

DIAGNOSE DU LAC DELAGE

2016



*Association pour la protection de l'environnement du lac
Saint-Charles et des Marais du Nord (APEL)*

Septembre 2017

Rédaction et analyse

Sandra Gonzalez, *Biologiste-Écologue, M. Sc., Chargée de projets en environnement*, APEL

Amélie Lefebvre, *Biologiste, M. Sc. A., Chargée de projets en environnement*, APEL

Sonja Behmel, *Géographe, M. Sc., Chargée de projets en limnologie*, APEL

Romain Rué, *Agent de renaturation*, APEL

Échantillonnage et travaux de terrain

Sandra Gonzalez, *Biologiste-Écologue, M. Sc., Chargée de projets en environnement*, APEL

Marie-Janick Robitaille, *Géographe*, APEL

Amélie Lefebvre, *Biologiste, M. Sc. A., Chargée de projets en environnement*, APEL

Romain Rué, *Agent de renaturation*, APEL

Cartographie

Anne Beaudoin, *Géographe M.Sc., Chargée de projets en environnement*, APEL

Sandra Gonzalez, *Biologiste-Écologue, M. Sc., Chargée de projets en environnement*, APEL

Marie-Janick Robitaille, *Géographe*, APEL

Romain Rué, *Agent de renaturation*, APEL

Révision

Sonja Behmel, *Géographe, M.Sc., Chargée de projets en limnologie*, APEL

Catherine Plante, *Géographe, M.Sc.*

Mélanie Deslongchamps, *Directrice générale*, APPEL

Amélie Lefebvre, *Biologiste, M. Sc. A., Chargée de projets en environnement*, APPEL

APEL (2017) *Diagnose du lac Delage – 2017*, Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec, 60 pages plus annexes.

Description de la photo en page couverture

Vue aérienne du lac Delage, Mélanie Deslongchamps, 2014.

Sommaire exécutif

Dans le cadre du programme de suivi de la qualité de l'eau du haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles, l'Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord (APEL) réalise, en collaboration avec la Ville de Québec, la diagnose de plusieurs lacs du territoire afin de suivre l'évolution de leur état trophique et de leur salinité, affectée par l'épandage de sels de voirie.

En 2016, le lac Delage a été étudié dans l'objectif d'évaluer son état trophique par l'analyse des données physico-chimiques et biologiques, la caractérisation des herbiers aquatiques et la description des communautés de cyanobactéries. De plus, la qualité de l'eau des tributaires a été analysée et l'état des bandes riveraines a été décrit.

Les principaux constats de cette diagnose du lac Delage sont les suivants :

1. En considérant l'ensemble des paramètres et indicateurs étudiés, l'état trophique du lac peut être qualifié de mésotrophe avec une tendance d'avancement de l'état trophique selon les critères suivants :
 - Une concentration moyenne en NT de 301 µg N/l a été mesurée à la station DE01, permettant de classer le lac au stade oligo-mésotrophe.
 - Une concentration moyenne en PT de 7,8 µg P/l a été mesurée à la station DE01, permettant de classer le lac au stade oligo-mésotrophe.
 - Une concentration moyenne de la chlorophylle *a* de 1,6 µg/l a été mesurée à la station DE01, permettant de classer le lac au stade oligotrophe.
 - La transparence moyenne de l'eau du lac est de 3,2 m, indiquant un état mésotrophe.
 - L'évolution importante des herbiers aquatiques depuis 2007, leur forte densité et l'occupation de presque toute la surface colonisable suggère un état méso-eutrophe voire eutrophe.
 - La conductivité de l'eau du lac atteint entre 60 µS/cm et 100 µS/cm ce qui indique que la Ville de lac Delage limite l'utilisation des sels de voirie lors de l'entretien hivernal des routes.
 - La qualité de l'eau des affluents est généralement bonne, avec un dépassement de la conductivité spécifique (cause non-déterminée) dans un tributaire.
2. L'état des bandes riveraines dans les secteurs habités s'est amélioré depuis 2012 grâce à la sensibilisation et aux efforts de reboisement réalisés dans le cadre du règlement municipal sur la restauration de la bande riveraine du lac Delage (E-2014-04). Toutefois, 19 % des rives ne sont toujours pas en état de remplir adéquatement leurs fonctions écologiques.
3. La qualité de l'eau des tributaires est généralement bonne.

Les principales recommandations issues de ces résultats sont les suivantes et concernent sept enjeux :

- **Installations septiques**
 - Limiter ou cesser le développement sur installations septiques.
 - Évaluer la possibilité de raccorder les résidences au réseau d'égout.
- **Développement urbain**
 - Limiter le développement urbain.
 - Réaliser des travaux de réfection sur le réseau d'égout.
- **Écoulement inverse entre le lac Saint-Charles et le lac Delage**
 - Raccorder la station d'épuration des eaux usées de la Ville de Lac-Delage au réseau d'égout de la Ville de Québec.
 - Évaluer la possibilité de redonner à la rivière des Hurons son tracé d'avant 2014.
- **Sels de voirie**
 - Poursuivre les politiques municipales en vigueur et éviter le développement en montagne.
 - Réduire les apports externes (voir suggestions ci-dessus).
 - Vérifier si les piscines traitées à l'eau salée peuvent être la source des ions chlorures à la station E20.
- **Bandes riveraines inadéquates**
 - Appliquer le règlement en vigueur.
 - Proposer un projet de végétalisation modèle au Manoir du Lac Delage en adéquation avec les activités de l'établissement (mariages, p. ex.).
- **Prolifération des cyanobactéries**
 - Mettre en place une surveillance des cyanobactéries par le biais d'une carte interactive en collaboration avec l'APPEL.
- **Prolifération des plantes aquatiques**
 - Sensibiliser la population aux espèces envahissantes pour éviter qu'elles soient transportées dans d'autres plans d'eau.
 - Réduire les apports externes (voir suggestions ci-dessus).

Table des matières

Sommaire exécutif	ii
Table des matières	iv
Liste des figures	v
Liste des tableaux.....	vii
1 Introduction	9
2 Description du lac et de son bassin versant.....	10
3 Méthodologie	11
3.1 Caractérisation de la qualité de l'eau du lac et de ses tributaires	11
3.1.1 Contextes de mesure	14
3.1.2 Analyse des données de la qualité de l'eau du lac.....	14
3.1.3 Analyse des données de la qualité de l'eau des affluents et de l'effluent	15
3.2 Caractérisation des herbiers aquatiques	18
3.2.1 Recensement des herbiers aquatiques.....	18
3.2.2 Analyse des herbiers aquatiques	19
3.3 Caractérisation des rives.....	21
3.3.1 Analyse des bandes riveraines	22
4 Résultats.....	24
4.1 Conditions météorologiques.....	24
4.2 Analyse de la qualité de l'eau du lac Delage.....	25
4.2.1 Analyse des résultats physico-chimiques et biologiques.....	25
4.3 Analyse des herbiers aquatiques	35
4.3.1 Richesse spécifique	35
Dominance des espèces.....	38
4.3.2 Présence du myriophylle à épis	39
4.3.3 Types de peuplement	39
4.3.4 Densité	41
4.3.5 Recouvrement.....	41
4.3.6 Discussion sur les herbiers aquatiques	42
4.3.7 Limites de l'étude des herbiers aquatiques	43
4.4 Analyse de la bande riveraine.....	43

4.4.1	Description de la bande riveraine.....	43
4.5	Analyse de la qualité de l'eau des tributaires du lac Delage	47
4.5.1	Coliformes fécaux	47
4.5.2	Phosphore total.....	48
4.5.3	Composés azotés	49
4.5.4	Turbidité.....	50
4.5.5	Conductivité spécifique et ions chlorures.....	51
5	Conclusion et recommandations.....	53
5.1	Conclusion.....	53
5.2	Recommandations	55
6	Glossaire.....	56
7	Références	58
8	Annexes.....	59
	Annexe 1 : Fiche de caractérisation des herbiers aquatiques	59
	Annexe 2 : Fiche de caractérisation des bandes riveraines	60

Liste des figures

Figure 1 : Le lac Delage et l'occupation du sol de son bassin versant en 2015 (données tirées de la carte d'occupation du sol réalisée par l'APPEL en 2015 basée sur les ortho-photos de la CMQ de 2013).	10
Figure 2 : Bathymétrie du lac Delage et localisation des points d'échantillonnage.	13
Figure 3 : Profil de l'oxygène et de la température en été et en hiver. Les couches de stratification en surface s'appellent épilimnion, celle de transition thermocline (ou métalimnion) et celle du fond hypolimnion (Tiré de : www.ecoledepeche.be).....	13
Figure 4 : Classes de la conductivité spécifique proposées par l'APPEL et utilisées à titre indicatif.....	17
Figure 5 : Protocole d'observation des herbiers aquatiques.....	18
Figure 6 : Bilan sur les préférences écologiques des espèces recensées dans le lac Delage.....	20
Figure 7 : Types de peuplements de macrophytes (Pourriot et Meybeck, 1995).	21
Figure 8 : Classement des sections de la bande riveraine en fonction de leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques (MDDEFP, 2002b).....	23
Figure 9 : Températures moyennes mensuelles (en °C) mesurées par Environnement Canada à l'aéroport Jean-Lesage en 2016 en comparaison avec les normales mensuelles entre 1998 et 2015.....	24

Figure 10 : Précipitations totales mensuelles (en mm) mesurées par Environnement Canada à l’aéroport Jean-Lesage en 2016 en comparaison avec les normales mensuelles entre 1998 et 2015.....	25
Figure 11 : Profil de la température (°C) à la station DE01 au lac Delage en 2016.	26
Figure 12 : Profil de l’oxygène dissous (%) à la station DE01 au lac Delage.	27
Figure 13 : Évolution de la concentration de PT dans la colonne d’eau de la station DE01 en 2016.....	28
Figure 14 : Évolution de la concentration en NT dans la colonne d’eau de la station DE01 en 2016.	29
Figure 15 : Profils de la conductivité spécifique mesurée à la station DE01.	30
Figure 16 : Profils de la turbidité mesurée à la station DE01.	31
Figure 17 : Profils de la chlorophylle <i>a</i> mesurée à la station DE01.....	32
Figure 18 : Profils de la phycocyanine (RFU) mesurée à la station DE01.	33
Figure 19 : Profils de la concentration en cyanobactéries (cell/ml) mesurée à la station DE01.	33
Figure 20 : Évolution de la concentration moyenne en phycocyanine mesurée dans le lac Delage en 2016 à la station DE01.	34
Figure 21 : Recouvrement du lac Delage par les herbiers aquatiques en 2007 et en 2016.	35
Figure 22 : Pourcentage des herbiers du lac Delage abritant chaque espèce ou genre de macrophytes identifié en 2016.	37
Figure 23 : Évolution de la propagation du myriophylle à épis de 2007 à 2016 dans le lac Delage.....	39
Figure 24 : Types de peuplements des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.....	40
Figure 25 : Densité des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.....	41
Figure 26 : Pourcentage de recouvrement végétal des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.....	42
Figure 27 : Carte des zones homogènes de bandes riveraines du lac Delage et de leur IQBR respectif en 2016.....	45
Figure 28 : Proportion des différentes classes d’IQBR du lac Delage (m ² et %) en 2016.	46
Figure 29 : Concentrations en coliformes fécaux (UFC/100 ml) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016. La ligne pointillée désigne la limite acceptable pour la baignade.	48
Figure 30 : Concentrations en phosphore total (µg P/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.	48
Figure 31 : Concentrations en azote total (mg N/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.	49
Figure 32 : Concentrations en nitrites/nitrates (mg N/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.....	50
Figure 33 : Concentrations en azote ammoniacal (mg N/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.....	50
Figure 34 : Turbidité mesurée dans les tributaires du lac Delage en 2016.	51
Figure 35 : Données de conductivité spécifique relevées dans les tributaires du lac Delage en 2016.	52

Figure 36 : Concentrations en ions chlorures mesurées dans les tributaires du lac Delage en 2016. 52
Figure 37 : Schéma bilan sur l'état trophique du lac Delage. 54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant du lac Delage. 11
Tableau 2 : Paramètres dosés au laboratoire de la Ville de Québec et paramètres mesurés avec la sonde YSI 6600 V2 pour le lac Delage et ses tributaires en 2016. 12
Tableau 3 : Contextes de mesure. 14
Tableau 4 : Classement des niveaux trophiques des lacs. 15
Tableau 5 : Classes de qualité de l'eau de l'indice bactériologique et physico-chimique (IQBP) (Hébert, 1997). 16
Tableau 6 : Critères de qualité de l'eau de surface au Québec (MDDEFP, 2002c). 16
Tableau 7 : Critères de qualité de l'eau de surface pour les chlorures (MDDEP, 2002) (*critères en révision). 17
Tableau 8 : Type de peuplements de macrophytes en fonction du niveau d'eutrophisation (Pourriot et Meybeck, 1995). 20
Tableau 9 : Détermination du facteur de pondération pour chaque composante des bandes riveraines (MDDEP, 2007). 23
Tableau 10 : Formule de calcul de l'IQBR (MDDEFP, 2002d). 23
Tableau 11 : Pluviométrie recensée lors des journées d'échantillonnage (première donnée par date d'échantillonnage provient de la station météorologique de l'aéroport Jean-Lesage de Québec. La deuxième ligne provient de la station pluviométrique de la Ville de Québec situé sur le poste de pompiers à Stoneham-et-Tewkesbury). 25
Tableau 12 : Concentrations de PT mesurées à la station DE01. 28
Tableau 13 : Concentrations de NT mesurées à la station DE01. 28
Tableau 14 : Transparence de l'eau à la station DE01 au lac Delage. 31
Tableau 15 : Genres de cyanobactéries identifiés au lac Delage en 2016. 34
Tableau 16 : Synthèse des caractéristiques des communautés cyanobactériennes du lac Delage. 35
Tableau 17 : Espèces observées en 2007, 2012 et 2016 36
Tableau 18 : Pourcentage de recouvrement en % des espèces dominantes ou groupement d'espèces dominantes pour les herbiers identifiés (M1 = recouvrement total en m² pour la zone étudié). 38

Tableau 19 : Types et superficies des types de peuplements des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.....	40
Tableau 20 : Description détaillée de la bande riveraine du lac Delage en fonction des zones homogènes.	45
Tableau 21 : Contextes de mesure lors de l'échantillonnage des tributaires (E17, E18, E19 et E20).	47
Tableau 22 : Données de turbidité mesurées dans les tributaires du lac Delage en 2016 (NTU). Les couleurs indiquent les classifications de la qualité de l'eau de l'IBQP (bleu : excellente; vert; bonne).	51

1 Introduction

Dans le cadre du programme de suivi de la qualité de l'eau du haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles, l'Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord (APEL) réalise la diagnose de plusieurs lacs du territoire afin de suivre l'évolution de leur état trophique et de leur intégrité écologique. Les diagnoses sont habituellement effectuées tous les cinq ans pour un même lac, mais cette fréquence peut varier en fonction des ressources financières, temporelles et techniques disponibles.

Dans le cas du lac Delage, plusieurs études ont été effectuées par le passé, notamment par le Groupe-conseil Enviram en 2002 (Groupe-conseil Enviram, 2003), l'APEL en 2007 (APEL, 2009) et le Groupe Hémisphères en 2012 (Groupe Hémisphères, 2013). Ces études ont permis d'identifier différents enjeux relatifs au lac Delage :

- Bande riveraine inadéquate dans certains secteurs;
- Relargage potentiel de phosphore dans la zone anoxique de l'hypolimnion (zone profonde du lac Delage);
- Problématique d'érosion dans certains tributaires du lac;
- Envahissement par le myriophylle à épis;
- Inversion du débit de la décharge du lac Delage lorsque le niveau du lac Saint-Charles est élevé, provoquant une remontée des effluents de la station d'épuration des eaux usées de Lac-Delage vers le lac Delage.

La diagnose du lac Delage réalisée en 2016 en collaboration avec la Ville de Québec visait ainsi à faire un suivi des problématiques soulevées dans les études précédentes, mais également à actualiser le portrait du plan d'eau, à évaluer l'évolution de son état trophique et à caractériser la qualité de l'eau de ses tributaires. De façon plus spécifique, les objectifs de l'étude étaient d'évaluer l'état trophique du lac, de décrire les communautés de cyanobactéries, de caractériser les herbiers aquatiques et les bandes riveraines, d'analyser la qualité de l'eau de ses tributaires et d'évaluer son degré de contamination par les sels de voirie.

2 Description du lac et de son bassin versant

Le lac Delage est situé à l'intérieur des limites de la ville de Lac-Delage, qui compte environ 650 habitants. Le plan d'eau présente une superficie d'environ 0,52 km² et atteint environ 26 m en son point le plus profond. Il est alimenté par quatre affluents (3 intermittents et 1 canalisé). Il est probablement également alimenté par les eaux souterraines, mais leurs apports n'ont pas encore été étudiés. Son effluent se déverse dans les marais situés au nord du lac Saint-Charles. En période de crues, lorsque le niveau du lac Saint-Charles est élevé, il arrive que l'écoulement de l'exutoire du lac Delage s'inverse. Le lac Delage reçoit alors les eaux usées traitées, mais encore chargées d'éléments nutritifs, sortant de la station d'épuration de la ville de Lac-Delage.

Fréquenté par les citoyens de la ville de Lac-Delage et les visiteurs du Manoir du Lac Delage, le plan d'eau présente une vocation principalement récréative. Durant l'été, l'achalandage y est important et les usagers y pratiquent diverses activités telles que le canot, le kayak, la baignade et la pêche.

Le bassin versant du lac Delage chevauche le territoire de Lac-Delage (2,1 km², soit 33 % du bassin), de Québec (3,1 km², soit 48 % du bassin) et de Stoneham-et-Tewkesbury (1,2 km², soit 19 % du bassin). La majorité du bassin versant est couverte par de la forêt (71 %). Les habitations se concentrent principalement dans un rayon de 300 m en périphérie du lac (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Le Tableau 1 présente les caractéristiques du bassin versant du lac Delage.

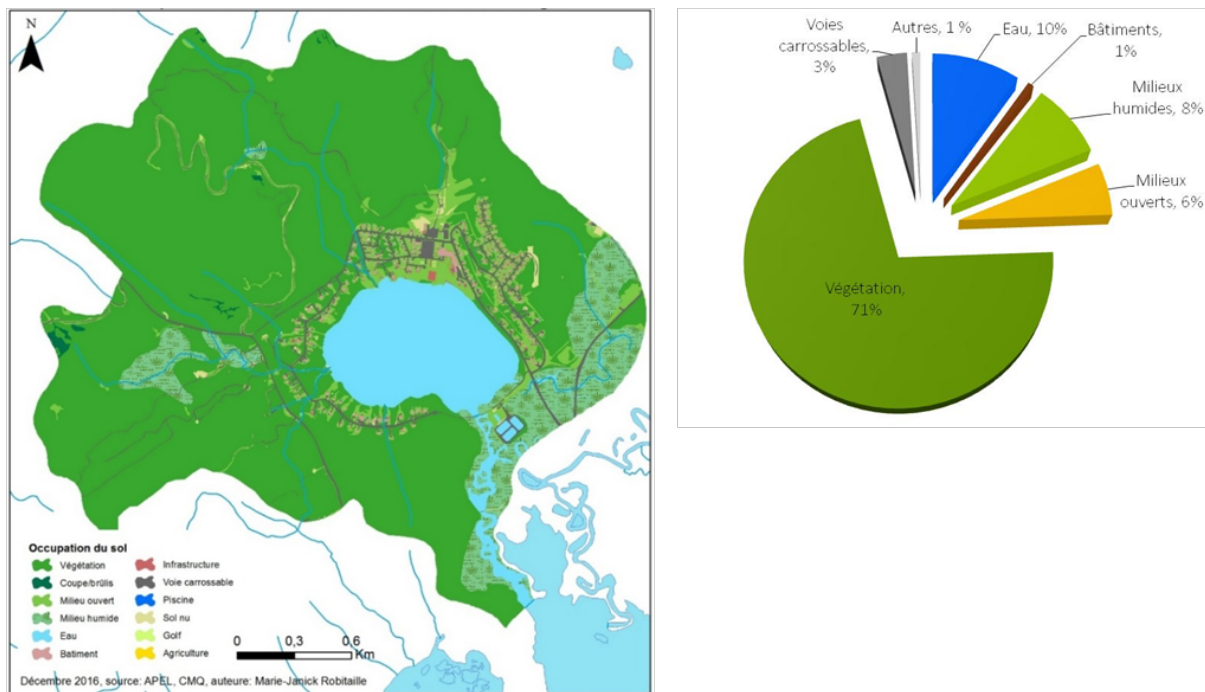


Figure 1 : Le lac Delage et l'occupation du sol de son bassin versant en 2015 (données tirées de la carte d'occupation du sol réalisée par l'APEL en 2015 basée sur les ortho-photos de la CMQ de 2013).

Tableau 1 : Caractéristiques du bassin versant du lac Delage.

Caractéristiques du lac Delage et de son bassin versant	
Superficie totale	6,31 km ²
Lac Delage	9,31 %
Superficie imperméable	4,21 %
Superficie anthropisée	10,67 %

Environ 300 des 350 résidences de la ville de Lac-Delage sont raccordées au réseau d'égout qui amène les eaux usées à la station d'épuration municipale de type étangs aérés. Le Manoir du lac Delage est également connecté au réseau d'égout. L'effluent de la station d'épuration se jette dans la décharge du lac Delage à environ 50 m en aval du lac. Les résidences de l'avenue du Rocher, situées à l'ouest du lac, ne sont pas raccordées au réseau d'égout et ce sont des installations septiques autonomes qui traitent leurs eaux usées.

3 Méthodologie

3.1 Caractérisation de la qualité de l'eau du lac et de ses tributaires

La prise d'échantillons et la collecte de données par l'APEL ont été réalisées au point le plus profond du lac Delage, ainsi qu'à quatre stations positionnées sur certains tributaires (

Figure 2). Un profil vertical y a été réalisé aux 0,5 m à l'aide d'une sonde multiparamètres de type YSI-6600-V2. La mesure de quelques paramètres a été effectuée à différentes profondeurs (voir le Tableau 2 pour les paramètres mesurés par la sonde et pour ceux effectués en laboratoire). Les prélèvements ont été effectués dans la colonne d'eau à l'aide d'une bouteille horizontale Alpha lors des mélanges du printemps et de l'automne, ainsi qu'à deux reprises lors de la stratification thermique maximale en période estivale (Figure 3). La transparence de la colonne d'eau a également été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Dans les tributaires, les échantillons ont, quant à eux, été prélevés avec une perche ou une tasse à mesurer. Les sites d'échantillonnage sont localisés à la

Figure 2.

Tableau 2 : Paramètres dosés au laboratoire de la Ville de Québec et paramètres mesurés avec la sonde YSI 6600 V2 pour le lac Delage et ses tributaires en 2016.

Paramètres dosés au Laboratoire de la Ville de Québec	Unité de mesure	Emplacement du prélèvement	
		Lac À l'aide d'une bouteille Alpha	Tributaires À l'aide d'une perche ou tasse à mesurer
Azote total	mg N/l	1. 1 m de profondeur (épilimnion) 2. Thermocline (métalimnion) 3. 1 m du fond (hypolimnion) (voir Figure 3).	Directement dans le cours d'eau, en aval d'un affluent
Azote ammoniacal	µg N/l		
Nitrites/nitrates	mg N/l		
Phosphore total	µg P/l		
Orthophosphates solubles	µg P/l		
Ions chlorures	mg/l		
Fer	mg/l		
Carbone organique total	mg/l		
Carbone organique dissous	mg/l		
Cyanobactéries	algues/ml	1. En surface 2. Pic de phycocyanine 3. 1 m du fond	—
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	—	Directement dans le cours d'eau, en aval d'un affluent
Paramètres mesurés avec la sonde YSI 6600 V2	Unité de mesure	Emplacement de la prise de mesure	
		Lac	Tributaires
Température	°C	Profil aux 0,5 m	Directement dans le cours d'eau, en aval d'un affluent
pH¹			
Conductivité spécifique	µS/cm		
Oxygène dissous	%		
Turbidité	NTU		
Phycocyanine	cellules/ml		
Chlorophylle <i>a</i>	µg/l		

¹ Des problèmes techniques avec la sonde YSI 6600 V2 ont rendu impossible la collecte de données de pH à certains moments.

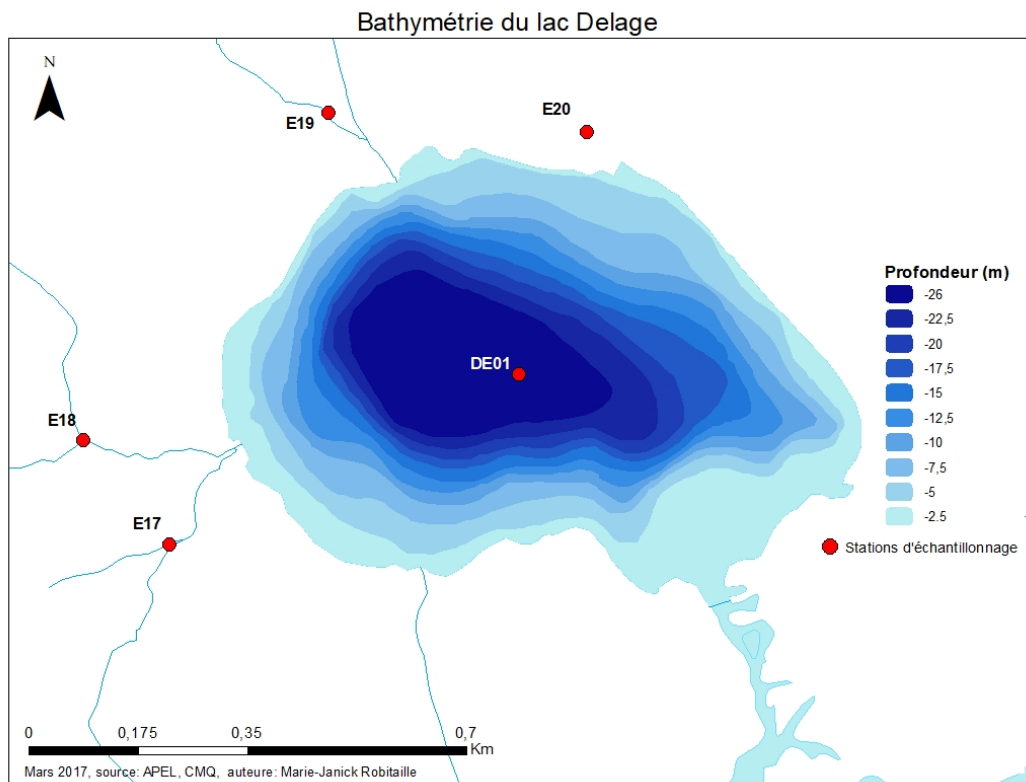


Figure 2 : Bathymétrie du lac Delage et localisation des points d'échantillonnage.

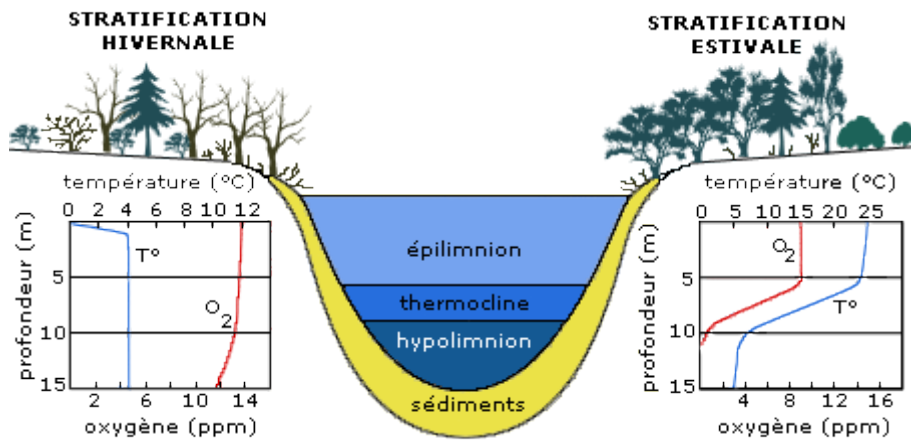


Figure 3 : Profil de l'oxygène et de la température en été et en hiver. Les couches de stratification en surface s'appellent épilimnion, celle de transition thermocline (ou métalimnion) et celle du fond hypolimnion (Tiré de : www.ecoledepeche.be).

3.1.1 Contextes de mesure

L'analyse des données de la qualité de l'eau s'appuie sur le contexte environnemental au moment des mesures lors de la journée de l'échantillonnage et sur l'information supplémentaire obtenue des riverains sur les activités ayant lieu sur le territoire durant la saison d'échantillonnage. Les éléments consignés à chaque visite d'une station d'échantillonnage sont regroupés au Tableau 3. Par ailleurs, toute autre information qualitative pouvant être utile pour l'analyse des données a été notée : aspect de l'eau, débit d'eau estimé, présence d'algues, présence d'organismes morts, présence de constructions près des rives ou dans le bassin versant, difficultés techniques avec l'équipement, etc.

Tableau 3 : Contextes de mesure.

Contexte d'ordre général :
Date, heure du début et de fin, appareils utilisés, personnel échantillonneur, température ambiante, précipitations et ensoleillement
Contexte spécifique à l'échantillonnage des ruisseaux :
Débit qualitatif et aspect de l'eau
Contexte spécifique à l'échantillonnage du lac Delage :
Vitesse et direction du vent, vagues, présence d'algues et présence de poissons morts
Contexte d'événements particuliers :
Constructions et/ou ouvrages dans le bassin versant et près des rives; difficultés techniques avec l'équipement; ensemencement de poissons, etc.

3.1.2 Analyse des données de la qualité de l'eau du lac

L'analyse des paramètres de qualité de l'eau du lac Delage a été effectuée sur la base des classes de niveaux trophiques des lacs tirés du MDDELCC (2017) bonifiées par l'ajout de quelques critères tirés de la littérature scientifique (Tableau 4).

Tableau 4 : Classement des niveaux trophiques des lacs.

Indicateur		Classes trophiques						
		Classe principale						
		Oligotrophe		Mésotrophe		Eutrophe	Hyper-eutrophe	
		Classe secondaire (transition)						
		Ultra-oligotrophe		Oligo-mésotrophe		Méso-eutrophe		
<i>Phosphore total (µg/l)</i>		< 4	4 - 10 10	7 - 13	10 - 30	20 - 35	30 - 100 >30	> 100
<i>Azote total (µg/l)</i>			< 350		350 - 650		651 - 1200	> 1200
<i>Chlorophylle α (µg/l)²</i>		< 1	1 - 3	2,5 - 3,5	3 - 8	6,5 - 10	8 - 25	> 25
<i>Transparence (m) (disque de Secchi)</i>		> 12	12 - 5	6 - 4	5 - 2,5	3 - 2	2,5 - 1	< 1
<i>Ratio du volume de l'épi- et l'hypolimnion estival</i>			< 1				> 1	
<i>Profil de l'oxygène en été (voir figure 5)</i>			Orthograde				Clinograde	
<i>% de la consommation de l'oxygène dans l'hypolimnion estival</i>			< 50 % Faible utilisation				> 50 % Forte utilisation (jusqu'à 0 %)	
<i>Peuplement par les macrophytes en fonction de la profondeur</i>	Profondeur moyenne (m)		> 9,0		> 3,6		> 0,6	0,0
	Profondeur maximale (m)		> 12,0		> 5,3		> 1,3	0,0
<i>Richesse spécifique</i>		Très faible	Faible		Moyenne		Riche	Faible
<i>Densité des herbiers*</i>			C Faible		B Intermédiaire		A Très dense et très étendue	
<i>Diversité des espèces</i>			Moyenne		Élevée		Faible	

Adapté de : Lampert et Sommer (1999); MDDEFP (2002b); Pott et Remy (2000); Schwoerbel et Brendelberger (2005).

* **Densité A** : > 10 individus par m²; **densité B** : entre 1 et 10 individus par m²; **densité C** : < 1 individu par m².

3.1.3 Analyse des données de la qualité de l'eau des affluents et de l'effluent

L'analyse des paramètres de la qualité de l'eau mesurés sur les affluents et sur l'effluent est basée sur :

- Les classes et critères de qualité de l'eau de l'Indice sur la qualité bactériologique et physico-chimique (IQBP) tirés de Hébert (1997) et du MDDEFP (2012 et 2013) (Tableaux 5 et 6);
- Le seuil utilisé pour l'azote total a été établi selon les critères du MDDEP (2002). Lorsque la concentration d'azote total est supérieure à 1 mg/l, l'hypothèse d'une surfertilisation du milieu

²La Chl α de cette étude a été mesurée à l'aide de la sonde YSI 6600 V2. Toutefois, la classe de niveaux trophiques de la Chl α tirée du MDDEFP (2002) est basée sur la mesure effectuée en laboratoire. Les données de Chl α de cette étude doivent donc être interprétées avec précaution, en se basant sur les tendances observées seulement.

aquatique peut être avancée. Il est à noter que ce critère a été retiré depuis par le Ministère. Nous l'avons conservé pour des fins de comparaison (2012).

- La conductivité spécifique : « La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Les valeurs de conductivité d'un lac sont généralement stables et dépendent surtout de la géologie locale. Lorsque des changements notables de conductivité sont observés dans un lac, c'est le signe d'une augmentation des apports de substances dissoutes provenant du bassin versant. Cependant, il est difficile de dire si les matières qui provoquent un changement dans la conductivité proviennent de minéraux naturels ou de polluants, sels nutritifs (phosphore, azote), etc. Seule l'analyse de l'eau en laboratoire indique avec précision la nature des minéraux dissous dans le lac. » (Mille Iles, 2012). La classification utilisée est fournie à titre indicatif, sachant que la conductivité de l'eau pure est égale à 0 et que les eaux peu affectées par l'activité humaine sur le bouclier canadien affichent une conductivité spécifique de moins de 50 µS/cm (Figure 4).

Au Canada, le sel de voirie le plus largement épandu sur les routes est le chlorures de sodium (NaCl) (Environnement Canada & Santé Canada, 2001). D'autres sels inorganiques sont également utilisés, comme le chlorures de calcium (CaCl₂), le chlorures de potassium (KCl) et le chlorures de magnésium (MgCl₂) (Environnement Canada & Santé Canada, 2001). Tous ces sels se transforment en ions lors de leur contact avec l'eau. L'ion chlorures (Cl⁻) est soluble, mobile et persistant dans les eaux de surface. Il ne se volatilise pas, ne précipite pas facilement et il ne se fixe pas non plus à la surface des particules (Environnement Canada & Santé Canada, 2001). Ces caractéristiques font en sorte que les chlorures s'accumulent dans les eaux de surface, s'infiltrent dans le sol et polluent les nappes phréatiques. La présence de cet ion est donc indicatrice d'une contamination de l'eau par des sels de voirie (

- Tableau 7).

Tableau 5 : Classes de qualité de l'eau de l'indice bactériologique et physico-chimique (IQBP) (Hébert, 1997).

Classes de qualité IQBP	CF (UFC/100 mL)	PT (µg/L)	MES (mg/L)	Oxygène dissous (%)	pH	Chlorophylle <i>a</i> (mg/L)	Turbidité NTU
Bonne	≤200	≤30	≤6	88 – 124	6,9 – 8,6	≤5,7	≤2,3
Satisfaisante	201 – 1000	31 – 50	7 – 13	80 – 87	6,5 – 6,8	5,71 - 8,6	2,4 - 5,2
				125 – 130	8,7 – 9,0		
Douteuse	1001 – 2000	51 – 100	14 – 24	70 – 79	6,2 – 6,4	8,61 - 11,1	5,3 - 9,6
				131 – 140	9,1 – 9,3		
Mauvaise	2001 – 3500	101 – 200	25 – 41	55 – 69	5,8 – 6,1	11,1 - 13,9	9,7 - 18,4
				141 – 150	9,4 – 9,6		
Très mauvaise	> 3500	> 200	> 41	< 55	< 5,8	> 13,9	> 18,4
				> 150	> 9,6		

Tableau 6 : Critères de qualité de l'eau de surface au Québec (MDDEFP, 2002c).

Paramètre	Critère de qualité	Objectif du critère
-----------	--------------------	---------------------

Phosphore total (PT)	≤ 20 µg/l	S'applique aux cours d'eau se jetant dans un lac. Vise à limiter la croissance de végétaux dans les lacs ³ .
	≤ 30 µg/l	Vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières.
Coliformes fécaux (CF)	≤ 200 UFC/100 ml	Permet tous les usages récréatifs.
	200 - 1000 UFC/100 ml	Les usages où il y a contact direct avec l'eau sont compromis.
	> 1000 UFC/100 ml	Tous les usages récréatifs sont compromis. Non-recommandé pour l'approvisionnement en eau potable sans un système de traitement complet.

Conductivité spécifique (µS/cm)
0 - 49,99
50 - 99,99
100 - 149,99
150 - 249,99
250 - 399,99
400 - 999,99
1000 - 6000

Figure 4 : Classes de la conductivité spécifique proposées par l'APPEL et utilisées à titre indicatif.

Tableau 7 : Critères de qualité de l'eau de surface pour les chlorures (MDDEP, 2002) (*critères en révision).

Visée	[Cl ⁻]	Commentaires
Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)	250 mg/l	Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation peuvent être altérées.
Protection de la vie aquatique Effet aigu	860 mg/l*	Ce critère de qualité n'est probablement pas suffisamment protecteur lorsque les chlorures sont associés au potassium, au calcium ou au magnésium plutôt qu'au sodium. De plus, puisque les organismes d'eau douce tolèrent les chlorures seulement sur une plage restreinte de concentrations sans subir de toxicité aiguë, un dépassement du critère de qualité pourra nuire à bon nombre d'espèces.
Effet chronique	230 mg/l*	

³ Ce critère a été retiré en 2012 et n'a pas été remplacé. Le critère des ≤ 30 µg/l est encore en vigueur, cependant : « Cette valeur protectrice pour les cours d'eau, n'assure pas toujours la protection des lacs en aval ». Nous avons donc choisi de conserver le critère de 20 µg/l pour les fins d'analyse dans ce rapport (MDDEFP, 2013).

3.2 Caractérisation des herbiers aquatiques

La caractérisation des communautés de plantes aquatiques vise à établir, dans un premier temps, l'état de référence quant à la distribution, à l'abondance et à la diversité des plantes aquatiques et la présence ou non de plantes potentiellement problématiques. Dans un deuxième temps, l'information recueillie permet de suivre l'évolution des communautés de plantes aquatiques, d'identifier les zones du lac qui sont particulièrement affectées par la croissance des plantes aquatiques et, s'il y a lieu, de suivre l'évolution des espèces envahissantes et invasives pour restreindre leur propagation. Les plantes aquatiques observées sont aussi nommées macrophytes. Elles sont visibles à l'œil nu.

3.2.1 Recensement des herbiers aquatiques

La caractérisation des herbiers aquatiques a été effectuée selon le protocole développé par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP, 2002a) pour le Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL).

L'identification des herbiers a été réalisée sur l'ensemble de la bande littorale du lac, zone dans laquelle les espèces aquatiques sont susceptibles de croître. L'inventaire a été réalisé à partir d'un canot et à l'aide d'un aquascope⁴, selon un trajet aléatoire et jusqu'à une profondeur d'environ 3 m (Figure 5).

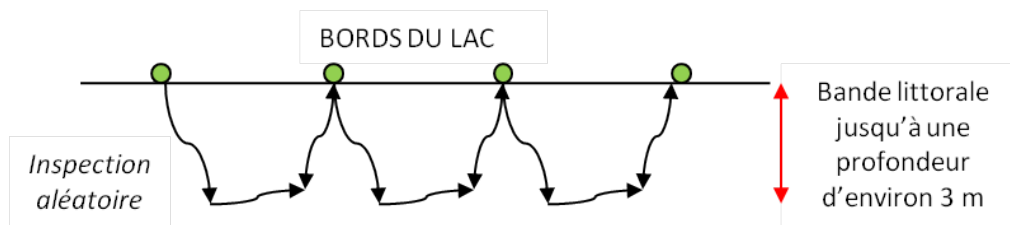


Figure 5 : Protocole d'observation des herbiers aquatiques.

L'inventaire a été effectué au début septembre, lorsque les plantes aquatiques sont généralement bien développées, et lors de journées ensoleillées et peu venteuses. Ces conditions météorologiques assurent une meilleure visibilité pour l'identification des plantes aquatiques submergées.

Afin de bien situer les observations pour chaque nouvel herbier identifié, des zones d'observation ont été délimitées et dessinées directement sur des orthophotos et un repère visuel a été noté au début et à la fin de chacune. De plus, une fiche de caractérisation a été complétée pour chaque herbier : espèces, diversité, densité, étendue, etc. (voir annexe 1 pour la fiche). D'autre part, dans le but d'atteindre une plus grande précision dans l'analyse, la limite des herbiers a été fixée à l'endroit où la végétation passe de la prédominance d'une espèce à celle d'une autre espèce. Finalement, l'état de la rive (zone habitée, végétation naturelle, substrat distinct, etc.) a été noté afin d'évaluer les liens possibles avec le développement des herbiers aquatiques.

⁴ L'aquascope est une lunette d'observation particulière faite à partir d'un cylindre et d'une vitre de plexiglas permettant de mieux observer, à partir d'une embarcation, le fond du plan d'eau.

Ce protocole de caractérisation permet d'obtenir une bonne estimation de la densité des herbiers dans les endroits davantage colonisés par chaque espèce, ainsi que de la densité moyenne pour chaque zone d'observation et chaque catégorie de plantes (submergée, émergée et flottante).

En outre, pour chaque zone délimitée, les herbiers aquatiques ont été classifiés en termes de densité et les macrophytes en termes de pourcentage de recouvrement (la somme des pourcentages de recouvrement de chacun des macrophytes étant égale à 100 % pour chaque herbier aquatique identifié).

Les zones homogènes sont distinctes les unes des autres lorsqu'un changement notable sans équivoque est observé dans la distribution, l'abondance ou la composition en macrophytes. L'objectif n'était pas d'identifier toutes les petites variations dans les communautés de plantes aquatiques, mais bien les grands ensembles. Certaines variations dans les communautés de plantes aquatiques ne sont donc pas cartographiées.

3.2.2 Analyse des herbiers aquatiques

Les herbiers aquatiques sont un bon bio-indicateur de l'état d'un lac. Afin de pouvoir interpréter les observations concernant les plantes recensées, une revue de la littérature a été réalisée pour chaque espèce observée afin de connaître ses exigences écologiques (Figure 6). En outre, les espèces végétales et leur pourcentage d'abondance respective, la richesse spécifique, la densité et la diversité spécifique, le pourcentage de recouvrement, les types de peuplement et le ratio entre la surface colonisable et la surface colonisée ont également été analysés afin de pouvoir utiliser ces observations dans le classement trophique du lac (

Tableau 8 et Figure 7).

La cartographie des herbiers aquatiques a été réalisée à l'aide du logiciel *ArcGIS*, d'orthophotographies et des données bathymétriques. Tout ceci a permis d'évaluer approximativement l'étendue des herbiers aquatiques et la superficie approximative totale du littoral occupée par des plantes aquatiques.

Espèces	Milieu préféré		
	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe
<i>Brasénie schreberi</i>		x	x
<i>Eleocharis palustris</i>	x	x	
<i>Elodea canadensis</i>	x	x	x
<i>Eriocaulon septangulare</i>	x	x	
<i>Isoetes lacustris</i>	x		
<i>Lobelia dortmanna</i>	x	x	
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	x	x	
<i>Myriophyllum spicatum</i>		x	x
<i>Najas flexilis</i>		x	
<i>Nuphar variegatum</i>	x	x	x
<i>Pontederia cordata</i>		x	x
<i>Potamogeton amplifolius</i>			x
<i>Potamogeton filiformis</i>	x		
<i>Potamogeton pusillus</i>	x	x	x
<i>Potamogeton robbinsii</i>	x	x	
<i>Sparganium eurycarpum</i>	x	x	x
<i>Sparganium fluctuans</i>		x	x
<i>Utricularia vulgaris</i>	x	x	x
<i>Vallisneria americana</i>		x	x

x = préférence

Figure 6 : Bilan sur les préférences écologiques des espèces recensées dans le lac Delage.

Tableau 8 : Type de peuplements de macrophytes en fonction du niveau d'eutrophisation (Pourriot et Meybeck, 1995).

OLIGOTROPHE	MÉSOTROPHE	EUTROPHE	HYPER-EUTROPHE
Peuplement clairsemé, touffes, bandes, bosquets, peuplement clairsemé à couverture flottante; peuplement libre subaquatique clairsemé.	Touffes, bandes, bosquets, peuplement clairsemé à couverture flottante; prairie hétérogène.	Prairies hétérogènes, peuplements à couverture flottante, champ de macrophytes submergés et champs de macrophytes émergents, peuplement à couverture flottante, peuplement bistratifié avec flottants et peuplement bistratifié avec émergents.	Peuplement à couverture flottante, écheveau flottant; peuplement bistratifié avec flottants et peuplement bistratifié avec émergents.

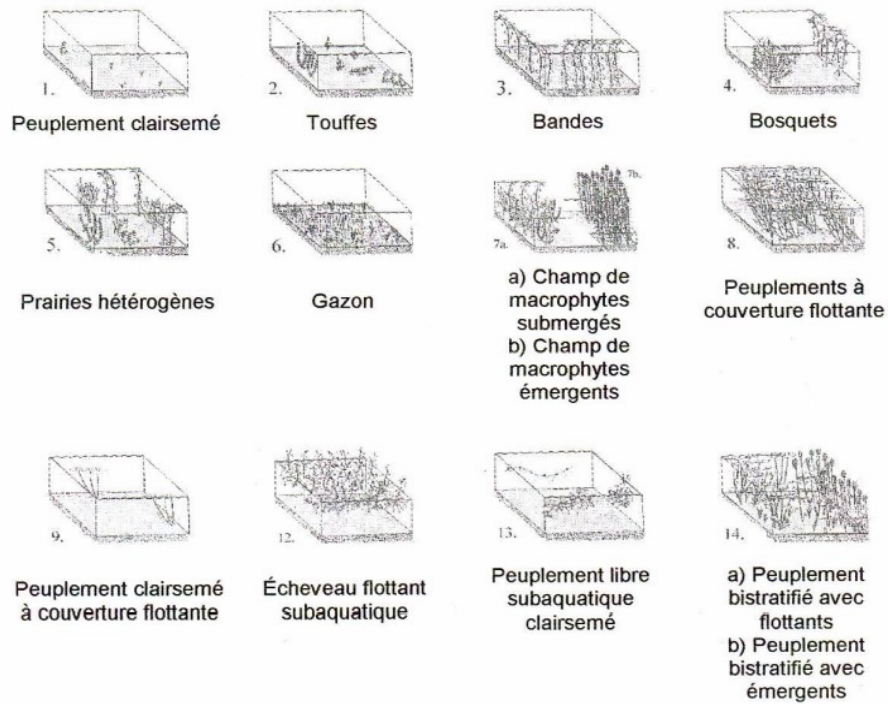


Figure 7 : Types de peuplements de macrophytes (Pourriot et Meybeck, 1995).

3.3 Caractérisation des rives

La caractérisation des rives du lac Delage a été réalisée en suivant le *Protocole de caractérisation de la bande riveraine* établi par le MDDEP et le Conseil régional de l’environnement des Laurentides (CRE Laurentides) (MDDEP et CRE Laurentides 2007).

Le premier critère à relever est celui des zones homogènes. Celles-ci se distinguent les unes des autres par un changement notable sans équivoque, soit dans l’utilisation du sol, soit dans les types d’aménagement de la bande riveraine et du rivage relativement à une catégorie d’utilisation du sol donnée. Ces zones homogènes de la bande riveraine sont donc d’abord délimitées par un changement dans l’utilisation du sol selon les cinq grandes catégories :

- Naturelle;
- Agriculture;
- Foresterie;
- Infrastructures;
- Habitée.

Dans les catégories d’utilisation du sol, à l’exception de celles dont l’occupation totale de la zone homogène est naturelle, quelques sous-catégories sont distinguées :

- La végétation naturelle;

- La végétation ornementale, les cultures, les coupes forestières;
- Les murets et les remblais;
- Les sols dénudés et les foyers d'érosion;
- Les matériaux inertes.

Finalement, neuf composantes⁵ de la bande riveraine ont été évaluées au lac Delage et sont représentées en pourcentage de recouvrement (sur une largeur de 15 m) :

- de la strate arborescente (forêt);
- de la strate arbustive;
- des herbacées;
- des coupes forestières;
- de la pelouse;
- des cultures;
- du sol nu;
- du socle rocheux;
- des infrastructures d'origine anthropique.

La caractérisation de la bande riveraine est réalisée par deux personnes à partir d'une embarcation. Les observations ont été notées sur des fiches de terrain (voir annexe 2). Les problématiques spécifiques et ponctuelles ont également été relevées.

3.3.1 Analyse des bandes riveraines

L'analyse et la classification des bandes riveraines s'appuient sur l'indice de qualité des bandes riveraines (IQBR) qui indique la condition écologique d'un milieu riverain. Il est basé sur la série de neuf composantes (présentées précédemment) faisant intégralement partie des habitats riverains. Une cote est attribuée à chacune des composantes afin d'obtenir une valeur finale de l'IQBR. Cette cote évalue le potentiel de chacun des éléments à remplir les diverses fonctions écologiques des milieux naturels. Nous avons également recensé les points les plus critiques dans la bande riveraine, les endroits où la dégradation est maximale.

L'étape suivante consiste à déterminer l'importance relative des composantes dans chacune des parcelles. L'importance relative est représentée par un coefficient nommé « facteur de pondération Pi ».

Ce facteur représente le quotient entre le potentiel réel et le potentiel maximum de chaque composante, le potentiel maximum étant atteint par les forêts (fonctions écologiques maximales) (Tableau 9). Afin de faciliter l'interprétation du facteur de pondération, l'équation est ramenée sur une échelle variant entre 1,7 et 10. Plus le facteur de pondération est grand, plus l'indice de qualité de la bande riveraine sera élevé, donc plus la qualité de l'habitat est bonne (MDDEFP, 2002d).

⁵ Neuf composantes utilisées dans le calcul de l'indice de qualité des bandes riveraines (IQBP) du MDDEFP, (2002b).

Pour chacun des secteurs préalablement déterminés, l'indice de qualité de la bande riveraine a été calculé selon la formule présentée au Tableau 10.

Tableau 9 : Détermination du facteur de pondération pour chaque composante des bandes riveraines (MDDEP, 2007).

FONCTIONS ÉCOLOGIQUES	FORÊT	ARBUSTAIE	HERBAÏE	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

Tableau 10 : Formule de calcul de l'IQBR (MDDEFP, 2002d).

IQBR = $[\sum(\%_i \times P_i)]/10$	
<p><i>IQBR = ((% forêt * 10)</i> <i>+ (% arbustaie * 8,2)</i> <i>+ (% herbacée naturelle * 5,8)</i> <i>+ (% coupe forestière * 4,3)</i> <i>+ (% friche fourrage_pâturage_pelouse * 3)</i> <i>+ (% culture * 1,9)</i> <i>+ (% sol nu * 1,7)</i> <i>+ (% socle rocheux * 3,8)</i> <i>+ (% infrastructure * 1,9)</i> <i>/10</i></p>	<p>Avec : <i>l = nième composante (ex : forêt, arbustaie, etc.);</i> <i>d_i = pourcentage du secteur couvert par la nième composante;</i> <i>P_i = facteur de pondération de la nième composante.</i></p>

Finalement, les résultats sont classés selon la capacité de la bande riveraine à remplir ses fonctions écologiques (Figure 8).

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

Figure 8 : Classement des sections de la bande riveraine en fonction de leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques (MDDEFP, 2002b).

4 Résultats

4.1 Conditions météorologiques

Quelques statistiques météorologiques enregistrées par Environnement Canada à l’aéroport Jean-Lesage sont présentées aux figures 9 et 10 afin d’illustrer le portrait météorologique de l’année 2016 en comparaison avec les normales mensuelles enregistrées entre 1998 et 2015 par Environnement Canada. La Figure 9 montre que les températures moyennes mensuelles de 2016 sont similaires à celles de 1998 à 2015, à l’exception du mois d’avril qui était plus froid et du mois de novembre qui était plus chaud que la moyenne des vingt dernières années. La Figure 10 montre que les précipitations moyennes mesurées en 2016 sont similaires aux moyennes observées entre 1998 et 2015, à l’exception des mois de février, mars et octobre. Le

Tableau 11 présente les conditions pluviométriques durant les périodes d’échantillonnage du lac Delage.

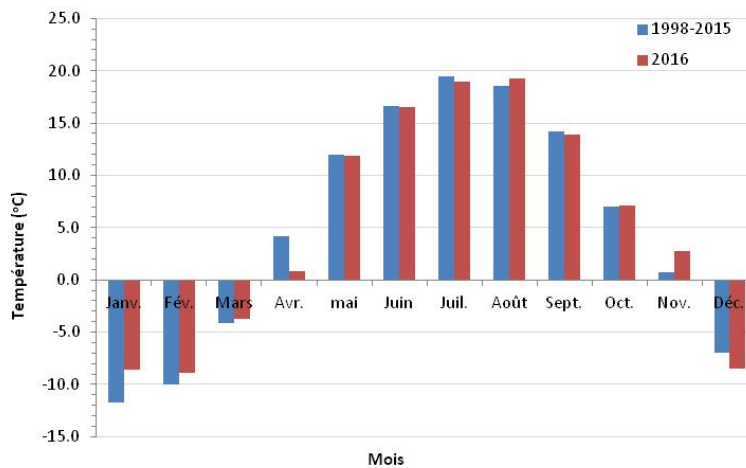


Figure 9 : Températures moyennes mensuelles (en °C) mesurées par Environnement Canada à l’aéroport Jean-Lesage en 2016 en comparaison avec les normales mensuelles entre 1998 et 2015.

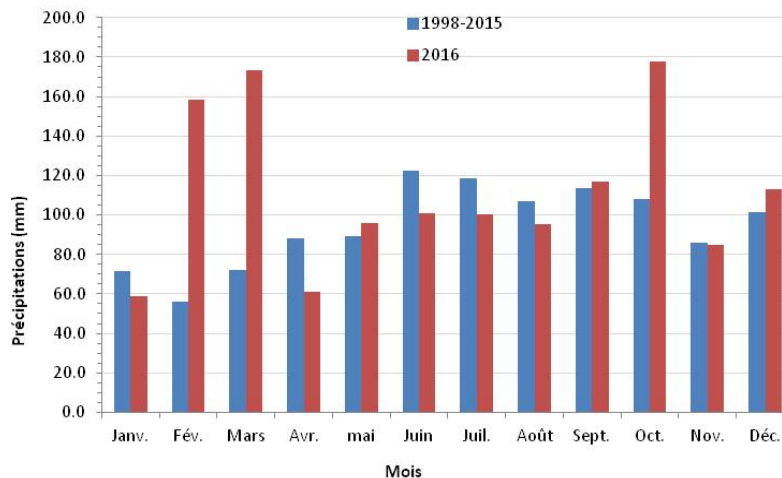


Figure 10 : Précipitations totales mensuelles (en mm) mesurées par Environnement Canada à l'aéroport Jean-Lesage en 2016 en comparaison avec les normales mensuelles entre 1998 et 2015.

Tableau 11 : Pluviométrie recensée lors des journées d'échantillonnage (première donnée par date d'échantillonnage provient de la station météorologique de l'aéroport Jean-Lesage de Québec. La deuxième ligne provient de la station pluviométrique de la Ville de Québec situé sur le poste de pompiers à Stoneham-et-Tewkesbury).

Date d'échant. du lac Delage (2016)	Précipitations (observation terrain)	Précipitations		Transparence de l'eau à la DE01 (m)
		Dans les dernières 24 h (mm)	Dans les dernières 48 h (mm)	
12 mai	Pas de précipitations dans les 48 dernières heures	0 mm ⁶ 0 mm ⁷	0 mm 0 mm	3
6 juillet	Pluie dans les 24 dernières heures	0 mm 0,6 mm	0 mm 1 mm	3,2
30 août	Pluie dans les 24 dernières heures	2,8 mm 1,2 mm	3,7 mm 5,9 mm	4,1
7 novembre	Pluie dans les 24 à 48 dernières heures	0,3 mm N.D.	0,5 mm N.D.	3,1
28 novembre	Pluie dans les dernières 24 heures	3,1 mm N.D.	8,4 mm N.D.	2,5

4.2 Analyse de la qualité de l'eau du lac Delage

4.2.1 Analyse des résultats physico-chimiques et biologiques

Le profil vertical de la colonne d'eau du lac Delage a été établi au point le plus profond du lac, cinq fois durant la période où il y a absence de glace, et ce, dès le mélange du printemps jusqu'au mélange d'automne.

4.2.1.1 Température

La Figure 11 présente le profil de la température à la station DE01 établi pour chacune des journées d'échantillonnage de 2016. Le 12 mai, lors de la première sortie, un début de stratification thermique est observé. Les eaux de l'épilimnion sont à 7 °C, et baissent à 5 °C à 11 m de profondeur. Puis, une stratification thermique bien définie a été observée lors des sorties du 6 juillet et du 30 août. La thermocline se situait alors aux environs de 5 m. Lors de la sortie du 7 novembre, une légère stratification était toujours présente. Or, afin d'obtenir un profil de répartition de la température caractéristique du mélange automnal, l'équipe est retournée échantillonner deux semaines plus tard, soit le 28 novembre.

⁶ Pluviométrie provenant de la station de l'aéroport Jean-Lesage, Québec.

⁷ Pluviométrie provenant de la station U926 de la Ville de Québec, située à Stoneham (station des pompiers).

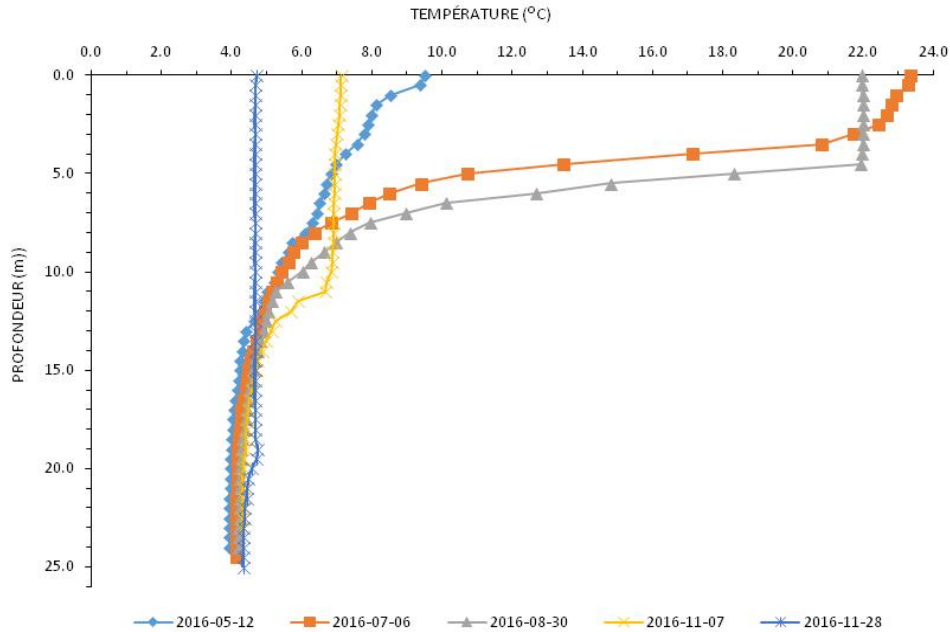


Figure 11 : Profil de la température (°C) à la station DE01 au lac Delage en 2016.

4.2.1.2 Oxygène dissous

La Figure 12 présente le profil de la concentration en oxygène dissous (%) à la station DE01 établi pour chacune des journées d'échantillonnage de 2016. Le 12 mai, lors de la première sortie, une stratification de la concentration en oxygène dissous était déjà présente dans la colonne d'eau. Les profils d'oxygène dissous lors des échantillonnages du 6 juillet et du 30 août présentent quant à eux un pic dans le métalimnion : c'est une distribution hétérograde positive qui résulte d'une intense activité photosynthétique normalement attribuable au phytoplancton accumulé dans le métalimnion (voir Figure 17). Entre les sorties du 7 novembre et du 28 novembre, une progression de l'homogénéisation de la concentration d'oxygène dissous est observée. Toutefois, le profil de la température (Figure 11) laisse croire qu'une zone anoxique persiste dans l'hypolimnion à partir de 19 m de profondeur même après le mélange automnal. Il semble que malgré la distribution uniforme de la température, le mélange du lac n'était pas tout à fait complet. Il est donc possible que le lac ne se mélange pas complètement en ce qui concerne la distribution de l'oxygène dissous. Il serait pertinent de vérifier, avec d'autres suivis plus tard à l'automne et plus tôt au printemps, si un mélange complet des eaux du lac Delage est possible. Compte tenu de sa profondeur, son *fetch* et sa situation enclavée, il est possible que ce mélange ne soit pas toujours possible. Le lac serait donc particulièrement sensible à des augmentations de la conductivité spécifique, c'est-à-dire à des changements de la densité des eaux, qui pourrait rendre sa capacité à se mélanger encore plus difficile.

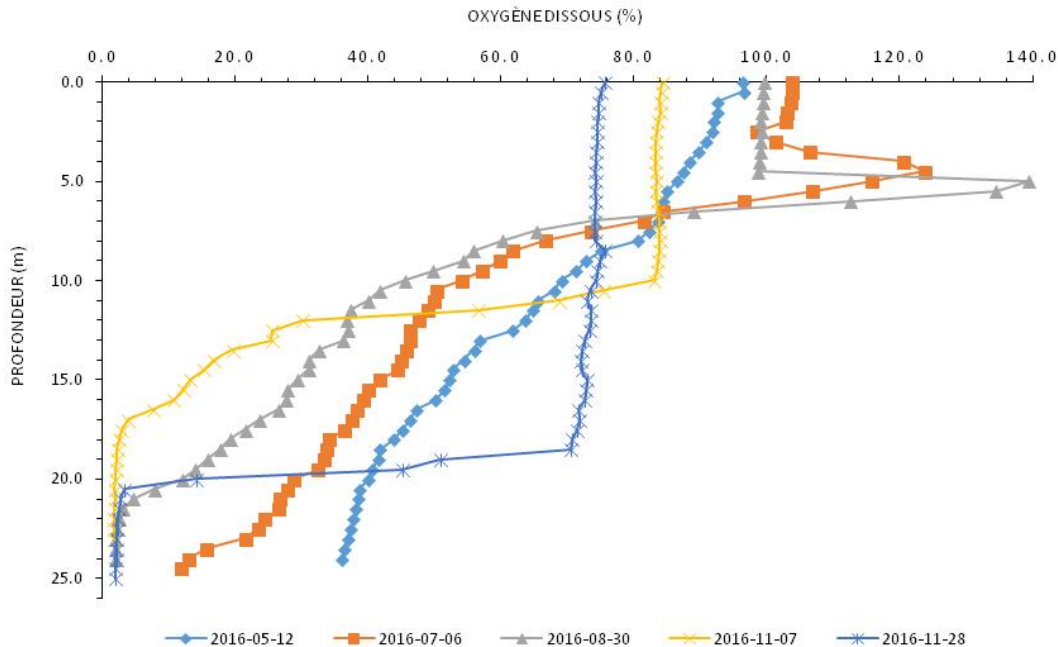


Figure 12 : Profil de l'oxygène dissous (%) à la station DE01 au lac Delage.

4.2.1.3 Phosphore total et azote total

Le Tableau 12 et la Figure 13 présentent les concentrations moyennes de phosphore total (PT) et le Tableau 13 et la Figure 14 présentent les concentrations moyennes d'azote total (NT) mesurées dans les trois strates d'eau (épilimnion, métalimnion et hypolimnion), ainsi que la profondeur du métalimnion (mesurée à la thermocline).

On observe que :

- les concentrations de PT relevées dans la métalimnion et l'épilimnion sont relativement constantes et sont très proches l'une de l'autre (moyennes annuelles de 6,8 µg/l pour l'épilimnion et de 6,1 µg/l pour le métalimnion), mais la concentration augmente entre mai et novembre dans l'hypolimnion (10,4 µg P/l).
- les concentrations de NT diminuent dans l'épilimnion dès mai et augmentent de nouveau en novembre. Parallèlement à cela, la concentration dans le métalimnion augmente en période estivale et chute au début de l'automne pour remonter un peu à la fin du mois de novembre quand le mélange des eaux a lieu. On observe la même évolution dans l'hypolimnion, mais avec des concentrations un peu plus élevées que dans le cas précédent (moyenne annuelle de 0,403 mg/l dans l'hypolimnion contre 0,282 mg/l dans le métalimnion et 0,218 mg/l dans l'épilimnion).

Tableau 12 : Concentrations de PT mesurées à la station DE01.

Date	Épilimnion (à 1 m)	Métalimnion (à profondeur variable)	Prof. m	Hypolimnion (à 1 m du fond)
	[PT] µg P/l	[PT] µg P/l		[PT] µg P/l
12 mai	7,8	5,0	12,5	5,9
6 juillet	6,8	6,5	12,5	6,9
30 août	5,7	6,7	12,5	11,1
7 novembre	7,0	6,2	11,5	10,7
28 novembre	6,8	5,9	12,5	17,4
Moyenne	6,8 µg P/l	6,1 µg P/l		10,4 µg P/l

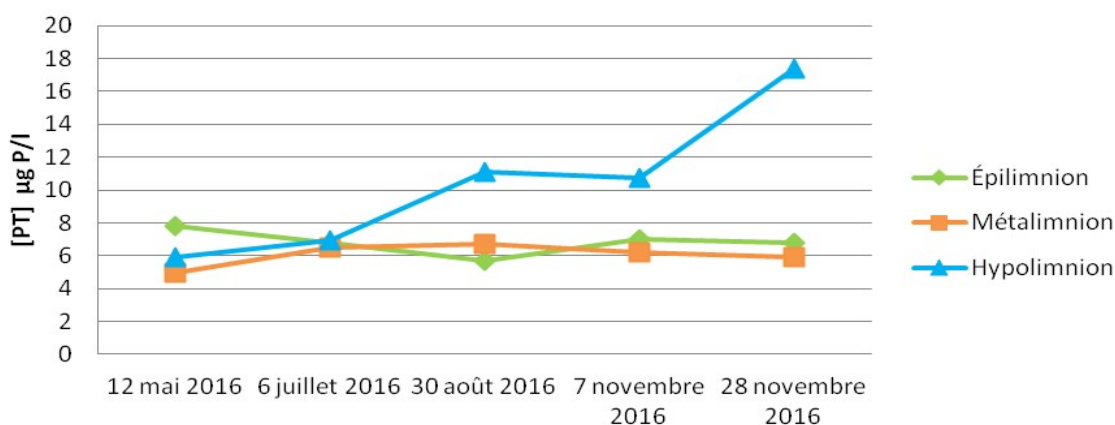


Figure 13 : Évolution de la concentration de PT dans la colonne d'eau de la station DE01 en 2016.

Tableau 13 : Concentrations de NT mesurées à la station DE01.

Date	Épilimnion (à 1 m)	Métalimnion (à profondeur variable)	Prof. m	Hypolimnion (à 1 m du fond)
	[NT] mg N/l	[NT] mg N/l		[NT] mg N/l
12 mai	0,277	0,286	12,0	0,343
6 juillet	0,183	0,315	12,5	0,407
30 août	0,200	0,358	12,0	0,460
7 novembre	0,182	0,183	11,5	0,317
28 novembre	0,250	0,270	12,5	0,490
Moyenne	0,218 mg N/l	0,282 mg N/l		0,403 mg N/l

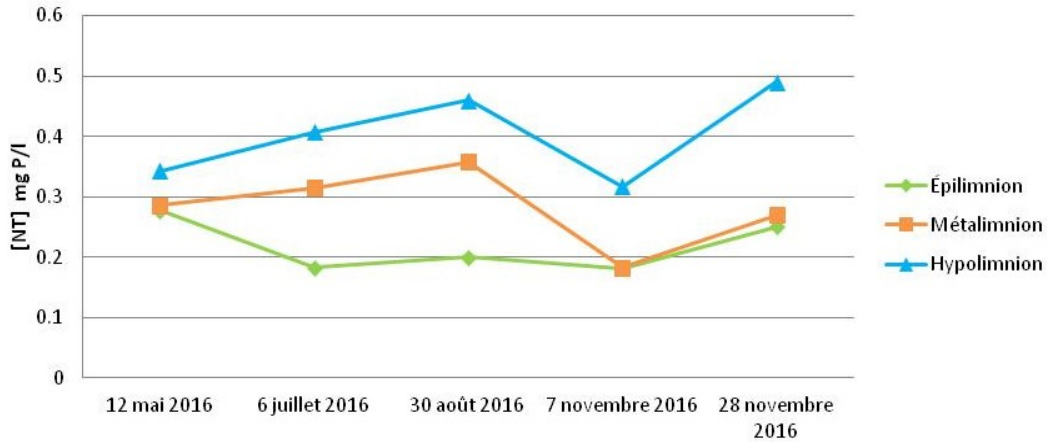


Figure 14 : Évolution de la concentration en NT dans la colonne d'eau de la station DE01 en 2016.

4.2.1.4 Conductivité spécifique, turbidité et transparence

Les figures 15 et 16 présentent respectivement les profils de conductivité spécifique et de turbidité à la station DE01.

Les profils de la conductivité spécifique du 12 mai, du 6 juillet et du 30 août sont très similaires. Ils démontrent une progression graduelle de la conductivité spécifique en fonction de la profondeur. Le 7 novembre, les données sont homogènes jusqu'à une profondeur de 10 m alors que le 28 novembre, elles le sont jusqu'à une profondeur de 19 m. Habituellement, quand un lac est complètement mélangé, les données sont homogènes dans toute la colonne d'eau. Ce n'est pas ce qui est observé ici. Or, il a été constaté avec les profils de l'oxygène et de la température du printemps ainsi que de l'oxygène à l'automne que le lac n'était pas complètement mélangé.

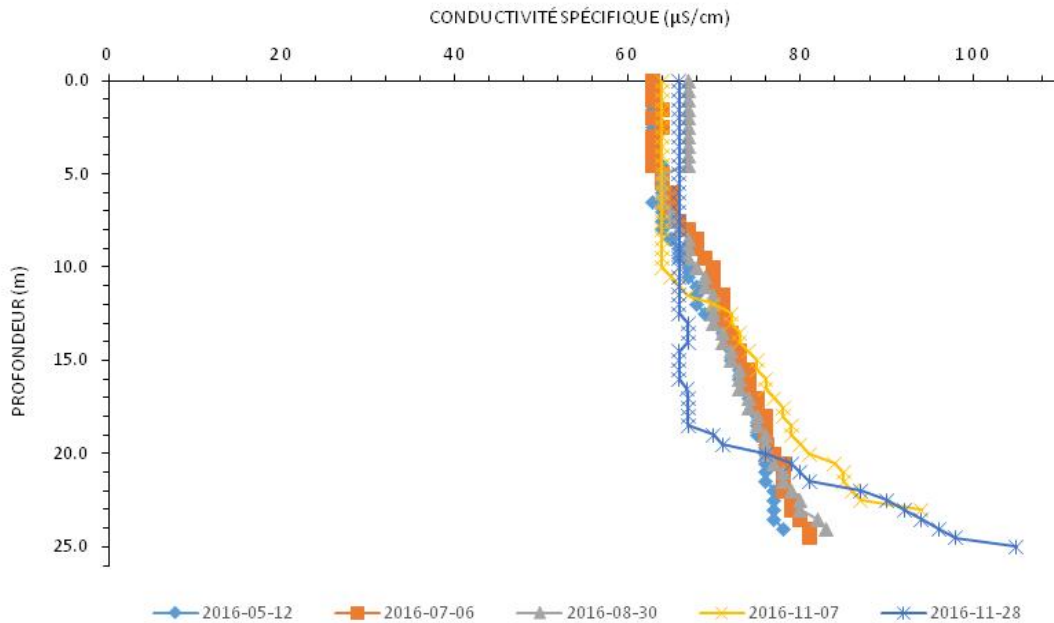


Figure 15 : Profils de la conductivité spécifique mesurée à la station DE01.

Dans l'ensemble, les profils de turbidité présentent de faibles valeurs (< 1,5 NTU) sur une profondeur de 15 m. Les profils du 12 mai, du 6 juillet et du 30 août ont une distribution similaire : augmentation progressive jusqu'au fond. Les profils du 7 et du 28 novembre sont plus variables dans l'hypolimnion. Au lac Saint-Charles (lac en aval du lac Delage) une augmentation de la turbidité peut également être observée à l'automne dans les zones profondes du lac (APEL 2014). L'hypothèse suggérée est qu'il s'agit d'une situation d'accumulation et de décomposition de la matière organique dans le fond du lac, ce qui pourrait expliquer les profils de conductivité spécifique, d'oxygène dissous et de turbidité.

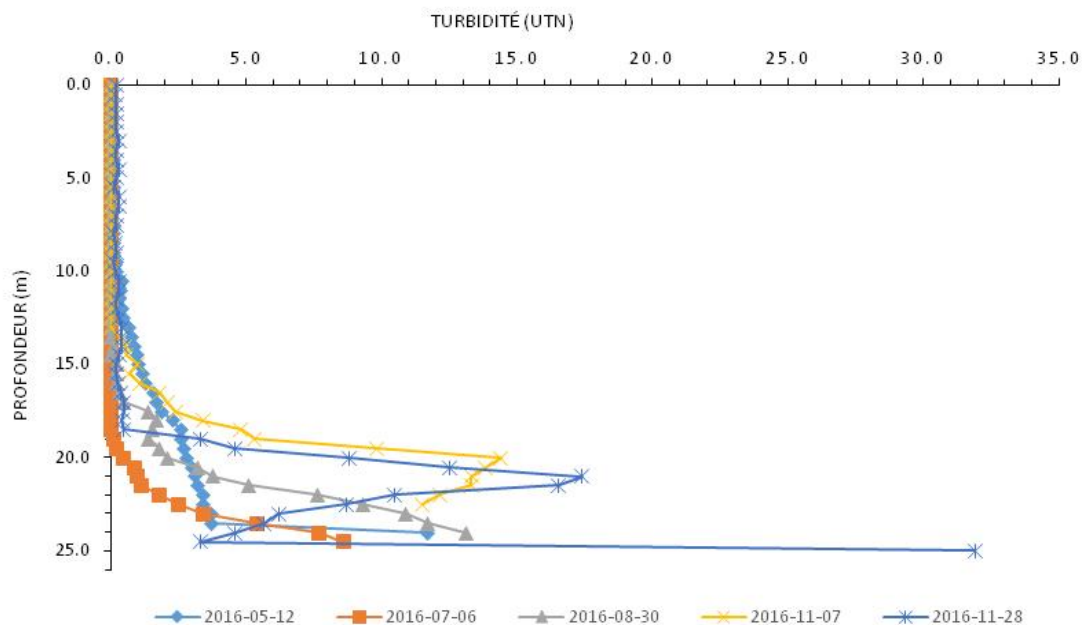


Figure 16 : Profils de la turbidité mesurée à la station DE01.

La transparence du lac a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Des résultats variant de 2,5 à 4,1 m ont été obtenus. La transparence moyenne pour la saison 2016 est de 3,2 m (Tableau 14).

Tableau 14 : Transparence de l'eau à la station DE01 au lac Delage.

Date	Transparence (m)
12 mai	3
6 juillet	3,2
30 août	4,1
7 novembre	3,1
28 novembre	2,5
Moyenne	3,2

4.2.1.5 Chlorophylle a, phycocyanine et cyanobactéries

Rappelons d'abord que la chlorophylle a, la fluorescence relative de la phycocyanine et la concentration en cyanobactéries ont été mesurées à l'aide d'une sonde YSI 6600 V2. De plus, des prélèvements d'eau ont été réalisés en surface, au pic de la phycocyanine et à 1 m du fond afin de procéder au dénombrement et à l'analyse en laboratoire des genres de cyanobactéries présentes au lac Delage. Cette analyse a été réalisée au laboratoire de la Ville de Québec.

La Figure 17 présente les profils de chlorophylle *a*, qui est un indicateur de la biomasse des producteurs primaires, pour les sorties d'échantillonnage à la station DE01 en 2016. Des pics sont observés dans le métalimnion pour les sorties du 6 juillet et du 30 août, qui coïncident avec le profil en oxygène dissous. La difficulté avec les lectures de la chlorophylle *a* concerne quel type de lecture et quelle profondeur devront être utilisées comme valeurs de références pour établir l'état trophique. Plusieurs méthodes de prélèvement sont suggérées pour en faire l'analyse au laboratoire (au premier mètre, au pic de la lecture, prise d'un échantillon intégral de l'épilimnion, lecture du disque Secchi fois trois pour établir la profondeur de prélèvement, etc.). De plus, selon les programmes de suivi, seules les valeurs du printemps sont considérées, tandis que d'autres tiennent compte de l'ensemble des échantillons de la période estivale. Nous tentons de proposer un compromis en tenant compte des lectures de la zone photique moyenne, établie selon la profondeur du disque Secchi multiplié par trois et en faisant une moyenne de l'ensemble des données disponibles dans cette zone établi à 9,6 m. La moyenne de la chlorophylle *a* est donc établie à 1,6 µg/l, avec un maximum de 7,6 µg/l, un minimum de 0 µg/l et une médiane de 1,3 µg/l.

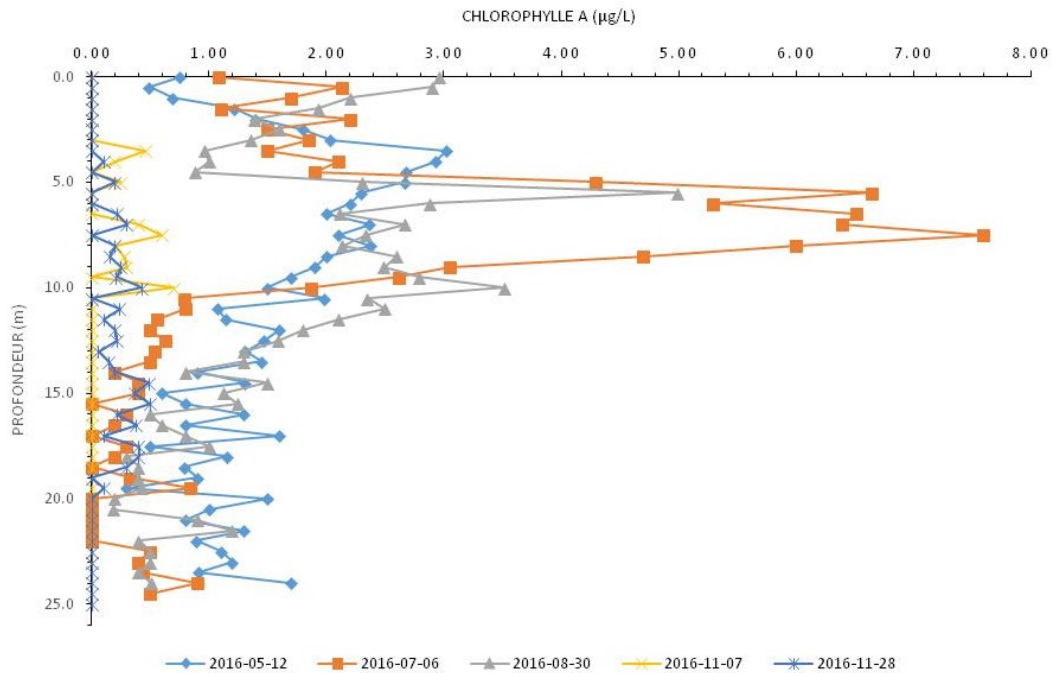


Figure 17 : Profils de la chlorophylle *a* mesurée à la station DE01.

Les figures 18 et 19 illustrent la distribution verticale des mesures de phycocyanine et de concentrations en cellules de cyanobactéries prises par la sonde YSI 6600 V2. En mai, malgré quelques variations et une diminution le long de la colonne d'eau, les concentrations en phycocyanine sont les plus importantes de la saison 2016 (moyenne de 2700 cell/ml). Cette moyenne est deux fois plus élevée que ce qui a été mesuré en pleine période estivale : près de 1100 cell/ml en juillet et 1200 cell/ml en août.

Les concentrations chutent au début novembre (80 cell/ml), puis augmentent de nouveau à la fin novembre (430 cell/ml) (Figure 20).

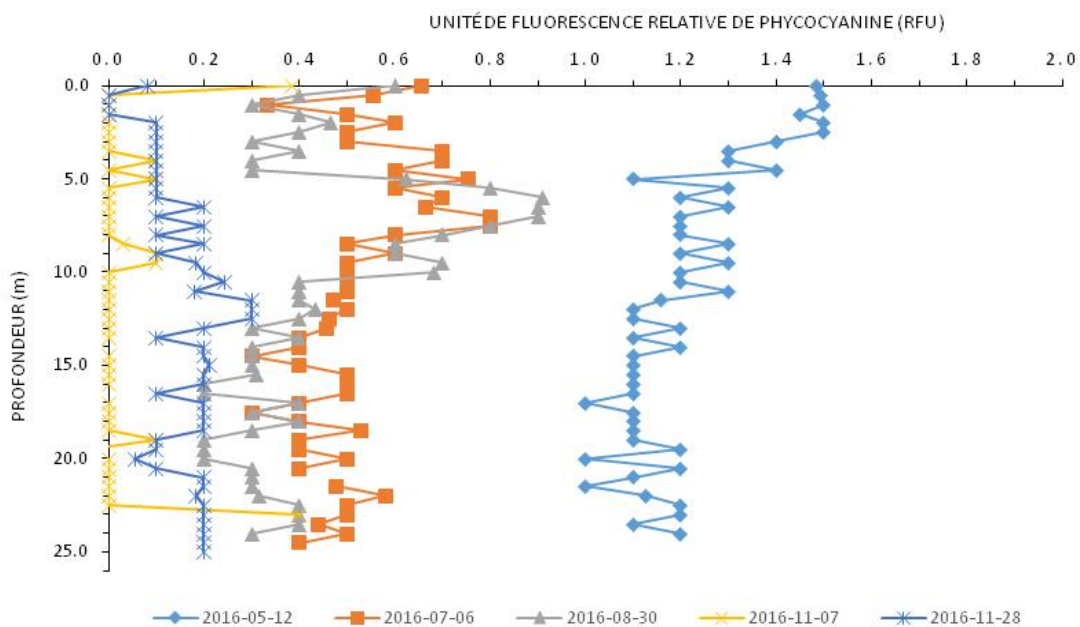


Figure 18 : Profils de la phycocyanine (RFU) mesurée à la station DE01.

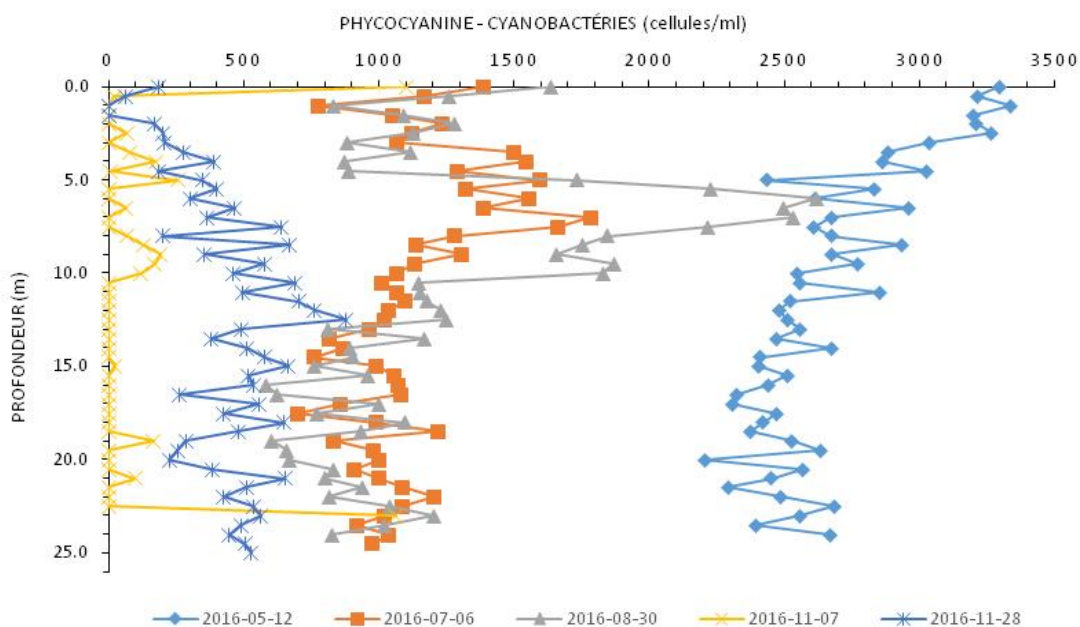


Figure 19 : Profils de la concentration en cyanobactéries (cell/ml) mesurée à la station DE01.

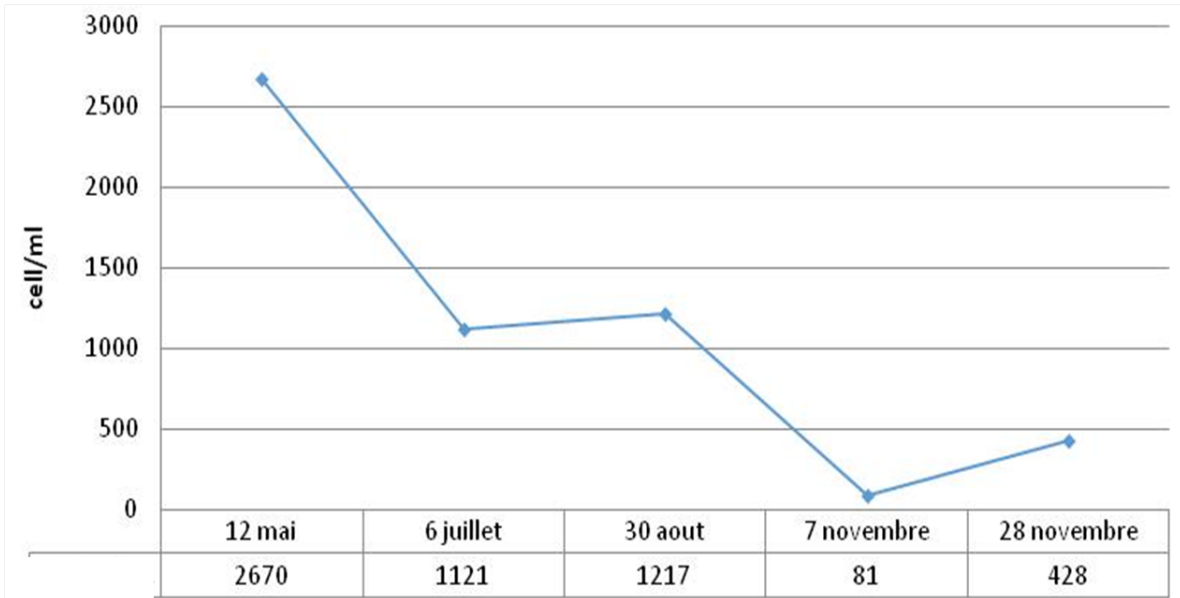


Figure 20 : Évolution de la concentration moyenne en phycocyanine mesurée dans le lac Delage en 2016 à la station DE01.

Le Tableau 15 présente les genres identifiés dans les échantillons prélevés au cours de la saison d'échantillonnage 2016.

Tableau 15 : Genres de cyanobactéries identifiés au lac Delage en 2016.

	12 mai	6 juillet	30 août	7 novembre	28 novembre
<i>Autres cyanobactéries</i>	[Barre verte]				
<i>Snowella</i> sp.	[Barre verte]		[Barre verte]		
<i>Gloeocapsa</i> sp.	[Barre verte]		[Barre verte]		
<i>Aphanothece</i> sp.	[Barre verte]				
<i>Eucapsis</i> sp.			[Barre verte]		[Barre verte]
<i>Planktolyngbya</i> sp.	[Barre verte]				
<i>Pseudanabaena</i> sp.	[Barre verte]				
<i>Woronichinia</i> sp.	[Barre verte]				
<i>Anabaena</i> sp.		[Barre verte]			
<i>Aphanocapsa</i> sp.		[Barre verte]			
<i>Microcystis</i> sp.		[Barre verte]			
<i>Radiocystis</i> sp.		[Barre verte]			
<i>Chroococcus</i> sp.		[Barre verte]			
<i>Cyanodictyon</i> sp.			[Barre verte]		
<i>Rhabdoderma</i> sp.			[Barre verte]		
<i>Merismopedia</i> sp.			[Barre verte]		
<i>Coelosphaerium</i> sp.				[Barre verte]	
<i>Synechocystis</i> sp.				[Barre verte]	
<i>Raphidiopsis</i> sp.				[Barre verte]	

Anabaena sp. et *Microcystis* sp. ont été observés dans le lac Delage en juillet. Le genre *Pseudanabaena* sp., est présent durant toute la saison d'échantillonnage. Ces genres sont indicateurs d'eaux mésotrophes et eutrophes (Cyano dbz, s.d.).

Les genres *Woronichinia* sp., *Planktolyngbya* sp. et *Aphanothece* sp. ont également été observés dans chacun des cas mais ne sont pas spécifiquement indicateurs d'un état trophique (Tableau 16).

Tableau 16 : Synthèse des caractéristiques des communautés cyanobactériennes du lac Delage.

Date	Nb de genres répertoriés	Genre dominant	Concentration (algue/ml (ve)) ⁸
5 mai	8	<i>Aphanothece</i> sp.	813
6 juillet	10	<i>Woronichinia</i> sp.	741
30 août	13	<i>Aphanothece</i> sp.	9 394
7 novembre	11	<i>Aphanothece</i> sp.	14 902
28 novembre	5	<i>Aphanothece</i> sp.	6 575

4.3 Analyse des herbiers aquatiques

La Figure 21 présente le recouvrement du lac Delage par les herbiers aquatiques en 2007 et en 2016. Bien qu’une caractérisation ait été faite également en 2012 par le Groupe Hémisphère, les résultats bruts n’étaient pas disponibles. Or, les résultats de 2007 et 2016 suffisent à constater que la superficie du lac Delage occupée par les plantes aquatiques a augmenté de manière significative.

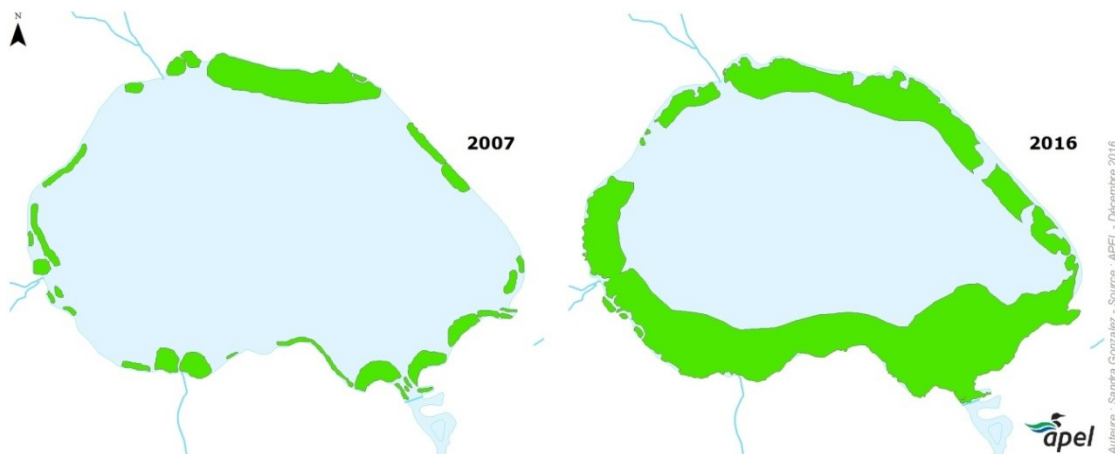


Figure 21 : Recouvrement du lac Delage par les herbiers aquatiques en 2007 et en 2016.

4.3.1 Richesse spécifique

En 2007 et en 2012, 9 espèces de macrophytes ont été identifiées, contre 20 espèces identifiées en 2016. Il semble donc y avoir une augmentation de la biodiversité végétale, mais comme la liste exhaustive des espèces n’est pas disponible pour 2007 (APEL 2009) et 2012 (Groupe Hémisphère 2012), la prudence est de mise quant à l’hypothèse d’une augmentation de la biodiversité végétale (Tableau 17).

⁸ Résultats de laboratoire.

Les résultats de 2016 montrent qu'il y a 6 espèces surreprésentées, c'est-à-dire qu'elles sont présentes dans plus du quart des herbiers aquatiques du lac Delage (Figure 22). Ces espèces sont:

- | | |
|--|--|
| ▪ <i>Vallisneria americana</i> (49 %); | ▪ <i>Myriophyllum spicatum</i> (73 %); |
| ▪ <i>Potamogeton robbinsii</i> (45 %); | ▪ <i>Elodea canadensis</i> (38 %); |
| ▪ <i>Potamogeton pusillus</i> (28 %); | ▪ <i>Brasenia schreberi</i> (33 %). |

La valeur entre parenthèses correspond au pourcentage des herbiers du lac Delage abritant l'espèce.

Les genres et espèces *Chara* sp., *Bidens beckii*, *Myriophyllum exalbescens*, *Sagittaria graminea* et *Typha* sp. n'ont pas été relevés en 2016, mais l'avaient été en 2007 et 2012. Ces plantes ont donc soit disparu du lac Delage, soit elles y apparaissent de manière ponctuelle (voire « accidentelle »). Elles peuvent aussi avoir échappé à l'observateur (considérant la densité de certains herbiers).

Tableau 17 : Espèces observées en 2007, 2012 et 2016⁹

Espèces végétales observées	2007	2012	2016
<i>Brasenia schreberi</i>	x	x	x
<i>Bidens beckii</i>		x	
<i>Chara</i> sp.	x	x	
<i>Eleocharis palustris</i>			x
<i>Elodea canadensis</i>			x
<i>Eriocaulon septangulare</i>			x
<i>Isoetes lacustris</i>			x
<i>Lobelia dortmanna</i>			x
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>			x
<i>Myriophyllum exalbescens</i>		x	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	x	x	x
<i>Najas flexilis</i>			x
<i>Nitella</i> sp.		x	
<i>Nuphar variegatum</i>	x	x	x
<i>Pontederia cordata</i>	x		x
<i>Potamogeton amplifolius</i>	x		x
<i>Potamogeton epihydrus</i>			x
<i>Potamogeton filiformis</i>			x
<i>Potamogeton pusillus</i>			x
<i>Potamogeton robbinsii</i>			x
<i>Sparganium eurycarpum</i>	x	x	x
<i>Sparganium fluctuans</i>	x		x
<i>Sagittaria graminea</i>	x		
<i>Typha</i> sp.		x	
<i>Utricularia vulgaris</i>			x
<i>Vallisneria americana</i>			x

⁹ Sous réserve des données disponibles pour 2007 et 2012.

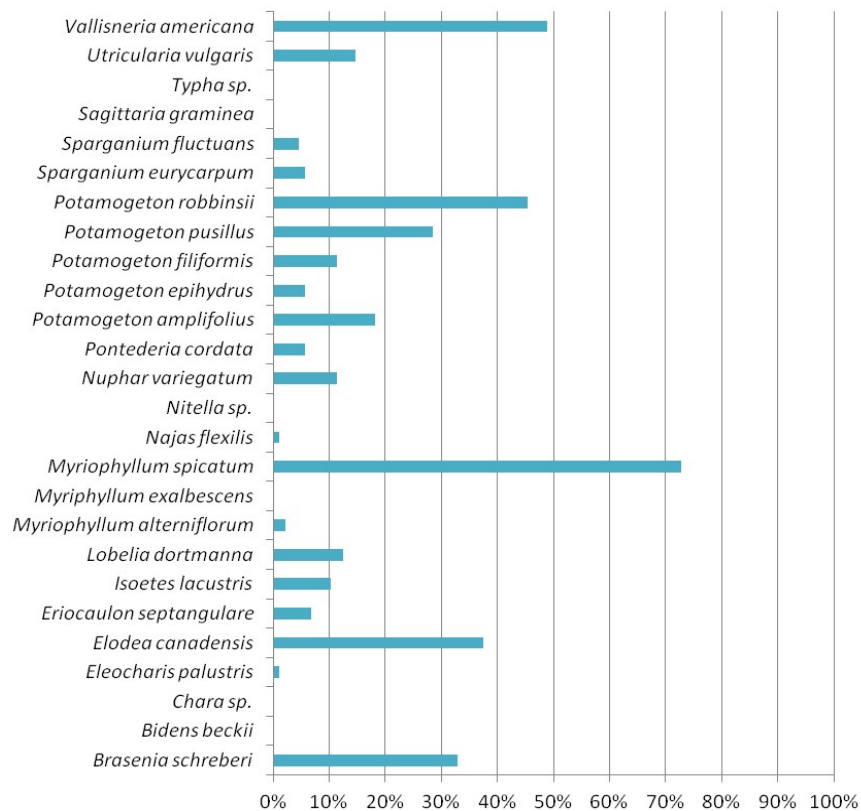


Figure 22 : Pourcentage des herbiers du lac Delage abritant chaque espèce ou genre de macrophytes identifié en 2016.

Dominance des espèces

Parmi les espèces dominantes par herbier, on retrouve d’abord *Myriophyllum spicatum* (45 %), *Brasenia schreberi* (7 %) et *Potamogeton robbinsii* (7 %) (Tableau 18). On note ensuite deux associations végétales qui correspondent l’une et l’autre à 5 % des herbiers aquatiques : *Myriophyllum spicatum*/*Potamogeton robbinsii* et *Myriophyllum spicatum*/*Vallisneria americana* .

Tableau 18 : Pourcentage de recouvrement en % des espèces dominantes ou groupement d’espèces dominantes pour les herbiers identifiés (M1 = recouvrement total en m² pour la zone étudié).

Dominance	M1	%
<i>Brasenia schreberi</i>	12014	7%
<i>Eleocharis palustris</i>	113	0.1%
<i>Elodea canadensis</i>	219	0.1%
<i>Eriocaulon septangulare</i>	179	0.1%
<i>Isoetes lacustris</i>	277	0.2%
<i>Lobelia dormanna</i>	513	0.3%
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	767	0.4%
<i>Myriophyllum spicatum</i>	79033	45%
<i>Najas flexilis</i>	/	0%
<i>Nuphar variegatum</i>	1051	1%
<i>Pontederia cordata</i>	68	0%
<i>Potamogeton amplifolius</i>	5723	3%
<i>Potamogeton filiformis</i>	206	0.1%
<i>Potamogeton pusillus</i>	1936	1%
<i>Potamogeton robbinsii</i>	12069	7%
<i>Sparganium eurycarpum</i>	3324	2%
<i>Sparganium fluctuans</i>	191	0.1%
<i>Utricularia vulgaris</i>	3745	2%
<i>Vallisneria americana</i>	4032	2%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Myriophyllum alterniflorum</i>	116	0.1%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	733	0.4%
<i>Brasenia schreberi</i> * / <i>Myriophyllum spicatum</i>	179	0.1%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i> *	220	0.1%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Nuphar variegatum</i>	933	1%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Potamogeton amplifolius</i>	787	0.4%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Potamogeton pusillus</i> *	25	0.0%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Elodea canadensis</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	256	0.1%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Elodea canadensis</i>	339	0.2%
<i>Brasenia schreberi</i> / <i>Vallisneria americana</i> / <i>Eriocaulon septangulare</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Isoetes lacustris</i>	1453	1%
<i>Elodea canadensis</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	268	0.2%
<i>Elodea canadensis</i> * / <i>Vallisneria americana</i>	454	0.3%
<i>Elodea canadensis</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	24	0.0%
<i>Elodea canadensis</i> * / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	123	0.1%
<i>Elodea canadensis</i> / <i>Vallisneria americana</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	1027	1%
<i>Eriocaulon septangulare</i> / <i>Isoetes lacustris</i>	21	0%
<i>Lobelia dormanna</i> * / <i>Isoetes lacustris</i>	2685	2%
<i>Najas flexilis</i> / <i>Potamogeton filiformis</i> / <i>Vallisneria americana</i> / <i>Potamogeton pusillus</i>	741	0.4%
<i>Nuphar variegatum</i> / <i>Potamogeton filiformis</i> *	250	0.1%
<i>Myriophyllum spicatum</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i>	9236	5%
<i>Myriophyllum spicatum</i> / <i>Vallisneria americana</i>	8270	5%
<i>Myriophyllum spicatum</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Elodea canadensis</i>	270	0.2%
<i>Myriophyllum spicatum</i> / <i>Potamogeton amplifolius</i> / <i>Vallisneria americana</i>	864	0.5%
<i>Potamogeton amplifolius</i> / <i>Potamogeton pusillus</i> / <i>Vallisneria americana</i>	5300	3%
<i>Potamogeton amplifolius</i> / <i>Vallisneria americana</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Potamogeton pusillus</i>	1662	1%
<i>Potamogeton filiformis</i> / <i>Vallisneria americana</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Utricularia vulgaris</i>	1759	1%
<i>Potamogeton pusillus</i> / <i>Potamogeton robbinsii</i>	3561	2%
<i>Potamogeton pusillus</i> / <i>Myriophyllum spicatum</i>	689	0.4%
<i>Potamogeton pusillus</i> / <i>Vallisneria americana</i> *	748	0.4%
<i>Sparganium fluctuans</i> / <i>Vallisneria americana</i>	825	0.5%
<i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Vallisneria americana</i> *	4270	2%
<i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Vallisneria americana</i>	1105	1%
<i>Potamogeton robbinsii</i> * / <i>Myriophyllum spicatum</i>	366	0.2%
<i>Potamogeton robbinsii</i> * / <i>Utricularia vulgaris</i>	85	0.0%
<i>Potamogeton robbinsii</i> / <i>Elodea canadensis</i> / <i>Vallisneria americana</i>	657	0.4%

4.3.2 Présence du myriophylle à épis

À la Figure 23, on observe une forte progression de l'espèce exotique envahissante myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) de 2007 à 2016 au lac Delage. La zone de peuplement maximale (3 à 10 mètres) sera probablement atteinte dans quelques années.

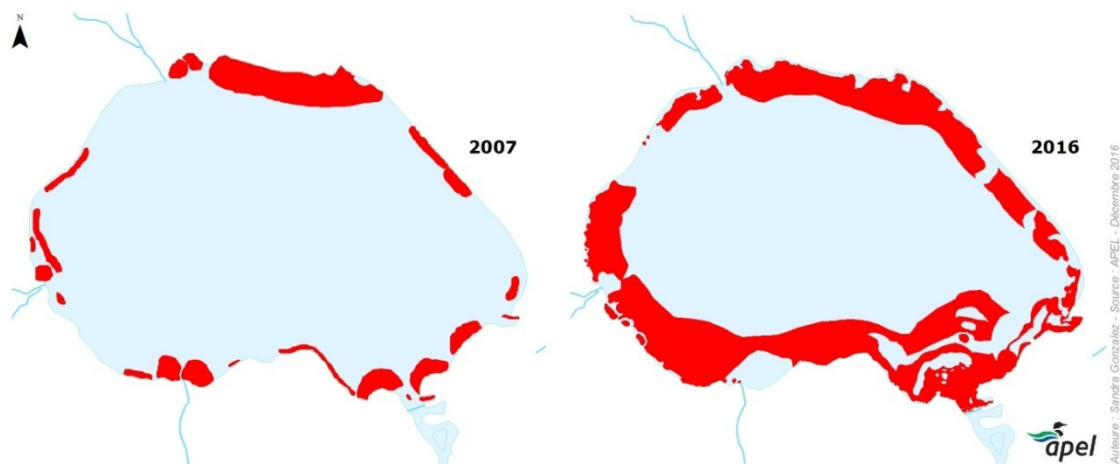


Figure 23 : Évolution de la propagation du myriophylle à épis de 2007 à 2016 dans le lac Delage.

4.3.3 Types de peuplement

Les herbiers aquatiques dans le lac Delage sont majoritairement (à 61 %) des champs de macrophytes submergés (qui poussent sous la surface de l'eau), suivis de loin par des peuplements clairsemés (peu dense) (19 %) et des peuplements bistratifiés avec flottants (mélange entre macrophytes qui poussent sous l'eau et d'autres qui ont des feuilles qui flottent en surface) (9 %) (Figure 24 et

Tableau 19).

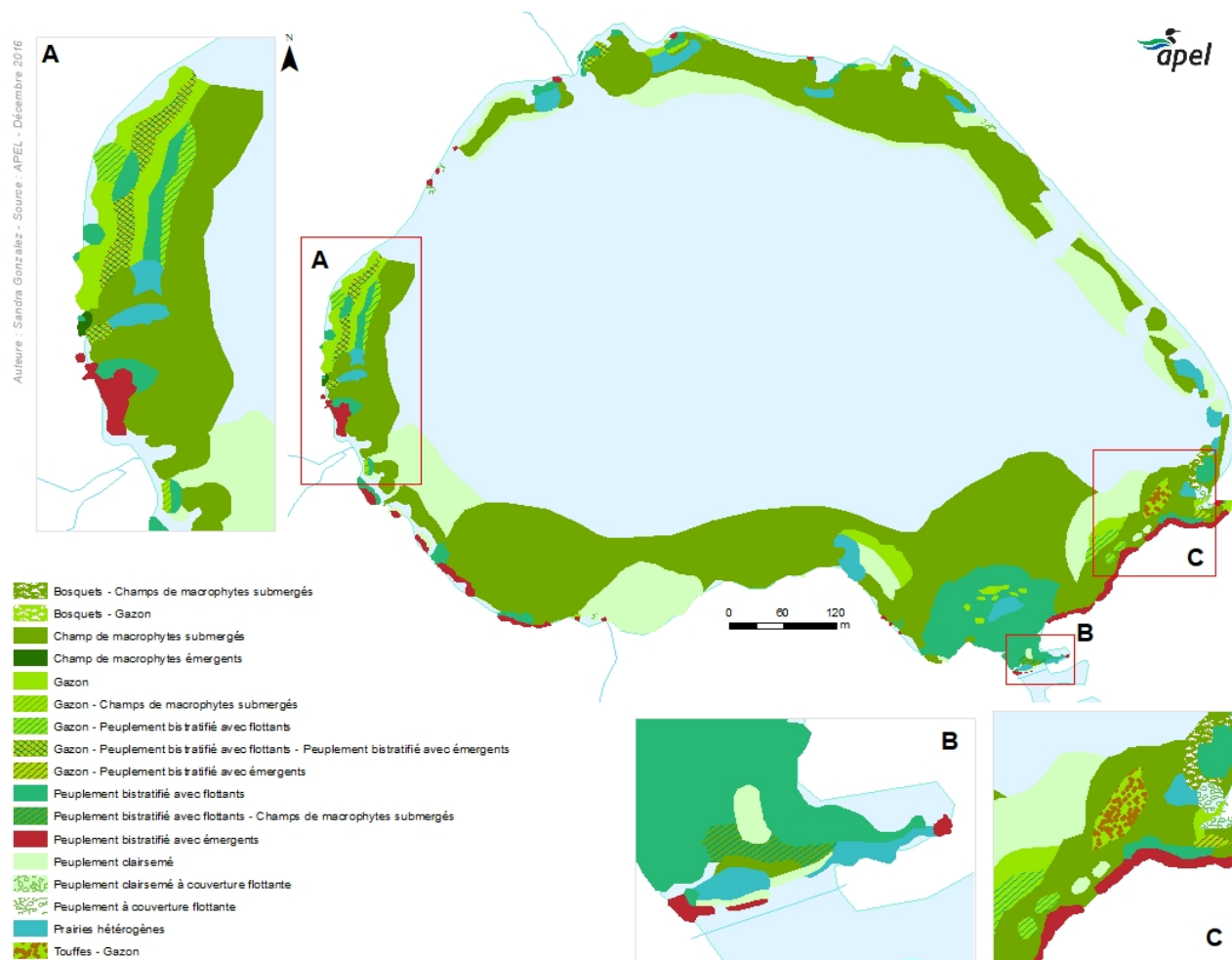


Figure 24 : Types de peuplements des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.

Tableau 19 : Types et superficies des types de peuplements des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.

Type de peuplement	Surface en m2	%
Champ de macrophytes émergents	68	0.04%
Champ de macrophytes submergés	107 157	61%
Gazon	5 502	3%
Peuplement à couverture flottante	470	0.3%
Peuplement bistratifié avec émergents	3 502	2%
Peuplement bistratifié avec flottants	15 500	9%
Peuplement clairsemé	33 022	19%
Prairies hétérogènes	5 777	3%
Bosquets - Champs de macrophytes submergés	454	0.3%
Bosquets - Gazon	21	0.0%
Gazon - Champs de macrophytes submergés	81	0.05%
Gazon - Peuplement bistratifié avec émergents	113	0.1%
Gazon - Peuplement bistratifié avec flottants	1 580	1%
Gazon - Peuplement bistratifié avec flottants - Peuplement bistratifié avec émergents	1 453	1%
Peuplement bistratifié avec flottants - Champs de macrophytes submergés	139	0.1%
Peuplement clairsemé à couverture flottante	179	0.1%
Touffes - Gazon	741	0.4%

4.3.4 Densité

Les herbiers aquatiques du lac Delage sont denses et présentent d'importants pourcentages de couverture, c'est-à-dire que les herbiers à forte densité (A) sont largement majoritaires (69 %) (Figure 25). Rappelons que la densité est un indicateur d'un état trophique avancé (mésotrophe à eutrophe).

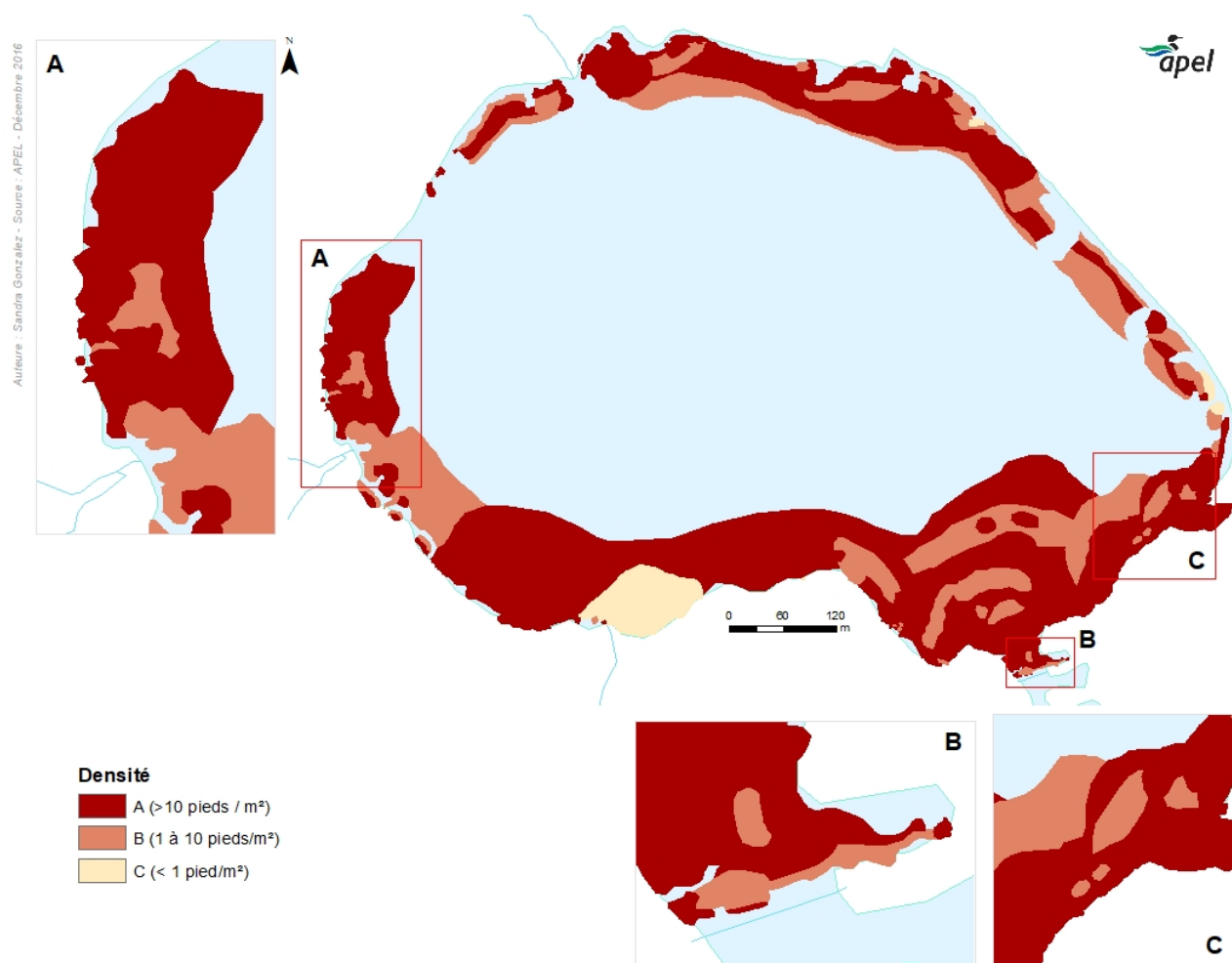


Figure 25 : Densité des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.

4.3.5 Recouvrement

La surface du lac avec une couverture de plus de 70 % de plantes aquatiques est de près de 121 000 m², ce qui correspond à 23 % de la surface totale du lac et 67 % de la surface colonisable (< 2,5 m) (Figure 26). Les pourcentages indiqués dans la figure 25 donnent un indicateur du pourcentage du recouvrement observé par rapport au recouvrement possible dans la zone inspectée.

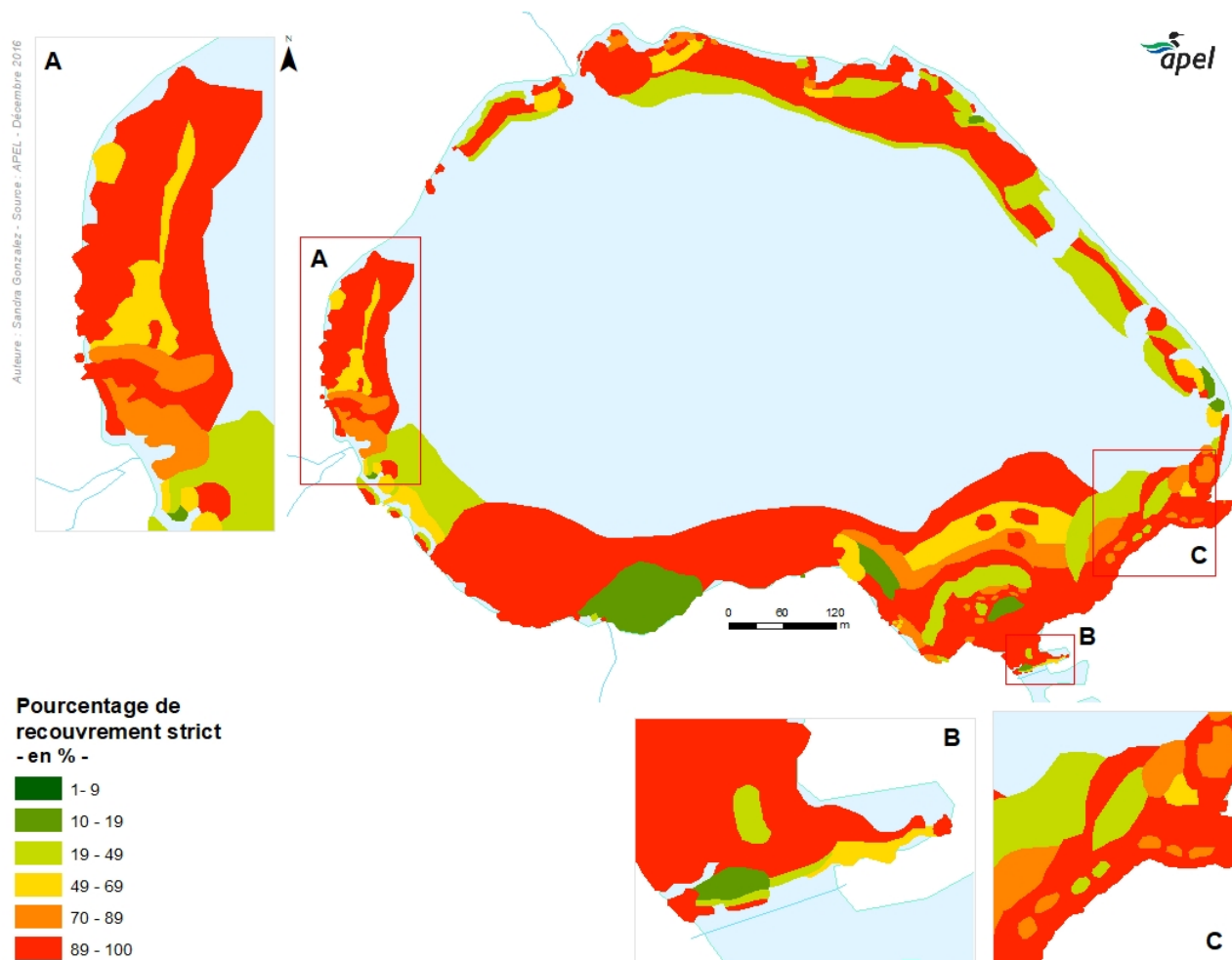


Figure 26 : Pourcentage de recouvrement végétal des herbiers aquatiques du lac Delage en 2016.

4.3.6 Discussion sur les herbiers aquatiques

L'étude des herbiers aquatiques du lac Delage permet de classer le plan d'eau dans un stade trophique méso-eutrophe, voire eutrophe. Ce constat se base sur les éléments d'analyse des résultats suivants :

- *Myriophyllum spicatum* est l'espèce dont la présence est la plus fréquente; elle est présente dans 73 % des herbiers et dans 45 % de la surface couverte par les herbiers aquatiques. C'est une espèce caractéristique des eaux eutrophes. *Brasenia schreberi* fait également partie des plantes aquatiques les plus présentes et c'est aussi une espèce caractéristique des eaux eutrophes. Les autres espèces dominantes ne sont pas associées à un état trophique en particulier et sont donc tolérantes tant aux eaux eutrophes qu'aux eaux oligotrophes.
- Les fortes densités retrouvées au lac Delage sont caractéristiques d'eaux eutrophes. Les types de peuplement majoritaires rencontrés dans le lac Delage en 2016 sont caractéristiques des eaux eutrophes (

- Tableau 8).
- 98 % de la surface colonisable de moins de 2,5 m de profondeur est recouverte par des plantes aquatiques en 2016, et 73 % de la surface colonisable de moins de 5 m est recouverte par des plantes aquatiques en 2016.
- 34 % de la surface totale du lac (contre 12 % en 2012) est couverte par des plantes aquatiques;
- Le pourcentage de recouvrement est passé de 11 % à 34 % entre 2007 et 2016.
- Le myriophylle à épis, espèce caractéristique des eaux eutrophes, recouvre près de 81 % de la surface colonisable et près de 28 % de la surface totale du lac (contre environ 5 % en 2007 et 2012).

4.3.7 Limites de l'étude des herbiers aquatiques

La liste précise des espèces recensées en 2007 et en 2012 n'étant pas disponible, il est difficile d'évaluer à quel point la diversité biologique végétale a évolué au cours des 9 dernières années.

4.4 Analyse de la bande riveraine

La caractérisation des bandes riveraines visait trois principaux objectifs :

- Décrire et localiser l'utilisation du sol ainsi que les types d'aménagements présents autour du lac;
- Estimer leur importance pour l'ensemble du lac;
- Recenser les points les plus critiques et dégradés en vue d'une intervention immédiate.

L'exercice permet ainsi d'évaluer la qualité des aménagements dans la bande riveraine et le degré de transformation du milieu naturel. Les résultats peuvent ainsi orienter, au besoin, les mesures de correction et de protection de la bande riveraine.

4.4.1 Description de la bande riveraine

Dans le cadre de cette étude, l'ensemble du périmètre du lac Delage (3 083 m) a été inventorié sur une largeur de 15 m, ce qui représente un total de 46 692 m² de bande riveraine. En tout, 8 zones homogènes ont été identifiées (A à H, voir Figure 27). Ces zones ont été regroupées en deux catégories en fonction de l'utilisation principale du sol (voir Tableau 9) :

- les *bandes riveraines naturelles*, qui comprennent les zones A et C, pour un total de 1583 m (51 % de la longueur de rive étudiée);
- les *bandes riveraines habitées*, qui comprennent les zones B, D, E, F, G et H, pour un total de 1500 m (49 % de la longueur de rive étudiée).

Les rives de la catégorie *bandes riveraines habitées* sont considérées comme dégradées¹⁰ sur 116 mètres linéaires (8 % de la catégorie) et sont composées de pelouse sur 179 mètres linéaires (12 % de la catégorie).

Dans les cas où l'on retrouve de l'occupation humaine dans les 15 m de largeur de la bande riveraine, les types d'aménagements ont été répartis de la façon suivante :

- Végétation naturelle : 16 271 m² (71 %)
- Végétation ornementale : 4815 m² (21 %)
- Matériaux inertes : 1751 m² (8 %)

La Figure 27 montre une représentation cartographique des valeurs de l'IQBR du lac Delage en 2016. Une description plus détaillée par secteur est présentée au Tableau 20. Quant à la Figure 28, elle présente les caractéristiques (m² et %) de la bande riveraine du lac Delage.

¹⁰ Puisqu'elles sont artificialisées à l'aide de murets et de remblais.

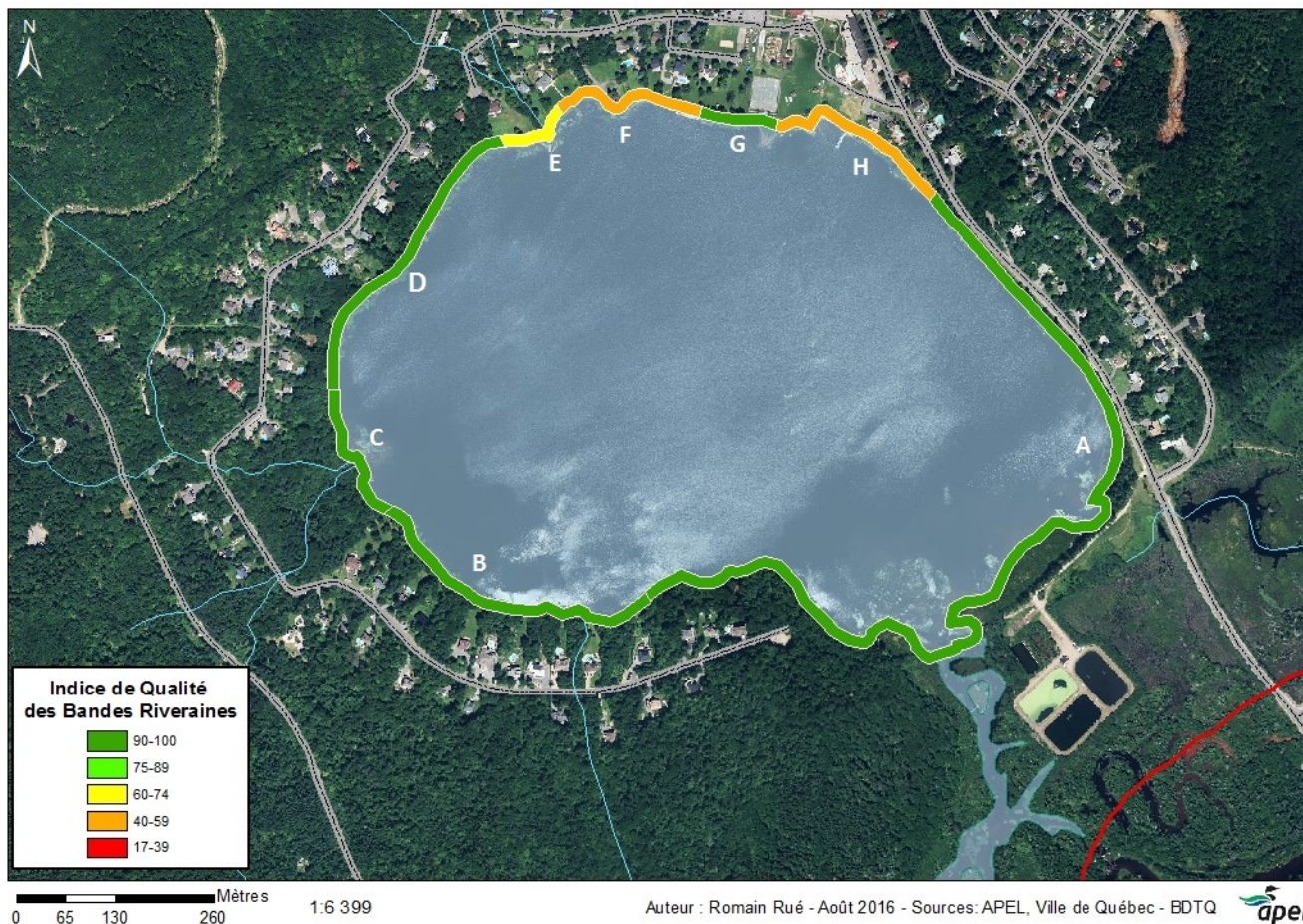


Figure 27 : Carte des zones homogènes de bandes riveraines du lac Delage et de leur IQBR respectif en 2016.

Tableau 20 : Description détaillée de la bande riveraine du lac Delage en fonction des zones homogènes.

IQBR	Numéro(s) de zone(s)	Observations
Faible	F et H	Les bandes riveraines dans les zones F et H subissent une forte dégradation et la rive immédiate est souvent constituée de murets en pierre ou en béton. De nombreuses structures sont présentes dans la bande riveraine.
Moyen	E	Cette zone est caractérisée par la présence d’infrastructures et de végétation ornementale (gazon, herbacées et arbustes) dans la bande riveraine.
Très bien	A, B, C, D et G	Les zones A, B, C, D et G sont des zones où l’occupation humaine est généralement exclue de la bande de 15 m. À noter qu’il y a de nombreux accès au lac avec ponton flottant, surtout dans la zone B, avec de légères zones enherbées.

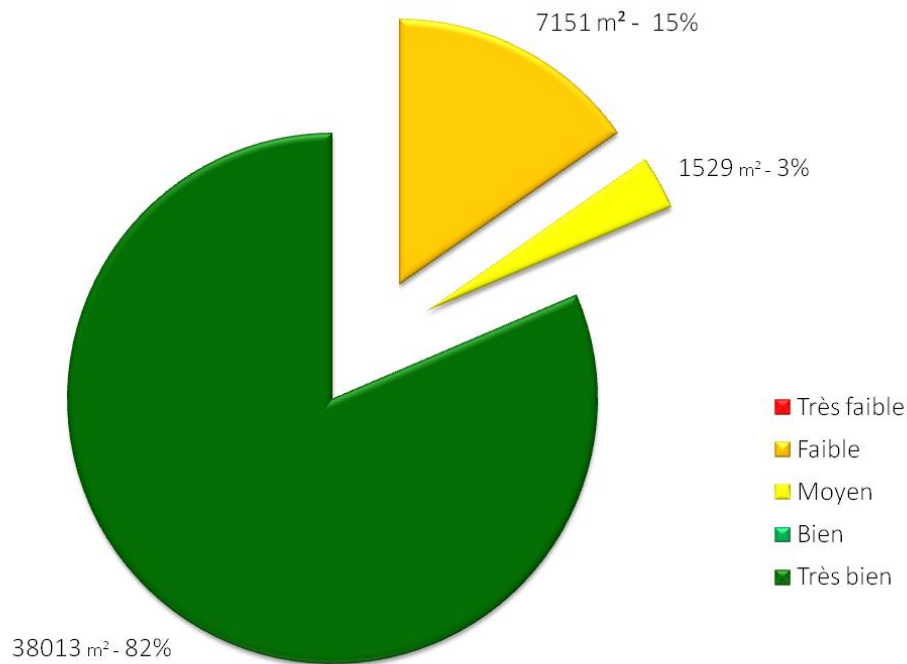


Figure 28 : Proportion des différentes classes d'IQBR du lac Delage (m² et %) en 2016.

Globalement, la caractérisation des bandes riveraines du lac Delage effectuée en 2016 a révélé que :

- 82 % de la bande riveraine remplit une fonction écologique adéquate pour la protection du lac (filtration des éléments nutritifs, habitat faunique, ombrage, etc.);
- 18 % de la bande riveraine n'est pas en état de remplir une fonction écologique adéquate;
- l'état des bandes riveraines dans les secteurs habités s'est amélioré depuis 2012 (Groupe Hémisphère, 2012) grâce à la sensibilisation et aux efforts de reboisement réalisés en vertu des règlements municipaux de Lac-Delage (E-2014-04);
- la végétalisation des rives est encore insuffisante à certains endroits (densité des plantations et manque de recouvrement des murets de pierre et de béton notamment).

Une nette amélioration est constatée depuis 2007 et le règlement municipal adopté en 2014 a permis de limiter la dégradation de la bande riveraine notamment pour les nouvelles constructions. Malgré de légers changements (secteur non tondu d'une partie de la rive), le secteur du Manoir du Lac Delage et des résidences voisines fait encore partie des zones riveraines les plus vulnérables.

4.5 Analyse de la qualité de l'eau des tributaires du lac Delage

Cinq sorties d'échantillonnage ont été réalisées à chacun des quatre tributaires du lac Delage. Elles ont eu lieu les 12 mai, 6 juillet, 30 août, 7 novembre et 28 novembre. Les contextes de mesure lors de l'échantillonnage des tributaires du lac Delage sont présentés dans le tableau 16. Le 30 août, il n'y avait pas suffisamment d'eau pour échantillonner la station E19 (mention sans eau dans le Tableau 21). L'analyse de la qualité de l'eau des tributaires a donc été réalisée en se basant sur les critères mentionnés dans la section 3.1.

Tableau 21 : Contextes de mesure lors de l'échantillonnage des tributaires (E17, E18, E19 et E20).

Date	Station	Température ambiante (°C)	Pression atmosphérique (mm Hg)	Ciel
12 mai	E17	22,2	751	Beau
	E18	24,1	751,4	
	E19	22,9	751,2	
	E20	24,5	750,6	
6 juillet	E17	25,7	744,6	Beau
	E18	25,7	745,6	
	E19	25,7	745,3	
	E20	25,7	747,2	
30 août*	E17	17,5	749,4	Nuageux
	E18	19,2	748,7	
	E19	<i>Sans eau</i>	<i>Sans eau</i>	
	E20	19,8	748,8	
7 novembre	E17	5,7	754,3	Beau
	E18	5,7	753,8	
	E19	7,3	754,3	
	E20	7,3	754	
28 novembre	E17	6,8	743	Ciel variable
	E18	6,5	742,5	
	E19	7,8	743,4	
	E20	7,3	743,3	

4.5.1 Coliformes fécaux

Les concentrations moyennes en coliformes fécaux mesurées en 2016 dans les quatre tributaires du lac Delage sont présentées à la Figure 29. Globalement, la qualité microbiologique des tributaires est bonne. Toutefois, le seuil de baignade (≤ 200 UFC/100 ml) a été dépassé à deux reprises : une fois le 6 juillet à la station E17, avec une concentration de 480 UFC/100 ml, et une fois le 30 août à la station E20, avec une concentration de 330 UFC/100 ml. Les moyennes annuelles de moins de 100 UFC/100 ml pour chaque station montrent que ces dernières sont très peu soumises aux risques de contamination par des coliformes fécaux.

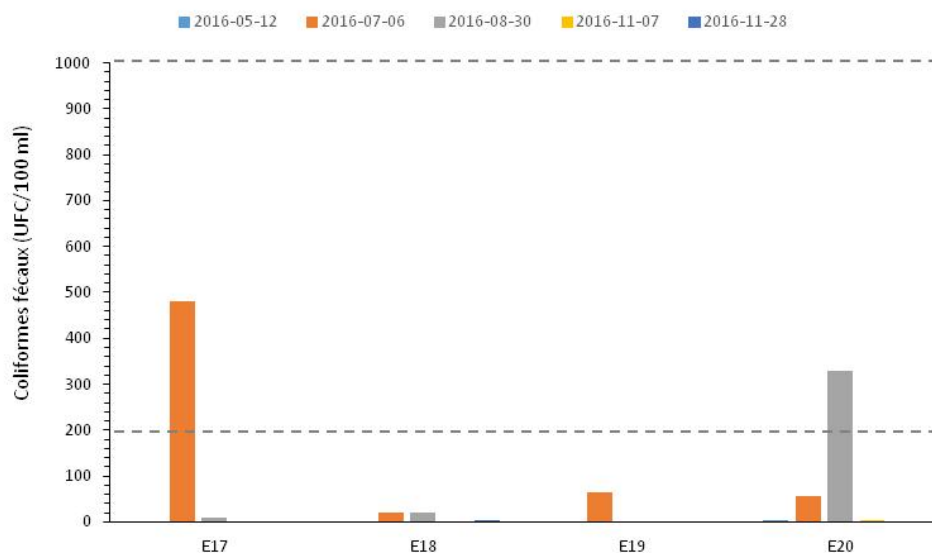


Figure 29 : Concentrations en coliformes fécaux (UFC/100 ml) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016. La ligne pointillée désigne la limite acceptable pour la baignade.

4.5.2 Phosphore total

Lors de l'échantillonnage du 6 juillet, les concentrations en phosphore total mesurées aux stations E18 et E20 étaient 2 à 3 fois plus importantes que les concentrations mesurées lors des 4 autres journées d'échantillonnage. Par exemple, à la station E18, la concentration en phosphore total était de 42 µg/l, ce qui correspond au seuil « satisfaisant » de l'IQBP, mais dépasse le seuil limitant la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans le ruisseau et les rivières (Figure 30). Globalement, la qualité de l'eau des tributaires est bonne (concentrations inférieures à 30 µg/l).

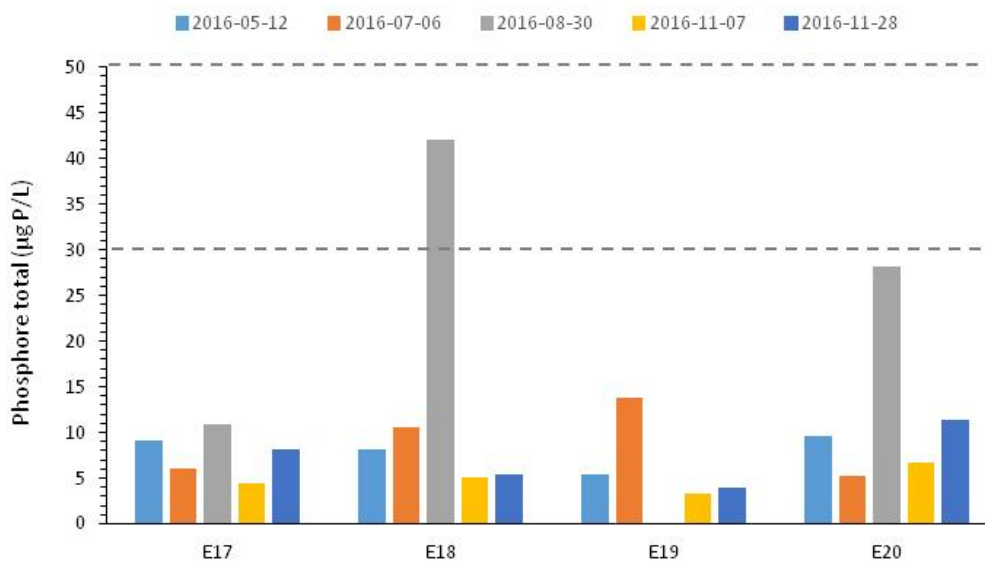


Figure 30 : Concentrations en phosphore total (µg P/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.

4.5.3 Composés azotés

En ce qui concerne l'azote total, à aucun moment on dépasse le seuil de 1 mg/l considéré comme un indicateur d'une contamination par l'azote (voir section 3.1.3). Or, on constate une variation saisonnière notamment aux stations E18 et E20 (Figure 31). À la station E18, on observe des concentrations d'azote total 2 à 4 fois plus élevées en saison estivale (juillet et août), s'approchant du seuil de 1 mg/l – seuil ou une contamination par une surfertilisation du milieu est soupçonnée. À la station E20, on remarque un pic de concentration en août (concentration 2 fois supérieure aux autres dates d'échantillonnage).

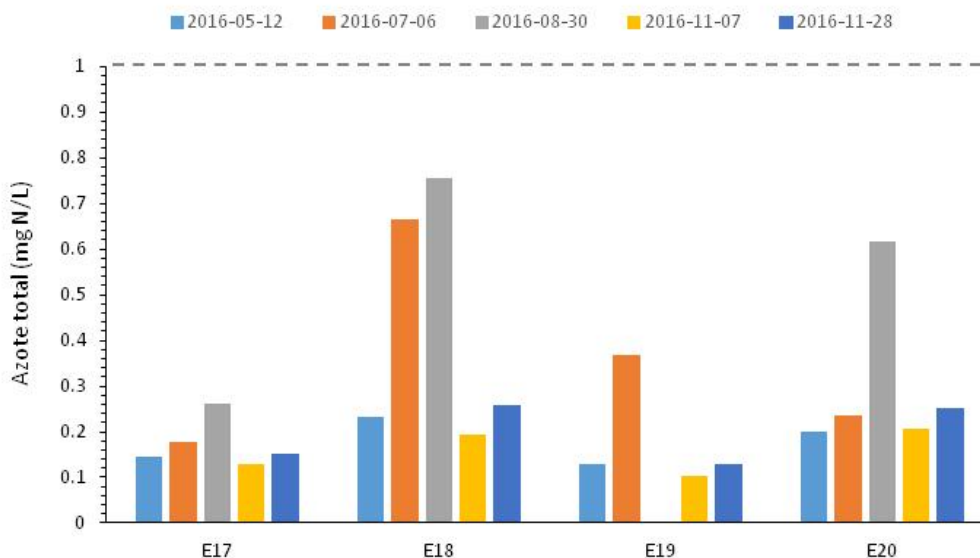


Figure 31 : Concentrations en azote total (mg N/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.

On observe les mêmes tendances pour les nitrites/nitrates que pour l'azote total. Les pics de concentration sont même plus importants : celui en juillet à la station E18 est jusqu'à 25 fois plus élevé qu'en septembre, par exemple (Figure 32). Si les concentrations en azote total et en nitrites/nitrates sont bien corrélées entre elles, ce n'est pas le cas de l'azote ammoniacal (Figure 33). À la station E17, les concentrations sont toujours très faibles et très peu variables; à la station E20, un pic de concentration est observé en août; à la station E18, la concentration est très faible en juillet (4 µg/l) alors qu'elle augmente en fin de saison estivale et à la station E19, les concentrations augmentent à partir d'août (57,2 µg/l) pour atteindre un pic à la fin novembre (132 µg/l).

Bien que l'on note des variations saisonnières des concentrations en composés azotés dans les tributaires du lac Delage en 2016, la qualité de leur eau reste bonne par rapport à l'IQBP et aux critères du MDDELCC.

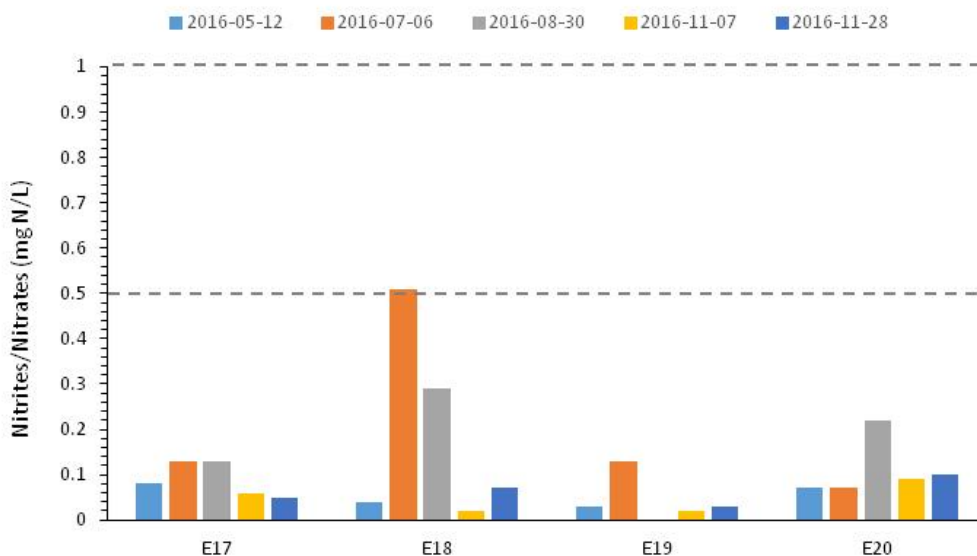


Figure 32 : Concentrations en nitrites/nitrates (mg N/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.

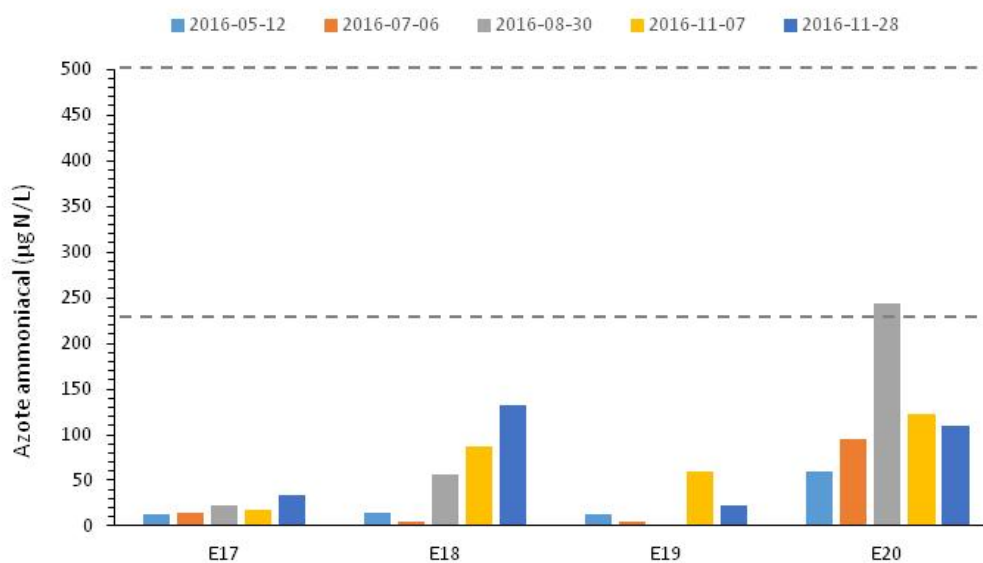


Figure 33 : Concentrations en azote ammoniacal (mg N/l) aux stations E17, E18, E19 et E20 en 2016.

4.5.4 Turbidité

La turbidité est plus élevée en août comparativement aux autres périodes d'échantillonnage. Malgré cette variation saisonnière, les résultats restent globalement en deçà du seuil de qualité « bonne » de l'IQBP (Figure 34 et Tableau 22).

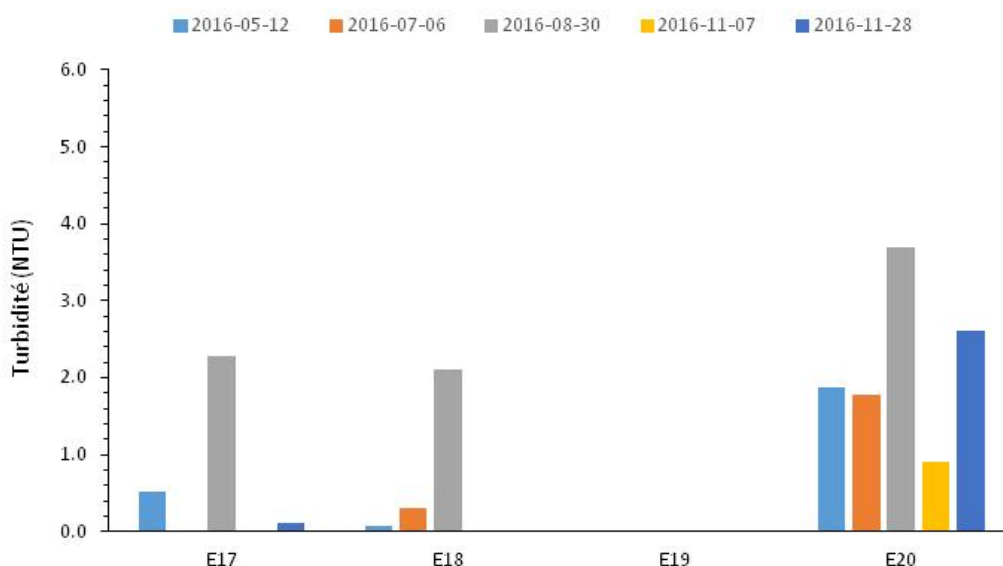


Figure 34 : Turbidité mesurée dans les tributaires du lac Delage en 2016.

Tableau 22 : Données de turbidité mesurées dans les tributaires du lac Delage en 2016 (NTU). Les couleurs indiquent les classifications de la qualité de l'eau de l'IBQP (bleu : excellente; vert; bonne).

Date	Stations			
	E17	E18	E19	E20
12 mai	0,5	0,1	0	1,9
6 juillet	0	0,3	0	1,8
30 août	2,3	2,1		3,7
7 novembre	0	0	0	0,9
28 novembre	0,1	0	0	2,6
Moyenne annuelle	0,6	0,5	0	2,2

4.5.5 Conductivité spécifique et ions chlorures

En ce qui concerne la conductivité spécifique, tous les résultats sont inférieurs du seuil indicateur de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sauf pour un pic observé en août à la station E20 (Figure 35). À la station E19, les valeurs mesurées correspondent globalement à celles de cours d'eau peu ou pas impactés dans le bassin versant de la rivière Saint-Charles. Les stations E17 et E18 présentent des valeurs de conductivité légèrement plus élevées que celles de la station E19 et que l'état naturel. Du point de vue de la conductivité spécifique, la station E20 devrait faire l'objet d'une investigation plus approfondie en raison des résultats obtenus, supérieurs à ceux des autres stations.

Pour les ions chlorures, les données obtenues sont toutes inférieures à 230 mg/l, seuil de toxicité chronique pour les organismes aquatiques sensibles. Or, lorsque ce seuil est atteint, la contamination est probablement déjà permanente. Il est donc important de s'assurer que les valeurs restent les plus basses possible, comme ceux de la station E19. Les données sur les ions chlorures indiquent également que la station E20 devrait faire l'objet d'une investigation (Figure 36).

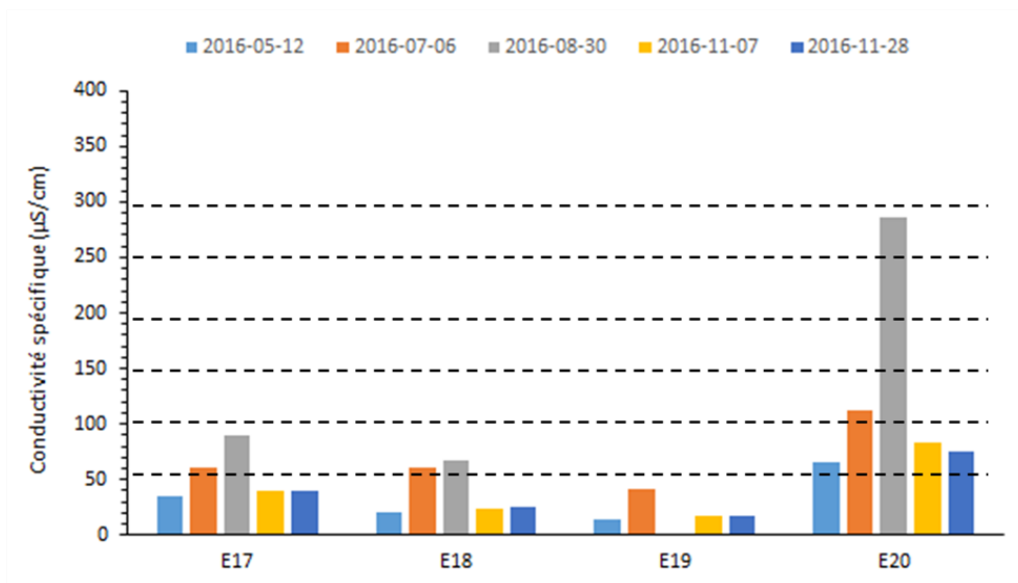


Figure 35 : Données de conductivité spécifique relevées dans les tributaires du lac Delage en 2016.

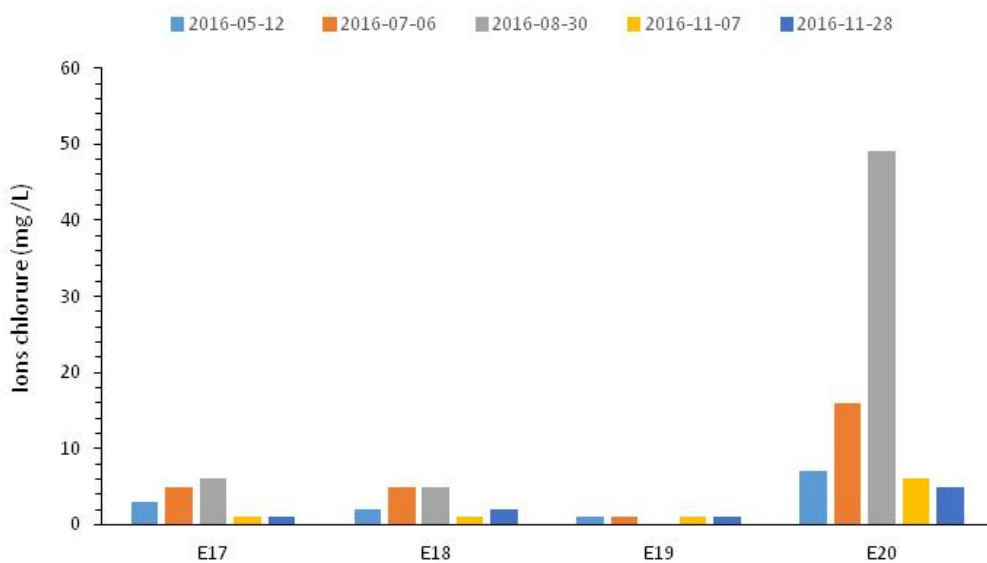


Figure 36 : Concentrations en ions chlorures mesurées dans les tributaires du lac Delage en 2016.

5 Conclusion et recommandations

5.1 Conclusion

L'APEL a procédé, en collaboration avec la Ville de Québec, à la réalisation de la diagnose du lac Delage qui incluait l'analyse physico-chimique de la colonne d'eau du lac et de ses quatre affluents. Il est à noter que la qualité de l'eau de son effluent est suivie à chaque année par l'APEL. Les résultats peuvent être consultés dans la section « Rapports et études » sur le site Web de l'APEL. En outre, un inventaire des herbiers aquatiques et une caractérisation de la bande riveraine ont également été réalisés. Finalement, une mise à jour de la carte d'occupation du sol a été produite (à partir d'orthophotos de 2013).

Les résultats de la campagne d'échantillonnage de 2016 ont permis à l'APEL de dresser un portrait de l'état du lac Delage et de faire un suivi des précédentes études.

L'ensemble des paramètres analysés permet de faire certains constats sur l'état du lac Delage :

État trophique :

Le lac Delage se situe dans un état oligo à oligo-mésotrophe selon les indicateurs tels que le phosphore total, l'azote total, la chlorophylle *a* et la transparence. Or, selon les indicateurs que nous fournissons les plantes aquatiques et les genres de cyanobactéries présents au lac, ce dernier se situerait plutôt dans un état méso-eutrophe avec une forte tendance vers un état eutrophe (Figure 37).

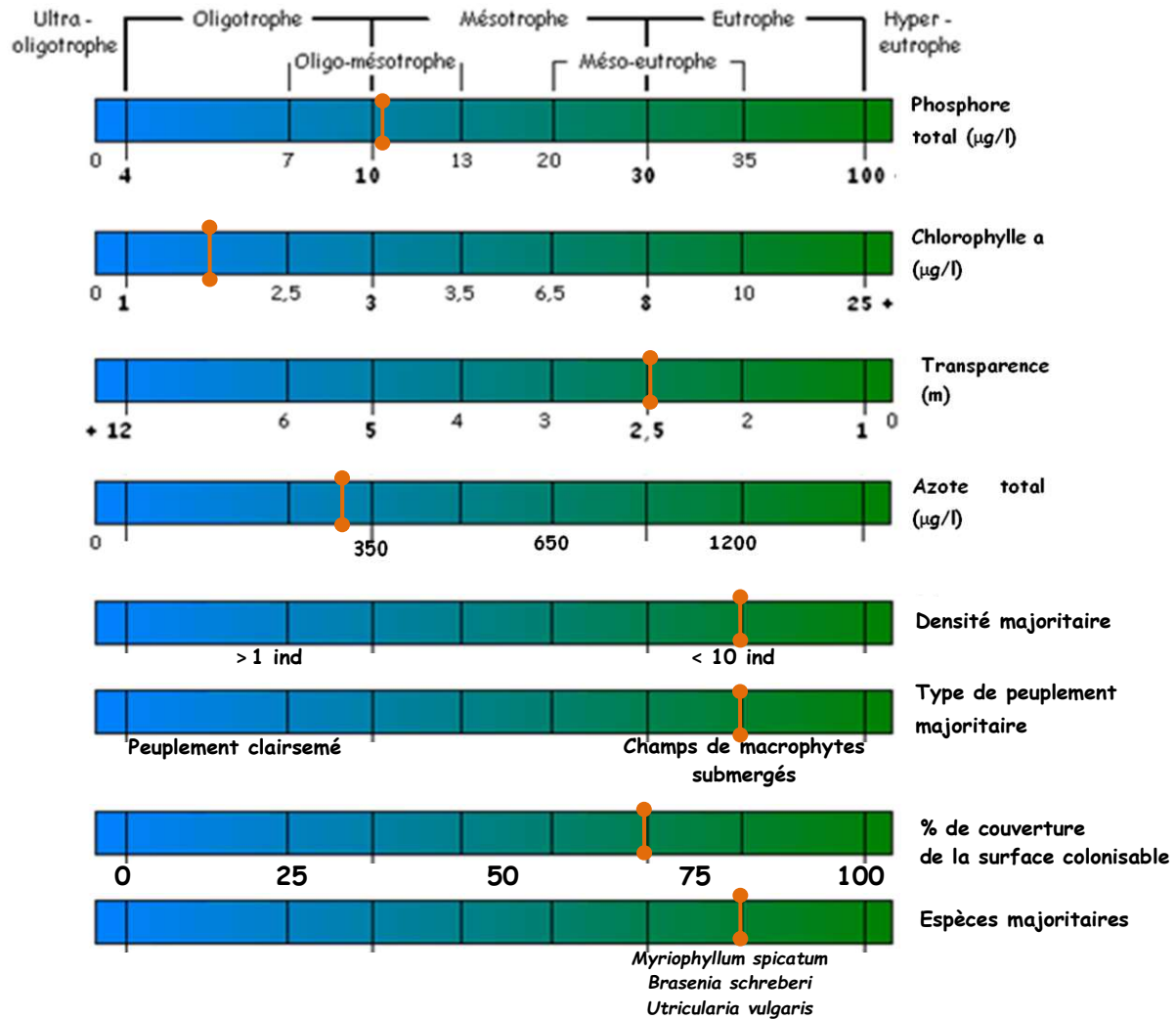


Figure 37 : Schéma bilan sur l'état trophique du lac Delage.

Bandes riveraines :

Une nette amélioration est constatée depuis 2007 et le règlement municipal adopté en 2014 a permis de limiter la dégradation de la bande riveraine, notamment lors de nouvelles constructions. Malgré de légers changements (secteur riverain où la tonte a été limitée), le secteur du Manoir du Lac Delage et des résidences voisines fait encore partie des zones riveraines les plus vulnérables.

Affluents :

Dans l'ensemble, la qualité de l'eau des affluents est bonne. Toutefois, il serait nécessaire d'investiguer les sources d'ions chlorures et de l'augmentation de la conductivité spécifique à la station E20. Le lac Delage est particulièrement vulnérable à une augmentation de la densité de ses eaux. Une densité augmentée

pourrait d'avantage compromettre le mélange des eaux au printemps et à l'automne. Ainsi, la zone profonde serait encore moins alimentée en oxygène, ce qui augmenterait le potentiel de relargage de phosphore pouvant provoquer une auto-eutrophisation du lac. Compte tenu de sa profondeur, son *fetch* réduit, sa situation enclavée et de la quantité de plantes aquatiques en décomposition à l'automne, c'est un scénario tout à fait possible.

5.2 Recommandations

À la lumière des résultats de la diagnose du lac Delage et en fonction de sept grands enjeux, l'APEL recommande de :

- **Installations septiques**
 - Limiter ou cesser le développement sur installations septiques.
 - Évaluer la possibilité de raccorder les résidences au réseau d'égout.
- **Développement urbain**
 - Limiter le développement urbain.
 - Réaliser des travaux de réfection sur le réseau d'égout.
- **Écoulement inverse entre le lac Saint-Charles et le lac Delage**
 - Raccorder la station d'épuration des eaux usées de la ville de Lac-Delage au réseau d'égout de la ville de Québec.
 - Évaluer la possibilité de redonner à la rivière des Hurons son tracé d'avant 2014.
- **Sels de voirie**
 - Poursuivre les politiques municipales en vigueur et éviter le développement en montagne.
 - Réduire les apports externes (voir suggestions ci-dessus).
 - Vérifier si les piscines traitées à l'eau salée peuvent être la source des ions chlorures à la station E20.
- **Bandes riveraines inadéquates**
 - Appliquer le règlement en vigueur.
 - Proposer un projet de végétalisation modèle au Manoir du Lac Delage en adéquation avec les activités de l'établissement (mariages, p. ex.).
- **Prolifération des cyanobactéries**
 - Mettre en place une surveillance des cyanobactéries par le biais d'une carte interactive en collaboration avec l'APPEL.
- **Prolifération des plantes aquatiques**
 - Sensibiliser la population aux espèces envahissantes pour éviter qu'elles soient transportées dans d'autres plans d'eau.
 - Réduire les apports externes (voir suggestions ci-dessus).

6 Glossaire

Chlorophylle α

Pigment principal des organismes photosynthétiques. La concentration de ce pigment dans l'eau est utilisée comme indicateur de la biomasse des microalgues.

Conductivité

Inverse de la résistance d'un liquide à un courant électrique exprimé en $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (Ryding et Rast, 1994). La conductivité augmente avec la concentration ionique de l'eau.

Fetch

Le *fetch* est la longueur effective du lac. La longueur effective est la distance maximale entre deux rives du lac sur lequel le vent peut avoir une emprise pour un contact avec l'eau. Cette longueur d'emprise (*fetch*) a un effet sur la capacité des eaux d'un lac de mélanger les eaux de surface avec les eaux profondes. Ceci est un mécanisme essentiel pour l'oxygénation des eaux profondes. À titre d'exemple, plus un lac est profond et son *fetch* est court, plus il devient difficile d'atteindre le mélange des eaux (exemple du lac Delage).

Oxygène

Le profil d'oxygénation du plan d'eau permet, entre autres, de déterminer l'état trophique du lac. En été, une carence en profondeur est un indicateur important d'eutrophisation. Des valeurs d'oxygène dissous (0-8 mg/l) indiquent une demande élevée en oxygène dans l'eau (respiration et décomposition). Des valeurs entre 0 et 5 mg/l peuvent entraîner une mortalité massive de poissons. Des niveaux élevés d'oxygène dissous (12 à 20 mg/l) peuvent être occasionnés par une croissance excessive d'algues et de macrophytes. Des niveaux moyens d'oxygène dissous (8 à 12 mg/l) dans toute la colonne d'eau dans les lacs dimictiques (lacs qui se mélangent deux fois par année) indiquent habituellement un système en santé.

Rappelons qu'un manque d'oxygène en profondeur peut provoquer le relargage de phosphore contenu dans les sédiments vers le lac et créer une eutrophisation accélérée indépendante des apports externes de phosphore.

Sels de voirie

Au Canada, le sel de voirie le plus étendu sur les routes est le chlorure de sodium (NaCl) (Environnement Canada & Santé Canada, 2001). D'autres sels inorganiques sont utilisés, comme le chlorure de calcium (CaCl_2), le chlorure de potassium (KCl) et le chlorure de magnésium (MgCl_2) (Environnement Canada & Santé Canada, 2001). Tous ces sels se transforment en ions lors de leur contact avec l'eau. L'ion chlorure (Cl^-) est soluble, mobile et persistant dans les eaux de surface. Il ne se volatilise pas, ne se précipite pas facilement et il ne se fixe pas non plus à la surface des particules (Environnement Canada & Santé Canada, 2001). La présence de cet ion est donc indicatrice d'une contamination de l'eau par des sels de voirie,

puisqu'il s'accumule dans les eaux de surface. Ces caractéristiques font en sorte que les chlorures s'infiltreront facilement dans le sol et s'accumulent aussi dans les nappes phréatiques.

Stratification thermique

Séparation de la colonne d'eau d'un lac en couches d'eau distinctes présentant des températures différentes. Généralement, l'eau froide présente une plus grande densité que l'eau chaude. Une masse d'eau froide aura tendance à couler sous une masse d'eau chaude. L'eau présente une densité maximale à 4°C. Plus le gradient (changement) de température est fort dans la colonne d'eau et plus le mélange des différentes couches sera difficile.

Température

La température ambiante influence celle de l'eau et a une incidence sur la solubilité de l'oxygène dans le plan d'eau. En effet, selon la loi de Henry, quand la température augmente, la solubilité de l'oxygène baisse dans l'eau, ce qui a un effet important sur la vie aquatique (d'où l'importance de garder un ombrage naturel sur les rives). En outre, la température ambiante influe aussi sur le bilan thermique d'un lac et augmente sa stratification. En fait, plus la température en surface augmente, plus la résistance au mélange s'accroît, ce qui favorise une stratification et une limitation de l'apport d'oxygène dans les couches plus profondes. À titre de rappel, la température de la colonne d'eau permet de distinguer ces couches (épilimnion, thermocline et hypolimnion). Par exemple, une température élevée et une stratification contrastée favorisent la floraison des cyanobactéries puisque ces dernières peuvent migrer dans la colonne d'eau et chercher les éléments nutritifs « coincés » dans l'hypolimnion, contrairement à d'autres microorganismes aquatiques.

Transparence

La transparence d'un plan d'eau permet de déterminer la zone euphotique, c'est-à-dire la zone où a lieu la photosynthèse. Par une règle empirique, on calcule la zone euphotique en multipliant par trois la transparence obtenue à l'aide d'un disque Secchi. L'état trophique d'un lac peut parfois être déduit à l'aide de la transparence. Plus la biomasse des microalgues est élevée, plus la transparence est réduite. En outre, la transparence peut aussi être affectée par des sédiments suspendus dans la colonne d'eau, soit après de forts vents (re-suspension et érosion éolienne) ou de fortes pluies (apports externes). La transparence peut être améliorée par la diminution de l'activité biologique. Or, la diminution de l'activité biologique peut être attribuable à une réduction d'éléments nutritifs et aussi à un environnement non propice à l'activité biologique (ex. : toxicité du milieu).

Turbidité

La turbidité (coloration/opacité d'un liquide) peut traduire une teneur importante (normale ou non) en matières fines ou colorées en suspension à la suite de l'érosion, du lessivage de sols fragiles ou dégradés, ou de vents forts, par exemple.

7 Références

- APEL. (2009). *Étude limnologique du haut-bassin de la rivière Saint-Charles*. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec.
- Davis, M. L., & Masten, S. J. (2004). *Principles of Environmental Engineering and Science*,. (McGraw-Hill, Ed.). New York.
- Groupe-conseil ENVIRAM (2003). *Diagnose écologique du lac Delage*. Sainte-Foy : Groupe-conseil Environ.
- Groupe Hémisphères. (2013). *Diagnose écologique sommaire du lac Delage - suivi 2012*. Rapport technique réalisé pour la Ville de Lac-Delage.
- Hébert, S. (1997). *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*. Envirodoq no EN/970102 : Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques.
- Lampert, W., & Sommer, U. (1999). *Limnoökologie, 2. neu bearbeitete Auflage*. (G. T. V. Stuttgart, Ed.) (Thieme). New York.
- MDDELCC. (2017). *Réseau de surveillance volontaire des lacs*. (consulté en mars 2017) : [En ligne] <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm>.
- MDDEP. (2002). *Critères de qualité de l'eau de surface*. (consulté en janvier 2013) : [En ligne] http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp.
- Pott, R., & Remy, D. (2000). *Gewässer des Binnenlandes - Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer*. (E. U. G. & Co., Ed.). Stuttgart.
- Schwoerbel, J., & Brendelberger, H. (2005). *Einführung in die Limnologie*. München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag,.

Annexe 2 : Fiche de caractérisation des bandes riveraines



433, rue Delage
Québec (Québec) G3G 1H4
☎ (418) 849-9844
✉ information@apel-maraisdunord.org

Fiche de caractérisation de la bande riveraine du LAC DELAGE - 2016

Observateurs :

Secteur du Lac :

N° identification :

Catégories d'utilisation du sol

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Naturelle | <input type="checkbox"/> Foresterie |
| <input type="checkbox"/> Habitée | <input type="checkbox"/> Infrastructure |
| <input type="checkbox"/> Agriculture | |

Types d'aménagement (% de recouvrement)

Végétation naturelle :
Végétation
ornementale :
Matériaux inertes :

Descripteurs de dégradation de la rive (% de longueur de rive)

Sol dénudé et érosion :
Murets et remblais :

% de recouvrement des différentes strates :

Strate herbacée :	Pelouse :	Socle rocheux :
Coupes forestières :	Cultures :	Sol nu :
Strate arbustive :	Infrastructure d'origine anthropique :	

Etat des bandes riveraines végétales non naturelles (% longueur de rive) :

Bande riveraine naturellement végétalisée :
Bande riveraine artificiellement végétalisée :
Bande riveraine en cours de revégétalisation :
Aucune végétation / bande riveraine artificialisée :

Commentaires :

Photos : (en panoramique)