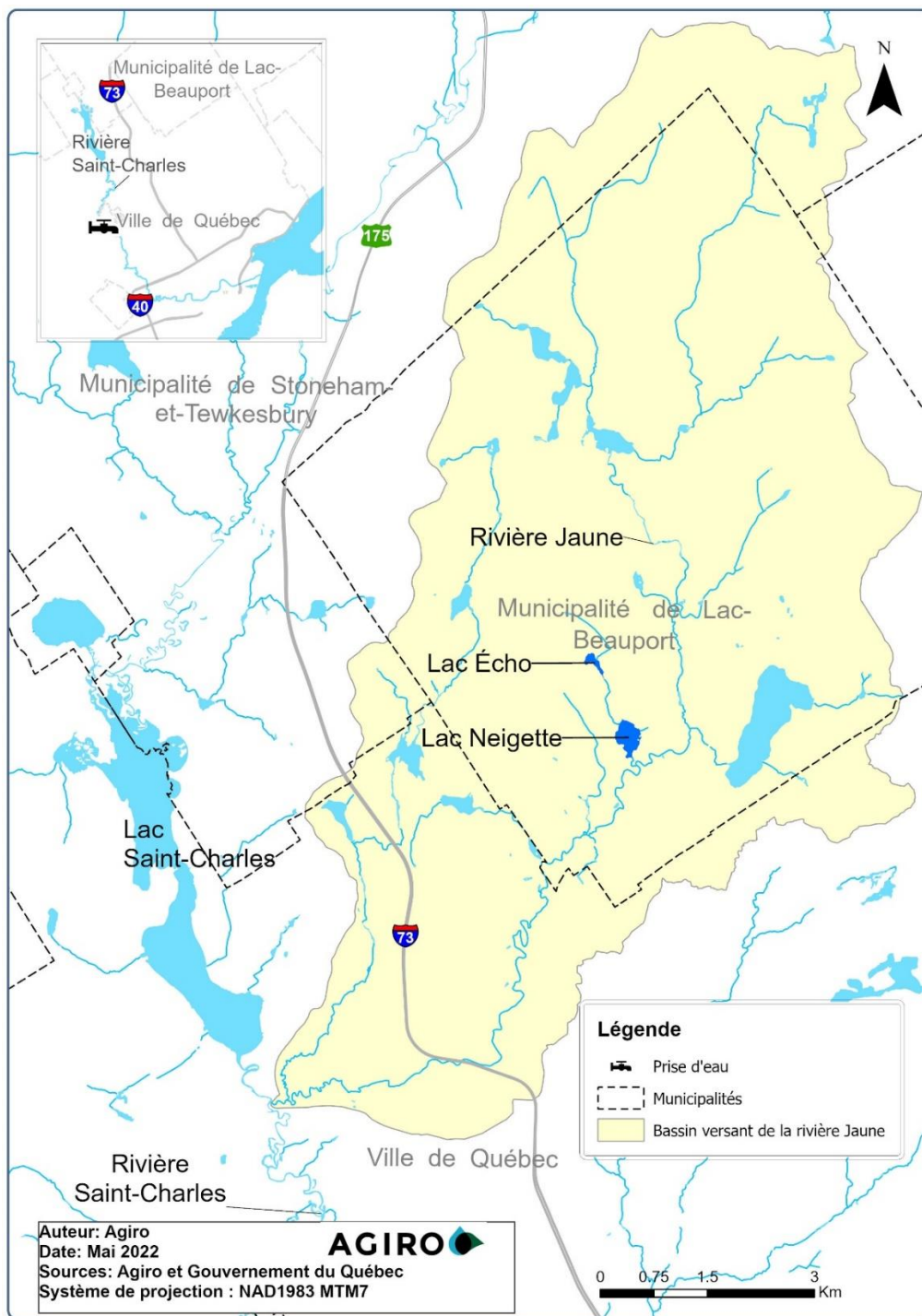


Figure 1 Localisation des lacs Neigette et Écho.

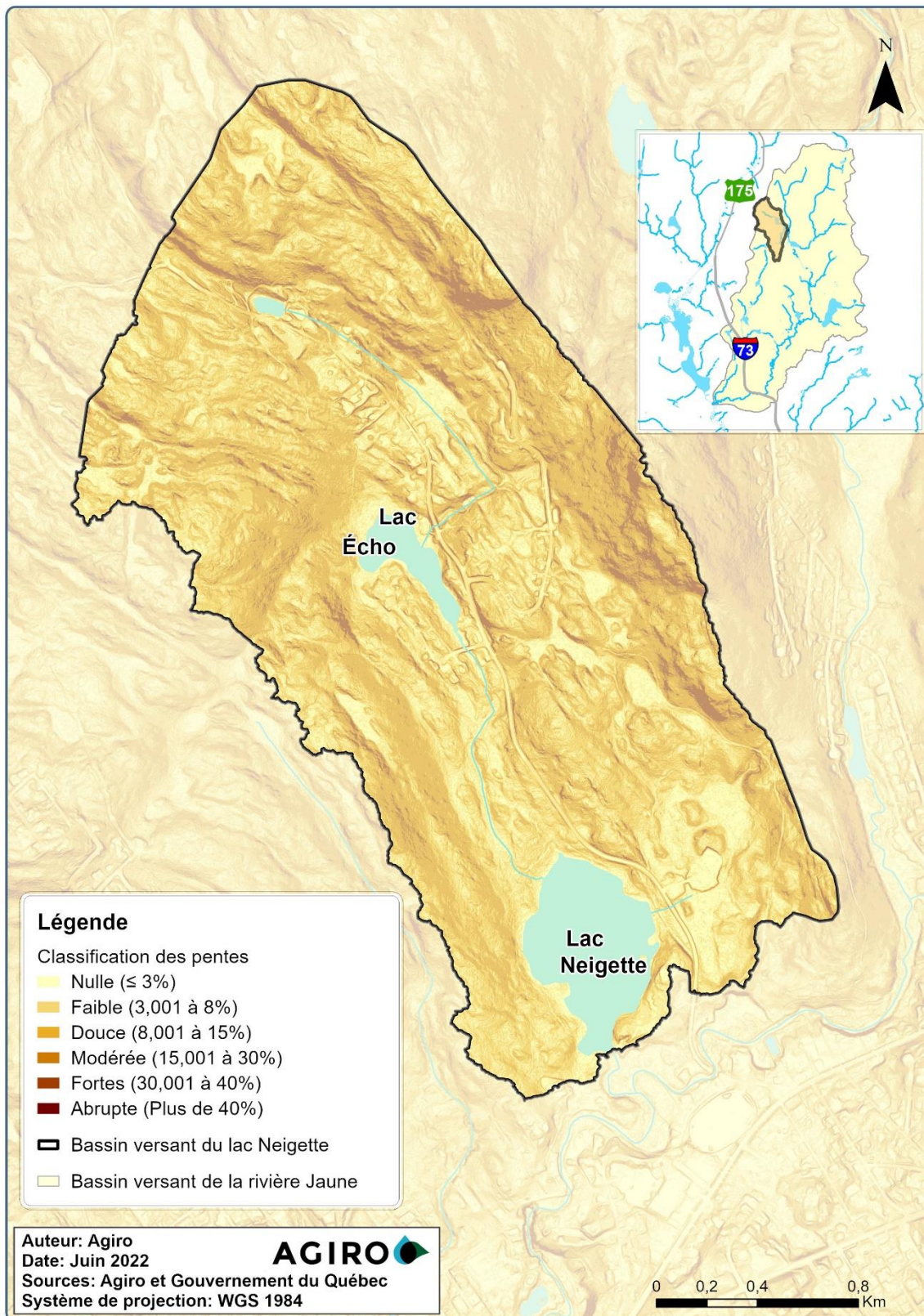


Figure 2 Classification des pentes du bassin versant du lac Neigette selon la méthode des normes des inventaires forestiers du Gouvernement du Québec.

Le lac Neigette, quant à lui, se situe à 221 mètres d'altitude et possède un bassin versant de 282 ha (Tableau 1) occupés majoritairement par de la forêt (78%) et drainant plus de 55 habitations sur installation septique autonome (Tableau 2, Figure 3). Plusieurs petits tributaires alimentent ce plan d'eau, mais son principal affluent provient du lac Écho, situé à un peu moins d'un kilomètre au nord du lac Neigette. L'effluent du lac Neigette se situe au sud du lac et se déverse directement dans la rivière Jaune. À noter que le débit de cet effluent est contrôlé par un petit barrage qui augmente artificiellement le niveau du lac.

Le suivi effectué sur le lac Neigette en 2015 le catégorise comme étant à un stade oligo-mésotrophe (Municipalité de Lac-Beauport, 2016). Depuis sa première diagnose réalisée en 1992 (Dryade, 1993), le lac Neigette semble avoir connu une légère eutrophisation, avec une augmentation des concentrations en phosphore et en chlorophylle *a*, ainsi qu'un accroissement de la superficie du lac occupé par des herbiers aquatiques. Par ailleurs, une diagnose réalisée par le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles (CBRSC) avait mis en évidence un enrichissement extrême en ions chlorure (jusqu'à 230 mg/l) dans le lac Neigette entre 1992 et 2009 dû à l'entreposage à ciel ouvert de sels pour le déneigement sur le site du garage municipal, en bordure d'un de ses tributaires (CBRSC, 2010).

Tableau 1 Caractéristiques des lacs Neigette et Écho¹.

Caractéristiques	Neigette	Écho
Superficie des lacs (ha)	12,2	3,4
Longueur maximale (m)	560	425
Largeur maximale (m)	368	190
Profondeur maximale des lacs (m)	9,7	6,8
Profondeur moyenne des lacs (m)	3,0	2,6
Superficie du bassin versant du lac Neigette (ha)	281,7	
Pourcentage occupé par des lacs dans le bassin versant (%)	5,5	

Tableau 2 Classification d'occupation des sols du bassin versant du lac Neigette².

Occupation du sol 2018			
Classe générale	Classe détaillée	Surface (ha)	%
1	Entrée de cour, route, route en terre battue, stationnement	7,6	3
2	Cabanon, garage, gazebo, résidence unifamiliale	1,2	0
3	Milieu ouvert, pelouse	18,3	7
5	Milieu boisé	219,8	78
6	Sol nu	2,3	1
7	Milieu humide	15,7	6
8	Étang, lac, rivière, ruisseau	16,4	6
10	Infrastructures liées au bâtiment, terrain pavé	0,3	0
Surface perméable		272,5	97
Surface imperméable (voies carrossables, bâtiments et infrastructures)		9,2	3

¹ Données tirées du MRNF (Gouvernement du Québec), de l'OBV de la Capitale et d'Agiro.

² Données tirées des orthophotographies de la CMQ de 2018 et d'Agiro.

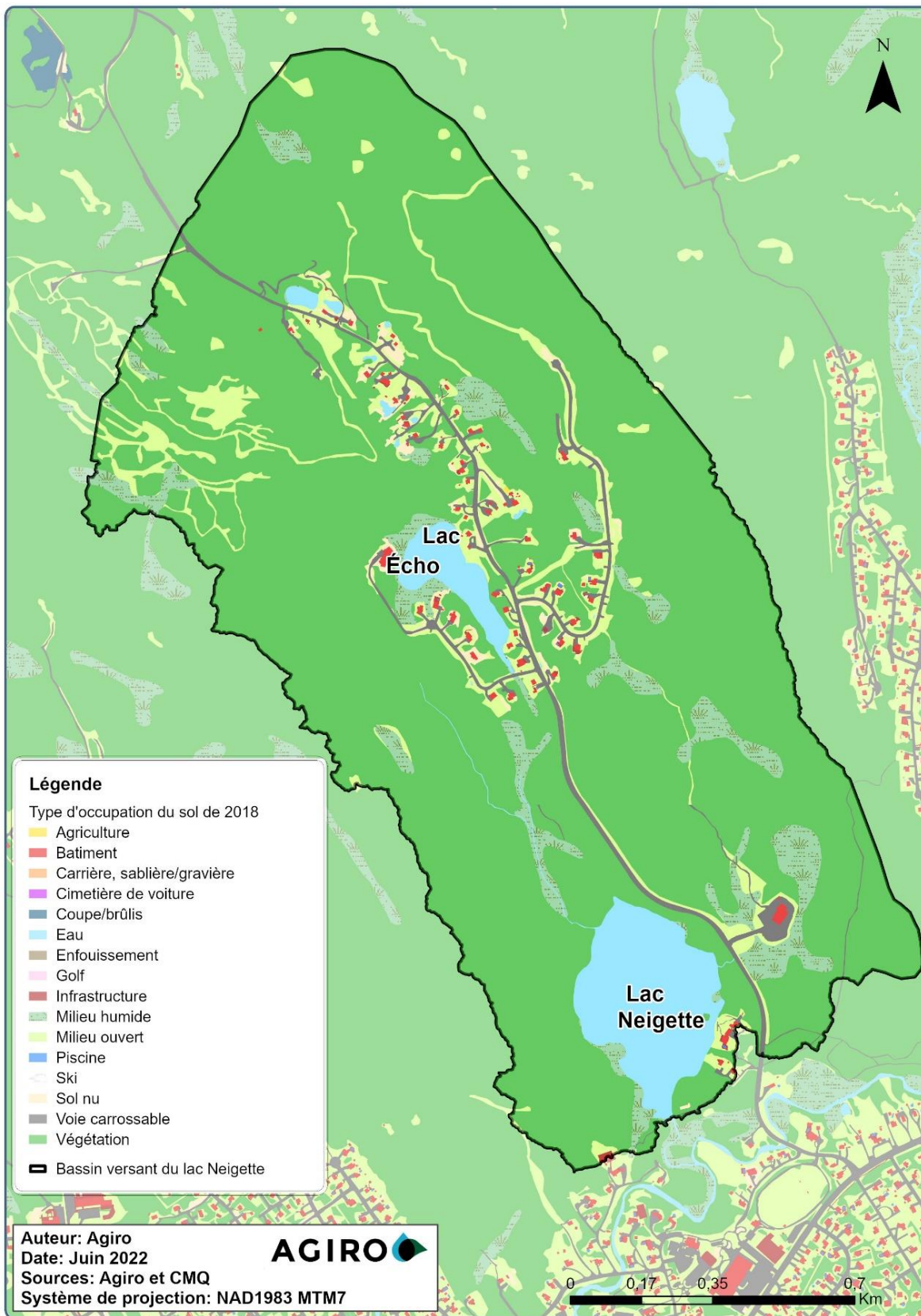


Figure 3 Occupation du sol du bassin versant des lacs Neigette et Écho en 2018.

3 Méthodologie

3.1 Contexte de mesures

L'analyse des données de la qualité de l'eau s'appuie sur le contexte environnemental en place au moment de la prise de mesures ainsi que sur l'information supplémentaire venant de diagnostics antérieures ou obtenue par des riverains. Les éléments considérés à chaque visite d'une station d'échantillonnage sont regroupés au Tableau 3. Par ailleurs, toutes autres informations qualitatives pouvant être utiles à l'interprétation et aux analyses des données ont été notées (i.e. aspect de l'eau, difficultés techniques avec l'équipement).

Tableau 3 Résumé de la création et gestion des contextes de mesures pour chaque point d'échantillonnage.

Contexte général : appliqué à toutes les stations
Numéro de la station d'échantillonnage, date, heure de début et de fin, appareils utilisés, équipe en place, température ambiante, précipitations et ensoleillement
Contexte spécifique aux ruisseaux
Aspect de l'eau
Contexte spécifique aux lacs
Vitesse et direction du vent, vagues, présence d'algues et de poissons morts
Contexte particulier
Construction et/ou ouvrages dans le bassin versant et près des rives, difficultés techniques avec l'équipement
Traitement, validation et archivage des contextes
Numéro de l'entrée de données dans la base Enki, validation et archivage numérique des feuilles de terrain

3.2 Caractérisation de la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho et de leurs tributaires

Quatre campagnes d'échantillonnage eurent lieu en 2021 aux lacs Neigette et Écho pendant la période sans glace, couvrant du mélange printanier jusqu'au mélange automnal. À chaque campagne, des mesures physicochimiques et des prélèvements ont été effectués aux points les plus profonds des lacs (BQ74-A, BQ77), à leurs tributaires et à leur effluent. La distribution des points d'échantillonnage est consultable à la Figure 4.

Les profils verticaux physicochimiques au point le plus profond des lacs Neigette et Écho ont été effectués à chaque 0,5 mètre à l'aide d'une sonde multiparamétrique de type EXO2 (YSI Inc., Yellow Springs, Ohio). La transparence de la colonne d'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Les échantillons d'eau ont été collectés à l'aide d'une bouteille bêta horizontale (Wildco Instruments, Yulee, Floride) dans l'**épilimnion** à un mètre de profondeur, dans le **métalimnion** à une profondeur variable correspondant au pic de la chlorophylle *a*, et dans l'**hypolimnion** à un mètre du fond. Les instruments sont triplement rincés avant de collecter les échantillons.

La qualité physicochimique de l'eau des tributaires et des effluents a été caractérisée à l'aide de la même sonde EXO2 au bord du ruisseau et les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un contenant, fixé ou non au bout d'une perche.

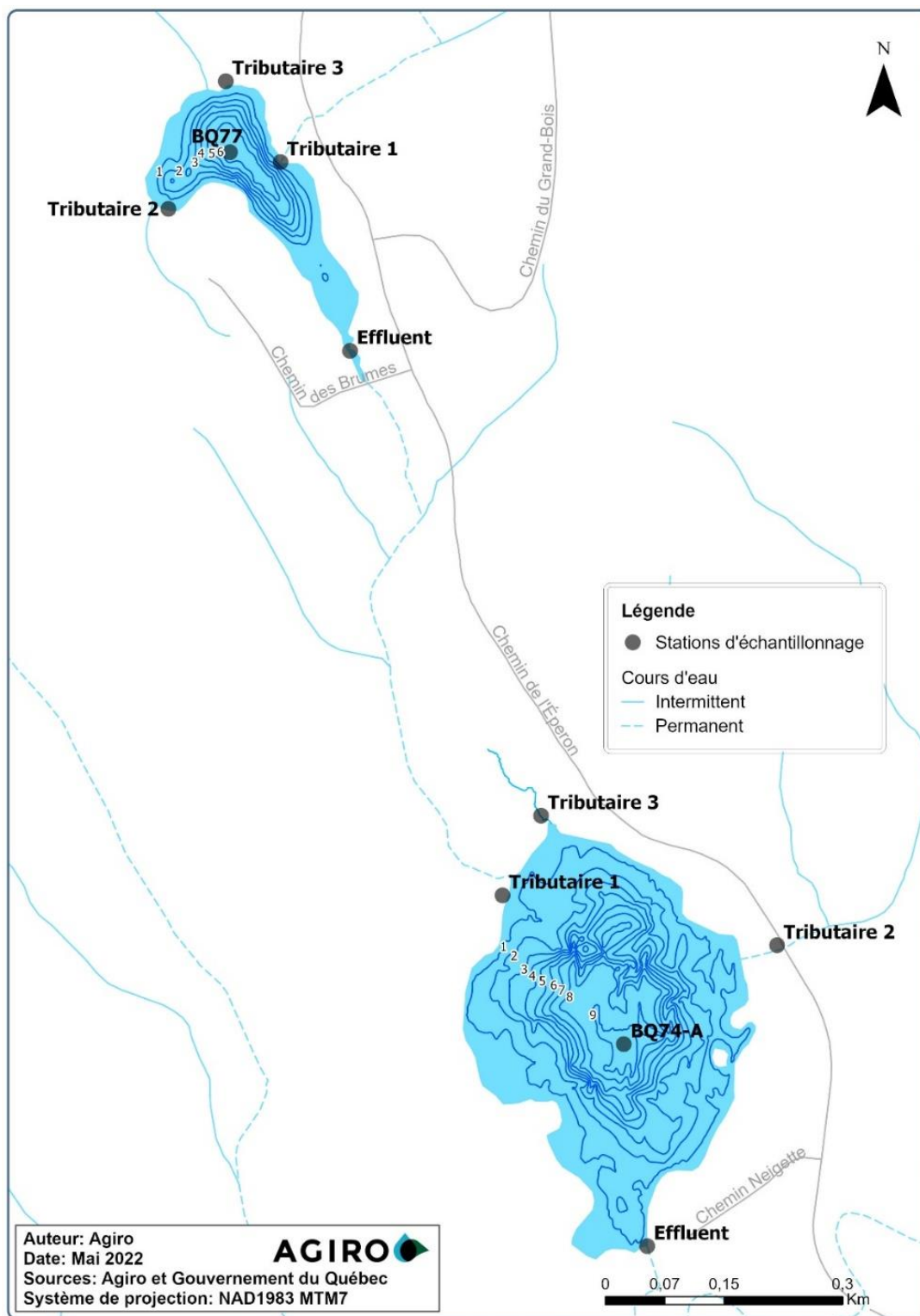


Figure 4 Emplacement des stations d'échantillonnage et bathymétrie des lacs Neigette et Écho.

Le Tableau 4 présente les paramètres mesurés par la sonde et le laboratoire. Pour plus d'information concernant ces paramètres, veuillez consulter le *Guide d'introduction aux enjeux de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles* (APEL, 2014).

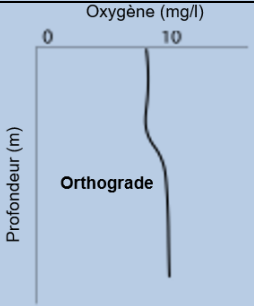
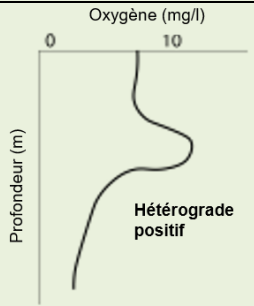
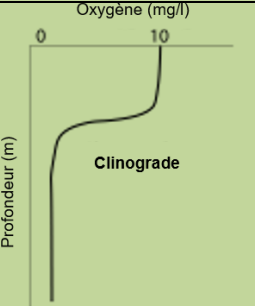
Tableau 4 Paramètres mesurés avec la sonde EXO2 et paramètres dosés au laboratoire de la Ville de Québec pour les lacs Neigette et Écho en 2021.

Paramètres mesurés avec la sonde multiparamètre (EXO2)			
Paramètre	Unité de mesure	Stations au point le plus profond de chaque lac	Stations aux tributaires et effluents
Température	°C	Profil vertical à chaque 0,5 m au point le plus profond du bassin <ul style="list-style-type: none"> • BQ74-A (Neigette) • BQ77 (Écho) 	Tributaires • 3 par lac Effluents • 1 par lac
Oxygène dissous	%		
pH			
Turbidité	NTU		
Conductivité spécifique	µS/cm		
Solubles dissous totaux	mg/l		
Paramètres dosés au laboratoire de la Ville de Québec			
Alcalinité	mg CaCO ₃ /l	Trois prélèvements aux stations BQ74-A (Neigette) et BQ77 (Écho): <ul style="list-style-type: none"> • Épilimnion à 1 m de la surface • Métalimnion à la profondeur indiquée par la sonde EXO2 où pic de chlorophylle <i>a</i> • Hypolimnion à 1 mètre des sédiments 	Un prélèvement à chaque station à l'aide d'un contenant
Ions chlorure	mg/l		
Azote total	mg/l		
Azote ammoniacal	µg/l		
Nitrites/Nitrates	mg/l		
Phosphore total	µg/l		
Chlorophylle <i>a</i>	µg/l		
Cyanobactéries	algues/ml		
Matières en suspension	mg/l		Un prélèvement à chaque station à l'aide d'un contenant
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml		

3.2.1 Analyse des données physicochimiques des lacs Neigette et Écho

Le niveau trophique d'un lac est un indice de l'état de vieillissement et/ou du niveau de dégradation de celui-ci. Une synthèse de l'analyse et l'interprétation des résultats physicochimiques et biologiques sont présentées dans le Tableau 5. À noter que chaque indicateur ne peut être pris individuellement pour catégoriser l'état trophique d'un lac : il est essentiel de considérer ces indicateurs dans leur ensemble afin d'évaluer correctement la santé d'un lac.

Tableau 5 Indicateurs de l'état trophique utilisés pour l'analyse des données physicochimiques et biologiques.

Indicateurs	Classes trophiques						
		Oligotrophe		Mésotrophe		Eutrophe	
	Ultra-oligotrophe		Oligo-mésotrophe		Méso-eutrophe		Hyper-eutrophe
Profil O ₂		 <p>Oxygène (mg/l) 0 10 Profondeur (m) Orthograde</p>		 <p>Oxygène (mg/l) 0 10 Profondeur (m) Hétérograde positif</p>		 <p>Oxygène (mg/l) 0 10 Profondeur (m) Clinograde</p>	
Volume Épi/Hypo		< 1				> 1	
Phosphore total (µg/l)	< 4	4–10	7–13	10–30	20–35	30–100	> 100
Azote total (mg/l)		< 0,35		0,35–0,65		0,65–1,20	> 1,20
Chlorophylle a (µg/l)	< 1	1–3	2,5–3,5	3–8	6,5–10	8–25	> 25
Transparence – Profondeur disque de Secchi (m)	> 12	12–5	6–4	5–2,5	3–2	2,5–1	< 1
Richesse spécifique des herbiers		Moyenne (10–15 espèces)		Élevée (> 15 espèces)		Faible (< 10 espèces)	
Densité des herbiers		C Faible (0–19%)		B Intermédiaire (20–89%)		A Très dense (90–100%)	
Superficie de la zone colonisable du lac occupée par des herbiers, ajustée à la densité		C Faible (0–29%)		B Intermédiaire (30–69%)		A Élevée (70–100%)	
Tableau adapté de Eberly (1964), Hébert et Légaré (2000), Lampert et Sommer (1999), MELCC (2021), Pott et Remy (2000) et Schwoerbel et Brendelberger (2005).							

3.2.2 Caractérisation des herbiers aquatiques

La présence d'herbiers aquatiques est un indicateur des apports en nutriments au lac, ces plantes aquatiques assimilant les nutriments disponibles pour leur croissance. Ainsi, une importante communauté végétale dans un lac signifie une forte productivité. Contrairement aux paramètres physicochimiques, les communautés de plantes aquatiques intègrent à long terme les changements dans l'environnement. Les étudier en complémentarité des paramètres physicochimiques permet d'avoir un portrait plus global sur l'état de santé d'un lac.

La caractérisation des communautés de plantes aquatiques vise à suivre leur évolution en analysant leur distribution, leur abondance et leur diversité, ainsi qu'en notant la présence de plantes envahissantes potentiellement problématiques. L'information recueillie permet de suivre l'évolution afin d'identifier les zones du lac qui sont particulièrement affectées par la croissance de ces plantes et, s'il y a lieu, de suivre l'évolution des espèces envahissantes dans le but d'agir pour restreindre leur propagation. Les herbiers aquatiques se composent de tous les organismes végétaux visibles à l'œil nu capables de faire de la photosynthèse, appelés les macrophytes. Ce groupe comprend les plantes aquatiques, les algues macroscopiques et les mousses aquatiques.

3.2.2.1 Recensement des herbiers aquatiques

La caractérisation des herbiers aquatiques a été effectuée en 2020 et validée en 2021 selon le protocole développé par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC, 2016) pour le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL). L'identification des herbiers a été réalisée sur l'ensemble de la zone peu profonde du lac (profondeur inférieure à 3 m, référée par la suite comme étant la zone colonisable), zone où se situent les conditions favorables pour la croissance des macrophytes. L'inventaire a été réalisé à partir d'un canot et à l'aide d'un aquascope selon un trajet aléatoire dans la bande littorale jusqu'à la visibilité le permettait (Figure 5, tirée du protocole de caractérisation des herbiers du MELCC, 2016).

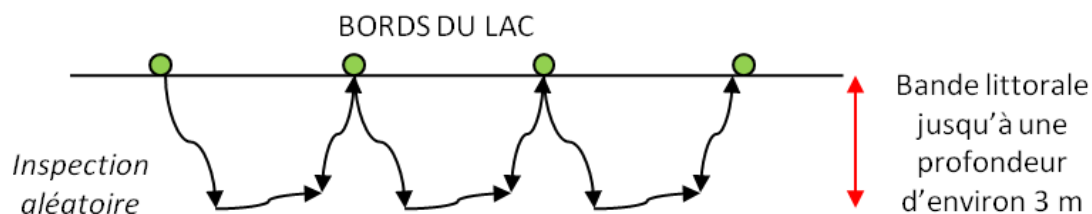


Figure 5 Méthode d'inventaire des herbiers.

Afin d'optimiser l'identification des espèces et leur superficie de recouvrement, l'inventaire fut réalisé au mois d'août lorsque les plantes aquatiques sont pleinement développées (tiges, feuilles, fleurs, fruits, rhizomes, etc.), tout en priorisant des conditions météorologiques favorables à la visibilité dans l'eau, soit un temps ensoleillé et peu venteux. Chaque herbier a été délimité et dessiné directement sur une carte numérique à l'aide d'une tablette GPS, d'un profondimètre et de repères visuels, puis raffinés en se basant sur les orthophotographies. À chaque herbier, les informations ont été récoltées à l'aide d'une fiche de caractérisation.

Dans le but d'atteindre une plus grande précision dans l'analyse, la limite des herbiers a été fixée à l'endroit où il y a un changement d'espèce dominante ou du recouvrement total. L'objectif n'était pas d'identifier toutes les petites variations dans les communautés de plantes aquatiques, mais bien de visualiser les grandes tendances des communautés végétales et des zones occupées par les plantes aquatiques.

Les inventaires floristiques réalisés pour chaque herbier incluent :

- Les espèces présentes ;
- Le pourcentage de recouvrement total et propre à chaque espèce ;
- Le prélèvement d'échantillon lorsque difficilement identifiable sur place ;
- La prise de photos des échantillons sur place et au laboratoire d'Agiro.

3.2.2.2 Analyse des herbiers aquatiques

La cartographie finale des herbiers aquatiques a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGIS Pro 2.9.0 (ESRI Inc., Redlands, Californie), d'orthophotographies et de données bathymétriques. Cette démarche a permis d'évaluer l'étendue des herbiers aquatiques et la superficie de la zone colonisable du lac occupée par les plantes aquatiques, ajustée à la densité des herbiers selon la formule suivante :

$$SAD = \sum \left(\frac{R_i \times S_i}{100} \right)$$

où SAD désigne la superficie de la zone colonisable (profondeur < 3m) du lac occupée par les plantes aquatiques ajustée à la densité des herbiers, i désigne nième herbier, R_i désigne le pourcentage de recouvrement du nième herbier, et S_i désigne la superficie de la zone colonisable du lac occupée par le nième herbier.

La richesse spécifique, les abondances relatives des espèces végétales, la localisation des espèces problématiques et la densité des herbiers (pourcentage de recouvrement spécifique médian des herbiers) ont également été analysées afin de déterminer l'état trophique du lac en complémentarité avec les paramètres physicochimiques (Tableau 5).

3.2.3 Caractérisation des rives

La bande riveraine est la zone terrestre qui borde le lac. Pour remplir son rôle de protection du lac, elle doit être végétalisée afin de filtrer les polluants, freiner le ruissellement des sédiments, retenir le sol et faire de l'ombrage sur le milieu aquatique. La caractérisation des bandes riveraines vise trois objectifs principaux :

- Déterminer les zones homogènes d'occupation du sol dans la bande riveraine ;
- Estimer l'intégrité de l'écosystème riverain ;
- Recenser les points les plus critiques et dégradés en vue d'une intervention.

3.2.3.1 Recensement des zones homogènes

La caractérisation des rives des lacs a été réalisée en suivant le *Protocole de caractérisation de la bande riveraine*, établi par le MELCC et le Conseil régional de l'environnement (CRE) des Laurentides (MELCC et CRE Laurentides, 2007). Sur une bande de 15 mètres de largeur, à partir de la rive vers les terres, des sections homogènes de la bande riveraine ont été identifiées selon la classe d'occupation du sol dominante. Une fois la section déterminée, la méthode de l'indice de qualité des bandes riveraines (IQBR) a été utilisée pour l'analyse de la rive selon le pourcentage de la superficie occupée par les neuf composantes suivantes (MELCC, 2022a) :

- Strate arborescente (forêt) ;
- Strate arbustive ;
- Herbacées ;
- Coupes forestières ;
- Friche et pelouse ;
- Cultures ;
- Sol nu ;
- Socle rocheux ;
- Infrastructures d'origine anthropique.

La caractérisation de la bande riveraine a été réalisée aux lacs Neigette et Écho par deux employés d'Agiro à partir d'une embarcation le 25 août 2020. Les observations ont été notées sur des fiches de terrain. Les problématiques spécifiques et ponctuelles ont également été relevées.

3.2.3.2 Analyse des bandes riveraines

Les résultats sont présentés selon l'IQBR et visent à estimer la condition écologique des rives selon l'importance de chacune des composantes (MELCC, 2022a). Ainsi, un facteur de pondération est attribué à chaque composante selon ses capacités à remplir les fonctions écologiques d'une bande riveraine (voir Annexe 2, Tableau 19). La valeur de l'IQBR est obtenue selon la formule suivante :

$$IQBR = \left[\sum (\%_i \times P_i) \right] / 10$$

où i est la i ème composante (p. ex. forêt, arbustaie, etc.), $\%_i$ est le pourcentage du secteur couvert par la i ème composante, et P_i est le facteur de pondération de la i ème composante.

Plus spécifiquement, en détaillant les neuf composantes et leur facteur de pondération respectif, l'IQBR peut être calculé comme suit :

$$IQBR = \left[(\%_{\text{forêt}} \times 10) + (\%_{\text{arbustaie}} \times 8,2) + (\%_{\text{herbacée naturelle}} \times 5,8) + (\%_{\text{coupe forestière}} \times 4,3) \right. \\ \left. + (\%_{\text{friche_fourrage_pâturage-pelouse}} \times 3) + (\%_{\text{culture}} \times 1,9) + (\%_{\text{sol nu}} \times 1,7) \right. \\ \left. + (\%_{\text{socle rocheux}} \times 3,8) + (\%_{\text{infrastructure}} \times 1,9) \right] / 10$$

Plus l'IQBR sera élevé, plus la qualité de l'habitat riverain sera bonne (MELCC, 2022a).

Tableau 6 Classification de l'IQBR.

Capacité de la bande riveraine à remplir ses fonctions écologiques	IQBR
Excellente	90–100
Bonne	75–89
Moyenne	60–74
Faible	40–59
Très faible	17–39

3.2.4 Caractérisation de la qualité de l'eau des tributaires et effluents des lacs Neigette et Écho

Afin d'identifier les apports en nutriments qui contribuent à la dégradation de l'état d'un lac et affectent son état trophique, l'eau des tributaires et des effluents des lacs Neigette et Écho a été échantillonnée (Tableau 4). Des mesures ont été prises à l'aide de la sonde EXO2 et des échantillons ont été récoltés pour être analysés en laboratoire. L'analyse des paramètres physicochimiques prélevés dans les tributaires est basée sur l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP) du MELCC (Hébert, 1997). Cet indice évalue la qualité générale de l'eau des cours d'eau en intégrant les neuf paramètres présentés au Tableau 7. À noter que pour ces deux diagnoses, la concentration en chlorophylle *a* des tributaires et effluents n'a pas été mesurée, et n'entre donc pas en compte dans la caractérisation de la qualité de leur eau basée sur l'IQBP. De même, le critère d'acidité de l'eau (pH) a également été mis de côté, étant donné le pH naturellement bas des cours d'eau présents sur le Bouclier canadien.

Tableau 7 Classe de qualité de l'eau de l'IQBP.

Classe	<i>E. coli</i> (UFC/100ml)	Phosphore total (µg/l)	Matière en suspension (mg/l)	O ₂ dissous (%)	pH	Chl a (µg/l)	Turbidité (NTU)	Nitrites et nitrates (mg/l)	Azote ammoniacal (mg/l)
Bonne	≤ 200	≤ 30	≤ 6	88–124	6,9–8,6	≤ 5,7	≤ 2,3	≤ 0,5	≤ 0,23
Satisfaisante	200–1000	31–50	7–13	80–87 ou 125–130	6,5–6,8 ou 8,7–9,0	5,71– 8,6	2,4–5,2	0,51–1,0	0,24–0,5
Douteuse	1001–2000	51–100	14–24	70–79 ou 131–140	6,2–6,4 ou 9,1–9,3	8,61– 11,1	5,3–9,6	1,01–2,0	0,51–0,9
Mauvaise	2001–3500	101–200	25–41	55–69 ou 141–150	5,8–6,1 ou 9,4–9,6	11,1– 13,9	9,7–18,4	2,01–5,0	0,91–1,5
Très mauvaise	> 3500	> 200	> 41	< 55 ou > 150	< 5,8 ou > 9,6	> 13,9	> 18,4	> 5,0	> 1,5

La conductivité spécifique est utilisée comme paramètre intégrateur et permet souvent de déceler des variations de la qualité de l'eau entre les secteurs non perturbés, faiblement urbanisés ou à forte occupation anthropique (Dow et Zampella, 2000). En effet, la conductivité spécifique est un indice de la charge de l'eau en matières dissoutes totales et elle permet de détecter certaines contaminations par des éléments qui ne sont pas pris en compte dans le cadre du calcul de l'IQBP³. La charge en ions chlorure est un exemple de paramètre exclu du calcul de l'IQBP, mais qui peut contribuer à augmenter la conductivité spécifique.

Les sels de déglacement peuvent entraîner des conséquences importantes sur l'eau et l'environnement (Fournier, 2021). Les différents paliers gouvernementaux ont défini des critères de concentration pour les ions chlorure afin de protéger la qualité de l'eau et la vie aquatique. Les recommandations du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) sont de 120 mg/l pour une exposition chronique et de 630 mg/l pour une exposition aiguë (CCME, 2011). Le MELCC propose quant à lui des seuils de 230 mg/l et de 860 mg/l respectivement pour prévenir les effets chronique et aigu sur la faune aquatique (MELCC, 2022b). De plus, le critère québécois visant à conserver les propriétés organoleptiques de l'eau est établi à 250 mg/l. Ces recommandations peuvent être utiles pour comparer les valeurs de référence pour une région donnée. Or, à une échelle plus fine, les concentrations réelles observées dans les lacs et les rivières sont généralement plus faibles que celles recommandées et varient en fonction du degré d'urbanisation de la zone observée (Fournier, 2021). Cela peut induire un faux sentiment que les plans d'eau et leur écosystème sont protégés. Il y a donc lieu de définir une classification basée sur les données récoltées in situ depuis 2012 par Agiro afin de mieux évaluer la vulnérabilité de chaque sous-bassin versant aux apports de sels de déglacement et faciliter la priorisation des actions.

Pour évaluer la conductivité spécifique et la concentration en ions chlorure, une classification issue de dix années de données récoltées par Agiro dans le cadre du programme de suivi de la qualité de l'eau a été mise en place (Tableau 8). Cette classification d'Agro est spécifique au bassin versant de la rivière Saint-Charles, situé sur le Bouclier canadien. Son utilisation dans d'autres bassins versants présentant des propriétés géologiques différentes doit donc se faire avec la plus extrême vigilance.

³ À noter qu'il n'est pas possible de déceler les éléments exerçant une influence potentielle sur la conductivité spécifique sans analyses supplémentaires.

Tableau 8 Classes de conductivité spécifique et de concentration en ions chlorure proposées par Agiro pour le haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles.

Classe	Conductivité spécifique ($\mu\text{S/cm}$)	Ions chlorure (mg/l)
Classe 1	0,00–49,99	0,00–9,99
Classe 2	50,00–99,99	10,00–19,99
Classe 3	100,00–149,99	20,00–49,99
Classe 4	150,00–249,99	50,00–79,99
Classe 5	250,00–399,99	80,00–149,99
Classe 6	400,00–999,99	150,00–249,99
Classe 7	> 1000,00	> 250,00

La classification utilisée pour la conductivité spécifique est adaptée de Pott et Remy (2000). Notons que la conductivité spécifique peut être influencée davantage par les ions chlorure en provenance des sels de déglçage et les abrasifs que par l'apport, entre autres, d'éléments nutritifs comme le phosphore ainsi que les nitrites et nitrates. Sans impact anthropique, la conductivité spécifique de l'eau devrait être inférieure à 50 $\mu\text{S/cm}$. La conductivité spécifique de l'eau pure est égale à 0. Pour les eaux de lacs de tête et à l'état naturel du Bouclier canadien, la conductivité spécifique se situe entre 20 et 50 $\mu\text{S/cm}$, voir même inférieure à 20 $\mu\text{S/cm}$ (Fournier, 2021).

La classification utilisée pour la concentration moyenne des ions chlorure est établie en fonction de :

- La teneur en ions chlorure dans le milieu naturel, équivalente à 0 mg/l ;
- Le seuil maximal recommandé par le MELCC (250 mg/l) pour la protection de l'eau ;
- Les conséquences d'une augmentation de la concentration des ions chlorure soulevés dans l'étude de Fournier (2021) ;
- Les caractéristiques de la distribution de données historiques disponible pour les petits tributaires (moyenne et écart-type standard).

À noter également que la comparaison interannuelle entre les classes doit se faire en tenant compte du régime d'écoulement au moment de l'échantillonnage. Ainsi, un débit faible ou une eau stagnante auront inévitablement un impact sur la conductivité spécifique et la concentration en ions chlorure.

4 Résultats

4.1 Conditions météorologiques – Contexte de mesures

Quelques statistiques météorologiques enregistrées par Environnement Canada tracent un portrait météorologique de l'année 2021⁴ en comparaison avec les données mensuelles moyennes des vingt dernières années (2001-2020) (Figure 6). Les températures estivales ont connu un patron assez semblable aux données historiques, à l'exception du mois d'août où la moyenne de température enregistrée surpassait de 2,7°C les données historiques (21,2°C vs. 18,5°C) (Figure 6A). En moyenne, la majorité des mois ont été plus chauds, alors que février, mai, juillet et décembre ont été plus froids.

Dans son ensemble, l'année 2021 fut une année plutôt sèche (Figure 6B), recevant 20% de précipitations en moins par année comparée à la moyenne historique (précipitations annuelles totales de 942,6 mm en 2021 vs. 1175,8 mm en moyenne pour la période 2001-2020). Ce déficit en précipitations fut observé au cours des quatre saisons, mais fut davantage marqué durant les mois estivaux de juillet et août. A contrario, le mois de juin fut un mois particulièrement pluvieux, totalisant près de 20% de la quantité de précipitations tombées en 2021. Les pluies peuvent provoquer un important ruissellement qui peut prendre quelques jours avant de lessiver tout le bassin versant et décharger une grande quantité de sédiments qui aura un impact sur la turbidité et la transparence de l'eau. Afin d'avoir une vision plus juste des lacs et de leurs tributaires, leur échantillonnage fut réalisé aussi bien par temps de pluie que par temps sec (Tableau 9).

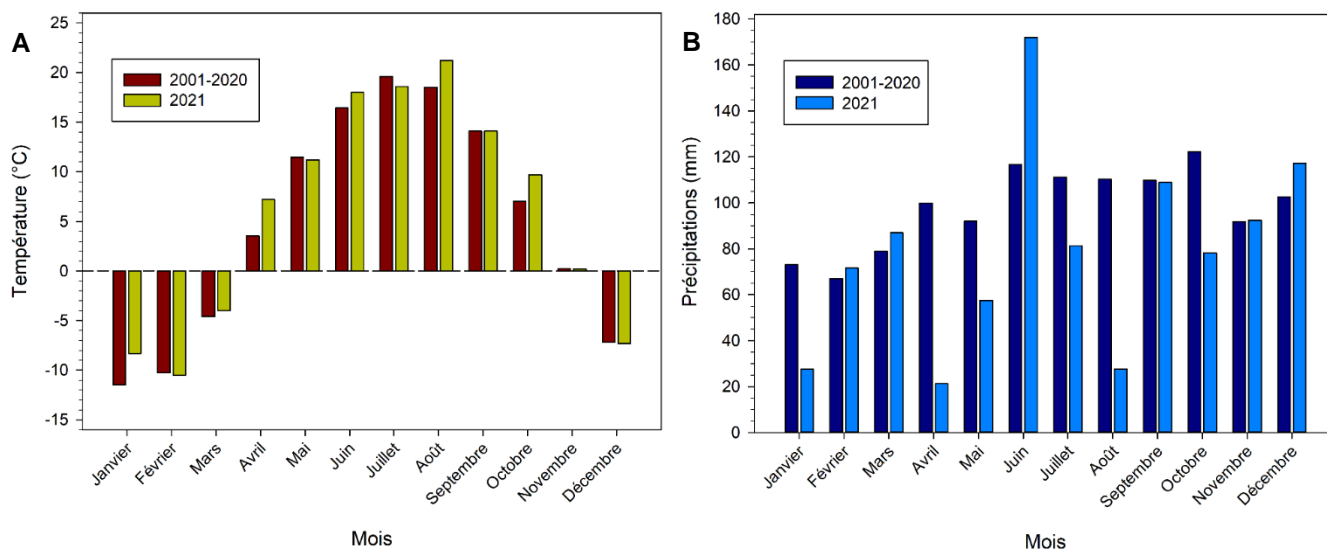


Figure 6 Températures moyennes (en °C) et précipitations totales (en mm) mensuelles mesurées par Environnement Canada à la station de l'aéroport Jean-Lesage en 2021 en comparaison avec les normales mensuelles entre 2001 et 2020.

⁴ Année de la caractérisation de la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho.

Tableau 9 Pluviométrie recensée lors des journées d'échantillonnage par Environnement Canada à la station de Beauport.

Date d'échantillonnage	Précipitations observées sur le terrain (moins de 5 mm est considéré comme un temps sec)	Précipitations	
		Dans les dernières 24 h (mm)	Dans les dernières 48 h (mm)
21 avril 2021	Pas de pluie dans les 48 dernières heures : sec	2,1	1,5
16 juin 2021	Pluie dans les 48 dernières heures	10,1	11,0
28 juillet 2021	Pas de pluie dans les 48 dernières heures : sec	0,0	0,0
4 novembre 2021	Pas de pluie dans les 48 dernières heures : sec	0,0	0,0

4.2 Résultats de la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho

4.2.1 Résultats des paramètres physicochimiques de l'eau

4.2.1.1 Température et oxygène dissous

Les profils de température (°C) et d'oxygène dissous (%) des lacs Neigette et Écho sont très similaires au cours de la période sans glace de 2021 (Figures 7, 8) et sont typiques de lacs dimictiques, c'est-à-dire de lacs qui ont deux périodes de mélange au printemps (mélange court, et le plus souvent partiel) et à l'automne (mélange plus long et complet) et une stratification stable durant l'été (Figure 9).

Lors de la première sortie d'échantillonnage effectuée au printemps (21 avril 2021), le profil de température des lacs Neigette et Écho indique que le mélange printanier eut lieu quelques jours auparavant, et que les lacs étaient en processus de stratification (Figures 7A, 8A). Cependant, une légère désoxygénation est déjà observée dans le fond des lacs, suggérant un mélange printanier fort court. Ce dernier n'a par conséquent pas laissé le temps à l'ensemble de la masse d'eau des deux lacs de se mélanger entièrement, empêchant leur complète réoxygénation. Cette désoxygénation est plus marquée pour le lac Neigette qui, en raison de sa plus grande profondeur, est plus résistant au phénomène de brassage.

La stratification est bien en place aux lacs Neigette et Écho lors de l'échantillonnage du 16 juin 2021, avec un profil thermique de type clinograde caractéristique de lacs relativement à très enrichis (Figures 7B, 8B). Cependant, le profil vertical d'oxygène dissous montre un pic dans le métalimnion, suggérant une importante production photosynthétique au niveau de la thermocline. Ce profil d'oxygène de type hétérograde positif se rencontre le plus souvent dans des lacs au stade mésotrophe (Eberly, 1964). Dans l'hypolimnion, une hypoxie se développe au lac Écho et est rendue déjà sévère au lac Neigette.

Lors de la sortie estivale (28 juillet 2021), les profils de température et d'oxygène dissous sont devenus similaires, avec un profil de type clinograde (Figures 7C, 8C). La couche hypoxique, quant à elle, semble s'accroître au cours de l'été. Cette hypoxie sévère observée aux lacs Neigette et Écho pourrait être un indicateur d'une importante activité biologique typique d'un lac enrichi. Une telle hypoxie était déjà observée au lac Neigette en 1992 (Dryade, 1993) mais semble s'être aggravée depuis. Aucun changement notable n'est observé concernant la problématique de la désoxygénation du fond des lacs Neigette et Écho entre la diagnose de 2015 (Municipalité de Lac-Beauport, 2016) et celle de 2021.

Lors de la dernière sortie d'échantillonnage (4 novembre 2021), le mélange automnal était en place avec une température uniforme autour de 7°C, ce qui a permis la réoxygénation de l'ensemble de la colonne d'eau des lacs Neigette et Écho (Figures 7D, 8D).

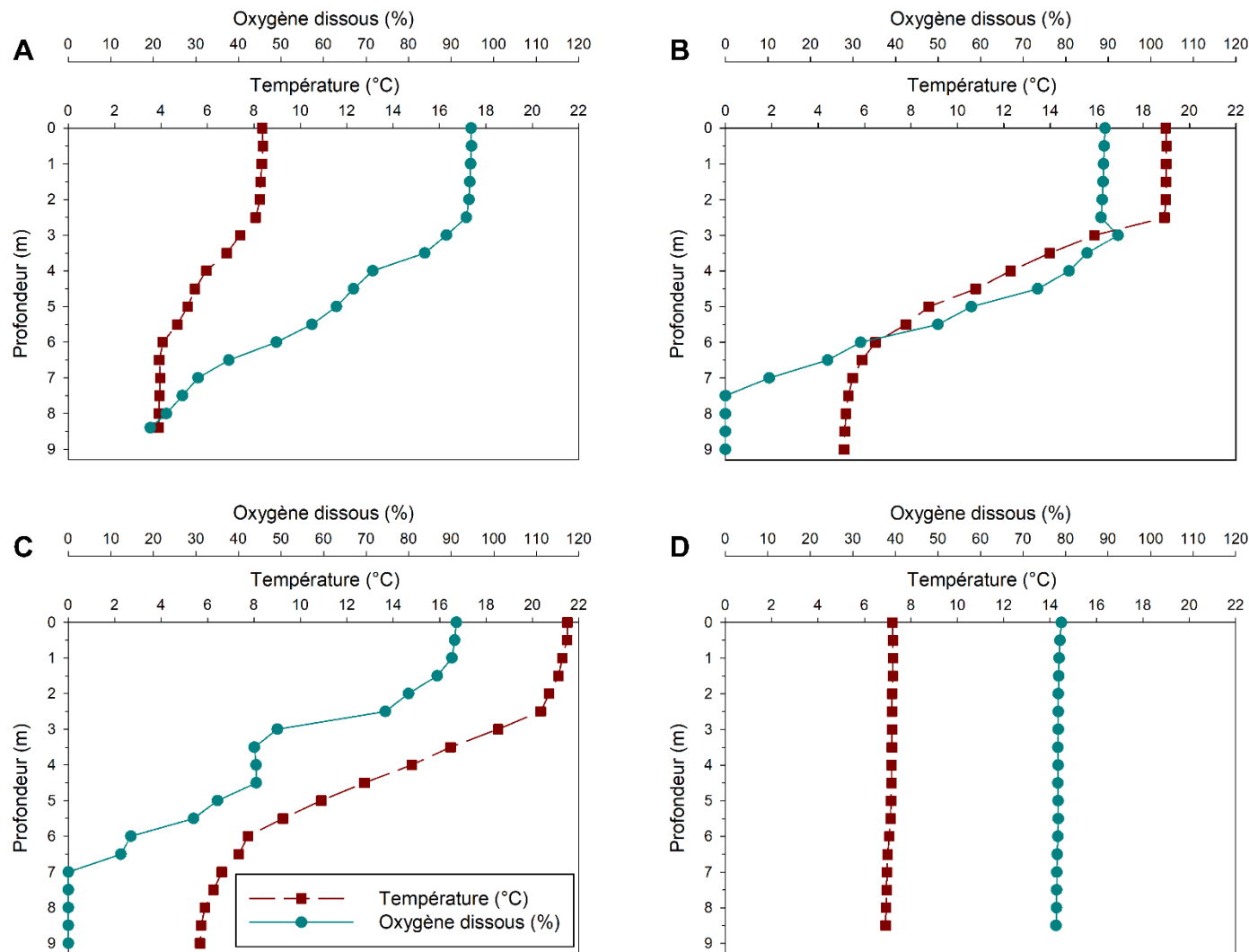


Figure 7 Profils de température (°C) et d'oxygène dissous (%) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.

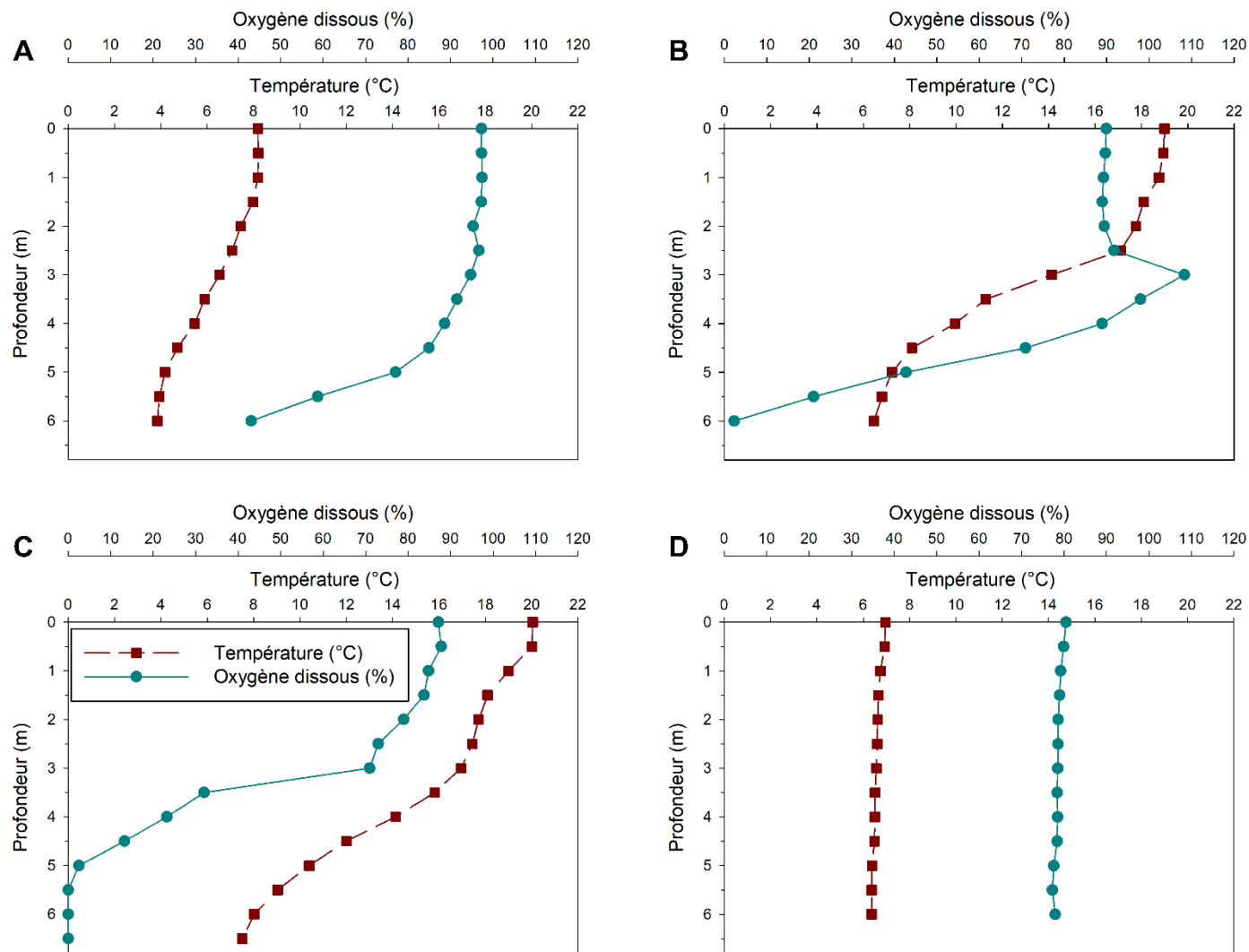
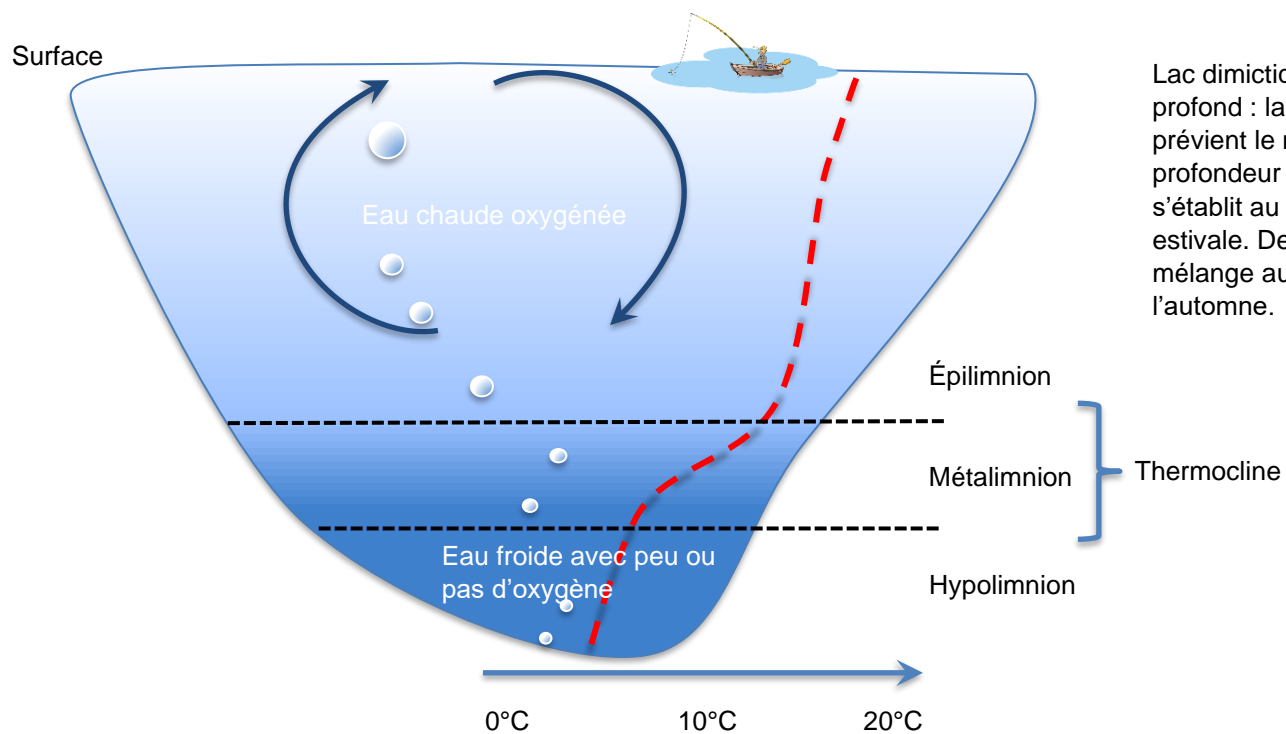


Figure 8 Profils de température (°C) et d'oxygène dissous (%) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.



Lac dimictique relativement profond : la thermocline prévient le mélange en profondeur et la stratification s'établit au courant de la saison estivale. Deux périodes de mélange au printemps et à l'automne.

Figure 9 Profil de la température (°C) des lacs Neigette et Écho en 2021.

4.2.1.2 Transparence, turbidité et solubles dissous

La transparence d'un lac est affectée par la présence de matières fines colorées en suspension dans l'eau provenant essentiellement de l'activité biologique ainsi que de l'érosion du bassin versant et du lessivage de sols fragiles ou dégradés. Le disque de Secchi a été utilisé afin d'estimer cette transparence de l'eau des lacs étudiés ; plus le disque est visible à de grandes profondeurs, plus l'eau est considérée comme transparente. Cette transparence de l'eau est affectée par d'autres paramètres indépendants de la qualité du lac, comme l'heure de la journée, la présence de vagues à la surface et les conditions météorologiques. Pour l'ensemble des sorties réalisées aux lacs Neigette et Écho, la prise de mesure de la profondeur à laquelle le disque de Secchi reste visible a été prise à la même heure, à l'ombre du canot et dans des conditions calmes avec peu de vents.

La profondeur moyenne à laquelle le disque de Secchi reste visible aux lacs Neigette et Écho est respectivement de 2,4 m et 2,2 m (Tableau 10). La transparence de l'eau des lacs Neigette et Écho est typique de lacs méso-eutrophes (Tableau 5).

Tableau 10 Transparence de l'eau mesurée aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) en 2021.

Date	BQ74-A		BQ77	
	Profondeur disque Secchi (m)	Condition	Profondeur disque Secchi (m)	Condition
21 avril 2021	2,15	Calme (ridules)	2,70	Miroir
16 juin 2021	2,85	Calme (ridules)	2,25	Calme (ridules)
28 juillet 2021	2,75	Calme (ridules)	2,25	Calme (ridules)
4 novembre 2021	2,00	Calme (ridules)	1,75	Calme (ridules)
Moyenne	2,4		2,2	

En lien avec la transparence, la turbidité désigne le caractère trouble de l'eau, caractère qui est directement lié à la concentration en matière en suspension dans l'eau, tels les solubles dissous.

Pour les sorties printanières et estivales, les profils de turbidité et de solubles dissous des lacs Neigette et Écho augmentent progressivement de la surface jusqu'au fond du lac (Annexe 3, Figures 22, 23). Cette augmentation de la teneur en solubles dissous et de la turbidité dans l'hypolimnion est à mettre en relation avec la sédimentation de la matière organique en suspension dans l'eau, matière organique qui s'y fait progressivement dégrader. Cette décomposition explique ainsi la diminution de l'oxygène dissous au fond de ces deux lacs. Pour la sortie du 4 novembre 2021, le brassage automnal complet de la colonne d'eau entraîne une uniformisation des valeurs mesurées pour la turbidité et la concentration en solubles dissous.

Les valeurs de turbidité mesurées dans l'épilimnion du lac Neigette étaient en moyenne de 1,2 NTU, avec un pic jusqu'à 22,2 NTU mesurés dans le fond du lac (Annexe 3, Figure 22). Pour le lac Écho, la turbidité moyenne mesurée dans l'épilimnion était de 1,9 NTU (Annexe 3, Figure 23), ce qui corrobore les valeurs plus faibles de transparence observées dans ce lac comparé au lac Neigette (Tableau 10). Globalement, les valeurs de turbidité et de solubles dissous y sont davantage uniformes comparées au lac Neigette.

À titre comparatif, la turbidité mesurée au lac Clair, un lac « référence » de la région (situé dans la réserve Duchesnay) et qui est considéré comme « intact » ou non influencé par les activités humaines, ne dépassait pas les 3,3 NTU.

4.2.1.3 Conductivité spécifique et ions chlorure

La conductivité spécifique de l'eau constitue un indicateur du niveau de dégradation du milieu aquatique ; des changements notables de conductivité spécifique dans un lac ou une rivière signifient une augmentation des apports en substances dissoutes provenant du bassin versant. Dans un contexte d'hiver rigoureux avec épandage de sels, ces apports en substances dissoutes incluent les ions chlorure, indicateur d'une possible contamination de l'eau par les sels de déglacage utilisés sur les voiries ou les cours résidentielles.

Les valeurs de conductivité spécifique et d'ions chlorure varient respectivement de 55,4 à 107,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 5,4 à 8,6 mg/l pour le lac Neigette (Figure 10), et de 53,4 à 129,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 4,3 à 8,1 mg/l pour le lac Écho (Figure 11). Alors que le profil vertical d'ions chlorure est assez uniforme, on observe une augmentation de la conductivité spécifique entre l'épilimnion et l'hypolimnion, excepté durant le mélange automnal où des valeurs moyennes de respectivement 81,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 103,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sont mesurées pour les lacs Neigette et Écho. La légère diminution de la conductivité spécifique à la fin de l'épilimnion en juin et en juillet peut être expliquée par l'augmentation de l'activité photosynthétique qui puise les nutriments disponibles sous forme d'ions (Gerdeaux et al., 2008).

Alors que la conductivité spécifique mesurée au lac Écho semble être restée stable lors de la dernière décennie (OBV de la Capitale, 2012), les valeurs de conductivité et d'ions chlorure enregistrées au lac Neigette se sont vues diminuées d'un facteur 10 et 25, respectivement (CBRSC, 2010), soulignant la bonne résilience de l'écosystème et l'efficacité de la mise en place de meilleures pratiques dans la gestion du bassin versant.

À titre comparatif, une moyenne de conductivité spécifique de 22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est mesurée sur toute la colonne d'eau du lac Clair, lac de la région non affecté directement par l'activité humaine. Un lac très affecté par les sels de voiries comme le lac Clément présentent des valeurs de conductivité spécifique et d'ions chlorure de 500 à 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 110 à 272 mg/l, respectivement (APEL, 2013). Les valeurs moyennes de conductivité spécifique et d'ions chlorure mesurées aux lacs Neigette et Écho sont donc à mi-chemin entre un état naturel et un état fortement détérioré.

4.2.1.4 pH et alcalinité

Le pH moyen mesuré au lac Neigette est de $6,7 \pm 0,3$ (écart type), avec des valeurs oscillant entre 6,2 et 7,1 (Figure 12). Le lac Écho, quant à lui, a un pH moyen de $6,9 \pm 0,3$ (écart type), avec des valeurs maximales et minimales enregistrées de 7,4 et 6,3, respectivement (Figure 13).

Pour le territoire du Bouclier canadien, il est considéré qu'un lac non acide détient un pH de 6 ou plus (Dupont, 2004). Les lacs Neigette et Écho présentent donc un pH neutre.

Durant leur phase de stratification estivale, les deux lacs montrent une diminution du pH avec la profondeur, suggérant des eaux plus acides dans l'hypolimnion comparé à la surface, avant de remonter dans le fond. Cette acidification de l'eau de l'hypolimnion est liée à une augmentation de l'activité biologique via la décomposition de la matière organique (Wetzel, 2001), ce qui concorde avec la diminution de l'oxygène (Figures 7, 8) et la plus grande turbidité (Annexe 3, Figures 22, 23) observées dans l'hypolimnion.

L'alcalinité désigne la teneur en carbonate et bicarbonate de calcium dans l'eau. Plus sa valeur est élevée, plus le pouvoir tampon de l'eau sera important et son pH stable. L'alcalinité de l'eau constitue donc un bon indicateur de la sensibilité d'un lac face à l'acidification.

Les valeurs d'alcalinité mesurées aux lacs Neigette (Figure 12) et Écho (Figure 13) sont respectivement de $21,82 \pm 5,25$ et de $28,75 \pm 8,65$ (écart type). Ce sont des valeurs faibles mais typiques pour les lacs du Bouclier canadien, lacs qui, par la nature de leur substrat rocheux, sont fort sensibles aux problématiques d'acidification (Hade, 2002).

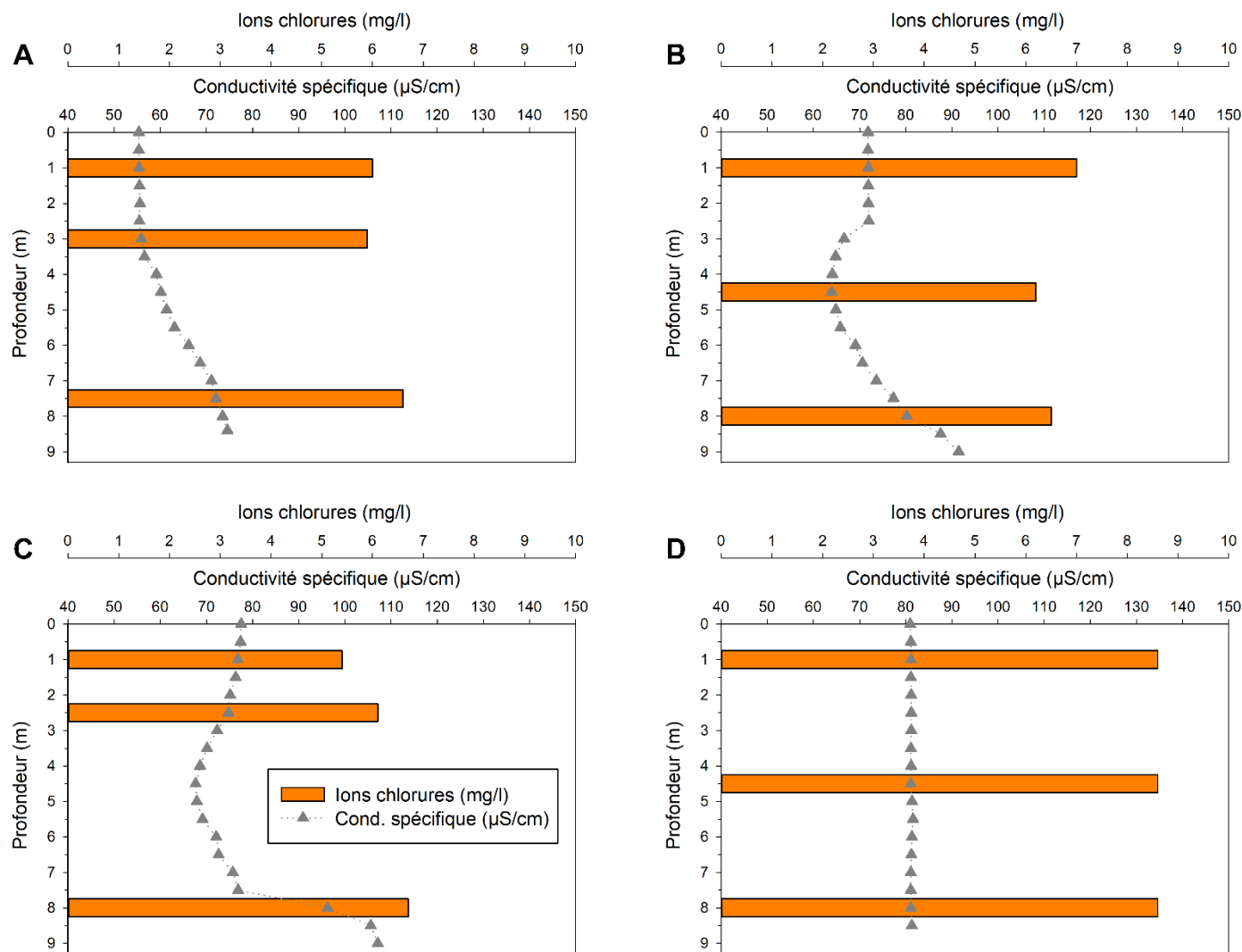


Figure 10 Profils de conductivité spécifique (µS/cm) et ions chlorure (mg/l) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.

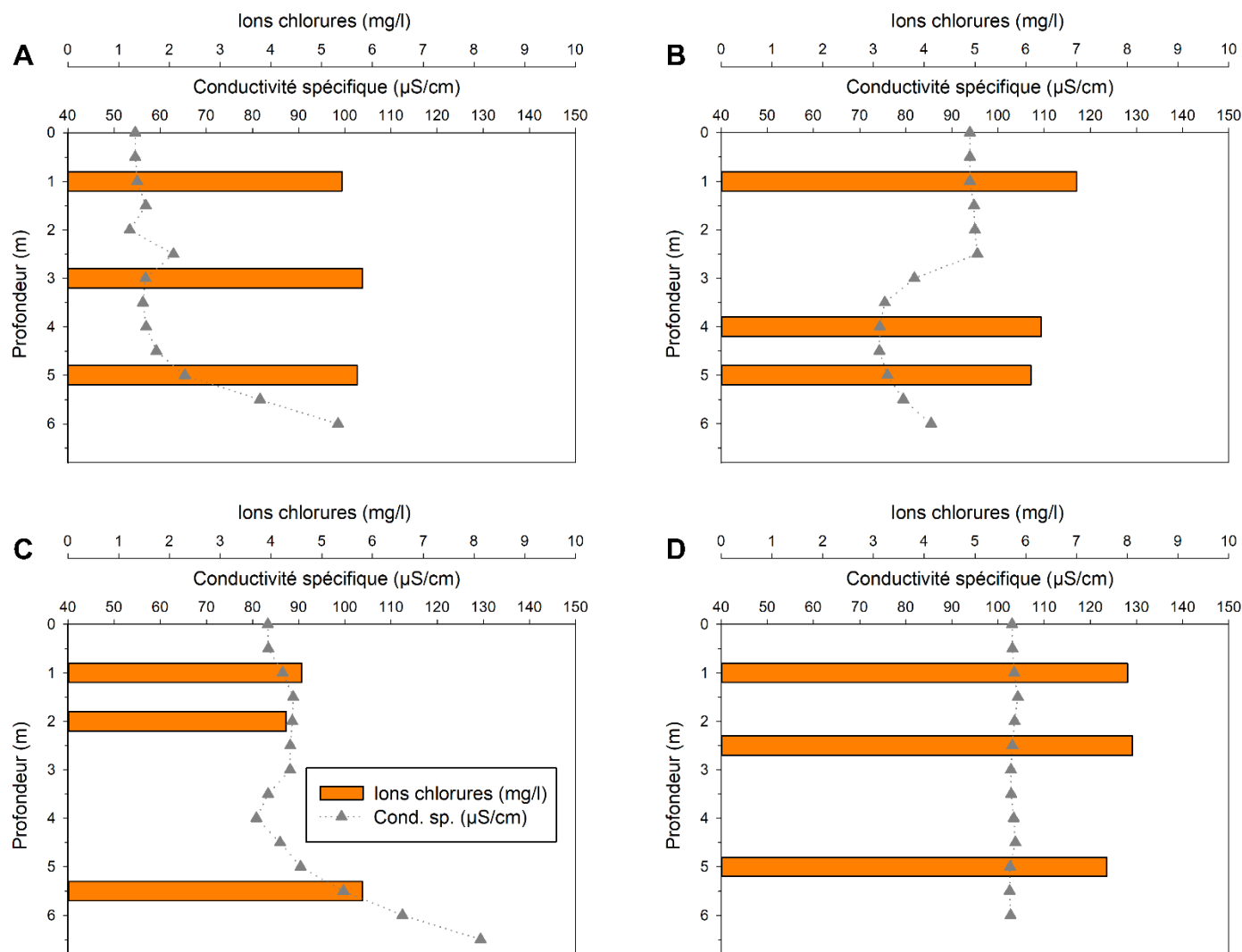


Figure 11 Profils de conductivité spécifique ($\mu\text{S/cm}$) et ions chlorure (mg/l) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.

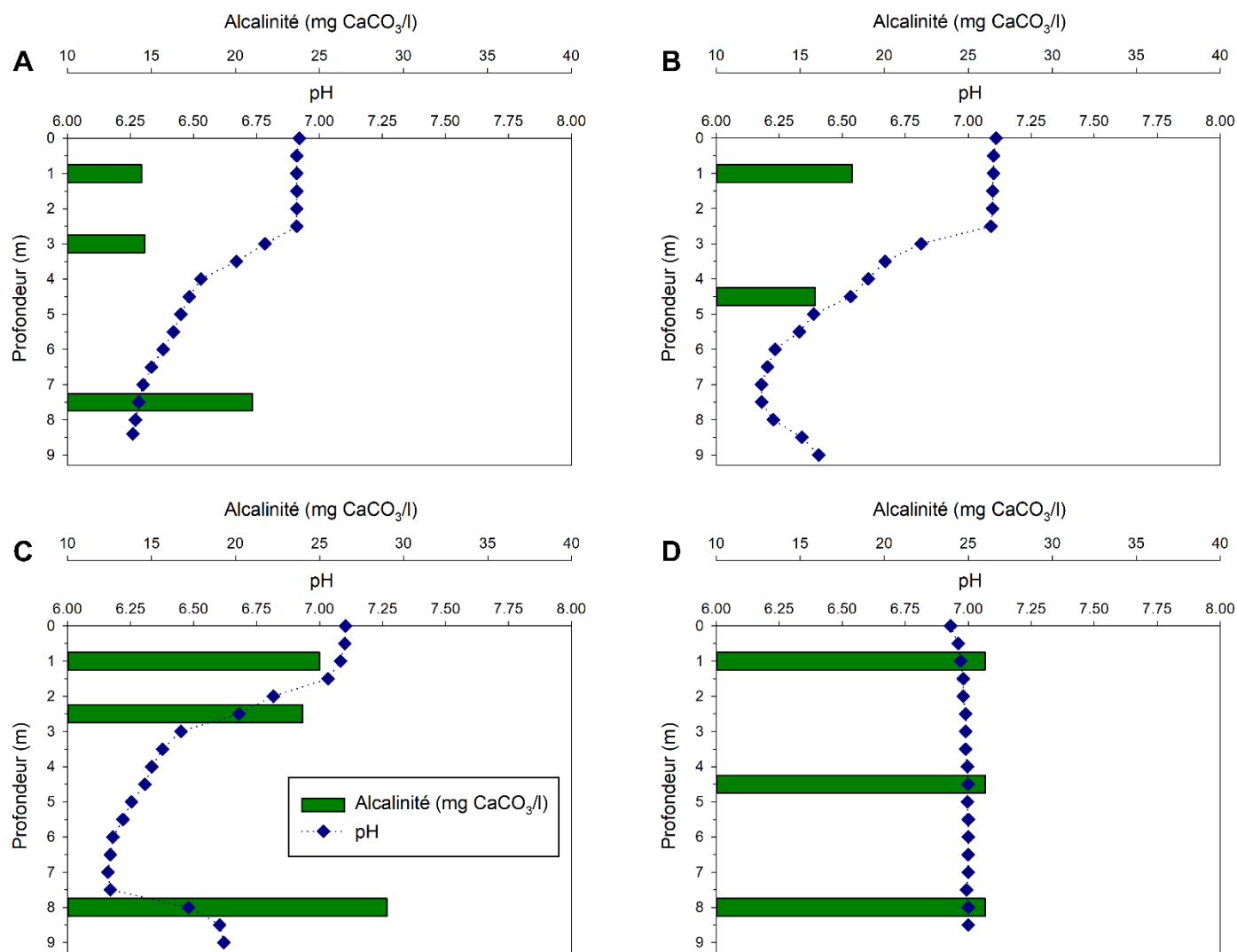


Figure 12 Profils de pH et d'alcalinité (mg CaCO₃/l) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.

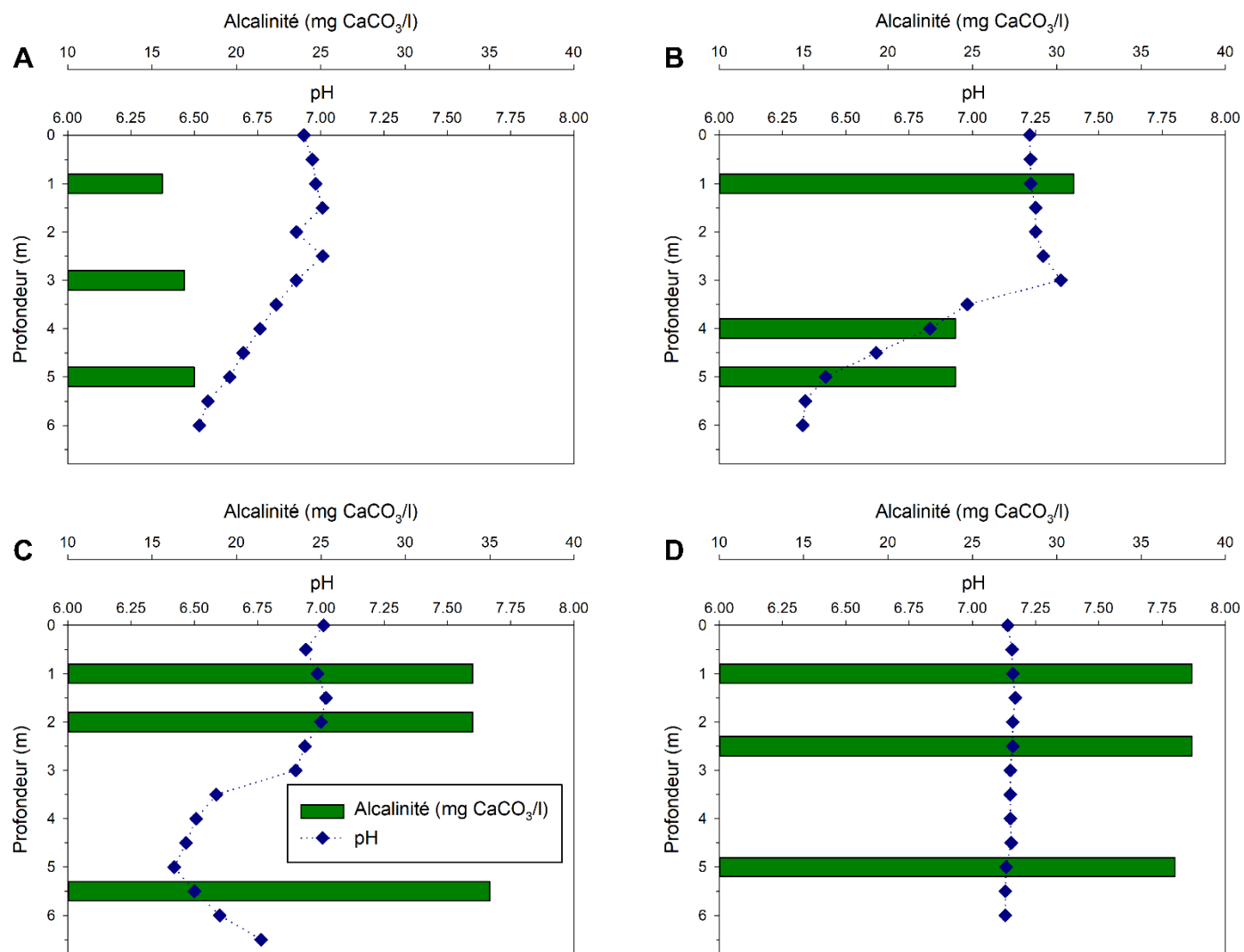


Figure 13 Profils de pH et d'alcalinité (mg CaCO₃/l) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.

4.2.1.5 Nutriments et chlorophylle a

L'azote et le phosphore sont les deux principaux nutriments essentiels pour la croissance des organismes photosynthétiques. Dans un lac enrichi en ces deux éléments nutritifs, la croissance algale n'est plus limitée et devient trop importante, avec des répercussions considérables sur la qualité de l'eau. La chlorophylle a, pigment photosynthétique synthétisé par les algues et plantes aquatiques, constitue un excellent indicateur de la concentration en organismes photosynthétiques dans l'eau et, ainsi, de l'état du lac.

Le Tableau 11 présente les concentrations en phosphore total (PT), azote total (NT) et chlorophylle a (chl_a) mesurées dans les trois strates (épilimnion, métalimnion et hypolimnion) des lacs Neigette et Écho.

Les concentrations moyennes en phosphore et azote total indiquent que les lacs Neigette et Écho seraient rendus à un stade mésotrophe. Les valeurs de chlorophylles a oscillent quant à elles entre 1,2 et 2,7 µg/l de moyenne, ce qui est caractéristique de lacs oligotrophes. Ces concentrations en nutriments et chlorophylle a semblent avoir légèrement augmentées au lac Neigette depuis 2015, alors qu'elles sont restées stables au lac Écho (Municipalité de Lac-Beauport, 2016). Durant la stratification estivale, les concentrations plus élevées en nutriments observées au fond du lac pourraient être partiellement expliquées par un relargage de nutriments depuis les sédiments coïncidant avec la période d'hypoxie sévère, ainsi qu'un taux de décomposition variant avec la profondeur (Wetzel, 2001).

Tableau 11 Concentrations en phosphore total (PT), azote total (NT) et chlorophylle a (chl_a) aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho).

Date	Épilimnion			Métalimnion			Hypolimnion		
	PT (µg/l)	NT (mg/l)	Chl _a (µg/l)	PT (µg/l)	NT (mg/l)	Chl _a (µg/l)	PT (µg/l)	NT (mg/l)	Chl _a (µg/l)
	BQ74-A (lac Neigette)								
21 avril 2021	9,3	0,27	1,3	11,8	0,27	1,8	12,6	0,39	0,6
16 juin 2021	7,3	0,22	1,3	8,2	0,25	2,0	25,0	0,39	1,2
28 juillet 2021	9,5	0,32	2,0	< 9,0	0,37	1,0	21,0	0,61	2,6
4 nov. 2021	12,0	0,45	0,9	9,2	0,44	0,9	44,0	0,46	0,9
Moyenne (SD)	9,5 (1,9)	0,32 (0,10)	1,4 (0,5)	9,6 (1,6)	0,33 (0,09)	1,4 (0,6)	25,7 (13,3)	0,46 (0,10)	1,3 (0,9)
BQ77 (lac Écho)									
21 avril 2021	10,2	0,29	1,1	12,8	0,29	2,4	10,5	0,29	0,9
16 juin 2021	12,4	0,24	1,2	13,5	0,24	1,6	15,7	0,26	1,1
28 juillet 2021	13,1	0,40	1,4	15,1	0,39	1,5	23,0	0,62	8,1
4 nov. 2021	46,0	0,47	1,2	19,0	0,49	0,9	20,0	0,46	0,9
Moyenne (SD)	20,4 (17,1)	0,35 (0,10)	1,2 (0,1)	15,1 (2,8)	0,35 (0,11)	1,6 (0,6)	17,3 (5,4)	0,41 (0,17)	2,7 (3,6)

4.2.1.6 Cyanobactéries

Les cyanobactéries, plus connues sous le nom d’algues bleues, sont des bactéries photosynthétiques planctoniques présentes naturellement dans la quasi-totalité des plans d’eau du globe (Wetzel, 2001). Cependant, dans des milieux riches en nutriments et sous des conditions chaudes et stables, elles peuvent proliférer et former des efflorescences ou « blooms », lesquelles vont fortement affecter la qualité de l’eau (Paerl et Huisman, 2008). Par ailleurs, ces efflorescences constituent également un enjeu de santé publique, certains genres de cyanobactéries pouvant potentiellement libérer des toxines dans l’eau (Wetzel, 2001).

Lors de la sortie printanière, les cyanobactéries des lacs Neigette et Écho étaient peu abondantes et dominées par deux genres pouvant potentiellement libérer des toxines, Planktolyngbya et Aphanocapsa (Figure 14). Au mois de juin, des concentrations dépassant les 20 000 cellules par ml ont été mesurées au lac Écho, atteignant la limite inférieure de ce qui est généralement considéré comme étant une efflorescence de cyanobactéries (EPA, 2019). Il s’agissait d’une petite efflorescence d’*Aphanothece* sp., producteur potentiel de toxines lui aussi. À la même période, les concentrations mesurées au lac Neigette restent relativement basses, avec une dominance des genres *Aphanocapsa* et *Aphanothece* (Figure 15). Lors de la sortie du 28 juillet 2021, les cyanobactéries étaient peu abondantes et dominées respectivement par les genres *Aphanocapsa* et *Aphanothece* au lac Neigette et *Limnothrix* et *Planktolyngbya* au lac Écho (Figure 16). Enfin, durant la sortie automnale, les concentrations en cyanobactéries étaient négligeables et les genres observés plus diversifiés (Figure 17).

De manière générale, au cours des quatre sorties d’échantillonnage effectuées aux lacs Neigette et Écho, aucune efflorescence de cyanobactéries n’a été visuellement observée en surface. Cependant, l’analyse et le dénombrement des cyanobactéries sous microscope a mis en évidence un épisode d’efflorescence au lac Écho au mois de juin. À l’exception de cette efflorescence, les concentrations en cellules cyanobactériennes mesurées étaient plus que probablement insuffisantes pour affecter la santé humaine, malgré la présence et la dominance de genre pouvant potentiellement libérer des toxines dans l’eau (EPA, 2019).

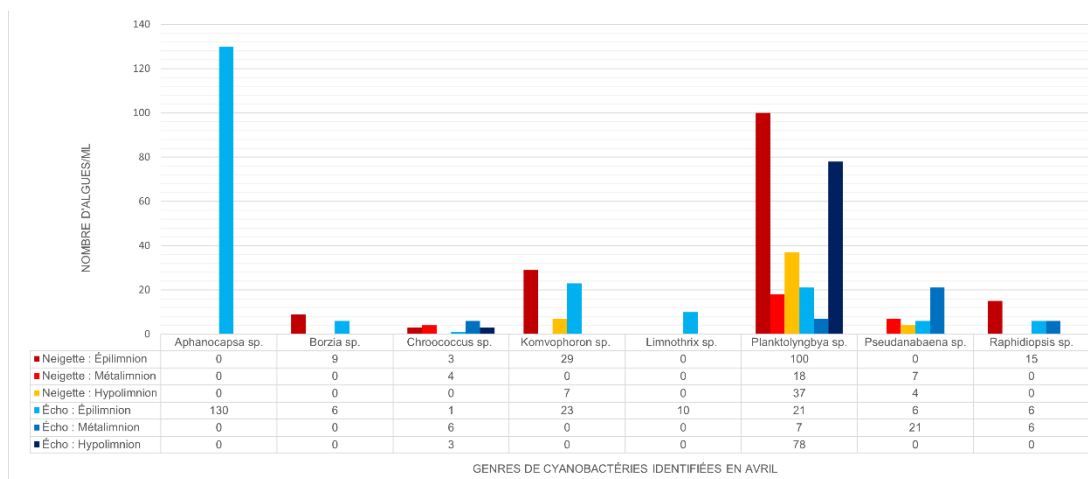


Figure 14 Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 21 avril 2021.

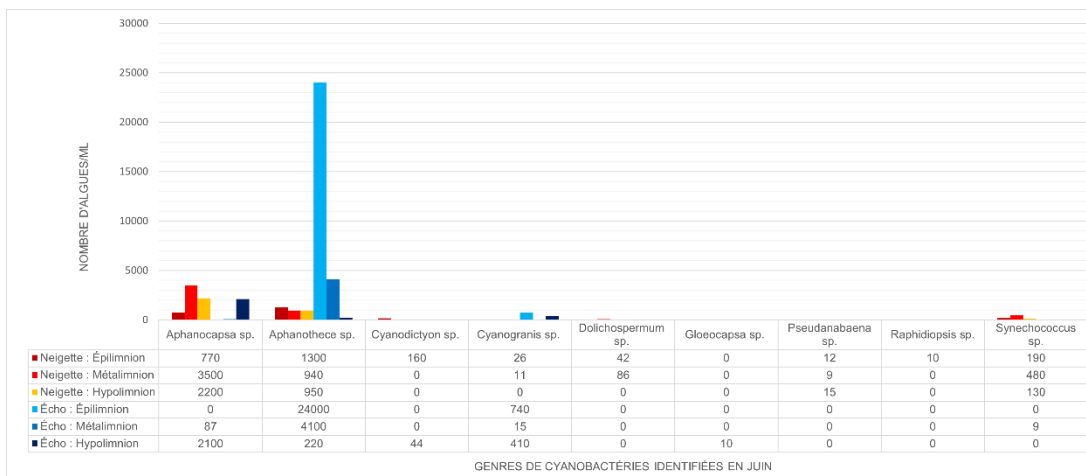


Figure 15 Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 16 juin 2021.

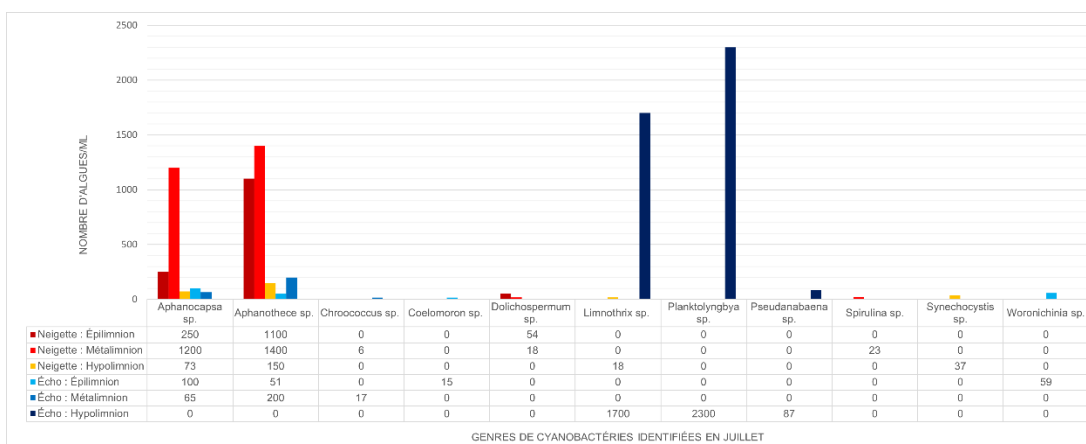


Figure 16 Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 28 juillet 2021.

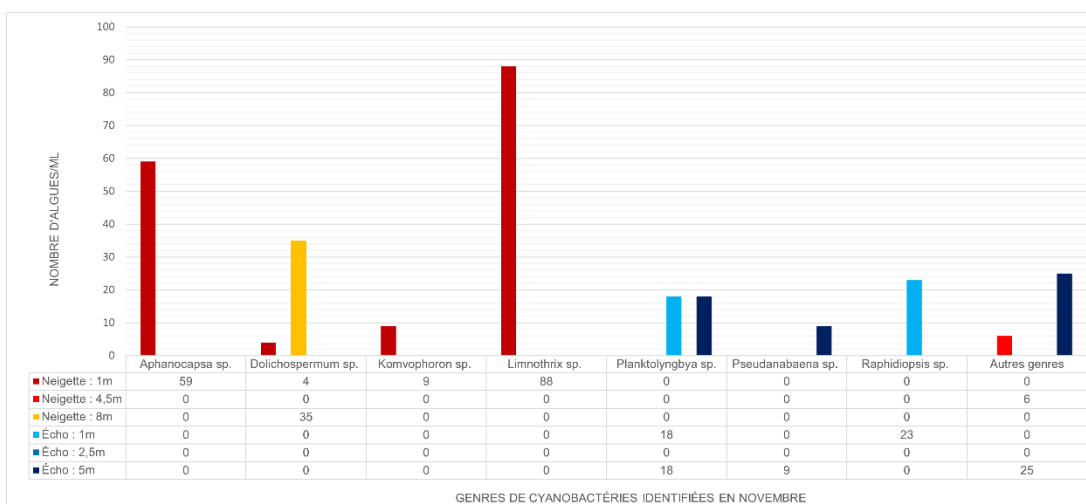


Figure 17 Distribution des genres de cyanobactéries identifiées aux stations BQ74-A (lac Neigette) et BQ77 (lac Écho) pour la sortie du 4 novembre 2021.

4.3 Caractérisation des herbiers des lacs Neigette et Écho

La qualité de l'eau d'un lac étant déterminante pour la croissance des plantes aquatiques, ces dernières constituent un bon indicateur de la santé de celui-ci.

4.3.1 Recouvrement et densité

Au lac Neigette, les résultats de la caractérisation des herbiers aquatiques de 2020 illustrent un recouvrement total de 30%, mais de 46% de la surface potentiellement colonisable (section du lac où la profondeur est inférieure à 3 m). Pour le lac Écho, 39% du lac est colonisé par les herbiers aquatiques, soit 61% de la surface potentiellement colonisable (Tableau 12).

Le pourcentage de recouvrement spécifique médian (densité) des herbiers aquatiques est respectivement de 70% pour le lac Neigette et de 60% pour le lac Écho (Tableau 12), ce qui correspond à la classe B caractéristique de lacs mésotrophes (Tableau 5). La Figure 18 présente le pourcentage de recouvrement spatial des herbiers aquatiques aux lacs Neigette et Écho. Ajusté à la densité des herbiers, 31% de la zone colonisable du lac Neigette est occupée par des plantes aquatiques contre 28% au lac Écho (Tableau 12), ce qui est caractéristique de lacs mésotrophes et oligotrophes, respectivement (Tableau 5).

Tableau 12 Superficie et pourcentage de recouvrement des herbiers aux lacs Neigette et Écho en 2021.

	Lac Neigette	Lac Écho
Superficie totale du lac (ha)	12,2	3,4
Superficie occupée par les herbiers aquatiques (ha)	3,6	1,3
Pourcentage total du lac occupé par les herbiers aquatiques (%)	30	39
Pourcentage de la surface colonisable (profondeur < 3 m) du lac occupé par les herbiers aquatiques (%)	46	61
Pourcentage de recouvrement spécifique médian (densité) des herbiers aquatiques (%)	70	60
Superficie du lac occupée par les herbiers aquatiques ajustée à la densité (ha)	2,4	0,9
Pourcentage de la zone colonisable du lac occupé par les herbiers aquatiques ajusté à la densité (%)	31	28

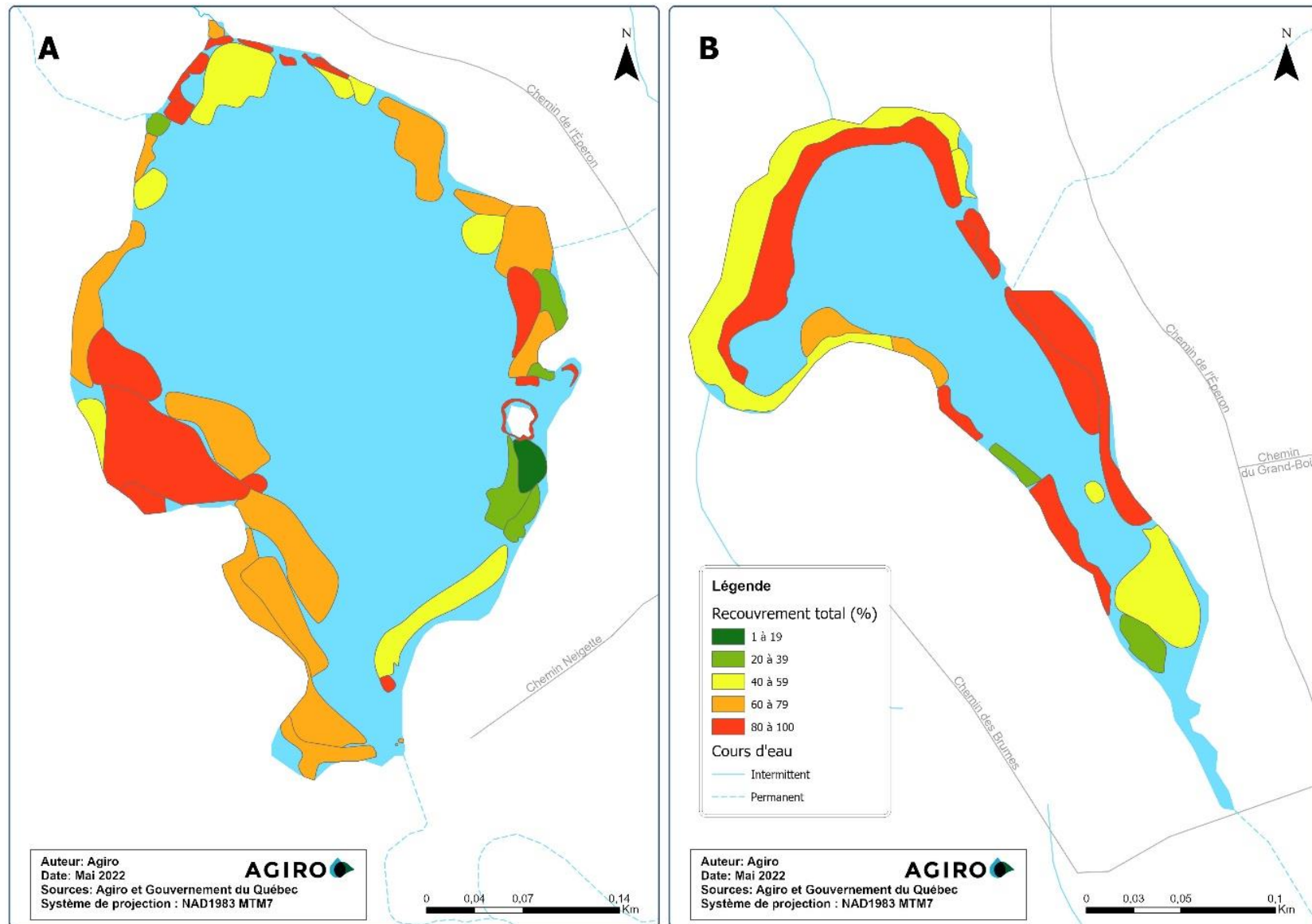


Figure 18 Pourcentage de recouvrement des herbiers aquatiques aux lacs (A) Neigette et (B) Écho en 2021.

4.3.2 Richesse spécifique et dominance des espèces

En 2020, 16 espèces de plantes aquatiques ont été observées au lac Neigette et 8 espèces au lac Écho (Tableau 13), soit une richesse spécifique caractéristique de lacs mésotrophes et eutrophes, respectivement (Tableau 5). Aucune espèce exotique envahissante n'a été observée aux lacs Neigette et Écho.

Pour le lac Neigette, l'ériocaulon aquatique, souvent associée aux rives de lacs oligotrophes, domine 36% des herbiers, suivi de près par la naïade flexible (16%) et le rubanier flottant (11%), lesquels sont habituellement rencontrés dans des eaux oligotrophes peu profondes (Lapointe, 2014).

Pour le lac Écho, la naïade flexible domine 53% des herbiers, suivi du potamot de Berchtold (33%), espèce caractéristique de milieux mésotrophes à eutrophes (Dardillac et al., 2019).

Tableau 13 Espèces aquatiques observées aux lacs Neigette et Écho en 2020 (validées en 2021).

Nom vernaculaire français	Nom scientifique latin	Type de végétaux	Neigette	Écho
			# obs.	# obs.
Carex	<i>Carex</i> sp.	Herbacée	3	NA ⁵
Duliche roseau	<i>Dulichium arundinaceum</i>	Herbacée	4	NA
Ériocaulon aquatique	<i>Eriocaulon aquaticum</i>	Plante à fleurs émergentes	36	8
Grand nénuphar jaune	<i>Nuphar variegata</i>	Plante flottante	22	12
Joncacées	<i>Juncaceae</i>	Herbacée	2	NA
Myrique baumier	<i>Myrica gale</i>	Arbuste	1	NA
Naïade flexible	<i>Najas flexilis</i>	Plante submergée	34	15
Potamot de Berchtold	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	Plante submergée	17	14
Potamot émergé	<i>Potamogeton epihydrus</i>	Plante à feuilles submergées et flottantes	24	9
Potamot nageant	<i>Potamogeton natans</i>	Plante submergée	3	NA
Rubanier flottant	<i>Sparganium fluctuans</i>	Plante flottante	27	12
Sagittaire à larges feuilles	<i>Sagittaria latifolia</i>	Plante émergente	3	2
Sagittaire graminioïde	<i>Sagittaria graminea</i>	Plante submergée	9	4
Scirpe épingle	<i>Eleocharis acicularis</i>	Plante aquatique à feuilles émergentes	3	NA
Scirpe subterminal	<i>Schoenoplectus subterminalis</i>	Plante submergée	13	NA
Utriculaire intermédiaire	<i>Utricularia intermedia</i>	Plante à fleurs émergentes	5	NA

⁵ NA = non observé.

4.4 Caractérisation des bandes riveraines des lacs Neigette et Écho

Dans le cadre de cette étude, le périmètre des lacs Neigette et Écho a été inventorié sur une largeur d'environ 15 mètres à partir de l'eau. Le Tableau 14 résume les classifications des bandes riveraines selon l'IQBR, et la Figure 19 illustre une représentation cartographique des valeurs d'IQBR sur l'ensemble des deux lacs.

Dans l'ensemble, les rives des lacs Neigette et Écho sont à même de remplir leur fonction écologique, avec respectivement 100% et 90% des bandes riveraines caractérisées comme « bonnes » à « excellentes » d'après l'IQBR. Aucun aménagement particulier n'est requis au lac Neigette. Cependant, 9% des rives du lac Écho sont qualifiées comme étant « faibles » à « très faibles ». La présence d'une route traversant la bande riveraine au niveau de l'effluent du lac Écho (Annexe 4, Figure 24) et de pelouse bordant directement le lac dans certaines propriétés résidentielles fait diminuer la qualité de l'habitat riverain. La végétalisation de ces secteurs, en privilégiant la plantation de plantes arbustives au lieu de gazon ou d'enrochement, permettrait d'assurer un fonctionnement optimal de ces bandes riveraines.

Tableau 14 Répartition des bandes riveraines identifiées en fonction de l'IQBR pour les lacs Neigette et Écho.

Capacité de la bande riveraine à remplir ses fonctions écologiques	IQBR	Nombre de sections homogènes	%
Lac Neigette			
Excellente	90–100	1	92
Bonne	75–89	1	8
Moyenne	60–74	0	0
Faible	40–59	0	0
Très faible	17–39	0	0
Lac Écho			
Excellente	90–100	3	82
Bonne	75–89	1	9
Moyenne	60–74	0	0
Faible	40–59	1	5
Très faible	17–39	1	4

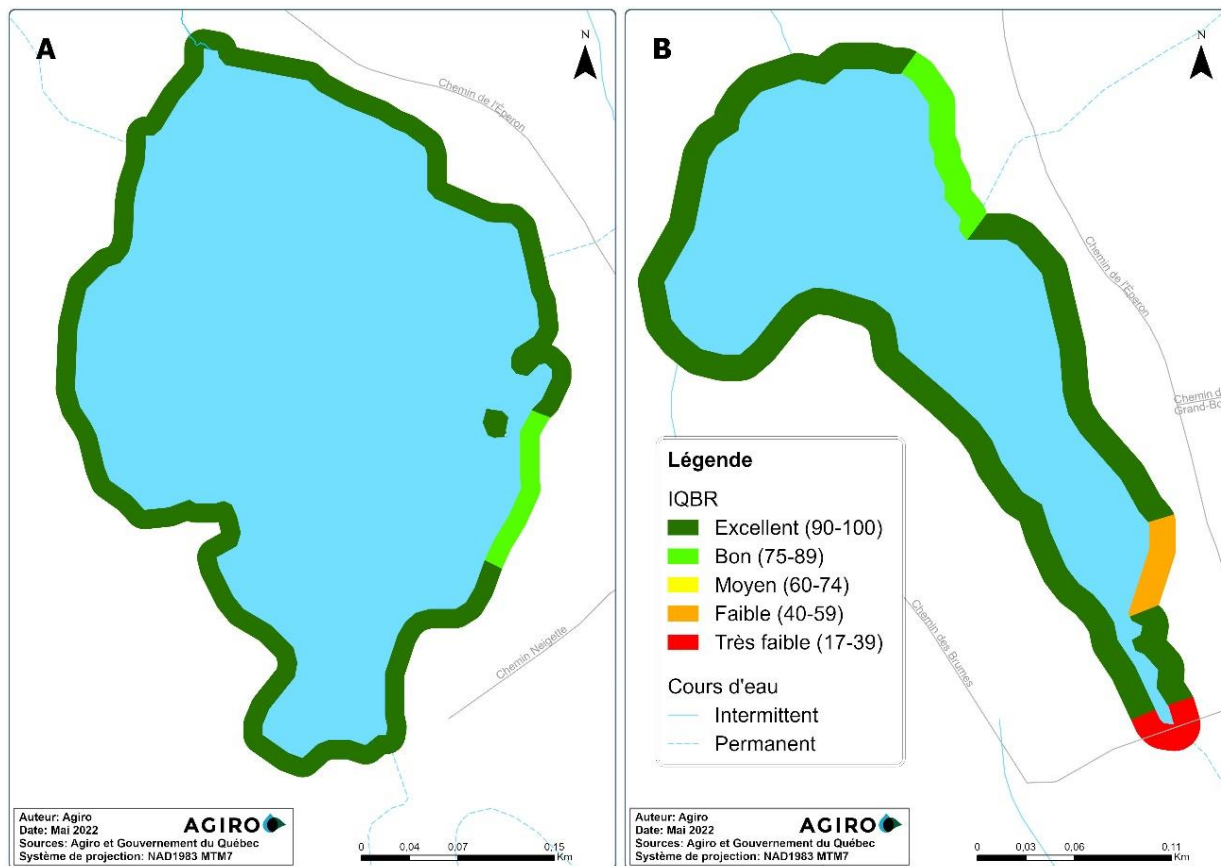


Figure 19 Répartition des zones homogènes des bandes riveraines des lacs Neigette (A) et Écho (B) et leurs IQBR en 2020.

4.5 Évaluation de l'état trophique des lacs Neigette et Écho

Selon les résultats physicochimiques obtenus en 2021, les lacs Neigette (Tableau 15) et Écho (Tableau 16) présentent un état trophique similaire : les concentrations en nutriments et en chlorophylle a situent les deux lacs étudiés à un stade mésotrophe et oligotrophe, respectivement. Le profil vertical de l'oxygène et la transparence de l'eau les situent plutôt dans une tendance mésotrophe à eutrophe.

Bien que très similaires sur base de leur physicochimie, l'état trophique des lacs Neigette et Écho semble différer d'après les colonies de plantes aquatiques s'y développant. Alors que les herbiers colonisant le lac Neigette sont typiques de lacs mésotrophes, les colonies de plantes rencontrées au lac Écho présentent des caractéristiques propres à des lacs oligo-, méso- et eutrophes.

Tableau 15 Résumé des différents indicateurs du lac Neigette en fonction de leur état trophique.

INDICATEURS	CLASSES TROPHIQUES						
	Ultra-oligotrophe	Oligotrophe	Oligo-mésotrophe	Mésotrophe	Méso-eutrophe	Eutrophe	Hyper-eutrophe
Profil oxygène		Orthograde		Hétérograde positif		Clinograde	
Ratio épilimnion:hypolimnion		< 1				> 1	
Phosphore total (µg/l)	< 4	4–10	7–13	10–30	20–35	30–100	> 100
Azote total (mg/l)		< 0,35		0,35–0,65		0,65–1,20	> 1,20
Chlorophylle a (µg/l)	< 1	1–3	2,5–3,5	3–8	6,5–10	8–25	> 25
Transparence – Prof. Disque Secchi (m)	> 12	12–5	6–4	5–2,5	3–2	2,5–1	< 1
Richesse spécifique des herbiers		Moyenne		Élevée		Faible	
Densité des herbiers		Faible		Intermédiaire		Très dense et étendue	
Superficie de la zone colonisable du lac occupée par des herbiers, ajustée à la densité		Faible		Intermédiaire		Élevée	

Tableau 16 Résumé des différents indicateurs du lac Écho en fonction de leur état trophique.

INDICATEURS	CLASSES TROPHIQUES						
	Ultra-oligotrophe	Oligotrophe	Oligo-mésotrophe	Mésotrophe	Méso-eutrophe	Eutrophe	Hyper-eutrophe
Profil oxygène		Orthograde		Hétérograde positif		Clinograde	
Ratio épilimnion:hypolimnion		< 1				> 1	
Phosphore total (µg/l)	< 4	4–10	7–13	10–30	20–35	30–100	> 100
Azote total (mg/l)		< 0,35		0,35–0,65		0,65–1,20	> 1,20
Chlorophylle a (µg/l)	< 1	1–3	2,5–3,5	3–8	6,5–10	8–25	> 25
Transparence – Prof. Disque Secchi (m)	> 12	12–5	6–4	5–2,5	3–2	2,5–1	< 1
Richesse spécifique des herbiers		Moyenne		Élevée		Faible	
Densité des herbiers		Faible		Intermédiaire		Très dense et étendue	
Superficie de la zone colonisable du lac occupée par des herbiers, ajustée à la densité		Faible		Intermédiaire		Élevée	

4.6 Analyse de la qualité de l'eau des tributaires et effluents des lacs Neigette et Écho

Selon les critères de l'IQBP (Hébert et Légaré, 2000 ; MELCC, 2021), la qualité de l'eau des tributaires et effluents des lacs Neigette (Tableau 17) et Écho (Tableau 18) est dans l'ensemble « bonne » à « satisfaisante », avec quelques épisodes « douteux » (Tableau 7).

Les concentrations en nutriments mesurées dans les tributaires du lac Neigette étaient faibles, à l'exception du Tributaire 3 où la teneur en phosphore a atteint 47 µg/l lors de la sortie du mois de juin (Tableau 17). Ce même tributaire présentait des concentrations en matière en suspension et une turbidité « satisfaisantes » à « médiocres », contrairement à la bonne qualité de l'eau observée pour les autres tributaires.

Tableau 17 Résultats des paramètres mesurés aux tributaires et à l'effluent du lac Neigette et leur classification en fonction de l'IQBP.

Échantillons		<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	Phosphore total (µg/l)	Matière en suspension (mg/l)	Oxygène dissous (%)	Turbidité (NTU)	Nitrites et nitrates (mg/l)	Azote ammoniacal (mg/l)
Tributaire 1	21 avril 2021	6	11,6	< 2,0	95,9	1,0	0,104	0,010
	16 juin 2021	64	9,1	2,7	94,4	1,2	0,074	< 0,008
	28 juillet 2021	29	< 9,0	< 2,0	95,6	1,3	0,083	< 0,008
	4 nov. 2021	4	11,3	< 2,0	96,4	1,0	0,128	0,043
Tributaire 2	21 avril 2021	0	16,6	< 2,0	87,4	2,2	0,114	0,029
	16 juin 2021	12	20,0	2,3	88,5	1,6	0,087	0,023
	28 juillet 2021	7	18,2	< 2,0	86,0	2,2	0,059	0,018
	4 nov. 2021	1	25,0	< 2,0	86,9	1,0	0,087	0,025
Tributaire 3	21 avril 2021	0	22,0	6,5	89,0	5,7	0,085	0,021
	16 juin 2021	45	47,0	8,0	86,5	2,2	0,086	0,022
	28 juillet 2021	15	20,0	< 2,0	81,8	2,5	0,050	0,026
	4 nov. 2021	4	31,0	18,0	87,8	3,1	0,065	0,022
Effluent	21 avril 2021	1	8,8	< 2,0	91,8	1,0	0,091	< 0,008
	16 juin 2021	35	6,6	< 2,0	89,0	0,8	0,004	< 0,008
	28 juillet 2021	6	9,0	< 2,0	86,0	0,9	0,019	0,011
	4 nov. 2021	0	34,0	< 2,0	78,6	8,0	0,076	0,099

Le lac Écho est alimenté par trois tributaires au profil de qualité variable (Tableau 18) : alors que le Tributaire 1 lui fournit une eau de « bonne » qualité, le Tributaire 2 apporte au lac une eau relativement désoxygénée. Le tributaire 3 est quant à lui un petit ruisseau intermittent dont l'eau s'est tarie durant les mois particulièrement secs de l'été 2021. Alors que les Tributaires 1 et 2 apportent une eau pauvre en nutriments, le Tributaire 3 présente des concentrations en phosphore plus élevées. Cependant, la qualité de l'eau amenée au lac Écho par ces trois tributaires reste relativement « bonne » dans l'ensemble.

Tableau 18 Résultats des paramètres mesurés aux tributaires et à l'effluent du lac Écho et leur classification en fonction de l'IQBP.

Échantillons		<i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	Phosphore total (µg/l)	Matière en suspension (mg/l)	Oxygène dissous (%)	Turbidité (NTU)	Nitrites et nitrates (mg/l)	Azote ammoniacal (mg/l)
Tributaire 1	21 avril 2021	5	15,0	12,0	96,4	1,5	0,154	< 0,008
	16 juin 2021	55	21,0	2,1	97,1	1,2	0,165	< 0,008
	28 juillet 2021	36	12,8	5,3	97,0	2,0	0,122	< 0,008
	4 nov. 2021	4	28,0	< 2,0	97,1	1,0	0,176	0,013
Tributaire 2	21 avril 2021	1	10,7	8,4	85,4	2,2	0,086	0,022
	16 juin 2021	55	16,9	2,3	71,3	0,6	0,064	0,037
	28 juillet 2021	28	14,1	< 2,0	76,3	1,9	0,024	0,011
	4 nov. 2021	16	9,4	< 2,0	81,5	0,8	0,062	0,013
Tributaire 3	21 avril 2021	1	15,0	7,0	93,0	1,4	0,410	0,023
	16 juin 2021	Asséché						
	28 juillet 2021	Asséché						
	4 nov. 2021	2	51,0	12,0	94,5	1,2	0,300	0,080
Effluent	21 avril 2021	7	10,1	6,2	97,7	1,5	0,093	0,015
	16 juin 2021	140	10,1	< 2,0	94,8	0,5	0,031	0,019
	28 juillet 2021	64	12,3	< 2,0	90,6	1,4	0,063	0,012
	4 nov. 2021	6	22,0	< 2,0	84,4	1,6	0,105	0,079

Notons également la « bonne » qualité de l'eau enregistrée dans les effluents des lacs Neigette (Tableau 17) et Écho (Tableau 18), à l'exception de la sortie de novembre où la détérioration observée est à mettre en relation avec le brassage automnal de la colonne d'eau des deux lacs.

Dans l'ensemble, les concentrations en *Escherichia coli* (*E. coli*) dans les tributaires des lacs Neigette (Tableau 17) et Écho (Tableau 18) étaient faibles, même par temps de pluie, et ne présentent ainsi pas de risques pour l'accès à la baignade. Rappelons que ces données sont basées uniquement sur les résultats des quatre sorties d'échantillonnage de 2021, dont trois par temps sec. Étant donné que la totalité des résidences présentes dans le bassin versant des deux lacs sont sur installations septiques, il serait idéal de refaire une nouvelle campagne d'échantillonnage ciblant des journées pluvieuses afin de mieux évaluer les concentrations en *E. coli* suite au lessivage du bassin versant.

La conductivité spécifique mesurée dans les effluents et tributaires des lacs Neigette et Écho est en moyenne (\pm écart type) de $83,6 \pm 15,3 \mu\text{S/cm}$ et de $74,4 \pm 37,4 \mu\text{S/cm}$, respectivement (Figure 20). La qualité de l'eau de ces tributaires basée sur la conductivité spécifique est donc majoritairement de « classe 2 », soit une conductivité légèrement supérieure à ce que l'on peut retrouver dans des lacs naturels non affectés directement par l'activité humaine (Tableau 8). Comparé à la diagnose de 2009 (CBRSC, 2010), les valeurs de conductivité spécifique mesurées dans le Tributaire 2 du lac Neigette ont diminué d'un facteur 6, soulignant l'efficacité des mesures mises en place au niveau du garage municipal afin de lutter contre l'apport en ions chlorure au lac. Cependant, ces valeurs moyennes de conductivité spécifique sont à relativiser : d'une part, plusieurs pics de conductivité spécifique dépassant les $100 \mu\text{S/cm}$ ont été rapportés dans certains tributaires des lacs Neigette et Écho (Figure 20) ; d'autre part, même si la conductivité mesurée dans le Tributaire 2 du lac Neigette s'est sensiblement améliorée au cours de la dernière décennie, ce n'est pas le cas du Tributaire 1, qui a vu sa conductivité spécifique et sa concentration en ions chlorure plus que doubler dans la même période (Annexe 5, Tableau 20). Cette détérioration met en évidence l'utilisation importante des sels de voiries dans le bassin versant, ainsi que la nécessité de surveiller son évolution et de réduire dans la mesure du possible l'épandage de sels en hiver ou d'abats-poussière en été.

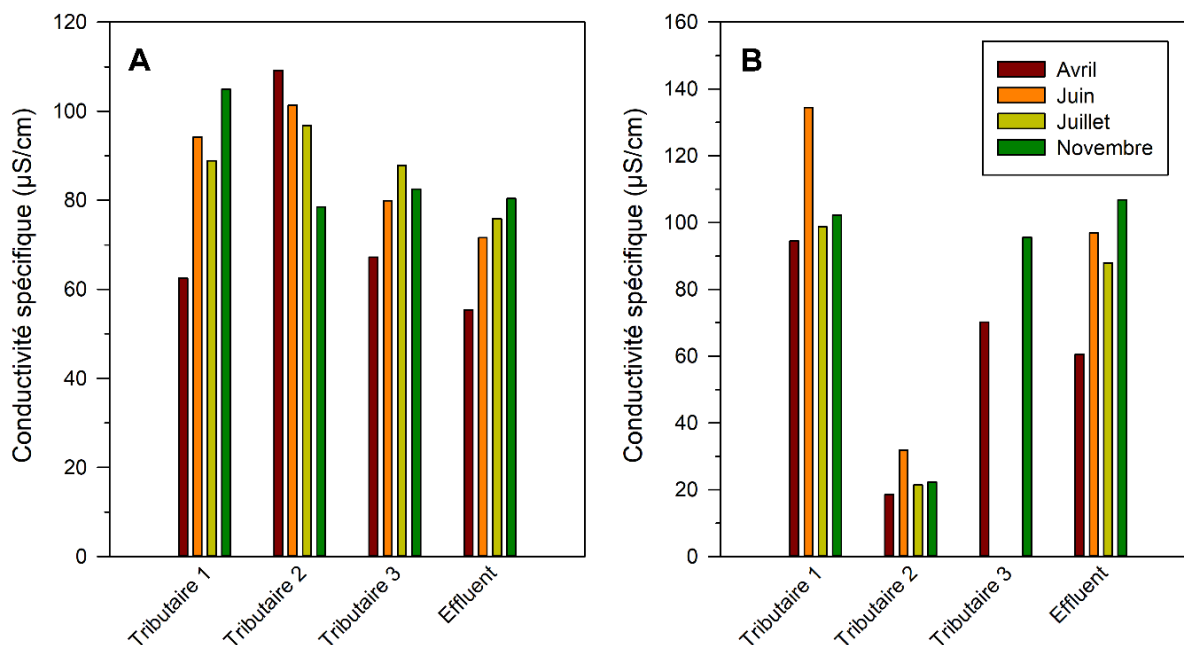


Figure 20 Conductivité spécifique ($\mu\text{S/cm}$) mesurée lors des quatre sorties de 2021 aux tributaires et à l'effluent des lacs (A) Neigette et (B) Écho.

5 Discussion, conclusion et recommandations

5.1 Discussion et conclusion

Cette diagnose de 2020-2021 avait pour objectif principal d'évaluer l'état trophique et la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho.

Les indicateurs utilisés pour évaluer l'état trophique des lacs Neigette et Écho soulignent que ces derniers seraient rendus à un stade mésotrophe. Les résultats relatifs aux concentrations en nutriments et en chlorophylle *a* les situent à un stade mésotrophe et oligotrophe, respectivement. Le profil vertical d'oxygène, la transparence de l'eau ainsi que la richesse et la densité des herbiers aquatiques les situent plutôt dans une tendance mésotrophe à eutrophe. Les carences en oxygène observées en été dans le fond des lacs Neigette et Écho sont importantes et constituent le principal problème rencontré par ceux-ci. Outre les répercussions néfastes de cette hypoxie sur les populations de poissons, un tel déficit en oxygène au fond d'un lac peut être propice au relargage de phosphore, un des nutriments favorisant la productivité biologique et la croissance des plantes aquatiques et des algues (Wetzel, 2001). La perte d'oxygène durant la stratification estivale est non seulement liée à la profondeur d'un lac, mais également causée par son niveau de productivité biologique (Wetzel, 2001). Ainsi, plus un lac est productif, plus il y a consommation d'oxygène pour décomposer cette biomasse.

La conductivité spécifique et les concentrations en ions chlorure mesurées au lac Neigette se sont améliorées au cours de la dernière décennie, mettant en évidence la bonne résilience de l'écosystème et l'efficacité de la mise en place de meilleures pratiques dans la gestion du bassin versant. Cependant, les valeurs mesurées pour ces deux paramètres restent supérieures à celles enregistrées au début des années 90 (Dryade, 1993). Dans l'ensemble, la salinité de l'eau observée aux lacs Neigette et Écho souligne la nécessité de limiter l'utilisation de sels de déglacage sur les routes et les cours résidentielles dans le bassin versant des deux lacs. La qualité de l'eau de leurs tributaires et effluents suit celles des deux lacs et est qualifiée de « bonne » à « satisfaisante » selon les critères de l'IQBP, avec quelques épisodes « douteux » (Hébert, 1997).

Les analyses de la qualité de l'eau des lacs Neigette et Écho révèlent que :

- Une consommation importante d'oxygène se produit dans l'hypolimnion, liée à un niveau de productivité biologique avancé ;
- En période d'hypoxie, il y a un risque de relargage d'éléments nutritifs à partir des sédiments ;
- Le pH est bas, mais typique des lacs du Bouclier canadien ;
- La conductivité spécifique est supérieure à celle de lacs naturels et souligne un enrichissement en ions chlorure ;
- Des cyanobactéries potentiellement toxiques sont présentes dans les deux lacs, mais à l'exception d'un petit « bloom » répertorié en juin au lac Écho, aucune efflorescence significative n'a été visuellement observée.

Les analyses des herbiers aquatiques illustrent que :

- Les plantes aquatiques colonisent 30% du lac Neigette et 39% du lac Écho, avec des recouvrements médians mesurés de respectivement 70% et 60% (classe B, Tableau 5) ;
- L'ériocaulon aquatique, la naïade flexible et le rubanier flottant, espèces le plus souvent rencontrées dans des conditions oligotrophes, sont les espèces dominantes des lacs Neigette et Écho, où elles forment de nombreuses colonies de densité modérée, avec une richesse spécifique respectivement élevée et faible ;
- Aucune espèce de plantes exotiques envahissantes n'a été observé parmi les herbiers aquatiques des lacs Neigette et Écho.

La caractérisation des bandes riveraines montre que :

- Dans l'ensemble, les rives des lacs Neigette et Écho sont en mesure de remplir leur fonction écologique.
- Seules certaines portions du périmètre du lac Écho ont besoin de reboisement.

À la lumière de cette diagnose, nous observons que les lacs Neigette et Écho présentent des signes de vieillissement. Plus spécifiquement, bien que l'état trophique du lac Écho semble stable depuis 2015 (Municipalité de Lac-Beauport, 2016), son eutrophisation pourrait s'accélérer en raison des activités humaines sur son bassin versant, notamment le développement résidentiel et l'imperméabilisation du sol. Le lac Neigette, en revanche, a vu sa concentration en nutriments et sa transparence se détériorer au cours des dernières années (Municipalité de Lac-Beauport, 2016). Les lacs Neigette et Écho sont encore dans un état acceptable, mais leur dégradation au cours des 30 dernières années (Dryade, 1993) doit inviter à la prudence. L'application de mesures de mitigation apparaît donc comme nécessaire afin de protéger l'intégrité écologique de ces deux lacs.

5.2 Recommandations

À la suite des résultats obtenus pour la diagnose des lacs Neigette et Écho et selon les grands enjeux, Agiro recommande pour chacune des thématiques suivantes de :

Conservation des milieux naturels

- Conserver au maximum le territoire forestier ;
- Limiter le développement ; étant donné la géographie relativement accidentée autour du lac Écho, les nouvelles constructions ou développements d'activités intensives sont à éviter, car elles sont propices à l'érosion (ensablement, apports de nutriments).

Sels de voiries

- Limiter les applications de sels autour du lac et les entrées de cour et adapter sa conduite hivernale.

Végétalisation

- Végétaliser les terrains privés occupant la bande riveraine avec des herbacées, des arbustes et des arbres sur une profondeur d'au moins 5 à 7,5 m (Réglementation de la Municipalité de Lac-Beauport), idéalement sur 15 m ;
- Garder un accès à l'eau ne dépassant pas les 5 m ;
- Végétaliser les talus du pont du Chemin des Brumes qui traverse l'effluent du lac Écho, en privilégiant des plantes arbustives.

Installations septiques

- Assurer le bon fonctionnement et la bonne utilisation des installations septiques autonomes et communautaires. Des alternatives comme des toilettes à compost peuvent être envisagées afin de diminuer les apports en éléments nutritifs dans l'environnement.

Ce contexte hydrogéologique, en plus d'être relativement vulnérable à la contamination de surface, ne constitue pas un milieu idéal pour assurer le traitement des eaux usées avec les systèmes conventionnels. Ces systèmes doivent en effet compter sur la qualité du sol naturel pour traiter, filtrer et transformer les différents constituants chimiques et microbiologiques contenus dans les eaux usées avant qu'ils n'atteignent l'aquifère.

Prolifération de plantes aquatiques

- Poursuivre la surveillance afin d'éviter l'introduction de plantes exotiques envahissantes (nettoyage des embarcations à la mise à l'eau, sensibilisation, etc.).

Acquisition de connaissances

- Étant donné la détérioration observée à court et moyen terme de ces deux lacs, il serait souhaitable de refaire une diagnose en 2026 pour vérifier s'il y a une évolution de l'état trophique.
- Mettre en place un programme de suivi visuel d'efflorescences de cyanobactéries par les résidents du lac Écho.

6 Références bibliographiques

APEL (2013) *Diagnose du lac Clément – 2012*, Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec, 73 pages.

APEL (2014) *Guide d'introduction aux enjeux de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles*, Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec, 12 pages.

CBRSC (2010) *Diagnose écologique du lac Neigette*. CBRSC, Québec, 55 pages.

CCME (2011) *Canadian Water Quality Guidelines : Chloride Ion*. Scientific Criteria Document. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, 224 pages.

Dardillac, A., Buchet, J., Catteau, E., Douville, C. et Duhamel, F. (2019) *Guide des végétations des zones humides de Normandie orientale*. Conservatoire botanique national de Bailleul, Bailleul, 624 pages.

Dow, C. L. et Zampella, R. A. (2000) *Specific conductance and pH as indicators of watershed disturbance in streams of the New Jersey Pinelands, USA*. Environmental management, 26(4): 437–445.

Dupont, J. (2004) *La problématique des lacs acides au Québec*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV/2004/0151, collection no QE/145, Québec, 18 pages.

Dryade (1993) *La diagnose écologique des principaux lacs*. Municipalité de Lac-Beauport, 194 pages.

Eberly, W. R. (1964) *Further studies on the metalimnetic oxygen maximum, with special reference to its occurrence throughout the world*. Investigations of Indiana Lakes and Streams, 5:103–139.

EPA (2019) *Recommendations for cyanobacteria and cyanotoxin monitoring in recreational waters*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA 823-R-19-001, 16 pages.

Eberly, W. R. (1964) *Further studies on the metalimnetic oxygen maximum, with special reference to its occurrence throughout the world*. Invest. Indiana Lakes and Streams 5:103–139.

Fournier, I. (2021) *Salinisation des écosystèmes lacustres par les sels de voirie : perturbations chimiques et réponses des communautés microbiennes*. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 185 pages.

Gerdeaux, D., Druart, J.C., Laine, L., Lazzarotto, J., Perga, M.E. et Rimet, F. (2008) *Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy – Rapport 2007*. SILA et INRAE-Thonon (éds.), Thonon-les-Bains, 70 pages.

Hade, A. (2002) *Nos lacs: les connaître pour mieux les protéger*. Fides (éd.), Québec, 359 pages.

Hébert, S. (1997) *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau pour les rivières du Québec*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq no EN/970102, Québec, 20 pages.

Hébert, S. et Légaré, S. (2000) *Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau*. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Envirodoq no ENV-2001-0141, rapport no QE-123, Québec, 24 pages.

- Lampert, W. et Sommer, U. (1999) *Limnoökologie, 2. neu bearbeitete Auflage*. Georg Thieme Verlag (éd.), Stuttgart, New York, 489 pages.
- Lapointe, M. (2014) *Plantes de milieux humides et de bord de mer du Québec et des Maritimes*. Michel Quintin (éd.), Waterloo, 456 pages.
- MELCC (2016) *Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec*. Direction de l'information sur les milieux aquatiques, Direction de l'expertise en biodiversité, Québec, 54 pages.
- MELCC (2021) *Critères de qualité d'eau de surface*. [En ligne] Consulté en décembre 2021. http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp
- MELCC (2022a) *Indice de qualité de la bande riveraine (IQBR)*. [En ligne] Consulté en janvier 2022. http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/index.htm
- MELCC (2022b) *Critères de qualité de l'eau de surface*. [En ligne] Consulté en mars 2022 http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp
- MELCC et CRE Laurentides (2007) *Protocole de caractérisation de la bande riveraine*, MELCC et CRE Laurentides, Québec, 19 pages.
- Municipalité de Lac-Beauport (2016) *Rapport annuel du programme d'échantillonnage de la qualité de l'eau des lacs et des cours d'eau*. Municipalité de Lac-Beauport, 79 pages.
- OBV de la Capitale (2012) *Lac Écho – Bathymétrie et état trophique*. OBV de la Capitale, Québec, 18 pages.
- Paerl, H. W. et Huisman, J. (2008) *Blooms Like It Hot*. Science, 320: 57–58.
- Pott, R. et Remy, D. (2000) *Gewässer des Binnenlandes – Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht*. Ulmer (éd.) Stuttgart, 255 pages.
- Schwoerbel, J. et Brendelberger, H. (2005) *Einführung in die Limnologie*. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag (éd.), 9^{ème} édition, Munich, 252 pages.
- Wetzel, R. G. (2001) *Limnology – Lake and river ecosystems*. Academic Press (ed.), 3^{ème} édition, Londres, 1006 pages.

Annexe 1 Développement résidentiel dans le bassin versant du lac Écho



Figure 21 Images satellitaires mettant en évidence le développement résidentiel dans le bassin versant du lac Écho entre 2008 et 2018

Annexe 2 Détermination du facteur de pondération pour le calcul de l'IQBR

Tableau 19 Détermination du facteur de pondération pour chaque composante des bandes riveraines (MELCC, 2022a).

FONCTIONS ÉCOLOGIQUES	FORÊT	ARBUSTAIE	HERBAÇAIE	COUPE FORESTIÈRE	PELOUSE	CULTURE	SOL NU	SOCLE ROCHEUX	INFRASTRUCTURE
Rétention : sédiments, nutriments, contaminants	7	7	7	5	3	3	1	1	1
Stabilisation des berges	7	5	3	3	1	1	1	7	1
Protection contre l'érosion des sols	7	5	3	5	3	1	1	7	3
Régularisation de la température du cours d'eau	7	5	1	1	1	1	1	1	1
Réduction de l'évapotranspiration	7	5	5	5	1	1	1	1	1
Limite de la productivité autochtone au cours d'eau	7	5	3	1	1	1	1	1	1
Source d'apports allochtone au cours d'eau	7	7	7	3	1	1	1	1	1
Régularisation de l'hydrosystème et recharge de la nappe phréatique	7	5	1	1	1	1	1	1	1
Création d'habitats dans le cours d'eau (substrats, abris, refuges)	7	5	3	3	1	1	1	1	3
Maintien de la biodiversité (aquatique et terrestre)	7	7	5	3	1	1	1	1	1
Préservation de l'habitat naturel	7	7	7	3	3	3	3	7	1
Potentiel réel : (potentiel maximal : 77) ³	77	63	45	33	17	15	13	29	15
Facteur de pondération	10	8,2	5,8	4,3	2,2	1,9	1,7	3,8	1,9

Annexe 3 Profils verticaux de turbidité et solubles dissous aux lacs Neigette et Écho

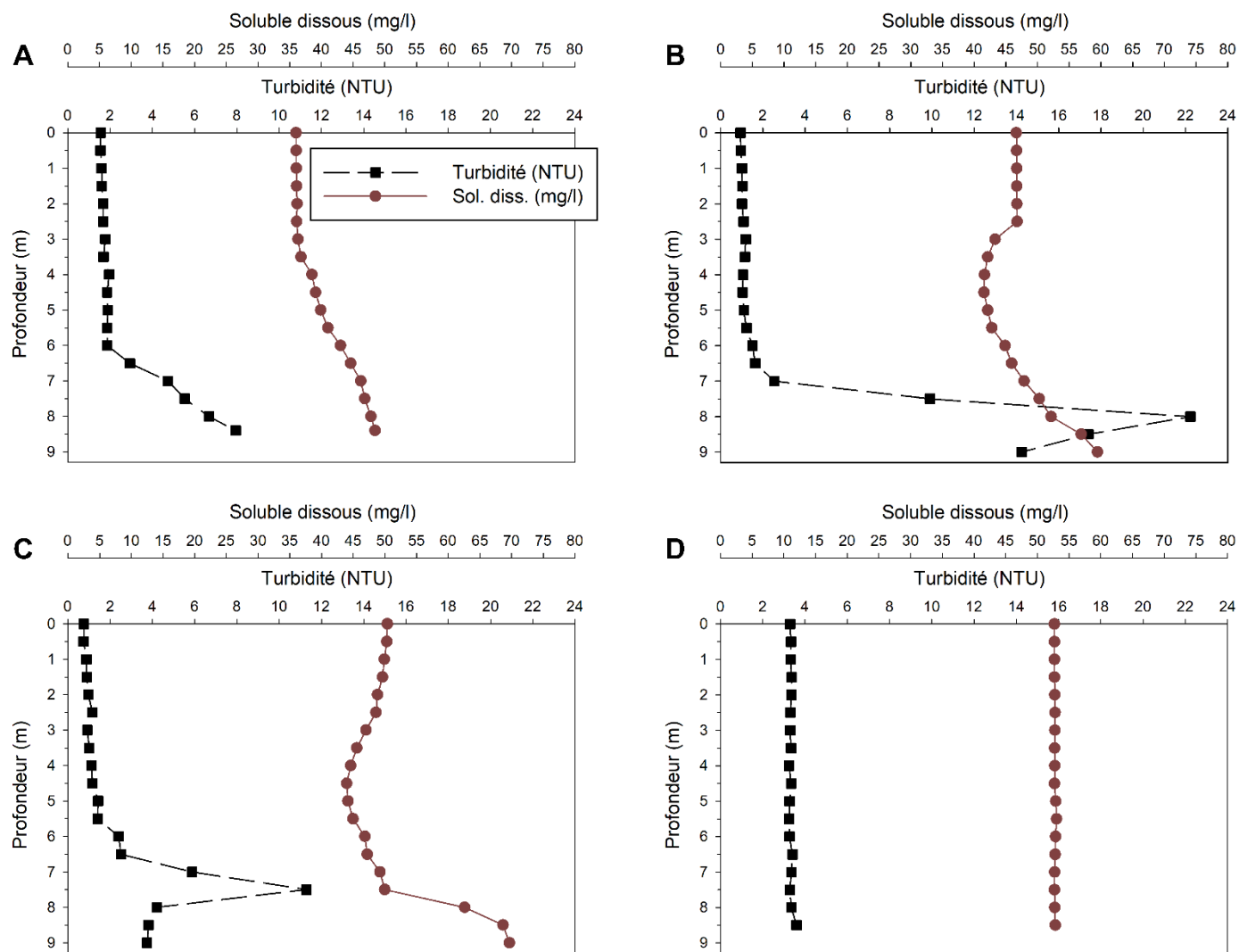


Figure 22 Profils de turbidité (NTU) et de teneur en solubles dissous (mg/l) à la station BQ74-A (lac Neigette) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021.

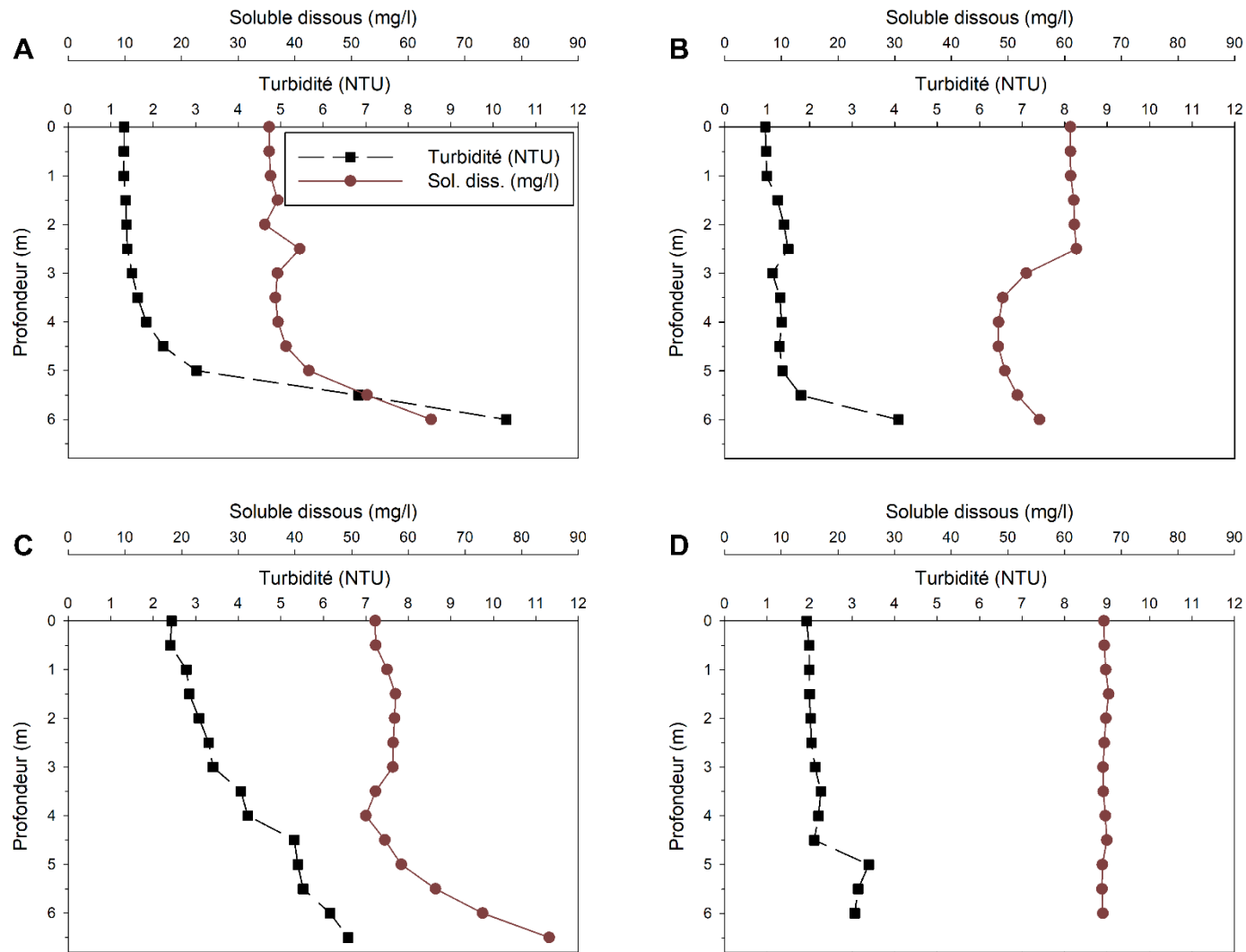


Figure 23 Profils de turbidité (NTU) et de teneur en solubles dissous (mg/l) à la station BQ77 (lac Écho) pour les sorties du (A) 21 avril, (B) 16 juin, (C) 28 juillet, et (D) 4 novembre 2021

Annexe 4 Bandes riveraines du lac Écho



Figure 24 Enrochement au niveau du pont traversant l’effluent du lac Écho (sur le Chemin des Brumes)

Annexe 5 Concentrations en ions chlorure dans les tributaires et effluents

Tableau 20 Concentrations en ions chlorure dans les tributaires et effluents des lacs Neigette et Écho

LAC NEIGETTE			LAC ÉCHO		
Échantillons		ions chlorure (mg/l)	Échantillons		ions chlorure (mg/l)
Tributaire 1	21 avril 2021	6,1	Tributaire 1	21 avril 2021	9,4
	16 juin 2021	7,3		16 juin 2021	8,2
	28 juillet 2021	4,7		28 juillet 2021	4,7
	4 nov. 2021	8,0		4 nov. 2021	7,4
Tributaire 2	21 avril 2021	17,6	Tributaire 2	21 avril 2021	1,7
	16 juin 2021	14,1		16 juin 2021	2,2
	28 juillet 2021	10,5		28 juillet 2021	1,5
	4 nov. 2021	12,0		4 nov. 2021	3,6
Tributaire 3	21 avril 2021	9,3	Tributaire 3	21 avril 2021	5,5
	16 juin 2021	8,9		16 juin 2021	Asséché
	28 juillet 2021	10,5		28 juillet 2021	
	4 nov. 2021	12,0		4 nov. 2021	10,5
Effluent	21 avril 2021	6,3	Effluent	21 avril 2021	6,1
	16 juin 2021	7,0		16 juin 2021	7,3
	28 juillet 2021	6,6		28 juillet 2021	4,2
	4 nov. 2021	8,8		4 nov. 2021	8,1