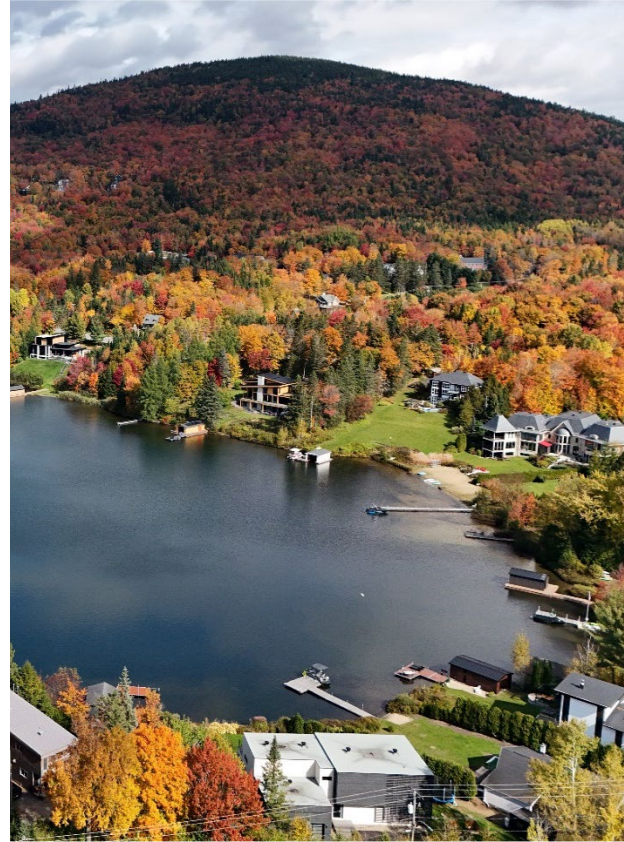


Diagnoses des lacs du Pied-de-la-Montagne et Beauport – 2024

Annexes | 2025



Préparé pour la Ville de Québec
Par Agiro

Équipe de réalisation

Rédaction et analyses

William Lavery, Biologiste, M.Sc. Biogéosciences de l'environnement, Agent de projets en limnologie

Maxime Wauthy, Limnologue, Ph.D. Biologie, Coordonnateur de projets en limnologie et en gestion durable des eaux pluviales

Cartographie

William Lavery, Biologiste, M.Sc. Biogéosciences de l'environnement, Agent de projets en limnologie

Aurélie Bureau-Thibault, M.Sc. en gestion des milieux naturels, Agente de projets en limnologie

Échantillonnage et travaux terrain

Maxime Wauthy, Limnologue, Ph.D. Biologie, Coordonnateur de projets en limnologie et en gestion durable des eaux pluviales

Aurélie Bureau-Thibault, M.Sc. en gestion des milieux naturels, Agente de projets en limnologie

Marc-Antoine Racine, Technicien en limnologie

William Lavery, Biologiste, M.Sc. Biogéosciences de l'environnement, Agent de projets en limnologie

Pierre Trillaud, Stagiaire en limnologie

Protocole d'échantillonnage

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

Relecture

Aurélie Bureau-Thibault, M.Sc. en gestion des milieux naturels, Agente de projets en limnologie

Révision

Maxime Wauthy, Limnologue, Ph.D. Biologie, Coordonnateur de projets en limnologie et en gestion durable des eaux pluviales

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

Geneviève R.-Morneau, Directrice générale

Olivier Chouinard, PAE-DD, Conseiller en environnement, Ville de Québec

Référence à citer

Agiro (2025) *Diagnoses des lacs du Pied-de-la-Montagne et Beauport – 2024 | Annexes*. Québec, 22 pages.

Description et crédit de la page de couverture

Lac du Pied-de-la-Montagne (à gauche) et lac Beauport (à droite), Aurélie Bureau-Thibault, 2024.

Coordonnées

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.

Glossaire

Abondance	Quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée
Aquascope	Appareil de visualisation sous-marine
Bassin versant	Ensemble d'un territoire alimentant un lac
Conductivité spécifique	Capacité de l'eau à conduire un courant électrique, normalisée à une température de 25°C
Cyanobactéries	Également appelées « algues bleu-vert », elles désignent des organismes bactériens photosynthétiques présents naturellement dans les plans d'eau, mais dont les proliférations (efflorescences) sont le plus souvent anormales ; certaines espèces sont potentiellement toxiques, disposant de gènes leur permettant de produire des toxines sous certaines conditions environnementales
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
Herbiers aquatiques	Organismes végétaux visibles à l'œil nu croissant dans l'eau et capables de réaliser la photosynthèse
Hypolimnion	Couche inférieure (fond) d'une masse d'eau stratifiée
Matière organique dissoute chromophorique (CDOM)	Désigne la fraction du réservoir de carbone organique dissous dans l'eau qui absorbe la lumière dans les gammes ultraviolette et visible
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 d'eau et de dioxyde de carbone en matière organique grâce à l'énergie lumineuse provenant du soleil
Profil bathymétrique	Profil de profondeur d'un plan d'eau obtenu par sondage
Richesse spécifique	Nombre d'espèces présentes dans un milieu donné
Zone colonisable	Section du lac où peuvent se développer et croître les herbiers aquatiques (où la profondeur est inférieure à 3 m)

Tables des matières

Annexe 1 – Méthodologie	1
1 Contexte de mesures	1
2 Caractérisation de la qualité de l’eau du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport, de leurs tributaires et de leur exutoire	3
2.1 Échantillonnage des lacs	3
2.2 Échantillonnage des tributaires et exutoire	5
2.3 Analyse des données physicochimiques et biologiques	5
2.4 Caractérisation des herbiers aquatiques	10
2.4.1 Recensement des herbiers aquatiques	10
2.4.2 Analyse des herbiers aquatiques.....	11
2.5 Interprétation des données physicochimiques et biologiques du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport.....	11
2.6 Caractérisation des rives	13
2.6.1 Recensement des zones homogènes	13
2.6.2 Analyse des bandes riveraines.....	13
2.7 Caractérisation de la qualité de l’eau des tributaires et de l’effluent du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport.....	15
2.7.1 Indice de qualité bactériologique et physicochimique de l’eau (IQBP).....	15
2.7.2 Critères de qualité des eaux de surface	16
2.7.3 Conductivité spécifique et ions chlorure	16
3 Références bibliographiques	18
Annexe 2 – Résultats supplémentaires	21

Liste des figures

Figure A	Emplacement des stations d’échantillonnage au lac du Pied-de-la-Montagne.	3
Figure B	Profil bathymétrique et emplacement des stations d’échantillonnage au lac Beauport.....	4
Figure C	Méthode d’inventaire des herbiers.	10
Figure D	Profils de turbidité (NTU) et de teneur en matière organique dissoute chromophorique (CDOM) (ppb) au lac du Pied-de-la-Montagne (station LPM) pour les sorties du (A) 18 avril, (B)4 juin, (C) 7 août et (D) 12 novembre 2024.	21
Figure E	Profils de turbidité (NTU) et de teneur en matière organique dissoute chromophorique (CDOM) (ppb) au lac Beauport (station BQ04) pour les sorties du (A) 25 avril, (B) 11 juin, (C)15 août et (D) 13 novembre 2024.....	22

Liste des tableaux

Tableau A	Informations relatives au contexte de la prise des mesures notées pour chaque station d'échantillonnage.	1
Tableau B	Description et représentation visuelle de l'état du ciel.	2
Tableau C	Description de l'intensité de pluie évaluée de manière qualitative sur le terrain au moment de l'échantillonnage.	2
Tableau D	Paramètres mesurés avec les sondes et paramètres dosés au Laboratoire de la Ville de Québec et à l'Aquatic Laboratory de l'UQAC pour le lac du Pied-de-la-Montagne et le lac Beauport en 2024.	6
Tableau E	Paramètres dosés par Bureau Veritas pour le lac du Pied-de-la-Montagne en 2024.	7
Tableau F	Indicateurs de l'état trophique utilisés pour l'analyse des données physicochimiques et biologiques.	12
Tableau G	Classification de l'IQBR.	14
Tableau H	Détermination du facteur de pondération pour chaque composante des bandes riveraines (MELCCFP, 2023).	14
Tableau I	Classe de qualité de l'eau de l'IQBP.	15
Tableau J	Seuils pour l'évaluation de la qualité de l'eau de surface.	16
Tableau K	Classes de conductivité spécifique et de concentration en ions chlorure proposées par Agiro pour le haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles.	17

Annexe 1 – Méthodologie

1 Contexte de mesures

L'analyse des données de la qualité de l'eau est modulée en fonction du contexte environnemental décrit lors de la prise de mesures ainsi que sur l'information supplémentaire provenant de diagnostics antérieures ou de communications avec des riverains. Les éléments considérés à chaque visite d'une station d'échantillonnage sont regroupés au Tableau A. 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 A Informations relatives au contexte de la prise des mesures notées pour chaque station d'échantillonnage.

Contexte général
Numéro de la station d'échantillonnage, date, heure de début et de fin, appareils utilisés, équipe en place, température ambiante, pression atmosphérique, précipitations et météorologie
Contexte spécifique à l'échantillonnage des tributaires et exutoire
Aspect de l'eau, intensité de la pluie
Contexte spécifique à l'échantillonnage des lacs
Vitesse et direction du vent, vagues, présence d'algues, de cyanobactéries et de poissons morts visibles en surface
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

Afin de contextualiser la qualité de l'eau d'un lac ou d'un cours d'eau, une attention particulière est apportée à la météorologie, et à la pluviométrie en particulier. Lors de chaque visite sur le terrain, l'état du ciel et, le cas échéant, l'intensité de la pluie sont décrits comme aux tableaux B et C, respectivement. Par ailleurs, afin de quantifier correctement les événements pluvieux, les précipitations tombées lors des journées d'échantillonnage, ainsi que lors des 48 heures précédentes, ont été recensées.

Pour les événements pluvieux se déroulant au lac du Pied-de-la-Montagne, le pluviomètre U911, lequel est opéré par la Ville de Québec, et se situe au 1644 rue du Honfleur, Québec, à 2,3 km du lac du Pied-de-la-Montagne, fut utilisé. Les données pluviométriques du lac Beauport provenaient quant à elles du pluviomètre U925, lequel est opéré par la Ville de Québec, et se situe au 825 boulevard du Lac, Québec, à 3 km du lac. Ces données pluviométriques ont été contre-validées par la station météorologique 7016BQ2, laquelle est opérée par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), et se situe au niveau des Marais du Sud, au sud-est du lac Saint-Charles, à 5,3 km du lac du Pied-de-la-Montagne et à 7,5 km du lac Beauport. À noter que ces deux pluviomètres ne furent pas en fonction durant l'entièreté de la campagne ; pour les échantillonnages non-couverts par ces pluviomètres, les données de la station 7016BQ2 ont été utilisées.

Tableau B Description et représentation visuelle de l'état du ciel.

État du ciel	Description	Représentation visuelle
Beau	Belle journée ensoleillée ; peu ou pas de nuages au moment de l'échantillonnage	
Ciel variable	Autant de nuages que d'éclaircies ; les nuages occupent ± 50 % du ciel ou le dominant ± 50 % du temps au moment de l'échantillonnage	
Nuageux	Le ciel est totalement couvert d'un voile nuageux au moment de l'échantillonnage	
Pluie	Il pleut au moment de l'échantillonnage	
Neige	Il neige au moment de l'échantillonnage	

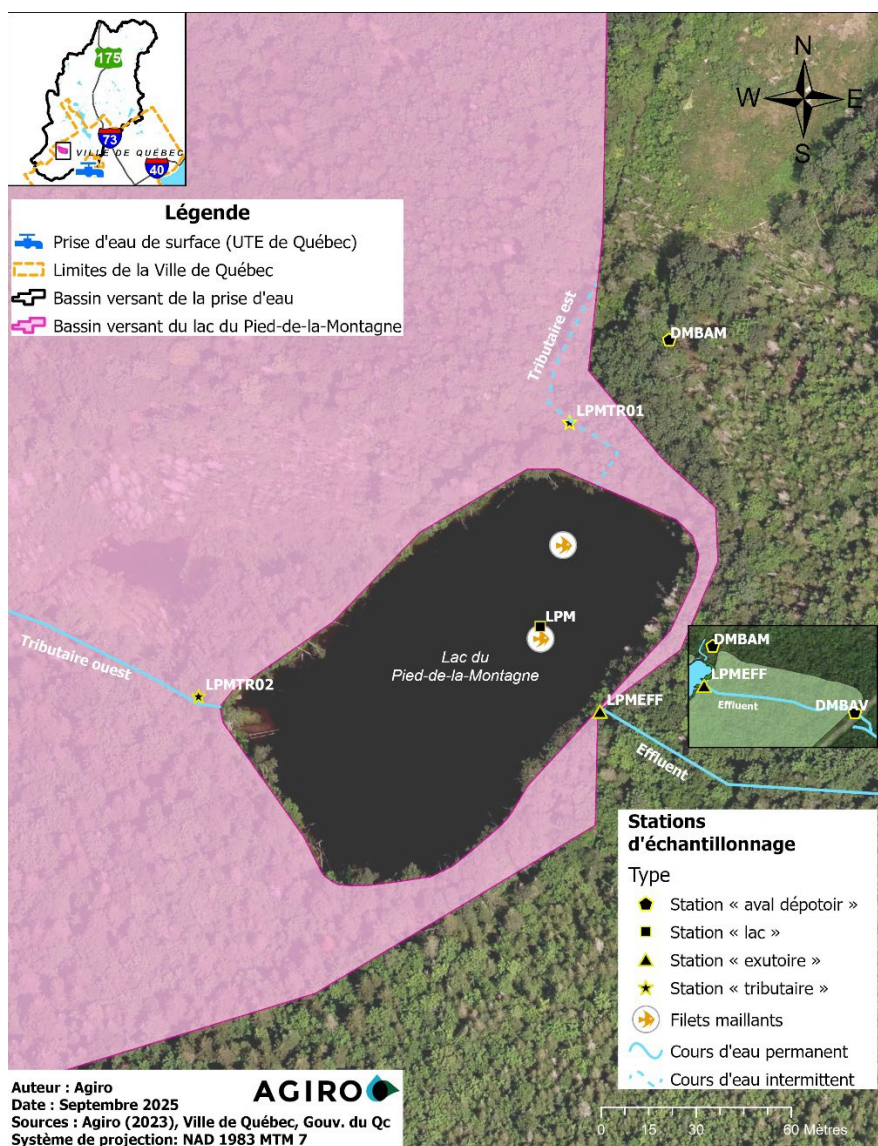
Tableau C Description de l'intensité de pluie évaluée de manière qualitative sur le terrain au moment de l'échantillonnage.

Intensité de la pluie	Description			
	Gouttes	Ruissellement	Végétation	Sol
Bruine	Très fines gouttes à peine visibles	Aucun	Feuilles sèches ou humides	Sec ou humide
Pluie fine	Fines gouttes visibles, à peine audibles	Aucun ou faible	Traces d'eau sur les feuilles	Sol humide, petites flaques isolées
Pluie modérée	Gouttes moyennes, continues et audibles	Moyen	Feuilles gouttent légèrement	Début de saturation des sols, présence de flaques
Forte pluie	Grosses gouttes, abondantes et bruyantes	Important	Filet d'eau continu glisse sur les feuilles	Sol saturé, formation rapide de flaques
Très forte pluie	Grosses gouttes, intensité torrentielle, visibilité réduite	Intense	Filet d'eau continu glisse sur les feuilles	Sol saturé, rues inondées, cours d'eau sortent de leur lit

2 Caractérisation de la qualité de l’eau du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport, de leurs tributaires et de leur exutoire

2.1 Échantillonnage des lacs

Afin d’investiguer la qualité physicochimique et biologique de l’eau du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport, quatre campagnes d’échantillonnage¹ ont eu lieu en 2024 pendant la période sans glace, couvrant du printemps jusqu’à l’automne, et ce en suivant un protocole adapté de la méthodologie développée par Behmel (2010). À chaque campagne, des mesures physicochimiques in situ et des prélèvements ont été effectués au point le plus profond du lac du Pied-de-la-Montagne (LPM) et du lac Beauport (BQ04). La localisation de ces points d’échantillonnage est présentée aux figures A et B.



¹ Quatre campagnes d’échantillonnage constituent un nombre de sorties consacré pour évaluer correctement l’état de santé d’un lac.

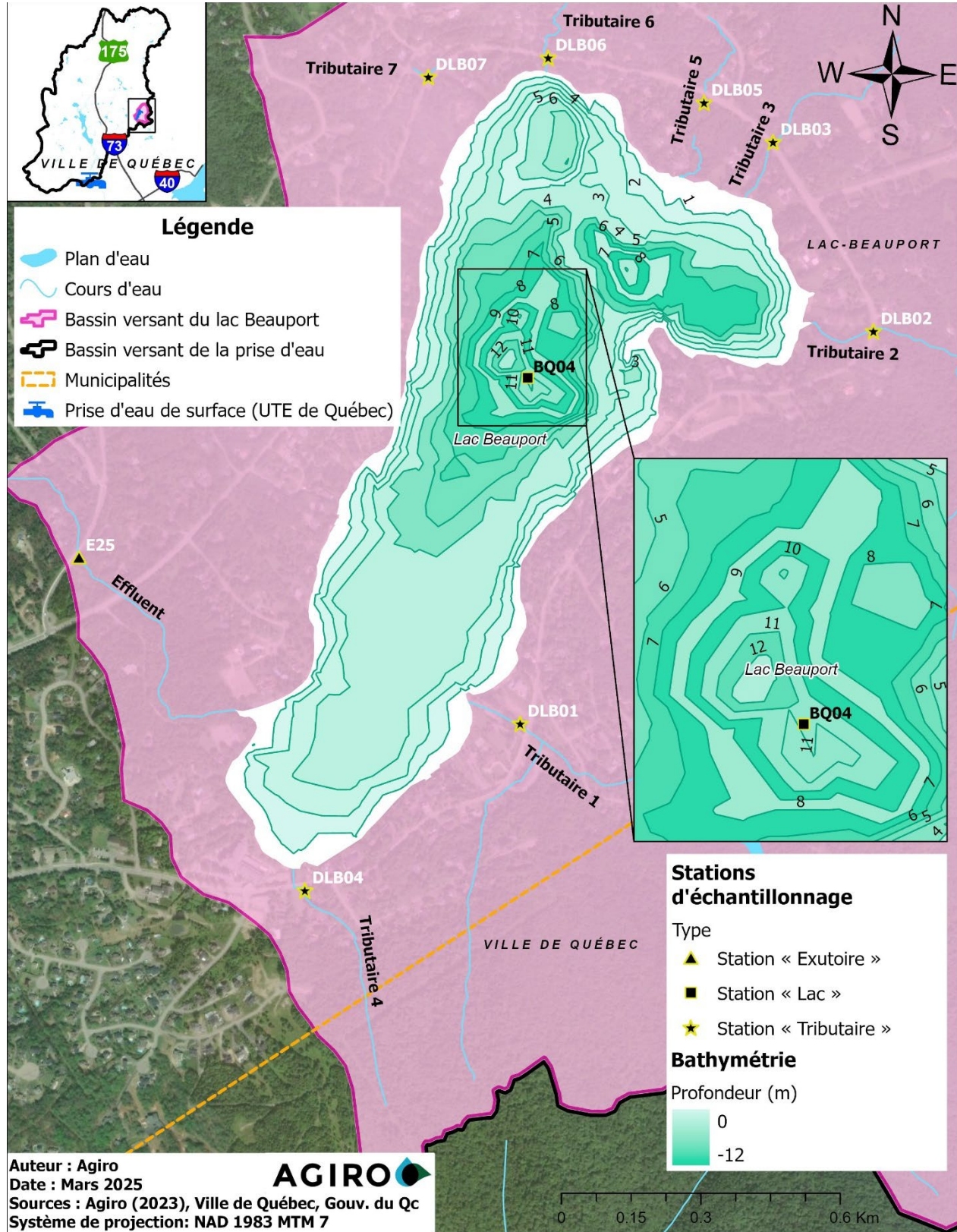


Figure B Profil bathymétrique et emplacement des stations d'échantillonnage au lac Beauport.

Les profils physicochimiques verticaux réalisés au point le plus profond du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport ont été effectués à l'aide d'une sonde multiparamétrique RBR maestro³ (RBR Ltd., Ottawa, Ontario), à l'exception de la sortie au lac Beauport effectuée en date du 25 avril 2024, où la qualité physicochimique de l'eau a été caractérisée à l'aide d'une sonde multiparamétrique 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 à différents profondeurs (Wildco Instruments, Yulee, Floride). Pour le **lac Beauport**, de l'eau de la couche de **surface** (épilimnion) a été échantillonnée à un mètre de profondeur, de l'eau de la couche **intermédiaire** (métalimnion) à une profondeur variable correspondant au pic de concentration en chlorophylle *a* (pic lu sur la sonde multiparamétrique) et de l'eau du **fond** (hypolimnion) à un mètre des sédiments. Pour le **lac du Pied-de-la-Montagne**, étant donné sa faible profondeur, seuls des échantillons de **surface** (épilimnion) à un mètre de profondeur et du **fond** (métalimnion) à un mètre des sédiments ont été collectés.

Tous les instruments utilisés ont été triplement rincés avant de collecter les échantillons.

2.2 Échantillonnage des tributaires et exutoire

Le territoire ciblé par le suivi des tributaires et exutoire du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport en 2024 est présenté aux figures A et B. La majorité des stations ont été positionnées de manière à obtenir un portrait global de la qualité de l'eau alimentant et sortant de ces deux lacs. Pour le lac du Pied-de-la-Montagne, deux affluents ont été échantillonnés à proximité de leur embouchure (LPMTR01 pour le tributaire ouest et LPMTR02 pour le tributaire est) ainsi que l'effluent du lac (LPMEFF), auxquelles s'ajoutent également deux stations situées en aval de l'ancien dépotoir du Mont-Brillant : DMBAM en amont du lac, et DMBAV sur le ruisseau des Eaux-Fraîches, en aval du lac. Ces deux dernières stations avaient pour objectif d'évaluer l'impact de l'ancien dépotoir sur la qualité de l'eau des ruisseaux et du lac par les eaux souterraines. Pour le lac Beauport, sept affluents ont été échantillonnés à proximité de leur entrée (DLB01 à DLB07) ainsi que l'effluent du lac (E25).

Les sorties d'échantillonnage des stations « tributaire » et de la station « exutoire » ont eu lieu à six reprises², entre avril et novembre 2024, avec les deux-tiers des campagnes réalisées en temps sec et le troisième tiers durant un événement pluvieux. Cependant, chaque sortie ne s'accompagnait pas nécessairement d'un prélèvement d'échantillon, certains cours d'eau intermittents étant asséchés au moment de la visite.

La qualité physicochimique de l'eau des tributaires et exutoires a été caractérisée à l'aide d'une sonde multiparamétrique EXO2 (YSI Inc.) au bord du ruisseau et les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un contenant, fixé ou non au bout d'une perche. Les instruments ont été triplement rincés avant de collecter les échantillons.

2.3 Analyse des données physicochimiques et biologiques

Les Tableaux D et E présente les paramètres mesurés par les sondes et en laboratoire. À l'exception de la chlorophylle *a* qui a été mesurée à l'Aquatic Laboratory de l'UQAC, les paramètres dosés en laboratoire ont été analysés au Laboratoire de la Ville de Québec (Tableau D) et au Bureau Veritas de Québec (Tableau E). Pour plus d'informations concernant ces paramètres, veuillez consulter le *Guide d'introduction aux enjeux de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles* (APEL, 2014). Les méthodes analytiques de laboratoire utilisées sont décrites à l'Annexe 2 de la diagnose du lac Saint-Charles (Agiro, 2024).

² À l'exception des deux stations supplémentaires « DMBAM » et « DMBAV » au lac du Pied-de-la-Montagne, pour lesquelles respectivement une sortie en temps sec et deux sorties en temps de pluie et en temps sec ont été effectuées.

Tableau D Paramètres mesurés avec les sondes et paramètres dosés au Laboratoire de la Ville de Québec et à l’Aquatic Laboratory de l’UQAC pour le lac du Pied-de-la-Montagne et le lac Beauport en 2024.

Paramètre	Unité de mesure	Stations « lac »	Stations « tribulaire » et « exutoire »
Paramètres mesurés avec la sonde multiparamétrique RBRmaestro ³ (stations « lac » ³) ou la sonde multiparamètre EXO2 (stations « tribulaire » et « exutoire »)			
Température de l’eau	°C	Profil vertical au point le plus profond du bassin : <ul style="list-style-type: none"> • LPM (lac du Pied-de-la-Montagne) • BQ04 (lac Beauport) 	Une moyenne de plusieurs enregistrements de ces paramètres à chaque station
Oxygène dissous (O ₂)	%		
pH			
Turbidité	NTU		
Conductivité spécifique	µS/cm		
Matière organique dissoute chromophorique (CDOM)	ppb		
Paramètres dosés au Laboratoire de la Ville de Québec et à l’Aquatic Laboratory de l’UQAC			
Alcalinité	mg CaCO ₃ /l	Deux prélèvements à la station LPM : <ul style="list-style-type: none"> • Surface à 1 m de profondeur • Fond à 1 m des sédiments Trois prélèvements à la station BQ04 : <ul style="list-style-type: none"> • Surface à 1 m de profondeur • Intermédiaire à la profondeur indiquée par la sonde RBRmaestro³ où pic de chlorophylle <i>a</i> • Fond à 1 m des sédiments 	Un prélèvement à chaque station à l’aide d’un contenant
Chlorophylle <i>a</i> (chl <i>a</i>)	µg/l		
Cyanobactéries	cellules/ml		
Azote total (NT)	mg/l		
Phosphore total (PT)	µg/l		
Ions chlorure	mg/l		
Azote ammoniacal	mg/l		
Nitrites et nitrates	mg/l		
Matières en suspension (MES)	mg/l		
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	UFC/100 ml		

³ À l’exception de la sortie sur le lac Beauport effectuée en date du 25 avril 2024, où la qualité physicochimique de l’eau a été caractérisée à l’aide d’une sonde multiparamétrique EXO2 (YSI Inc.).

Tableau E Paramètres dosés par Bureau Veritas pour le lac du Pied-de-la-Montagne en 2024.

Groupe	Paramètre	Unité	LDR ⁴	Stations « lac »	Stations « aval dépotoir »
Paramètres dosés auprès de Bureau Veritas (lac du Pied-de-la-Montagne uniquement)					
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)	Acénaphène	µg/l	0,03	Deux prélèvements à la station LPM : <ul style="list-style-type: none"> • Surface à 1 m de profondeur • Fond à 1 m des sédiments 	Un prélèvement à chaque station à l'aide d'un contenant
	Anthracène	µg/l	0,030		
	Benzo(a)anthracène	µg/l	0,030		
	Benzo(b)fluoranthène	µg/l	0,030		
	Benzo(j)fluoranthène	µg/l	0,060		
	Benzo(k)fluoranthène	µg/l	0,060		
	Benzo(a)pyrène	µg/l	0,060		
	Chrysène	µg/l	0,008		
	Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l	0,030		
	Fluoranthène	µg/l	0,030		
	Fluorène	µg/l	0,030		
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	0,030		
	Naphtalène	µg/l	0,030		
	Phénanthrène	µg/l	0,030		
	Pyrène	µg/l	0,030		
HAP totaux	µg/l	0,030			
PHÉNOLS	2,4-Diméthylphénol	µg/l	0,60		
	2,4-Dinitrophénol	µg/l	10		
	2-Méthyl-4,6-dinitrophénol	µg/l	10		
	4-Nitrophénol	µg/l	1,0		
	Phénol	µg/l	0,60		
	2-Chlorophénol	µg/l	0,50		
	3-Chlorophénol	µg/l	0,50		
	4-Chlorophénol	µg/l	0,40		
	2,3-Dichlorophénol	µg/l	0,50		
	2,4 + 2,5-Dichlorophénol	µg/l	0,30		
	2,6-Dichlorophénol	µg/l	0,40		
	3,4-Dichlorophénol	µg/l	0,40		
	3,5-Dichlorophénol	µg/l	0,40		
	Pentachlorophénol	µg/l	0,40		

⁴ Limite de détection rapportée par Bureau Veritas.

Groupe	Paramètre	Unité	LDR ⁴	Stations « lac »	Stations « aval dépotoir »
Paramètres dosés auprès de Bureau Veritas (lac du Pied-de-la-Montagne uniquement)					
PHÉNOLS	2,3,4,6-Tétrachlorophénol	µg/l	0,40		
	2,3,5,6-Tétrachlorophénol	µg/l	0,40		
	2,4,5-Trichlorophénol	µg/l	0,40		
	2,4,6-Trichlorophénol	µg/l	0,40		
	2,3,5-Trichlorophénol	µg/l	0,40		
	2,3,4-Trichlorophénol	µg/l	0,40		
	2,3,6-Trichlorophénol	µg/l	0,40		
	2,3,4,5-Tétrachlorophénol	µg/l	0,40		
	3,4,5-Trichlorophénol	µg/l	0,40		
	o-Crésol	µg/l	1,0		
	p-Crésol	µg/l	1,0		
HYDRO-CARBURE	Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	µg/l	100	<p>Deux prélèvements à la station LPM :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface à 1 m de profondeur • Fond à 1 m des sédiments 	<p>Un prélèvement à chaque station à l'aide d'un contenant</p>
COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILES (COV)	Benzène	µg/l	0,20		
	Chlorobenzène	µg/l	0,20		
	Dichloro-1,2 benzène	µg/l	0,20		
	Dichloro-1,3 benzène	µg/l	0,10		
	Dichloro-1,4 benzène	µg/l	0,20		
	Éthylbenzène	µg/l	0,10		
	Styrène	µg/l	0,10		
	Toluène	µg/l	1,0		
	Xylènes (o,m,p)	µg/l	0,40		
	Chloroforme	µg/l	0,20		
	Chlorure de vinyle (chloroéthène)	µg/l	0,20		
	Dichloro-1,2 éthane	µg/l	0,10		
	Dichloro-1,1 éthène	µg/l	1,0		
	Dichloro-1,2 éthène (cis)	µg/l	0,20		
	Dichloro-1,2 éthène (trans)	µg/l	0,20		
	Dichloro-1,2 éthène (cis et trans)	µg/l	0,20		
	Dichlorométhane	µg/l	0,90		

Groupe	Paramètre	Unité	LDR ⁴	Stations « lac »	Stations « aval dépotoir »
Paramètres dosés auprès de Bureau Veritas (lac du Pied-de-la-Montagne uniquement)					
COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILES (COV)	Dichloro-1,2 propane	µg/l	0,10		
	Dichloro-1,3 propane	µg/l	0,10		
	Dichloro-1,3 propène (cis)	µg/l	0,10		
	Dichloro-1,3 propène (trans)	µg/l	0,10		
	Dichloro-1,3 propène (cis et trans)	µg/l	0,10		
	Tétrachloro-1,1,2,2 éthane	µg/l	0,10		
	Tétrachloroéthène	µg/l	0,20		
	Tétrachlorure de carbone	µg/l	0,20		
	Trichloro-1,1,1 éthane	µg/l	0,20		
	Trichloro-1,1,2 éthane	µg/l	0,10		
	Trichloroéthène	µg/l	0,10		
	Pentachloroéthane	µg/l	0,40		
	Hexachloroéthane	µg/l	0,10		
MÉTAUX DISSOUS	Argent (Ag)	mg/l	0,0003	<p>Deux prélèvements à la station LPM :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface à 1 m de profondeur • Fond à 1 m des sédiments 	Un prélèvement à chaque station à l'aide d'un contenant
	Arsenic (As)	mg/l	0,0003		
	Baryum (Ba)	mg/l	0,020		
	Cadmium (Cd)	mg/l	0,0010		
	Chrome (Cr)	mg/l	0,0050		
	Cobalt (Co)	mg/l	0,020		
	Cuivre (Cu)	mg/l	0,0030		
	Étain (Sn)	mg/l	0,050		
	Manganèse (Mn)	mg/l	0,0030		
	Mercure (Hg)	mg/l	0,0001		
	Molybdène (Mo)	mg/l	0,010		
	Nickel (Ni)	mg/l	0,010		
	Plomb (Pb)	mg/l	0,0010		
	Sélénium (Se)	mg/l	0,0010		
	Zinc (Zn)	mg/l	0,0050		
AUTRES	Sulfures	mg/l	0,020		

2.4 Caractérisation des herbiers aquatiques

La présence d'herbiers aquatiques est un indicateur des apports en nutriments au lac, ces plantes 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 avec les 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 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 aussi macrophytes. Ce groupe comprend les plantes aquatiques, les algues macroscopiques et les mousses aquatiques, lesquelles se développent essentiellement dans les eaux peu profondes des lacs.

2.4.1 Recensement des herbiers aquatiques

La caractérisation des herbiers aquatiques a été effectuée selon le protocole développé par le MELCCFP (MELCCFP, 2016) pour le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL). L'identification des herbiers a été réalisée sur l'ensemble du secteur peu profond des deux lacs étudiés (profondeur inférieure à 3 m). Ce secteur sera référé par la suite comme étant la zone colonisable, c'est-à-dire la 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 depuis la bande littorale jusqu'à la visibilité le permettait (Figure C, tirée du protocole de caractérisation des herbiers du MELCCFP (2016)).

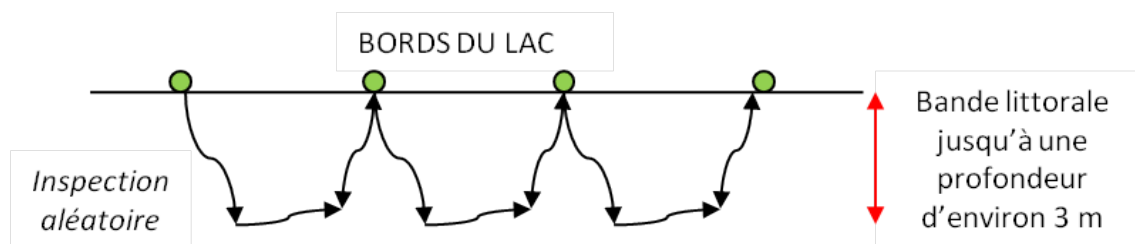


Figure C Méthode d'inventaire des herbiers.

Afin d'optimiser l'identification des espèces et leur superficie de recouvrement, l'inventaire est généralement réalisé aux mois d'août et de septembre, période à laquelle les plantes aquatiques sont pleinement développées (tiges, feuilles, fleurs, fruits, rhizomes, etc.). La caractérisation des herbiers fut ainsi réalisée le 13 septembre pour le lac du Pied-de-la-Montagne, et entre le 21 août et le 17 septembre pour le lac Beauport. Des conditions météorologiques favorables à la visibilité dans l'eau, soit un temps ensoleillé et peu venteux, étaient priorisées. Chaque herbier a été délimité et dessiné directement sur une carte numérique à l'aide d'une tablette munie d'une antenne GPS Arrow 100 GNSS (Eos Positioning Systems, Terrebonne, Québec) et de l'application ArcGIS Field Maps 23.2.3 (Esri Inc., Redlands, Californie). Cette dernière affiche la position de l'embarcation en temps réel avec une précision aux cinq centimètres, permettant de délimiter l'étendue des herbiers simultanément à leur observation. Un profondimètre Echotest (Plastimo, Lorient, France), des repères visuels et des orthophotographies facilitent également la délimitation.

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 de densité. 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. La composition des herbiers est ensuite détaillée dans une fiche numérique comportant différents champs à compléter.

Les inventaires floristiques réalisés pour chaque herbier incluent :

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

2.4.2 Analyse des herbiers aquatiques

La cartographie finale des herbiers aquatiques a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGIS Pro 3.1.2 (Esri Inc.), d'orthophotographies et, si disponibles, 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 < 3 m) du lac occupée par les plantes aquatiques ajustée à la densité des herbiers, i désigne nième herbier, R_i désigne densité 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 médiane des herbiers ont également été analysées afin de déterminer l'état trophique du lac en complément des paramètres physicochimiques (Tableau F).

2.5 Interprétation des données physicochimiques et biologiques du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport

Le niveau trophique d'un lac est un indice de son état de vieillissement et/ou de son niveau de dégradation. Une synthèse de l'analyse et de l'interprétation des résultats physicochimiques et biologiques est présentée dans le Tableau F. 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 son état de santé.

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

Indicateurs	Classes trophiques						
	Ultra-oligotrophe	Oligotrophe	Oligo-mésotrophe	Mésotrophe	Méso-eutrophe	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 médiane 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), MELCCFP (2024), Pott et Remy (2000) et Schwoerbel et Brendelberger (2005).							

2.6 Caractérisation des rives

La bande riveraine est la zone terrestre qui borde les lacs. Pour remplir son rôle de protection des lacs, elle doit être végétalisée afin de filtrer les polluants, freiner le ruissellement des sédiments, retenir le sol, faire de l'ombrage sur le milieu aquatique et permettre à l'eau de pluie de s'infiltrer. 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.

2.6.1 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 MELCCFP et le Conseil régional de l'environnement (CRE) des Laurentides (MELCCFP 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 de la bande riveraine (IQBR) a été utilisée afin d'analyser la rive selon le pourcentage de la superficie occupée par les neuf composantes suivantes (MELCCFP, 2023) :

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

La caractérisation de la bande riveraine a été réalisée au lac du Pied-de-la-Montagne (13 septembre 2024) et au lac Beauport (27 août 2024) par deux employés d'Agiro à partir d'une embarcation. Comme pour la caractérisation des herbiers, chaque section homogène de bandes riveraines a été délimitée et dessinée directement sur une carte numérique à l'aide d'une tablette munie d'une antenne GPS Arrow 100 GNSS (Eos Positioning Systems) et de l'application ArcGIS Field Maps 23.2.3 (Esri Inc.). Les observations ont également été notées sur des fiches de terrain. Les problématiques spécifiques et ponctuelles ont également été relevées.

2.6.2 Analyse des bandes riveraines

Les résultats sont présentés selon l'IQBR (Tableau G) et visent à estimer la condition écologique des rives selon l'importance de chacune des composantes (MELCCFP, 2023). Ainsi, un facteur de pondération est attribué à chaque composante selon ses capacités à remplir les fonctions écologiques d'une bande riveraine (Tableau H). La valeur de l'IQBR est obtenue selon la formule suivante :

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

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

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

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

Plus l'IQBR sera élevé, plus la qualité de l'habitat riverain sera bonne (MELCCFP, 2023).

Tableau G 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

Tableau H Détermination du facteur de pondération pour chaque composante des bandes riveraines (MELCCFP, 2023).

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

2.7 Caractérisation de la qualité de l'eau des tributaires et de l'effluent du lac du Pied-de-la-Montagne et du lac Beauport

2.7.1 Indice de qualité bactériologique et physicochimique de l'eau (IQBP)

Afin d'identifier les apports en nutriments qui contribuent à la dégradation de l'état d'un lac et affectent son niveau trophique, l'eau des tributaires alimentant le lac du Pied-de-la-Montagne et le lac Beauport a été échantillonnée, de même que celle de leur exutoire respectif (Tableau D). 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 de l'eau prélevée dans les tributaires et exutoires est basée sur l'indice de qualité bactériologique et physicochimique (IQBP) du MELCCFP (Hébert, 1997)⁵. Cet indice évalue la qualité générale de l'eau des cours d'eau en intégrant les neuf paramètres présentés au Tableau I. À noter que pour cette diagnose, la concentration en chlorophylle *a* (*chl a*) des tributaires et exutoire 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. La concentration en azote ammoniacal a quant à elle été mesurée, mais n'est pas montrée dans les résultats du rapport final, étant donné leur valeur très basse (selon ce critère, une eau de « bonne » qualité était observée en permanence pour l'ensemble des tributaires et exutoires suivis dans le cadre de ces deux diagnoses).

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

Classe	CF / <i>E. coli</i> ⁶ (UFC/100ml)	Phosphore total (µg/l)	Matières en suspension (mg/l)	O ₂ dissous (%) ⁷	pH	<i>chl a</i> (µg/l)	Turbidité (NTU)	Nitrites et nitrates (mg/l)	Azote ammoniacal (mg/l)
Bonne	≤ 200	≤ 30	≤ 6	88–124	6,9–8,6	≤ 5,70	≤ 2,3	≤ 0,50	≤ 0,23
Satisfaisante	201–1 000	31–50	7–13	80–87 ou 125–130	6,5–6,8 ou 8,7–9,0	5,71– 8,60	2,4–5,2	0,51– 1,00	0,24–0,50
Douteuse	1 001–2 000	51–100	14–24	70–79 ou 131–140	6,2–6,4 ou 9,1–9,3	8,61– 11,10	5,3–9,6	1,01– 2,00	0,51–0,90
Mauvaise	2 001–3 500	101–200	25–41	55–69 ou 141–150	5,8–6,1 ou 9,4–9,6	11,11– 13,90	9,7–18,4	2,01– 5,00	0,91–1,50
Très mauvaise	> 3 500	> 200	> 41	< 55 ou > 150	< 5,8 ou > 9,6	> 13,9 0	> 18,4	> 5,00	> 1,50

⁵ À noter qu'une mise à jour de l'IQBP basé sur seulement six paramètres est désormais conseillée par le MELCCFP (MELCCFP, 2022). Cependant, par souci de comparaison, il a été décidé de garder l'ancienne version de l'IQBP datant de 1997 (Hébert, 1997).

⁶ À noter que depuis 2018, ce sont les *E. coli* qui sont mesurés par le laboratoire de la Ville de Québec. Frédéric Aubin, microbiologiste au laboratoire de la Ville de Québec, a indiqué qu'avec l'expérience des technicien.nes, les coliformes fécaux (CF) identifiés dans les années antérieures à 2018 étaient à 90–95% des *E. coli*. Ainsi, pour l'analyse des données, les seuils pour les coliformes fécaux seront appliqués aux données d'*E. coli*.

⁷ Saturation en oxygène dissous dans l'eau.

2.7.2 Critères de qualité des eaux de surface

En plus des critères de l'IQBP, le MELCCFP offre également des critères de qualité pour les eaux de surface (MELCCFP, 2024). On considère qu'il y a un dépassement lorsque la concentration d'un des paramètres excède les valeurs seuils compilées au Tableau J. Il est à noter que le seuil d'azote total utilisé est celui du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) datant de 2012, et ce, même si ce dernier l'a aboli depuis. Ce seuil a été conservé à des fins de comparaisons. Selon ce critère, l'hypothèse d'un rejet démesuré en azote vers le milieu aquatique récepteur peut être avancée lorsque la concentration d'azote total est supérieure à 1 mg/l.

Tableau J Seuils pour l'évaluation de la qualité de l'eau de surface.

Paramètre	Seuil	Description
Coliformes fécaux / <i>E. coli</i> (UFC/100 ml)	≤ 200	Permet tous les usages récréatifs (MELCCFP, 2024)
	201–1 000	Les usages où il y a contact direct avec l'eau sont compromis (MELCCFP, 2024)
	> 1 000	Tous les usages récréatifs sont compromis (MELCCFP, 2024) ; valeur maximale de la classe « satisfaisante » de l'IQBP (Hébert, 1997)
Phosphore total ⁸ (µg/l)	30	Valeur recommandée par le ministère ; vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières (MELCCFP, 2024)
Matières en suspension (mg/l)	13	Valeur maximale de la classe « satisfaisante » de l'IQBP (Hébert, 1997)
Azote total (mg/l)	1	Seuil du MDDEP datant de 2012, maintenant aboli, mais utilisé à titre de comparaison
Nitrites et nitrates (mg/l)	1	Valeur maximale de la classe « satisfaisante » de l'IQBP (Hébert, 1997)
Azote ammoniacal (mg/l)	0,5	Valeur maximale de la classe « satisfaisante » de l'IQBP (Hébert, 1997)
Manganèse dissous (mg/l) ⁹	0,05	Seuil de Santé Canada (2008) pour la prévention de la contamination
Zinc dissous (mg/l) ⁹	0,007	Seuil du CCME (2018) pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)

2.7.3 Conductivité spécifique et ions chlorure

La conductivité spécifique est utilisée comme paramètre intégrateur et permet souvent de déceler des variations de la qualité de l'eau entre des 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'IQBP¹⁰. 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 déglaceage 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

⁸ Cette valeur protectrice pour les cours d'eau n'assure pas toujours la protection des lacs en aval.

⁹ Parmi tous les composés chimiques présentés au Tableau E, seuls les seuils du manganèse (Mn) et zinc (Zn) dissous sont présentés, car seulement ces deux composés dépassaient les seuils de détection.

¹⁰ À noter qu'il n'est pas possible d'identifier les éléments exerçant une influence potentielle sur la conductivité spécifique sans analyses supplémentaires.

640 mg/l pour une exposition aiguë (CCME, 2011). Le MELCCFP propose quant à lui des seuils de 320 mg/l pour prévenir les effets aigus sur la vie aquatique (MELCCFP, 2024). De plus, le critère canadien visant à conserver les propriétés organoleptiques de l'eau est établi à 250 mg/l (Santé Canada, 2024). 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 les seuils recommandés 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 peu ou pas affectés par les sels de déglçage. 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 aux apports de sels de déglçage 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 K). Cette classification d'Agiro 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.

Tableau K 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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	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	> 1 000,00	> 250,00

La classification utilisée pour la conductivité spécifique est adaptée de Pott et Remy (2000). Noter que la conductivité spécifique peut autant être influencée par les ions chlorure provenant des sels de déglçage et les abrasifs que par l'apport, entre autres, d'éléments nutritifs comme les phosphates ainsi que les nitrites et nitrates. 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$, voir même inférieure à 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fournier, 2021). Dès lors, sans influence anthropique, la conductivité spécifique de l'eau devrait être inférieure à 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans le secteur à l'étude.

La classification utilisée pour la concentration moyenne en 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 Santé Canada (250 mg/l) pour la protection de l'eau de consommation ;
- Les conséquences d'une augmentation de la concentration en ions chlorure soulevées dans l'étude de Fournier (2021) ;
- Les caractéristiques de la distribution de données historiques disponibles pour les petits tributaires dans le haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles (moyenne et écart type standard).

3 Références bibliographiques

- Agiro (2024) *Diagnose du lac Saint-Charles – 2022. Annexe 2 : Méthodes analytiques du laboratoire de la Ville de Québec*. Québec, 4 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.
- Behmel, S. (2010) *Proposition d'un programme de suivi de la qualité d'eau à l'échelle du bassin versant de la rivière Saint-Charles*. Essai de maîtrise, Université Laval, Québec, 434 pages.
- CCME (2018) *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique : zinc*. Conseil canadien des ministres de l'Environnement, Winnipeg.
- CCME (2011) *Canadian water quality guidelines : chloride ion*. Scientific criteria document, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, 224 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.
- 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.
- 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.
- 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 n° 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 n° ENV-2001-0141, rapport n° 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.
- MELCCFP (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.
- MELCCFP (2022) *Guide d'interprétation de l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau (IQBP₅ et IQBP₆)*. Québec, 21 pages.
- MELCCFP (2023) *Indice de qualité de la bande riveraine (IQBR)*. [En ligne] Consulté en août 2023. http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/index.htm
- MELCCFP (2024) *Critères de qualité de l'eau de surface*. [En ligne] Consulté en mars 2024. http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp

MELCCFP et CRE Laurentides (2007) *Protocole de caractérisation de la bande riveraine*. Québec, 19 pages.

Pott, R. et Remy, D. (2000) *Gewässer des Binnenlandes - Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer aus geobotanischer Sicht*. Ulmer (éd.), Stuttgart, 255 pages.

Santé Canada (2008) *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Tableau sommaire et documents techniques*. Santé Canada, Santé de l'environnement et du milieu de travail, Rapports et publications, Qualité de l'eau.

Santé Canada (2024) *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – chlorure*. Santé de l'environnement et du milieu de travail, Rapports et publications, Qualité de l'eau. [En ligne] Consulté en janvier 2024. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-chlorure.html>

Schwoerbel, J. et Brendelberger, H. (2005) *Einführung in die Limnologie*. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag (éd.), 9^{ème} édition, Munich, 252 pages.

Annexe 2 – Résultats supplémentaires

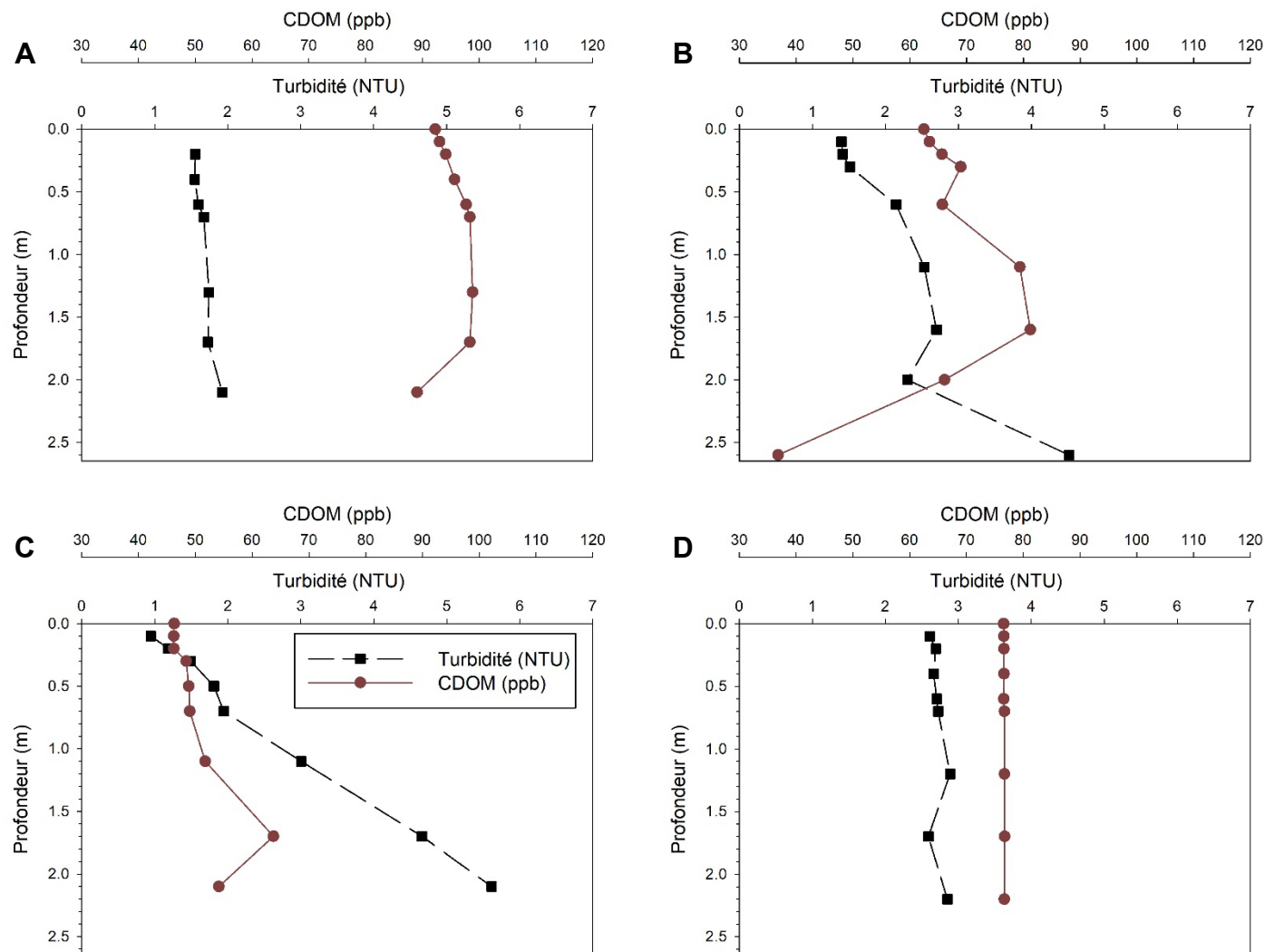


Figure D Profils de turbidité (NTU) et de teneur en matière organique dissoute chromophorique (CDOM) (ppb) au lac du Pied-de-la-Montagne (station LPM) pour les sorties du (A) 18 avril, (B) 4 juin, (C) 7 août et (D) 12 novembre 2024.

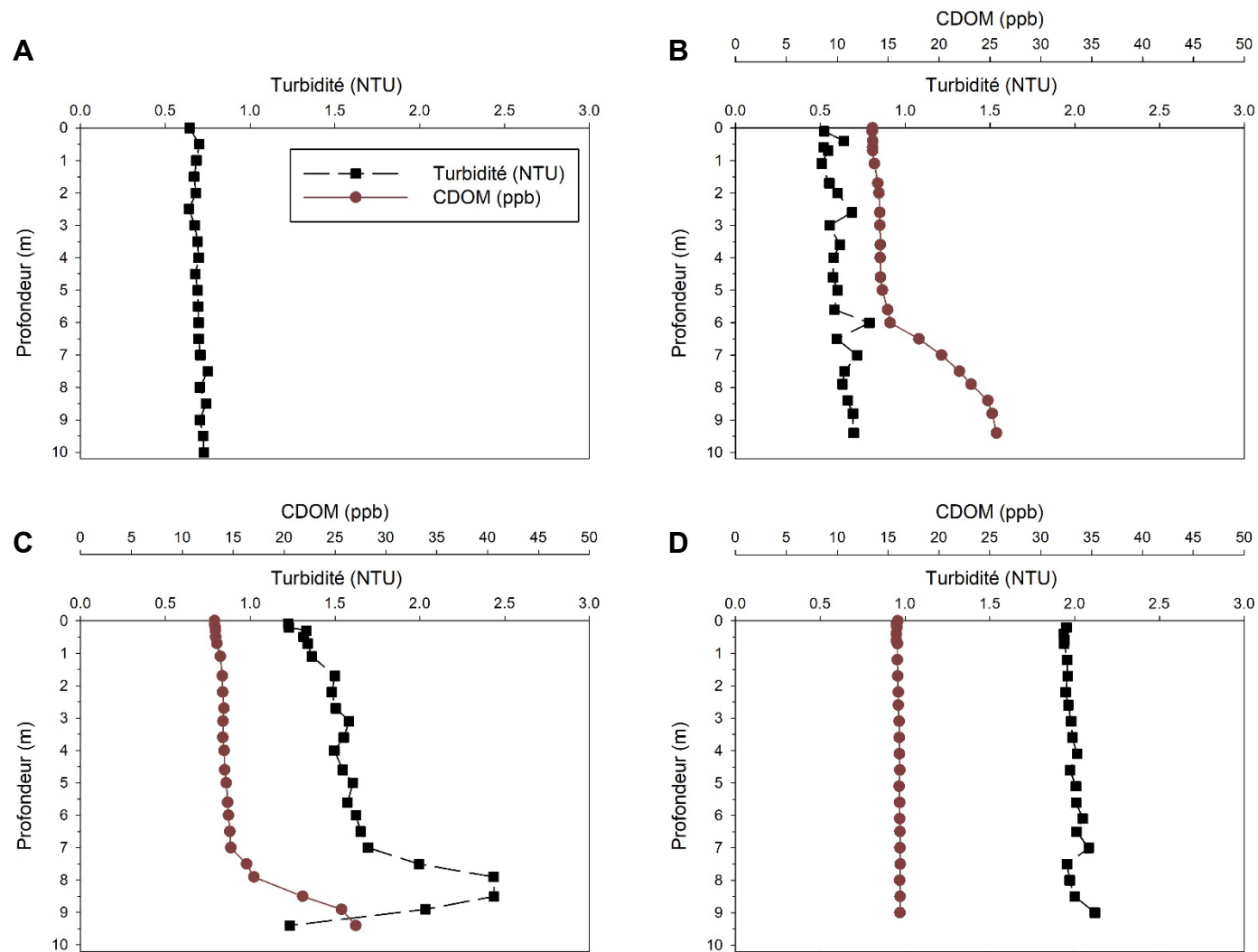


Figure E Profils de turbidité (NTU) et de teneur en matière organique dissoute chromophorique (CDOM) (ppb) au lac Beauport (station BQ04) pour les sorties du (A) 25 avril, (B) 11 juin, (C) 15 août et (D) 13 novembre 2024.