INVENTAIRE DES PLANTES AQUATIQUES EXOTIQUES ENVAHISSANTES DU LAC WATERLOO

Rapport final présenté aux

membres du Conseil d'administration des

Ami(e)s du bassin versant du lac Waterloo

Août 2019

2030 BOUL. PIE-IX, BUREAU 213, MONTRÉAL (QC) H1V 2C8 I TEL. 514-750-9198 I KIM@BIODIVERSITECONSEIL.COM

Auteures

Kim Marineau, biologiste, M.Sc. Environnement

Présidente Biodiversité conseil inc.

Kellina L. Higgins, écologiste, M.Sc.

et

Maya Favreau, biologiste, M.Sc.

Équipe de terrain

Kellina Higgins

Esther Déom, Ph.D.

Paul-André Paris

Cartographie

Kellina Higgins

Traitement des données

Kellina Higgins

Pour citer ce document :

Marineau, K, K.L. Higgins et M. Favreau. 2019. Inventaire des plantes aquatiques exotiques envahissantes du lac Waterloo. Rapport final présenté aux Ami(e)s du bassin versant du lac Waterloo. 26 p. + annexes.

Table des matières

Auteures 2
Table des matières 3
Liste des tableaux 4
Liste des figures 4
Liste des annexes 4
1. Introduction 5
1.1 Contexte 5
1.2 Objectif 5
1.3 Description générale du lac Waterloo 5
2. Méthodologie 7
2.1 Secteurs ciblés 7
2.2 Espèces exotiques envahissantes visées 9
2.3 Inventaire effectué 9
2.4 Données complémentaires 10
2.5 Faune 10
2.6 Cartographie 10
3. Résultats 11
3.1 Inventaire floristique 11
3.2 Potamot crépu 11
3.3 Myriophylle à épis 14
3.3.1 Secteur de la baie ouest 14
3.3.2 Secteur de la baie sud 16
3.3.3 Secteur de la rive est 16
3.3.4 Secteur de l'exutoire 16
3.4 Faune 17
4. Méthodes de contrôles et recommandations 18
4.1 Potamot crépu 18
4.1.1 Description de l'espèce 18
4.1.2 Méthodes de contrôle 18
4.1.3 Recommandations 18
4.2 Myriophylle à épis 19
4.2.1 Description de l'espèce 19
4.2.2 Méthodes de contrôle 19
4.2.3 Recommandations 20
5. Conclusion 23
6. Références 24

Liste des tableaux

Tableau I. Espèces exotiques visées par l'inventaire des espèces exotiques envahissantes au lac Waterloo. 9

Tableau II. Abondance absolue des espèces recensées dans les points d'inventaire floristique complet au lac Waterloo. 12

Tableau III. Secteurs d'envahissement du myriophylle à épis avec la superficie et le recouvrement moyen au lac Waterloo. 14

Liste des figures

Figure 1. Territoire d'inventaire des espèces exotiques envahissantes au lac Waterloo. 6

Figure 2. Points d'inventaire des plantes aquatiques exotiques envahissantes au lac Waterloo. 8

Figure 3. Présence du potamot crépu au lac Waterloo en 2019. 13

Figure 4. Recouvrement du myriophylle à épis au lac Waterloo en 2019. 15

Figure 5. Tortue peinte du Centre juvénile exposée sur une roche. 17

Figure 6. Panneau indiquant des zones à éviter au lac Mercier. 21

Liste des annexes

Annexe 1. Photographies.

Annexe 2. Fiches d'information.

1. Introduction

1.1 Contexte

Les Ami(e)s du bassin versant du lac Waterloo (ABVLW) ont mandaté Biodiversité conseil pour avoir un portrait des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) présentes dans le lac Waterloo à Waterloo, notamment, du myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*). Ainsi, un inventaire des PAEE permettait de détecter les espèces exotiques envahissantes présentes dans le lac ainsi que l'étendue de leur envahissement (figure 1). Cet inventaire sera important afin de planifier les interventions éventuelles pour assurer un succès maximal du contrôle de ces espèces.

1.2 Objectif

La présente étude vise à faire l'inventaire des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) présentes dans le lac Waterloo et de délimiter leur étendue. Ces données sont importantes dans la planification des travaux de contrôle des PAEE.

1.3 Description générale du lac Waterloo

Le lac Waterloo est situé, pour sa plus grande partie, dans la municipalité de Waterloo avec une portion dans la municipalité de Shefford en Montérégie (figure 1). Plusieurs cours d'eau se déversent dans le lac Waterloo. La superficie du bassin versant du lac Waterloo est de 30,4 km^2 (MDDELCC 2016b). L'exutoire du lac est situé au nord du lac et se déverse dans la rivière Yamaska Nord. En incluant les plans d'eau situés au nord du pont de la rue Lewis, le lac Waterloo a une superficie de 1,46 km^2 et un périmètre de 9,9 km. La profondeur maximale est de 5,2 m (MDDELCC 2016b). La plus grande partie du périmètre du lac est occupée par des terrains résidentiels riverains. Une plage municipale de la municipalité de Waterloo est également présente avec une descente de bateau publique. Quatre baies à l'état naturel sont présentes comportant des herbiers aquatiques denses et des marais lacustres.

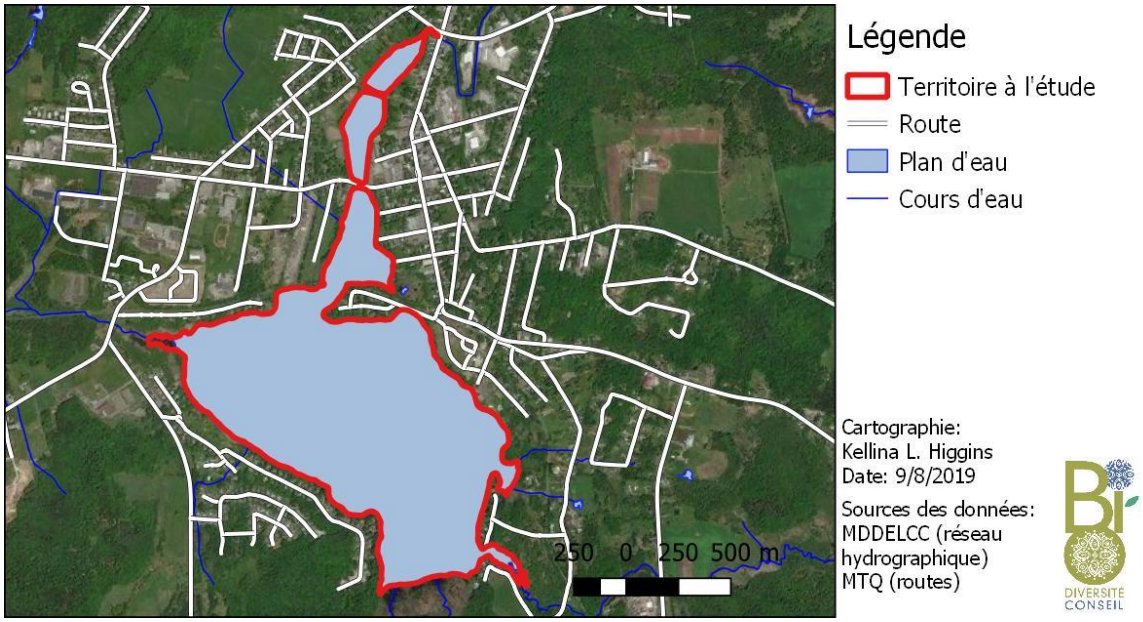


Figure 1. Territoire d'inventaire des espèces exotiques envahissantes au lac Waterloo.

2. Méthodologie

Dans le cadre de ce mandat, les étapes suivantes ont été faites :

✓ Réalisation des inventaires des PAEE en collaboration avec les membres du conseil d'administration des Ami(e)s du bassin versant du lac Waterloo. Cela comprend :

- La détection des plantes aquatiques envahissantes et leur étendue;
- La prise de données physiques aux points d'échantillonnage;

✓ Observation d'espèces fauniques et des signes de leur présence;

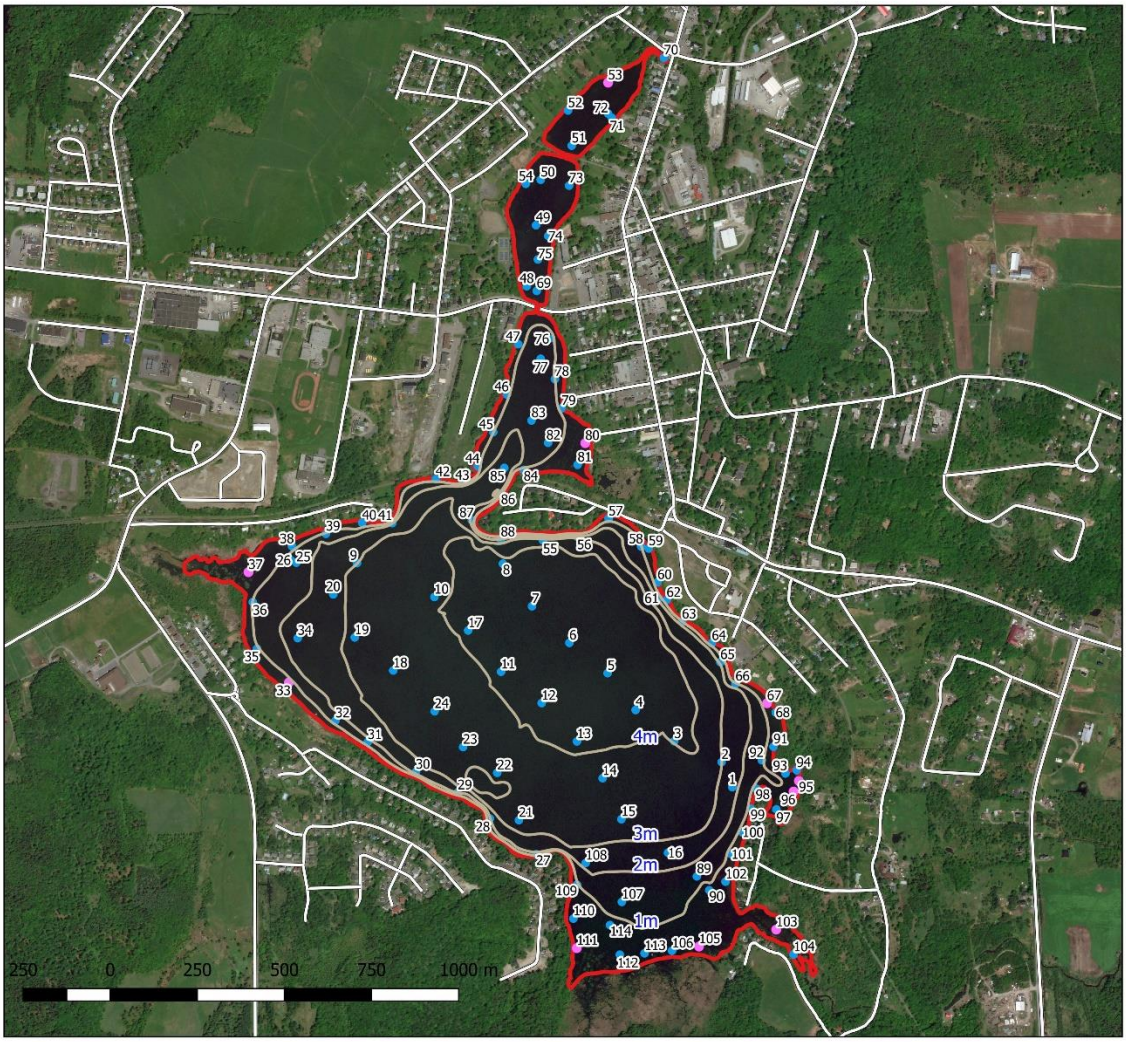
✓ Cartographie des plantes aquatiques exotiques envahissantes;

✓ Rédaction d'un rapport.

Les méthodes d'inventaire proposées suivent, de manière générale, les protocoles suggérés par le MELCC dans le cadre des suivis de lacs : *Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec* du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC) (MDDELCC 2016a).

2.1 Secteurs ciblés

Des points prédéterminés d'échantillonnage ont été répartis systématiquement sur l'ensemble du territoire du lac à l'aide des données bathymétriques disponibles (MDDELCC 2016b). Au total, 114 points d'échantillonnage ont été répartis sur l'étendue du lac dont 10 points d'inventaire complet pour lesquels toutes les espèces ont été identifiées et 104 points d'inventaire sommaire où seulement les espèces exotiques envahissantes ont été notées (figure 2). La densité des points d'échantillonnage était plus grande dans la zone littorale du lac, soit « tous les secteurs d'un plan d'eau où la lumière pénètre jusqu'au fond et où, par extension, les plantes aquatiques pourvues de racines peuvent croître » (p. 7, MDDELCC 2016a). Ainsi, le périmètre du lac a été parcouru dans son ensemble lors des inventaires (88 points d'inventaire sommaire). De plus, trois transects couvrant le centre du lac ont été complétés avec 26 points d'inventaire sommaire. Cent points supplémentaires visant uniquement les PAEE (points d'observation) ont été ajoutés entre les points d'échantillonnage prédéterminés. De plus, un autre 191 points d'observation supplémentaires ont été ajoutés dans les secteurs où un envahissement important de myriophylle à épi a été détecté afin de délimiter son étendue avec précision.



Légende

- Territoire à l'étude
- Route
- Courbe bathymétrique

Point d'inventaire

- Sommaire
- Complet

Sources des données:
MDDELCC (courbes bathymértiques)
Biodiversité Conseil (données terrain)

Projection:
NAD83 / MTM zone 8

Cartographie:
Kellina L. Higgins
Date: 9/8/2019

DIVERSITÉ CONSEIL

Figure 2. Points d'inventaire des plantes aquatiques exotiques envahissantes au lac Waterloo.

2.2 Espèces exotiques envahissantes visées

Tel que recommandé dans le protocole de détection du MELCC (MDDELCC 2016a), les efforts d'inventaire ont été concentrés sur 13 PAEE. Parmi ces 13 espèces, six espèces sont présentes dans les milieux naturels du Québec et les sept autres font l'objet d'un suivi au MELCC puisqu'elles sont susceptibles d'être introduites au Québec (tableau I). De plus, le myriophylle à épi a été évalué de façon plus précise lors des inventaires afin de connaître sa densité et son étendue.

Tableau I. Espèces exotiques visées par l'inventaire des espèces exotiques envahissantes au lac Waterloo.

Espèces présentes au Québec	**Espèces susceptibles d'être introduites au Québec**
Jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (F)	Laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) (F)
Hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*) (F)	Cabomba de Caroline (*Cabomba caroliniana*) (S)
Faux-nymphéa pelté (*Nymphoides peltata*) (F)	*Salvinia spp.* (F)
Châtaigne d'eau (*Trapa natans*) (F)	Élodée dense (*Egeria densa*) (S)
Myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*) (S)	Hydrille verticillé (*Hydrilla verticillata*) (S)
Potamot crépu (*Potamogeton crispus*) (S)	Myriophylle aquatique (*Myriophyllum aquaticum*) (S)
	Petite naïade (*Najas minor*) (S)

F : espèce flottante; S : espèce submergée

2.3 Inventaire effectué

L'inventaire des PAEE a été effectué les 5, 6 et 7 août 2019. Une chaloupe a été utilisée afin de circuler dans le lac. Dans les secteurs peu profonds avec une densité importante de plantes aquatiques, le moteur a été soulevé et des rames ont été utilisées afin de propulser le bateau et ainsi éviter la propagation des PAEE. À chaque point d'échantillonnage, les PAEE ont été recensées par plusieurs techniques complémentaires telles que proposées par le MELCC (MDDELCC 2016a) : détection visuelle des plantes flottantes à l'œil nu ou des plantes submergées à l'aide d'un aquascope et prélèvement des plantes avec un crochet. Le prélèvement d'échantillons à l'aide d'un crochet permet de détecter des espèces au fond de l'eau qui ne sont pas visibles à la surface ou dans des

conditions de faible visibilité de l'eau. Les pourcentages de recouvrement des espèces dans un rayon de 5 m ont été évalués et notés.

Les espèces ont principalement été identifiées selon Marie-Victorin (1995), Flora of North America (1993+) et Crow & Barre Hellquist (2000) tandis que la nomenclature suit VASCAN (Brouillet et collab. 2010). Toutes les données d'inventaire ont été prises sur des fiches standardisées dans un ordinateur de terrain. La localisation des points d'inventaire a été prise avec un GPS de poche d'une précision de 2 à 3 m (Garmin, GPSMAP 64s).

2.4 Données complémentaires

À un sous-ensemble des points d'échantillonnage, les données physiques de l'eau ont également été notées tel que proposé dans le protocole (MDDELCC 2016a) :

- **Prof. max. obs. plantes (m) :** profondeur à laquelle le fond du lac n'est plus visible à l'aide de l'aquascope
- **Secchi (m) :** mesure de la transparence de l'eau selon la profondeur à laquelle le disque n'est plus visible
- **Visibilité de l'eau :** en quatre classes (excellente, moyenne, faible, ou nulle)
- **Surface** : conditions de surface du lac lors de l'inventaire

2.5 Faune

Des observations fauniques (présence et/ou signes de présence) ont été notées lors de la visite de terrain. Il est à noter qu'aucun inventaire visant spécifiquement la faune n'a été effectué.

2.6 Cartographie

Toutes les données géographiques récoltées ont été insérées dans une base de données gérée par le logiciel QGIS 3.0. Des polygones Thiessen ont été construits autour des points d'inventaire. Ce type de polygone s'étend à mi-chemin entre deux points. Les données relevées à chaque point d'inventaire ont été attribuées au polygone correspondant. Les polygones adjacents avec présence de PAEE ont été fusionnés afin de délimiter les colonies. Le calcul de la superficie des colonies de PAEE a été effectué à l'aide de ces polygones délimitant leur étendue et le recouvrement a été calculé selon la moyenne pondérée des valeurs de recouvrement pour chaque point d'inventaire à l'intérieur d'un même polygone.

3. Résultats

Plusieurs herbiers aquatiques et marais lacustres ont été repérés dans le lac Waterloo. Ceux-ci présentaient une grande diversité floristique tant au niveau des espèces flottantes que des espèces émergées et des plantes submergées. Deux espèces exotiques envahissantes ont été observées, soit le myriophylle à épis et le potamot crépu (*Potamogeton crispus*). Le myriophylle à épis avait une couverture importante à certains endroits ce qui rendait la navigation difficile tandis qu'ailleurs il n'y avait que quelques tiges réparties au travers d'une densité importante d'espèces aquatiques indigènes.

3.1 *Inventaire* floristique

Au total, 16 taxons d'espèces vasculaires ont été répertoriés dans l'aire d'étude (tableau II). Toutes les espèces répertoriées poussent uniquement dans l'eau (obligées des milieux humides). Deux espèces étaient exotiques, soit le myriophylle à épis et le potamot crépu. Ces dernières sont décrites en détail dans les sections suivantes. Les photographies de l'inventaire sont présentées à l'annexe 1.

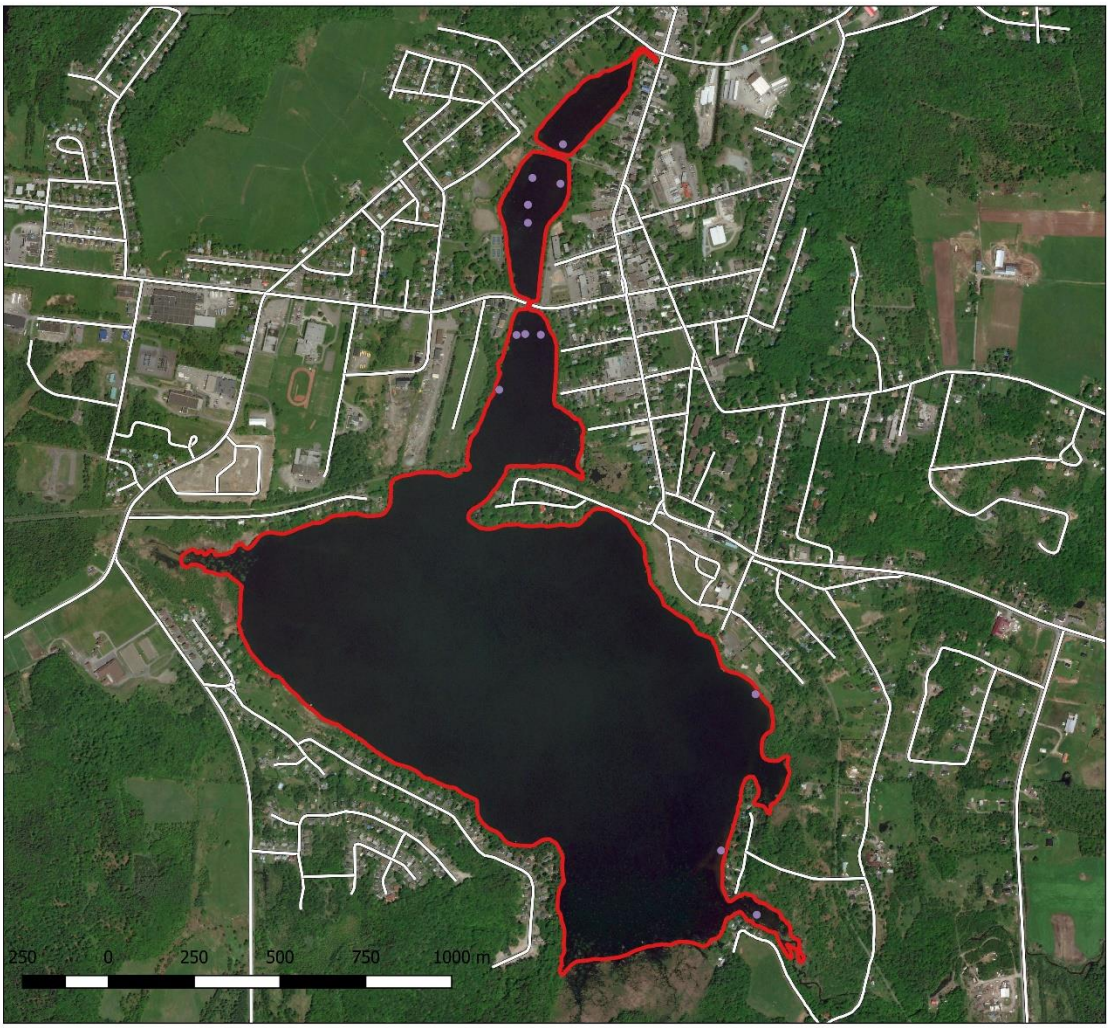
3.2 Potamot crépu

Le potamot crépu a été observé à 12 endroits, généralement dans les eaux de moins de 2 m de profondeur, principalement dans le secteur de la rivière Yamaska Nord (figure 3). À l'exception d'un point, seulement une tige a été observé à chacun des endroits où il a été noté, ce qui représente une répartition éparse. Au moment des inventaires, cette espèce ne semblait pas poser de problèmes dans le lac Waterloo. Cependant, l'espèce tend à se flétrir à partir de la mi-juillet (Kaufman & Kaufman 2007), alors il est possible que l'étendue et le recouvrement de l'espèce aient été sous-évalués lors des inventaires réalisés au mois d'août.

Tableau II. Abondance absolue des espèces recensées dans les points d'inventaire floristique complet au lac Waterloo.

			Point d'inventaire	**111**	**33**	**37**	**53**	**80**	**67**	**95**	**96**	**103**	**105**
			Visibilité	Moyenne	Moyenne	Excel.	Moyenne	Excel.	Excel.	Excel.	Excel.	Excel.	Excel.
			Densité de l'herbier	Faible	Dense	Dense	Dense	Dense	Moyen	Moyen	Moyen	Élevé	Élevé
			Profondeur	0,7m	2,0m		0,7m	0,5m	0,3m	0,6m		0,4m	1,0m
			Secchi (m)	0,7m	0,7m	1,0m	0,5m	0,5m				0,4m	
			Prof. max. obs. plantes (m)	0,7m	0,5m	1,0m		0,5m					
			Substrat	Vaseux		Vaseux	Vaseux	Vaseux	Vaseux	Vaseux		Vaseux	
			Surface	Plat	Vaguel-lettes	Plat	Plat	Plat	Vaguel-lettes	Plat		Plat	Plat
Nom latin	**Nom français**	**Indigénat**	**Statut hy-drique**										
Ceratophyllum demersum	Cornifle nageante	Indigène	OBL	1		5	10	40		5	.		5
Elodea canadensis	Élodée du Canada	Indigène	OBL	5		60	5	5		1			
Myriophyllum spicatum	Myriophylle à épis	EEE	OBL	5	60	5	5	5	1	1	0	1	0
Najas flexilis	Naïade flexible	Indigène	OBL						40		10	25	
Nuphar variegata	Grand nénuphar jaune	Indigène	OBL	5	10	50		5		1	10		25
Nymphaea odorata	Nymphéa odorant	Indigène	OBL			5	65	45					5
Potamogeton crispus	Potamot crépu	EEE	OBL						35				
Potamogeton natans	Potamot flottant	Indigène	OBL									20	
Potamogeton spirillus	Potamot spirillé	Indigène	OBL									1	
Potamogeton zosteriformis	Potamot zostériforme	Indigène	OBL							10			
Sparganium americanum	Rubanier d'Amérique	Indigène	OBL			10							
Sparganium fluctuans	Rubanier flottant	Indigène	OBL								20		15
Sparganium sp.	Rubanier sp.	Indigène	OBL										5
Spirodela polyrhiza	Spirodèle polyrhize	Indigène	OBL								.		
Stuckenia filiformis	Potamot filiforme	Indigène	OBL	2		15							
Utricularia vulgaris	Utriculaire à longues racines	Indigène	OBL			5							4
Vallisneria americana	Vallisnérie d'Amérique	Indigène	OBL	3			10	5	10	10			

*Statut hydrique – OBL : plante obligée des milieux humides; . : présence de l'espèce dans le milieu, mais absent du point d'inventaire ; EEE=espèce exotique envahissante.



Légende

- Territoire à l'étude
- Route
- Potamot crépu

Sources des données:
MDDELCC (limites du lac)
Biodiversité Conseil (données terrain)

Projection:
NAD83 / MTM zone 8

Cartographie:
Kellina L. Higgins
Date: 9/8/2019

DIVERSITÉ CONSEIL

Figure 3. Présence du potamot crépu au lac Waterloo en 2019.

3.3 Myriophylle à épis

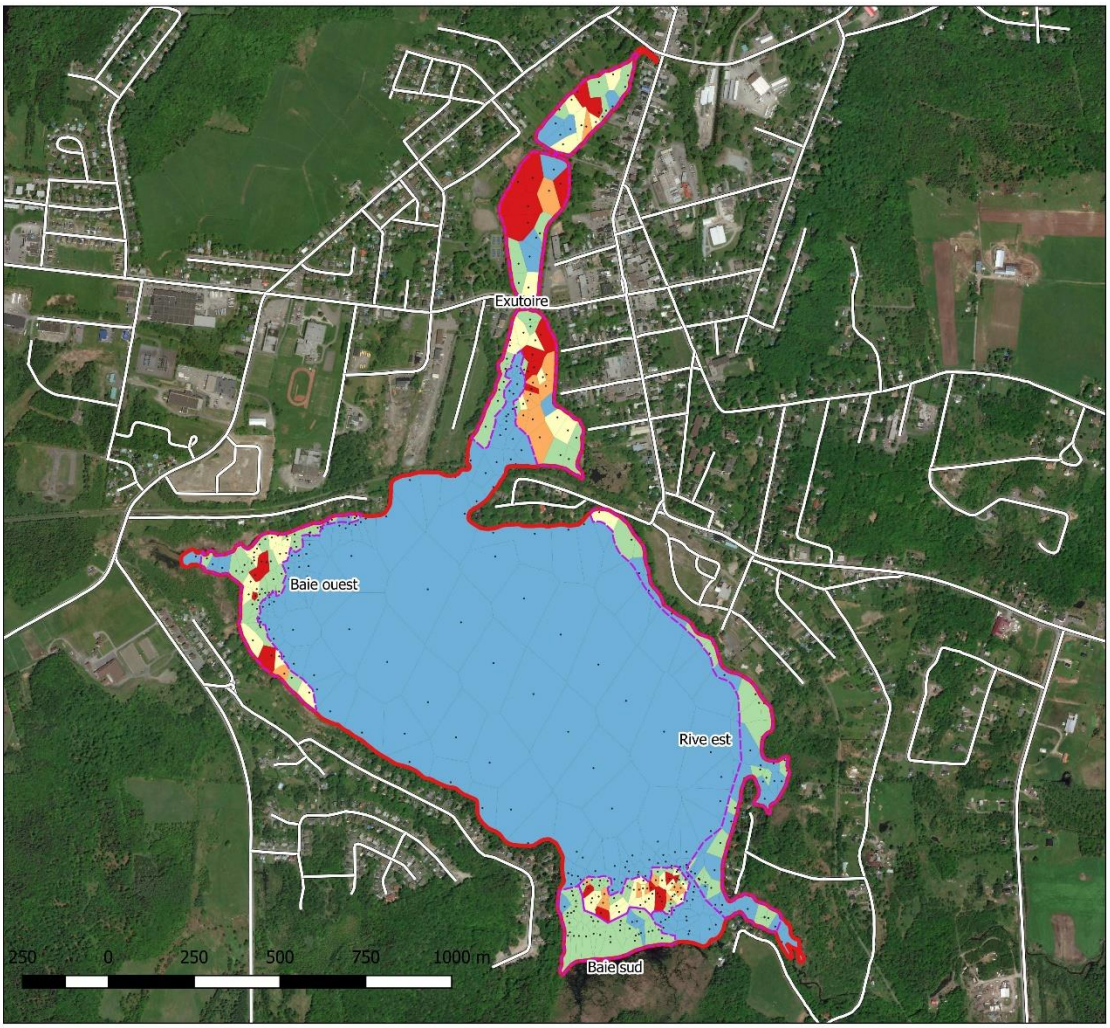
Le myriophylle à épis a été observé à 219 endroits, généralement dans les eaux de moins de 2 m de profondeur, dans quatre secteurs (tableau III; figure 4). Sa densité variait de quelques tiges isolées à des tapis denses avec un recouvrement complet. Répartis dans quatre secteurs plus un sous-secteur, environ 37 ha présentaient du myriophylle à épis, soit environ le quart du lac. Il était absent dans les secteurs du lac avec une pente forte et/ou des roches sur le bord de l'eau. Ainsi, au moment des inventaires, cette espèce semblait poser des problèmes dans le lac Waterloo.

Tableau III. Secteurs d'envahissement du myriophylle à épis avec la superficie et le recouvrement moyen au lac Waterloo.

Secteur	Superficie (m^2)	Recouvrement moyen (%)	Cote
Baie ouest	57 064	17,7	Moyen
Baie sud	41 226	2,2	Faible
	31 484	33,5	Fort
Rive est	86 168	1,0	Sporadique
Exutoire	158 187	34,6	Fort

3.3.1 Secteur de la baie ouest

Le myriophylle à épis présentait un recouvrement moyen (17,7%) dans le secteur de la baie ouest, situé à l'extrême ouest du Lac Waterloo. Certains endroits avaient un recouvrement de plus de 80% tandis que d'autres ne présentaient que quelques tiges avec un recouvrement de 1%. Plusieurs points supplémentaires placés de part et d'autre de la limite de la colonie ont permis de délimiter l'étendue avec une précision de 10 m à 20 m. L'espèce était généralement absente à partir de 1,5 m de profondeur. Le recouvrement était plus faible à partir d'environ 0,5 m de profondeur vers l'ouest où d'autres espèces aquatiques étaient présentes.



Légende

- Territoire à l'étude
- Route
- Secteurs d'envahissement
- Point d'observation

Recouvrement

- 0%
- 1-5%
- 5-30%
- 30-80%
- 80-100%

Sources des données:
MDDELCC (limites du lac)
Biodiversité Conseil (données terrain)

Projection:
NAD83 / MTM zone 8

Cartographie:
Kellina L. Higgins
Date: 12/8/2019

DIVERSITÉ CONSEIL

Figure 4. Recouvrement du myriophylle à épis au lac Waterloo en 2019.

3.3.2 Secteur de la baie sud

Le secteur de la baie sud est divisé en deux parties selon le recouvrement. Le recouvrement était faible dans la partie située près de la rive à moins de 0,5 m de profondeur où plusieurs espèces aquatiques indigènes étaient présentes. L'envahissement était fort (33,5% en moyenne et certaines zones était recouvertes à plus de 80%) dans la partie située plus loin de la rive entre environ 0,5 m et 1,5 m de profondeur. Plusieurs points supplémentaires placés de part et d'autre de la limite de la colonie ont permis de délimiter l'étendue avec une précision de 10 m à 30 m.

3.3.3 Secteur de la rive est

Le secteur de la rive est n'avait qu'une présence sporadique de myriophylle à épis avec un recouvrement d'au plus 10% et, généralement, d'environ 1% avec plusieurs endroits où aucun myriophylle à épis n'a été observé. Les deux baies de cette zone n'avaient qu'une faible densité de myriophylle à épis, mais une grande diversité et couverture d'espèces indigènes. Aucun point supplémentaire n'a été ajouté dans ce secteur étant donné que l'envahissement était faible.

3.3.4 Secteur de l'exutoire

L'envahissement était majeur et le plus important de tout le lac dans le secteur situé près de l'exutoire du lac avec des grandes zones de plus de 80% de recouvrement (recouvrement moyen de 34,6%). Plusieurs algues recouvraient les tapis de myriophylle à épis dans ce secteur. Dans les zones de recouvrement dense, aucune espèce indigène n'a été observée, ce qui dépeint l'impact écologique de l'envahissement de cette espèce.

3.4 Faune

Lors de l'inventaire, plusieurs espèces fauniques ont été observées dans le milieu aquatique dont plusieurs poissons, des oiseaux et des tortues. Notamment, une tortue peinte du Centre (*Chrysemys picta marginata*), qui a été désignée espèce préoccupante au fédéral en avril 2018 (COSEPAC 2018), a été observée dans une baie exposée sur une roche (figure 5; près du point no. 94 à 45,3321770°N et 72,5094760°O).

Figure 5. Tortue peinte du Centre juvénile exposée sur une roche.

4. Méthodes de contrôles et recommandations

4.1 Potamot crépu

4.1.1 Description de l'espèce

Le potamot crépu est une plante aquatique exotique envahissante présente au Québec depuis environ 1950 et est suivi par le MELCC (CQEE 2014). Elle peut se propager très rapidement végétativement avec une capacité de produire jusqu'à 900 hibernacles par plant (Catling & Dobson 1985). La capacité de cette espèce est reconnue pour former des tapis denses et de remplacer les espèces indigènes (Catling & Dobson 1985). Il a un avantage particulier dans les eaux polluées, vu sa tolérance (Catling & Dobson 1985). Le potamot crépu est classé très envahissant avec une valeur de 80 sur 100 dans l'état de New York (Brooklyn Botanic Garden 2013). À titre de comparaison, le myriophylle à épis a une valeur de 100 et le roseau commun (*Phragmites australis* ssp. *australis*) a une valeur de 92 (Brooklyn Botanic Garden 2013). Cependant, d'autres experts ne considèrent le potamot crépu que peu envahissant au Québec (White et collab 1993).

4.1.2 Méthodes de contrôle

Les méthodes potentielles de contrôle incluent couvrir la surface d'une toile opaque tôt dans la saison avant la formation des bourgeons à la fin du printemps ou au début de l'été qui est retirée avant l'émergence des autres espèces (Kaufman & Kaufman 2007). Étant donné que les autres espèces sont plus tardives, cette intervention ne nuit généralement qu'au potamot crépu (Kaufman & Kaufman 2007).

4.1.3 Recommandations

Aucun problème d'envahissement du potamot crépu n'a été observé lors des inventaires. Il est toutefois recommandé de suivre l'envahissement de cette espèce, surtout au début de l'été avant que les plants flétrissent. De plus, les interventions visant le myriophylle à épi pourraient également contrôler partiellement le potamot crépu.

4.2 Myriophylle à épis

4.2.1 Description de l'espèce

Le myriophylle à épis est une plante aquatique exotique envahissante originaire d'Europe, d'Asie et d'Afrique. Il est présent aux Québec depuis au moins 1958 et est suivi par le MELCC (MELCC 2019). Le myriophylle à épis se disperse principalement par fragmentation de ses plants, ce qui en fait un envahisseur efficace (MELCC 2019). Sa capacité à former des colonies très denses en fait une nuisance écologique et socioéconomique. Elle est classée comme l'espèce exotique la plus envahissante dans l'état de New York (cote de 100) (Brooklyn Botanic Garden 2013).

Par compétition avec les autres plantes aquatiques, le myriophylle à épis nuit à nos espèces indigènes et donc à la diversité végétale (MFFP 2006). De nombreux changements physiques et chimiques sont également modifiés par l'envahissement de cette plante, notamment des modifications de température et de concentration en oxygène dissout (Unmuth et collab. 2000). Ces changements peuvent mener à un évitement de l'habitat par les poissons, une hausse de mortalité ou même la disparition de certaines espèces de poissons dans les plans d'eau. Plusieurs études à ce sujet sont recensées par le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP 2006). De plus, le myriophylle à épis altère l'apparence des lacs et peut nuire à la circulation des embarcations. Sa présence rend donc moins agréable les activités de baignade, de plaisance et de pêche (POC 2018). Dans certains cas, ces désagréments peuvent même mener à une baisse de la valeur des propriétés riveraines touchées (Olden & Tamayo 2014).

4.2.2 Méthodes de contrôle

Pour l'instant, aucune solution n'existe permettant d'éradiquer complètement les colonies de myriophylle à épis. Néanmoins, le bâchage à l'aide de toiles de jute donne des résultats prometteurs (Huet & Charron 2015). Ce type de toile est biodégradable et ne nécessite donc pas d'être retiré après la fin du bâchage. Il permet également à des plantes indigènes de s'y ancrer et d'y croître. Une expérience menée au lac Pémichangan a permis de montrer une réduction de 81 à 95% du myriophylle à épis dans les zones traitées au bout de trois ans (Huet & Charron 2015). Des escargots, des écrevisses et des poissons ont

également été observés dès la première saison de bâchage aux sites traités, alors qu'il leur était impossible d'y circuler auparavant tellement les colonies de myriophylle à épis y étaient denses (Michon 2013). L'utilisation de machinerie (ex. faucardeur mécanique) peut s'avérer efficace si le traitement est répété et effectué par des gens qualifiés (OBWB 2019).

Peu importe la solution envisagée, il est essentiel de vérifier auprès du MELCC si une autorisation préalable est nécessaire. Par exemple, la coupe ou l'arrachage à l'aide de machinerie tout comme le bâchage sont des procédures assujetties à l'article 22 de la loi sur la qualité de l'environnement (LQE). Pour plus de détails, se référer à l'annexe 2 - *Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues* du *Guide d'analyse des projets d'intervention dans les écosystèmes aquatiques, humides et riverains assujettis à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement* (MDDEP 2007).

Il faudra évidemment allier ces efforts de contrôle de l'espèce à des stratégies préventives. Une méthode efficace constitue d'inspecter et nettoyer toutes les embarcations avant leur mise à l'eau pour en retirer tout animal, plante ou fragment de plante. Cette stratégie prévient également l'introduction d'autres espèces exotiques envahissante (EEE), par exemple les moules zébrées et quagga. Un suivi régulier du lac permettrait aussi une réponse rapide et efficace advenant de nouveaux envahissements par des EEE (MELCC 2019).

4.2.3 Recommandations

Dans les secteurs d'envahissement importants (baie ouest, baie sud (portion fort) et exutoire), l'emploi de la toile de jute est recommandé. Peu d'espèces indigènes ont été répertoriées à ces endroits, alors il y a peu d'impacts négatifs sur cette flore dans ces endroits. Par contre, dans les secteurs d'envahissement faibles (baie sud (portion faible), rive est) et les zones moins envahies des secteurs d'envahissement importants, la technique d'arrachage manuel est suggérée afin d'éviter de nuire aux plantes indigènes présentes. Il est important de garder les communautés végétales intactes étant donné qu'elles peuvent compétitionner avec le myriophylle à épis et elles sont importantes pour maintenir la biodiversité. D'ailleurs, l'utilisation du faucardeur mécanique pourrait être une bonne solution temporaire dans les secteurs d'envahissement important afin de réduire le risque de propagation par fragments végétatifs lors du passage des embarcations à

moteur à travers ces colonies. Il est nécessaire d'enclaver le secteur lors de ce travail mécanique pour éviter la dérive de fragments. Il est également important de réduire la circulation dans ces secteurs avant la mise en place des mesures de contrôle. Par exemple, le lac Mercier limite les corridors de navigation à cette fin (Association du Lac Mercier s.d. ; figure 6). Il est également important de faire un suivi de l'efficacité des mesures de contrôle ainsi que de l'expansion du myriophylle dans les zones sans intervention. Ces mesures d'intervention par ordre de priorité sont présentées dans le tableau suivant (tableau IV).

Figure 6. Panneau indiquant des zones à éviter au lac Mercier.

Tableau IV. Priorités d'intervention afin de contrôler le myriophylle à épis.

Priorité	Étape	Action	Superficie (ha)
1	Prévenir la propagation	Rendre le lavage des embarcations obligatoire, installer une station de lavage à la plage municipale, effectuer la surveillance	NA
		Interdire la circulation dans les zones de fort envahissement, effectuer la surveillance	19
2	Réduire la biomasse dans les zones de fort envahissement	Faucardage mécanique contrôlé	19
3	Mesures de contrôle à long terme prioritaires	Installation de toile de jute	19
4	Mesures de contrôles à long terme secondaires	Arrachage manuel par plongeurs	18
5	Suivi aux deux ans	Inventaire des zones d'intervention et des zones de faible densité	37

Il est important d'agir le plus rapidement possible afin d'éviter une propagation des tapis de myriophylle à épis dans l'ensemble du lac. Le myriophylle à épis peut s'établir jusqu'à 10 mètres de profondeur, quoiqu'il se trouve habituellement entre 1 et 4 mètres (MELCC 2019). Par exemple, le myriophylle à épis occupe l'ensemble du pourtour du lac à la truite à Saint-Agathe-des-Monts jusqu'à 6 m de profondeur (Carignan 2016). Ainsi, vu la faible profondeur du lac Waterloo (maximum 5,2m), il est possible que le myriophylle s'étende jusqu'au centre du lac. De plus, le myriophylle à épis peut s'étendre rapidement en quelques années. Par exemple, dans le lac Quenouille, l'envahissement a progressé de quelques centaines de mètres carrés en 2013 à 5 000m^2 en 2017 (Carignan 2017). Ainsi, l'état de l'envahissement du myriophylle à épis au lac Waterloo est important, mais pourrait empirer au point d'atteindre les pires cas observés au Québec.

5. Conclusion

L'inventaire des espèces aquatiques exotiques envahissantes du lac Waterloo a permis de détecter la présence et l'étendue de l'envahissement de deux espèces. Le potamot crépu est en implantation et n'est pas encore très dense ni très répandu. Par ailleurs, le myriophylle à épis s'est avéré très répandu et, dans certains secteurs, très dense et très envahissant. Il apparaît urgent de procéder à des activités de contrôle de cette espèce avant qu'il ne soit trop tard et que le lac se voit, dans sa partie littorale, complètement recouvert de cette espèce. Ce rapport contient des propositions de mesure à prendre pour commencer ce contrôle. En même temps un suivi régulier devrait être fait pour vérifier l'efficacité des mesures et aussi détecter tout étalement de l'espèce dans les zones non envahies. La saine gestion écologique d'un lac développé et utilisé pour des activités récréatives est une science qui nécessite des ressources et un suivi continu si la communauté désire en bénéficier à long terme.

Ce rapport final est approuvé par :

Kim Marineau, biologiste, M.Sc.
Présidente de Biodiversité conseil inc.
Membre de l'Association des biologistes du Québec (#2505)
2030 boulevard Pie-IX, bureau 213
Montréal (Québec) H1V 2C8

6. Références

ASSOCIATION DU LAC MERCIER. S.d. http://lacmercier.ca/plantes-envahissantes-et-myriophylles/

BROOKLYN BOTANIC GARDEN. Mars 2013. Invasiveness Assessment Scores and Ranks for 183 Nonnative Plant Species in NYS. New York State Office of Invasive Species Coordination. Disponible au: http://nyis.info/?action=israt

BROUILLET, L., F. COURSOL, S.J. MEADES, M. FAVREAU, M. ANIONS, P. BELISLE et P. DESMET. 2010+. VASCAN, la Base de données des plantes vasculaires du Canada. http://data.canadensys.net/vascan/ (consultée le 2018-07-20)

CARIGNAN, R. 2016. Le myriophylle à épi au lac à la Truite : Situation en septembre 2016. Remis à la Ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 11 p.

CARIGNAN, R. 2017. Le myriophylle à épi et les autres plantes aquatiques du lac Quenouille. Remis à : la municipalité de Val-des-Lacs, la municipalité de Lac-Supérieur et la ville de Sainte-Agathe-des-Monts, 12 p.

CATLING, P.M. & I. DOBSON. 1985. The Biology of Canadian Weeds. 69. *Potamogeton crispus* L. Canadian Journal of Plant Science, 65: 655-668. Disponible au http://pubs.aic.ca/doi/pdf/10.4141/cjps85-088

COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA (COSEPAC), 2018. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue peinte du Centre (*Chrysemys picta marginata*) et la tortue peinte de l'Est (*Chrysemys picta picta*) au Canada, Comité sur la situation des espèces en péril au Canada, Ottawa. xviii + 123 p.

CONSEIL QUEBECOIS DES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (CQEE). 2004. Potamot crépu. Espèces exotiques envahissantes et leurs vecteurs. Disponible au : http://vecteurs.cqeee.org/wp-content/uploads/sites/5/2014/04/CQEEE_Potamot_crepu.pdf

CROW, G. E. & BARRE HELLQUIST, C. 2000. Aquatic and wetland plants of northeastern North America. Volume One: Pteridophytes, Gymnosperms and Angiosperms: Dicotyledons. Madison, WI, The University of Wisconsin Press. 480 p.

CROW, G. E. & BARRE HELLQUIST, C. 2000. Aquatic and Wetland Plants of Northeastern North America. Volume Two: Angiosperms: Monocotyledons. Madison, WI, The University of Wisconsin Press. 400 p.

FLORA OF NORTH AMERICA EDITORIAL COMMITTEE, éds. 1993+. Flora of North America North of Mexico. 16+ vols. New York et Oxford.

HUET, B ET D. CHARRON. 2015. Contrôle du myriophylle à épis avec une toile de jute : Agence du bassin versant ABV des 7, Lac Pémichingan. http://lacquenouille.ca/documents/MAE-EWM/MAE-ABV7-presentation-2015-06-compresssed.pdf (consulté le 2019-08-08)

KAUFMAN, S.R & W. KAUFMAN. 2007. Invasive plants: a guide to identification and the impacts and control of common North American species. 1st ed. Stackpole Books. Mechcanicsburg, PA.

MARIE-VICTORIN. 1995. Flore laurentienne. Troisième édition. Les presses de l'Université de Montréal. 1093 p.

MICHON, G. 2013. Contrôle du myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*) par l'utilisation de toiles de jute au lac Pémichangan - Projet expérimental. Rapport d'étape présenté à Monsieur Pierre Labrecque, directeur CRRNTO et Monsieur Daniel Fortin, agent de développement CRÉO. 28 p. + annexes.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). 2019. Espèces exotiques envahissantes - Myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*). http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/myriophylle-epi/index.htm (consulté le 2019-08-08)

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2006. Évaluation du risque de l'introduction du myriophylle à épis sur l'offre de pêche et la biodiversité des eaux à Touladi. http://bibvir1.uqac.ca/archivage/030033736.pdf (consulté le 2019-08-08)

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, QUÉBEC (MDDELCC), 2008, version révisée 2015. Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. Note explicative sur la ligne des hautes eaux : la méthode botanique experte, 9 pages + annexes.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, QUÉBEC (MDDELCC). 2016a. *Protocole de détection et de suivi des plantes aquatiques exotiques envahissantes (PAEE) dans les lacs de villégiature du Québec* du MDDELCC (2016)

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, QUÉBEC (MDDELCC), Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE). 2016b. Bathymétrie du lac Waterloo. Courbes isobathes de 1m. Données numériques disponibles au ftp://ftp.mddep.gouv.qc.ca/CEHQ/cartes_bathymetriques/. [donnee_numerique_global_juin_2019.shp]

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2007. Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues - Guide d'analyse des projets d'intervention dans les écosystèmes aquatiques, humides et riverains assujettis à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement. 32 p.

OKANAGAN BASIN WATER BOARD (OBWB). 2019. Methods of Control. https://www.obwb.ca/milfoil/methods-of-control/ (consulté le 2019-08-08)

OLDEN J.D. & TAMAYO M. 2014. Incentivizing the Public to Support Invasive Species Management: Eurasian Milfoil Reduces Lakefront Property Values. PLoS ONE 9(10): e110458. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110458

PÊCHES ET OCÉANS CANADA (POC). 2018. Myriophylle en épi - Myriophyllum spicatum. http://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/profiles-profils/eurasianwatermilfoil-myriophylleenepi-fra.html (consulté le 2019-08-08)

Unmuth, J.M.L., R.A. Lillie, D.S. Dreikosen et D.W. Marshall. 2000. Influence of Dense Growth of Eurasian Watermilfoil on Lake Water Temperature and Dissolved Oxygen, Journal of Freshwater Ecology, 15:4, 497-503, DOI: 10.1080/02705060.2000.9663772

WHITE, D. J., KEDDY, C., & HABER, E. 1993. Plantes envahissantes des habitats naturels du Canada: aperçu global des espèces vivant en milieu humide et en milieu sec et la législation visant leur élimination: rapport. Le Service canadien de la faune.

Annexe 1 : Photographies

Plantes aquatiques exotiques envahissantes observées

Potamot crépu

Myriophylle à épi

Myriophylle à épis : densité forte

Myriophylle à épis : densité moyenne

Herbier aquatique (baie ouest)

Rive avec présence de roches

Herbier aquatique (baie sud)

Herbier aquatique et tapis de myriophylle à épi (baie sud)

Herbier aquatique (rive est)

Herbier aquatique (rive est, ruisseau Frost)

Tapis de myriophylle à épis recouvert d'algues (exutoire)

Tapis dense de myriophylle à épis (exutoire)

Annexe 2 : Fiches d'information

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Avertissement

- Le tableau qui constitue la présente annexe contient une synthèse des méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues qui ont été proposées sur le marché au moment de rédiger cette synthèse. Une mise à jour aura lieu périodiquement. Les méthodes de contrôle répertoriées ne sont pas classées selon un ordre de priorité.

- Le Ministère n'entérine pas les différentes méthodes qui sont présentées dans le présent tableau. Celui-ci constitue une aide à l'analyse des projets soumis au MDDEP, dans le cadre d'une demande de certificat d'autorisation en vertu de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

- Les informations contenues dans ce tableau indiquent quelles sont les méthodes acceptables sous certaines conditions, celles qui sont inacceptables en tout temps ainsi que celles qui nécessitent des informations et des recherches supplémentaires.

- Le choix de la méthode de contrôle de la végétation ou des cyanobactéries repose sur l'analyse particulière d'une situation, sur les objectifs visés par le contrôle et sur les limites de chaque technique. Une méthode jugée acceptable pourra être refusée, à la suite de l'analyse d'une demande de certificat d'autorisation en vertu de la LQE par le MDDEP.

- Toute méthode curative est insuffisante pour régler de façon permanente un problème d'eutrophisation d'un plan d'eau et ne peut constituer qu'une action d'accompagnement en parallèle ou dans l'attente de l'effet d'actions préventives visant le contrôle des sources de phosphore.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

TABLE DES MATIÈRES DU TABLEAU DES MÉTHODES

Type de contrôle	Méthode de contrôle	Page
MANUEL	Arrachage, coupe ou raclage manuel	3
MÉCANIQUE	Coupe ou fauchage mécanique	4
	Moissonneur	5
	Arrachage	6
	Scarifiage ou fraises rotatives	7
	Agitateur à sédiments	8
	Dragage mécanique ou par aspiration du fond (hydraulique)	9
	Aspirateur de fond avec plongeur	10
	Aération de l'hypolimnion en activant la circulation de l'eau (éolienne)	11
PHYSIQUE	Aération de l'hypolimnion par apport d'oxygène	12
	Recouvrement temporaire ou permanent des sédiments (membrane)	13
	Colorant et opacifiant	14
	Écrans de surface, barrières flottantes	14
	Baisse du niveau d'eau et assèchement	15
	Évacuation sélective des eaux hypolimniques	16
	Hausse du niveau d'eau	16
	Filtration	16
	Sonication (procédé employant des ultrasons)	17
	Augmentation de l'écoulement (effet « chasse d'eau »)	18
	Travaux de recréation du lit d'un cours d'eau	18
	Farine de quartz et tube biocatalyseur (technologie « Plocher »)	19
CHIMIQUE	Paille d'orge	19
	Ozonation	20
	Herbicides (dont les algicides)	21
	Adsorbant de nutriments (sels de fer ou d'alun)	22
	Craie (chaux) et autres éléments minéraux à base de carbonate de calcium	23
BIOLOGIQUE	Manipulation de la chaîne trophique – zooplancton consommateurs de phytoplancton	24
	Manipulation de la chaîne trophique – poissons herbivores consommateurs de macrophytes	25
	Manipulation de la chaîne trophique – poissons herbivores consommateurs de phytoplancton	26
	Manipulation de la chaîne trophique – macro-invertébrés aquatiques consommateurs de macrophytes	27
	Agents pathogènes des algues ou des plantes aquatiques (virus, bactérie, champignon)	28
	Bio-augmentation (injection de bactéries aérobies)	29
	Introduction de plantes allopathiques	30
	Introduction de plantes indigènes compétitrices	30
	Îles flottantes artificielles	31

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MANUELLE	**Arrachage, coupe ou raclage manuel**	Arrachage, coupe ou raclage manuel des plantes aquatiques	✔	✔	✔		✔	✔	- est efficace en particulier sur les herbiers nouvellement établis et sur les herbiers de faible densité dont la dynamique d'extension de l'espèce est bien connue; - est sélective; - augmente la durée d'efficacité d'autres interventions; - permet d'éliminer les plantes et leurs racines (arrachage).	- dérange la faune aquatique; - peut remettre en suspension les sédiments; - peut contribuer à la multiplication des espèces se reproduisant par fragmentation (mais le risque est moindre comparativement à d'autres techniques); - implique un travail intensif et fastidieux; - en eau profonde, méthode qui nécessite des plongeurs, ce qui entraîne des coûts non négligeables de logistique, des difficultés de travaux sub-aquatiques et une spécialisation des participants.		✔		✔ projets non assujettis[7] (exclusion administrative)		- à utiliser pour des sites de petite superficie, aux prises avec des difficultés d'accès et de déplacements; - l'efficacité de la méthode dépend du type de substrat, du degré de visibilité et de la minutie du travail effectué; - réaliser la coupe au moment de la floraison ou de la germination des plants, de manière à affaiblir ces derniers pour les années suivantes; - s'assurer de retirer toute la plante ainsi que tous ses fragments; - répéter l'opération plus d'une saison.

[1] On vise soit à rendre la prise d'eau accessible et dégagée des plantes aquatiques, soit à préserver la qualité de l'eau pour la consommation (cyanobactéries et autres).
[2] Il s'agit d'améliorer ou de maintenir la qualité visuelle du plan d'eau.
[3] On vise à prévenir les risques pour la santé liés au contact direct avec l'eau et à assurer la pratique de l'activité. Les activités dites *de contact direct* comprennent la baignade, la planche à voile et le kayak de rivière.
[4] On vise à prévenir les risques pour la santé liés à la consommation de poissons, de mollusques ou de crustacés contaminés.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	

[5] On vise à maintenir ou à rétablir l'accès et la circulation nautique à l'aide d'une embarcation à moteur et à préserver les activités dites *de contact indirect* comme la pêche, le canotage et la navigation de plaisance.
[6] On vise à protéger les communautés naturelles ou à les rétablir. La vie aquatique inclut les communautés de poissons, d'invertébrés, de zooplancton, d'algues et de macrophytes indigènes.
[7] Projets non assujettis en vertu de l'instruction 94-29 relative aux exclusions administratives à l'application de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MÉCANIQUE	**Coupe ou fauchage avec faucardeur**	Coupe ou fauchage de plantes aquatiques à l'aide d'appareils mécaniques	✔	✔	✔		✔		- assure une ouverture immédiate du plan d'eau; - élimine seulement la partie supérieure de la plante, préservant ainsi partiellement l'habitat de la faune aquatique; - est une méthode financièrement plus avantageuse que le moissonnage; - est adaptée pour les hydrophytes.	- est non sélective; - détruit souvent les petits poissons, les invertébrés benthiques et les autres espèces vivant dans les parties supérieures des plantes; - requiert une profondeur d'eau minimale; - remet les sédiments en suspension; - contribue à la multiplication des espèces qui se reproduisent par fragmentation (ex. : myriophylle, élodée); - a une efficacité limitée lorsque les plantes ont commencé à dépérir.			✔	✔ a. 22 LQE		- éviter les périodes de fraie et d'alevinage des poissons; - en présence d'espèces se reproduisant par fragmentation, n'est acceptable que lorsque le plan d'eau est totalement envahi (dans ce cas, réaliser la coupe lors de la floraison ou de la germination des plants afin de les affaiblir pour les années suivantes); - ne pas réaliser le fauchage sans s'assurer de pouvoir retirer les plantes du plan d'eau; - dans les milieux aquatiques de grande dimension, indiquer précisément l'emplacement des sites par marquage de bouées afin d'optimiser les travaux; - aménager adéquatement l'accès au site en fonction des risques de dégradation des rives lors des travaux.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MÉCANIQUE	**Moissonneur**	Utilisation d'une machinerie permettant de couper un plant à une profondeur de 0,5 m à 3 m	✔	✔	✔		✔		- assure une ouverture immédiate du plan d'eau; - élimine seulement la partie supérieure de la plante, préservant ainsi partiellement l'habitat de la faune aquatique; - utilise une machinerie aisément maîtrisable; - diminue substantiellement la densité de plantes aquatiques lorsqu'elle est appliquée de manière répétitive et à des intervalles de temps appropriés; - est adaptée principalement pour les hydrophytes.	- est non sélective; - détruit souvent les petits poissons et les invertébrés benthiques vivant dans les parties supérieures de plantes; - remet les sédiments en suspension; - comporte un risque de propagation pour les espèces se reproduisant par fragmentation (ex. : myriophylle, élodée); - implique des coûts plus élevés que le fauchage mécanique.			✔	✔ a. 22 LQE		- éviter les périodes de fraie et d'éclosion des œufs de poissons; - en présence d'espèces se reproduisant par fragmentation, n'est acceptable que lorsque le plan d'eau est totalement envahi (dans ce cas, réaliser la coupe lors de la floraison ou de la germination des plants afin de les affaiblir pour les années suivantes); - dans les milieux aquatiques de grande dimension, indiquer précisément l'emplacement des sites par marquage de bouées afin d'optimiser les travaux; - aménager adéquatement l'accès au site en fonction des risques de dégradation des rives.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MÉCANIQUE	**Arrachage**	Arrachage des plantes aquatiques à l'aide de machinerie	✔	✔	✔		✔		- assure une ouverture immédiate du plan d'eau; - élimine en partie la plante et ses racines; - peut être utilisée en eau plus profonde que l'arrachage manuel; - la machinerie est facile à maîtriser lorsque son tirant d'eau à vide est faible; - diminue substantiellement la densité des plantes si elle est appliquée de manière répétitive et à des intervalles de temps appropriés.	- remet les sédiments en suspension; - perturbe fortement la faune aquatique; - comporte un risque de propagation pour les espèces qui se reproduisent par fragmentation (ex. : myriophylle).			✔	✔ a. 22 LQE		- éviter les périodes de fraie et d'alevinage des poissons; - aménager adéquatement l'accès au site en fonction des risques de dégradation des rives par la machinerie; - adapter la machinerie à la nature des plantes à arracher en ajoutant, au besoin, des griffes.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MÉCANIQUE	**Scarifiage ou fraises rotatives**	Broyage des plantes aquatiques et mélange des résidus aux sédiments, à l'aide de machinerie		✔			✔		- assure une ouverture immédiate du plan d'eau; - élimine en partie la plante et ses racines.	- est non sélective; - remet des sédiments en suspension; - perturbe fortement la faune aquatique; - est déconseillée pour les espèces qui se reproduisent par fragmentation (ex. : myriophylle); - a une efficacité limitée si la longueur du couteau n'atteint pas la vase ou si les sédiments sont trop fermes.			✔	✔ a. 22 LQE		- éviter les périodes de fraie et de stade juvénile des poissons; - à utiliser pour contrôler des espèces possédant des racines développées mais occupant une faible superficie du plan d'eau; - en présence d'espèces se reproduisant par fragmentation, n'est acceptable que lorsque le plan d'eau est totalement envahi (dans ce cas, réaliser la coupe lors de la floraison ou de la germination des plants afin de les affaiblir pour les années suivantes); - lors des travaux, aménager adéquatement l'accès au site pour éviter de dégrader les rives avec la machinerie utilisée.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MÉCANIQUE	**Agitateur à sédiments**	La machine brasse les sédiments et provoque l'inhibition de la croissance des plantes.					✔		- inhibe la croissance des plantes en agitant, de manière répétitive, les sédiments; - est adaptée en particulier pour contrôler le développement des plantes aquatiques autour des quais.	- est non sélective; - perturbe l'habitat du benthos et peut interférer avec la fraie de certains poissons; - requiert une profondeur d'eau minimale; - remet en suspension les sédiments; - peut causer la fragmentation des plantes présentes, ce qui augmente le risque de propagation de l'espèce; - requiert de retirer les structures des plans d'eau en hiver afin de préserver leur intégrité.			✔		✔	**N/A**

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
MÉCANIQUE	**Dragage mécanique ou par aspiration du fond (hydraulique)**	Extraction des sédiments à l'aide d'une pelle ou d'un aspirateur		✔	✔		✔		- enlève les sédiments riches en substances nutritives et propices à la croissance des plantes; - extrait les plantes et leurs racines; - diminue fortement la densité des herbiers aquatiques.	- est non sélective; - perturbe fortement la qualité de l'eau, les sédiments (le dragage mécanique surtout), la faune et ses habitats; - a une durée d'action parfois fortement limitée par des apports de plantes ou de fragments provenant du milieu environnant ou de graines enfouies dans les sédiments et remises dans des conditions favorables de germination; - comporte un risque de propagation des espèces se reproduisant par fragmentation; - engendre des problèmes de traitement et/ou d'élimination en raison des grandes quantités d'eau et de sédiments extraites.	✔	✔		✔ a. 22 LQE ou a. 31.1 LQE		- à utiliser dans les secteurs sédimentaires les plus riches en nutriments et en plantes; - lors des travaux, aménager adéquatement l'accès au site pour éviter de dégrader les rives avec la machinerie; - éliminer les sédiments et les plantes dragués et aspirés dans un lieu de dépôt approuvé par le MDDEP; - éviter les périodes de fraie et d'alevinage des poissons.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
MÉCANIQUE	**Aspirateur de fond avec plongeur**	Utilisation, par un plongeur, d'une pompe qui aspire les plantes, leurs racines et les sédiments	✔	✔	✔		✔	✔	- est relativement sélective et adaptée pour éliminer les colonies pionnières; - extrait les plantes et leurs racines; - enlève les sédiments riches en substances nutritives et propices à la croissance des plantes; - diminue fortement la densité des herbiers aquatiques.	- perturbe, localement, les sédiments, la faune et ses habitats; - comporte un risque de propagation pour les espèces se reproduisant par fragmentation (ex. : myriophylle); - implique un travail intensif et long.		✔		✔ a. 22 LQE		- à utiliser sur de petites surfaces (coûts et temps requis élevés) pour éliminer des communautés végétales ciblées; - s'assurer de retirer toute la plante et tous ses fragments; - établir un plan de gestion des sédiments et des plantes aspirées; - éviter les périodes de fraie et d'éclosion des œufs.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
MÉCANIQUE	**Aération de l'hypolimnion en activant la circulation de l'eau (éolienne)**	Utilisation d'une hélice activée par le vent pour mélanger et aérer l'eau du lac	✔			✔	✔		- contrôle la libération du phosphore et d'autres éléments à partir des sédiments; - favorise la croissance des diatomées et des algues vertes au détriment des algues bleu-vert (cyanobactéries).	- comporte un risque que seules les eaux de surface soient brassées; - a une efficacité théorique souvent surestimée; - peut entraîner une hausse des matières en suspension, du phosphore total, du pH et de la distribution algale; - peut réduire la sédimentation algale et le broutage par le zooplancton; - la déstratification thermique du lac résultant du traitement peut entraîner des mortalités piscicoles; - peut créer, en hiver, une couche de glace fragile (danger de noyade).		✔		✔ a. 22 LQE		- est efficace si une stratification thermique est présente dans le plan d'eau et si l'appareil est suffisamment puissant pour la briser; - pourrait être acceptable si le nombre d'éoliennes requis pour traiter le lac ne nuit pas à la sécurité nautique ou à la qualité visuelle du plan d'eau; - prévoir l'entretien des éoliennes et leur retrait à la fin du traitement.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
PHYSIQUE	**Aération de l'hypolimnion par apport d'oxygène**	Injection d'oxygène dans l'hypolimnion pour former une barrière contrôlant la libération du phosphore	✔	✔		✔	✔		- contrôle la libération du phosphore et d'autres éléments à partir des sédiments grâce à l'apport d'oxygène.	- a une efficacité souvent localisée; - la déstratification thermique du lac résultant du traitement peut entraîner des mortalités piscicoles; - peut créer, en hiver, une couche de glace fragile (danger de noyade).		✔		✔ a. 22 LQE		- à utiliser seulement pour les lacs de petite superficie et profonds (diffuseurs efficaces au-delà de 5 m); - pourrait être permise si la stratification est maintenue et si des tests démontrent que les communautés biologiques ne sont pas trop touchées.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
PHYSIQUE	**Recouvrement temporaire ou permanent des sédiments**	Recouvrement des sédiments lacustres à l'aide d'une membrane perméable	✔	✔	✔		✔		- assure une ouverture immédiate du plan d'eau; - limite les échanges nutritifs entre les sédiments et la colonne d'eau; - diminue le développement des macrophytes; - permet de récupérer des usages à des fins récréatives (aires de baignade publiques, corridors d'accès à des quais).	- est non sélective; - n'est pas adaptée pour les cours d'eau; - perturbe temporairement l'habitat du benthos et peut interférer avec la fraie de certains poissons; - requiert un nettoyage et une inspection régulière, pour des raisons de sécurité et pour éviter la colonisation du substrat par les plantes aquatiques.		✔		✔ a. 22 LQE		- à utiliser pour de petites superficies (ex. : plages) en raison de l'impact sur les habitats fauniques aquatiques ou dans des plans d'eau comprenant des communautés benthiques très dégradées; - à ne pas utiliser pour les cours d'eau; - implanter les matériaux avant une trop forte croissance des végétaux (efficacité); - s'assurer de la stabilité des ancrages, de la qualité et de la porosité du matériel employé (doit favoriser les échanges gazeux et le passage des microorganismes); - nettoyer et inspecter régulièrement les membranes et prévoir leur entretien ou leur retrait si elles ne sont plus utiles.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
PHYSIQUE	**Colorant et opacifiant**	Utilisation d'encre ou de teinture non toxique limitant la pénétration de lumière		✔			✔		- restreint la profondeur d'enracinement des plantes aquatiques et le développement des algues en limitant la pénétration de lumière dans le plan d'eau; - est non toxique pour les espèces fauniques et floristiques; - préserve la qualité de l'eau.	- est non spécifique; - est peu ou pas efficace contre les plantes flottantes et les plantes vivant à de faibles profondeurs (0,6 m et moins) - les plantes aquatiques tolérantes à la lumière survivent à plus de 0,6 m de profondeur.			✔	✔ a. 22 LQE		- réservée à de petites surfaces où il n'existe aucune circulation d'eau; - réservée à des milieux à usage esthétique exclusif; - s'assurer qu'il n'y pas de captage d'eau potable dans le plan d'eau ou en aval; - à appliquer avant la croissance des plantes aquatiques ciblées, et ce, de manière répétée.
PHYSIQUE	**Écrans de surface, barrières flottantes**	Disposition d'une couverture opaque à la surface de l'eau	✔	✔					- restreint la profondeur d'enracinement des plantes aquatiques et le développement des algues en limitant la pénétration de la lumière dans le plan d'eau; - n'augmente pas la turbidité de l'eau; - les matériaux étant généralement inertes, ils ne sont pas toxiques pour la faune.	- est non spécifique; - est peu ou pas efficace contre les plantes flottantes et les plantes vivant à des faibles profondeurs (0,6 m et moins) – les plantes aquatiques tolérantes à la lumière survivent à plus de 0,6 m de profondeur; - restreint l'accès au plan d'eau à hauteur de la surface traitée.			✔	✔ a. 22 LQE		- réservée pour de petites surfaces (ex. : entre les quais); - ne pas installer dans des secteurs du lac où l'accès est requis.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
PHYSIQUE	**Baisse du niveau d'eau et assèchement**	Baisse temporaire des niveaux d'eau du lac et assèchement des plantes exondées	✔	✔	✔	✔	✔		- permet la dessiccation des plantes, voire leur gel en hiver; - réduit la densité des communautés aquatiques et modifie leur composition; - permet de réparer les quais et les autres structures; - favorise l'oxydation des sédiments; - peut être combinée à l'enlèvement des sédiments.	- est inefficace contre les espèces végétales à reproduction sexuée; - efficacité limitée si la nappe phréatique atteint des niveaux d'eau élevés dans le lac durant le traitement; - peut être moins efficace en présence d'une densité importante de plantes aquatiques (déshydratation ralentie); - remet les contaminants en circulation lors du brassage des sédiments; - comporte des contraintes pour des plans d'eau à usages multiples; - peut détruire les plantes riveraines et présente ainsi un risque de déstabilisation des rives; - peut détruire la faune aquatique et les autres organismes sensibles et perturber la chaîne alimentaire; - peut modifier la composition du substrat et activer la résistance de certaines espèces (effet des baisses répétées du niveau d'eau).		✔		✔ a. 22 LQE		- pourrait être acceptable pour les lacs artificiels; - à utiliser contre des espèces sensibles à la dessiccation et au gel ainsi que les espèces pérennes à multiplication végétative; - à utiliser en présence d'une structure de contrôle du niveau d'eau (moins coûteux); - s'assurer que les sédiments et la pente de la zone exposée facilitent le drainage et le gel; - méthode efficace si les variations du niveau d'eau sont importantes et si la méthode est appliquée au moins pendant un mois, durant plusieurs années consécutives; - vérifier au préalable la stabilité des rives et assurer un suivi par la suite; - tenir compte des conditions climatiques lors du traitement pour en assurer l'efficacité.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
PHYSIQUE	**Évacuation sélective des eaux hypolimniques**	Évacuation des eaux hypolimniques chargées et riches en nutriments par vidange ou pompage	✔	✔	✔	✔	✔		- réduit la couche sédimentaire en favorisant la décomposition des matières organiques; - permet de réduire les concentrations en phosphore et d'éliminer un excès de biomasse algale.	- entraîne une diminution du volume de l'hypolimnion et un appauvrissement global du plan d'eau; - comporte un risque d'impact thermique pour le cours d'eau récepteur; - peut perturber la stratification du plan d'eau.		✔		✔ a. 22 LQE		- à appliquer uniquement à des petits lacs profonds, au temps de renouvellement rapide et à des réservoirs munis de vannes pour évacuer les eaux; - s'assurer que l'eau « de remplacement » soit moins riche en nutriments que l'eau éliminée.
PHYSIQUE	**Hausse du niveau d'eau**	Élévation du niveau d'eau pour diminuer la quantité de lumière disponible pour la flore	✔	✔	✔		✔	✔	- réduit la transparence des eaux et limite le développement des plantes aquatiques; - augmente le taux de dilution des nutriments et, conséquemment, diminue le développement des algues.	- est non sélective; - comporte des contraintes pour des plans d'eau à usages multiples; - comporte des contraintes d'aménagement et de gestion des ouvrages; - a des effets généralement faibles.			✔	✔ a. 22 ou a. 31.1 de la LQE		- considérer les caractéristiques des rives (stabilité, sensibilité à l'érosion) pour établir l'acceptabilité; - établir quelles sont les contraintes pour les riverains et les usagers; - est moins coûteuse en présence d'une structure de contrôle du niveau d'eau.
PHYSIQUE	**Filtration**	Pompage, filtration et retour de l'eau traitée vers le plan d'eau	✔	✔	✔		✔		- réduit la biomasse algale et les concentrations en phosphore dissous dans la colonne d'eau.	- coûts très prohibitifs; - ne réduit pas directement le phosphore accumulé dans les sédiments.	✔			✔ a. 22 LQE		- à considérer seulement pour de petits plans d'eau.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
PHYSIQUE	**Sonication**	Irradiations ultrasoniques entraînant un éclatement des cellules de cyanobactéries	✔	✔	✔	✔			- détruit les algues bleues qui précipitent au fond du plan d'eau; - est applicable pour de petites surfaces.	- manque d'informations concernant les impacts sur la faune aquatique; - a une efficacité sélective et limitée à quelques jours; - selon l'information obtenue du fabricant, la sonication est inefficace contre 5 espèces d'algues, soit *Oscillatoria sp.* (cyanobactérie), *Chara sp. Nitella sp.* et *Pediastrum sp.* (algues vertes) ainsi que *Euglena sp*. en plus de n'être efficace que de 75 % à 95 % contre 3 autres espèces, soit *Mycrocystis sp*. coloniale (cyanobactérie), *Pithophora sp.* et *Cylindrospermopsis raciborskii*; - il n'est pas démontré que les toxines sont aussi détruites lors du traitement.			**?**	✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre de projets de démonstration; - technique initialement utilisée en laboratoire et testée depuis peu sur des plans d'eau (la littérature est peu abondante sur ce sujet); - peut être envisageable pour de petites surfaces.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
PHYSIQUE	**Augmentation de l'écoulement (effet « chasse d'eau »)**	Apport d'eau pour augmenter le taux de renouvellement de l'eau du lac et diluer sa concentration en nutriments	✔	✔	✔	✔		✔	- diminue l'accumulation de la biomasse et les concentrations en nutriments.	- nécessite une grande quantité d'eau peu chargée en éléments nutritifs.		**?**		✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre d'un projet de démonstration; - à utiliser pour des petits plans d'eau.
PHYSIQUE	**Travaux de recréation du lit d'un cours d'eau**	Reprofilage d'un cours d'eau artificialisé pour lui redonner son caractère naturel		✔	✔	✔		✔	- permet de rétablir l'écoulement et de retirer les sédiments riches en nutriments, ce qui permettra de diminuer éventuellement la croissance des plantes aquatiques et des algues.	- remet des sédiments en suspension; - requiert d'éliminer les sédiments dragués sur un site autorisé (MDDEP).	✔			✔ a. 22 ou a. 31.1 de la LQE		- pourrait être acceptable pour les cours d'eau ayant subi des travaux d'aménagement et d'entretien; - nécessite une analyse des impacts hydrologiques et hydrauliques; - exige de compléter éventuellement les travaux avec des plantations arborescentes et arbustives en rive.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
PHYSIQUE	**Farine de quartz et tube biocatalyseur (technologie « Plocher »)**	Simule la présence d'oxygène dans un milieu au moyen des oscillations vibratoires transmises par la farine de quartz		✔	✔	✔			- provoque, par la simulation de la présence d'oxygène, l'activation des organismes qui digèrent la vase ainsi que les autres éléments nutritifs souvent responsables du développement des algues (selon les inventeurs).	- ne reposent pas sur des effets connus. Aucune étude ne permet de confirmer ou d'infirmer les affirmations des inventeurs			**?**	✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre d'un projet de démonstration.
CHIMIQUE	**Paille d'orge**	Épandage de paille d'orge à la surface du plan d'eau ou dans des filets submergés. La paille se décompose en présence d'oxygène dissous; le peroxyde ainsi formé permet l'oxydation des acides humiques et autres éléments.	✔	✔	✔	✔			- aide à réduire le niveau d'algues (cyanobactéries) si le niveau d'oxygène du plan d'eau est élevé (production de peroxyde si l'oxygène et la lumière sont abondants).	- n'a pas fait ses preuves en Amérique du Nord (deux études à ce jour en Floride et en Angleterre : seule l'étude anglaise a donné des résultats positifs); - peut entraîner une augmentation de la biomasse et des nutriments (paille) et, par conséquent, une demande accrue en oxygène dissous; - engendre des problèmes esthétiques.			**?**	✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre d'un projet de démonstration; - s'assurer d'un niveau d'oxygène dissous élevé.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
CHIMIQUE	**Ozonation**	Pompage et circulation de l'eau du lac dans un bateau (chambre d'ozonation), puis retour de l'eau dans le lac; l'ozone est produit par arc électrique ou par des générateurs d'ultraviolets.	✔	✔	✔	✔			- oxyde la matière organique et brise les cellules bactériennes, d'où son potentiel pour la lutte contre l'eutrophisation et les cyanobactéries; - vise le contrôle des cyanobactéries, la réduction des odeurs et l'augmentation de la transparence de l'eau.	- les impacts sur la faune et la flore de cette méthode sont mal documentés; - nécessite des équipements complexes à entretenir; - est généralement utilisée pour désinfecter les eaux usées domestiques et industrielles et n'a que peu ou pas été testée en lac.		**?**		✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre d'un projet de démonstration.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
CHIMIQUE	**Herbicides (dont les algicides)**	Application d'herbicides minéraux ou de synthèse dans l'eau du lac		✔			✔		- dans quelques cas, permet le contrôle spécifique de certaines plantes aquatiques sans impacts significatifs sur d'autres plantes.	- la grande majorité des herbicides ont une très faible sélectivité; - comporte des risques toxiques pour les autres organismes; - entraîne un risque de désoxygénation du milieu reliée à la dégradation bactérienne des plantes; - comporte un risque d'accumulation de sédiments; - peut entraîner la colonisation de certains biotopes par les plantes les plus résistantes; - nécessite d'intervenir plusieurs fois durant la saison selon l'herbicide appliqué; - crée parfois des modifications esthétiques à la suite de la décoloration des plantes touchées.			✔		✔	**N/A** **Utilisation interdite en vertu du Code de gestion des pesticides**

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
CHIMIQUE	**Adsorbant de nutriments**	Application de sels de fer ou d'alun qui adsorbent les nutriments		✔	✔	✔	✔		- provoque l'immobilisation du phosphore qui n'est ainsi plus disponible pour les organismes; - permet de traiter de grandes surfaces.	- comporte des risques toxiques pour les autres organismes; - comporte des risques de modifications physicochimiques des eaux (baisse de pH notamment); - ne permet pas de retirer les plantes aquatiques du plan d'eau; - provoque une accumulation de particules sédimentaires riches en phosphore.			✔	✔ a. 22 LQE		- peut être acceptable pour les plans d'eau alcalins (plus de 30mg/l CaCO3 et pH > 6,5), lorsque les sources de phosphore ont été réduites; - s'assurer qu'il n'y pas de captage d'eau potable dans le plan d'eau ou en aval durant le traitement.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
CHIMIQUE	**Craie (chaux) et autres éléments minéraux à base de carbonate de calcium**	Ajout d'agents floculants à base de carbonate de calcium qui piègent le phosphore et le précipitent au fond du plan d'eau	✔	✔	✔	✔	✔		- provoque l'immobilisation du phosphore qui n'est ainsi plus disponible pour les organismes; - permet de traiter de grandes surfaces; - favorise la déstabilisation du substrat et le décrochage des plantes aquatiques qui y sont enracinées.	- remet en circulation des sédiments, perturbe le poisson en colmatant ses branchies et ses frayères; - comporte des risques de modifications physicochimiques des eaux par l'ajout de carbonates; - ne permet pas de retirer les plantes aquatiques du plan d'eau; - provoque une accumulation de particules sédimentaires riches en phosphore qui peuvent être remises en circulation dans certaines conditions.			✔	✔ a. 22 LQE		- ne pas utiliser pour les plans d'eau riches en matières organiques et pour les lacs dont le temps de renouvellement des eaux est de moins de six mois; - éviter les périodes de fraie et d'alevinage.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
BIOLOGIQUE	**Manipulation de la chaîne trophique – zooplancton**	Technique qui favorise l'augmentation de la population zooplanctonique, qui broute le phytoplancton	✔	✔	✔	✔			- contrôle le phytoplancton (algues microscopiques) et, par conséquent, le développement algal.	- est complexe et peut perturber l'équilibre naturel de la chaîne trophique à long terme; - n'agit pas sur les macrophytes, qui peuvent se multiplier à la suite de diminution de la compétition avec les algues; - n'est pas efficace contre certaines cyanobactéries qui sont peu broutées par le zooplancton.	**?**			✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre d'un projet de démonstration; - à considérer pour les plans d'eau de petite superficie, sans lien avec un cours d'eau.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
BIOLOGIQUE	**Manipulation de la chaîne trophique – poissons herbivores consomma-teurs de macrophytes**	Introduction de poissons herbivores, **comme les carpes triploïdes**, afin de contrôler les macrophytes		✔	✔		✔		- peut réduire la biomasse végétale en une seule saison; - utilise une espèce faunique tolérante à de larges variations de la qualité des eaux; - utilise des individus infertiles (carpes triploïdes), réduisant ainsi les risques environnementaux, du moins en principe.	(la carpe :) - peut s'attaquer à des plantes non visées par le contrôle; - est peu efficace contre certaines espèces (ex. : le myriophylle à épis); - est une espèce longévive, qui migre facilement et est difficile à retirer d'un plan d'eau par la suite; - est souvent porteuse de maladies ou de parasites pouvant être transmis à d'autres espèces piscicoles; - peut entraîner la régression des autres populations de poissons en nuisant aux végétaux supportant la ponte ou les populations de macro-invertébrés et en diminuant la diversité des habitats benthiques.	✔			✔ a. 22 LQE et Permis SEG[8] en vertu de la LCMVF		- consulter le Comité aviseur provincial sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques en vertu du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques (septembre 2003)[9]; - réserver cette méthode aux plans d'eau sans lien avec un cours d'eau et à des milieux comportant des objectifs uniques ou peu diversifiés (étangs ornementaux); - méthode non adaptée pour des plans d'eau à multi usages; - s'assurer par des tests que les individus qui serviront d'agents sont infertiles et qu'ils ne portent pas de parasites ou de maladies.

[8] Permis scientifique, éducatif ou de gestion de la faune, émis en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la Faune (LCMVF), administrée par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune.
[9] Le comité aviseur provincial est présidé par un représentant du MRNF-Faune et est composé de représentants de plusieurs ministères et de la communauté scientifique. Il donne un avis scientifique à l'organe décisionnel (Directeur régional du MDDEP ou du MRNF-Faune) sur les risques associés aux enjeux écologiques, génétiques et sanitaires (pour les poissons) pour chaque introduction ou transfert d'organismes aquatiques proposé. Un registre national des introductions et des transferts au Canada est tenu par le ministère des Pêches et Océans, à Ottawa.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
BIOLOGIQUE	**Manipulation de la chaîne trophique – poissons planctonivores (algues)**	Introduction de poissons herbivores qui agiront sur les populations d'algues (phytoplancton)	✔	✔	✔	✔			- contrôle le phytoplancton et, par conséquent, le développement algal.	- méthode jugée peu efficace d'après la littérature; - entraîne des rejets de matières organiques dans l'eau (excréments) qui contribuent à enrichir le plan d'eau; - n'agit pas sur les macrophytes, qui peuvent profiter du déclin des populations d'algues.	✔			✔ a. 22 LQE et Permis SEG[8] en vertu de la LCMVF		- consulter le Comité aviseur provincial sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques en vertu du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques (septembre 2003)[9]; - réserver ce traitement aux plans d'eau sans lien avec un cours d'eau et à des milieux comportant des objectifs uniques ou peu diversifiés (étangs ornementaux); - s'assurer par des tests que les individus qui serviront d'agents sont infertiles et qu'ils ne portent pas de parasites ou de maladies.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau**[1]	**Esthétique**[2]	**Baignade**[3]	**Consommation de poissons**[4]	**Accès et circulation**	**Vie aquatique**[6]			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
BIOLOGIQUE	**Manipulation de la chaîne trophique – macro invertébrés aquatiques (coléoptères)**	Introduction de macro-invertébrés consommateurs de plantes aquatiques dont l'action (broutage) a pour effet d'éliminer la croissance des plantes et de réduire leur flottabilité	✔	✔	✔		✔	✔	- a une sélectivité plus ou moins importante, dépendamment de l'espèce végétale visée.	- peut entraîner un changement dans les préférences alimentaires des agents introduits, qui pourraient attaquer des plantes indigènes d'intérêt; - risque d'introduction de parasites avec l'agent; - nécessite des agents dont la disponibilité est réduite au Canada; - présente un risque d'alternance entre un cycle de contrôle par les macro-invertébrés et un cycle de développement des plantes aquatiques indésirables.	✔			✔ a. 22 LQE		- consulter le Comité aviseur provincial sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques en vertu du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques (septembre 2003)[9]; - évaluer les caractéristiques du plan d'eau afin de minimiser les impacts et estimer les possibilités de succès de cette technique; - employer préférentiellement des macro-invertébrés aquatiques indigènes de la région ou du plan d'eau visé par le contrôle; - effectuer des tests pour s'assurer de la spécificité de l'agent et vérifier que les individus introduits ne contiennent pas de parasites; - les résultats obtenus à l'aide de cette méthode sont encore très variables, toutefois, un projet de recherche est en cours dans les Laurentides.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	**Nom**	**Description**	**Prise d'eau[1]**	**Esthétique[2]**	**Baignade[3]**	**Consommation de poissons[4]**	**Accès et circulation**	**Vie aquatique[6]**			**Long terme**	**Moyen terme**	**Court terme**	**Acceptable à certaines conditions/ assujettissement**	**Inacceptable**	
BIOLOGIQUE	**Agents pathogènes (virus, bactérie, champignon)**	Ajout d'agents pathogènes dont l'action est dirigée contre un hôte spécifique et qui favorise la diminution des populations d'algues ou de plantes aquatiques visées		✔	✔		✔	✔	- limite le développement des populations de plantes aquatiques et d'algues visées sans les éliminer; - utilise des organismes (agents pathogènes) abondants et diversifiés; - vise un hôte spécifique; - utilise des organismes non pathogènes pour les espèces non visés; - facilité de dissémination et de contrôle des populations pathogènes.	- sont peu efficaces au Québec en raison des températures moyennes ne dépassant pas 20 °C à 23 °C.		✔		✔ a. 22 LQE		- consulter le Comité aviseur sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques en vertu du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques (septembre 2003)[9]; - efficace sur les plans d'eau de petite superficie; - s'assurer de la spécificité des agents pathogènes sélectionnés; - vérifier les conditions d'efficacité des organismes retenus - certains organismes nécessitent une forte alcalinité de l'eau et une température supérieure à 12 °C (procédé optimal à 30 °C) pour être efficaces.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
BIOLOGIQUE	**Bio-augmentation**	Injection de bactéries aérobies qui digèrent et dégradent la matière organique et modifient la forme des nutriments		✔	✔		✔	✔	- réduit la prolifération d'algues, augmente la transparence, élimine les odeurs et dégrade la matière organique au fond de l'eau; - agit de diverses façons : le phosphore est absorbé dans la paroi des cellules bactériennes, l'azote entre dans le cycle de nitrification, les nitrites et l'ammoniac sont oxydés par l'oxygène dissous.	- doit être combinée à une méthode d'aération par jet ou fontaine car les bactéries ont besoin d'oxygène; - nécessite des pH élevés (entre 7,5 et 9), une forte alcalinité ainsi qu'une température d'eau supérieure à 12 °C pour être efficace (procédé optimal à 30 °C); - a un coût d'opération élevé; - est peu efficace au Québec compte tenu de la température moyenne; - est difficile d'application sur de grandes surfaces ou de grands lacs.		✔		✔ a. 22 LQE		- à considérer pour le traitement de petits plans d'eau seulement; - vérifier que les conditions de pH, alcalinité et température de l'eau nécessaires à l'efficacité du traitement peuvent être satisfaites. Note : technique mise au point pour traiter les eaux usées domestiques ainsi que les eaux de pisciculture

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
BIOLOGIQUE	**Introduction de plantes allopathiques**	Introduction de plantes qui excrètent des substances chimiques (toxines, hormones, etc.) inhibant la croissance et la reproduction des plantes visées par le contrôle	✔	✔				✔	- peut permettre de restaurer les assemblages originels de populations.	- les facteurs d'établissement des plantes indigènes sont nombreux et pas toujours connus; - l'introduction d'espèces peut entraîner une nuisance.	✔			✔ a. 22 LQE		- consulter le Comité aviseur sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques en vertu du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques (septembre 2003)[9]; - employer des espèces indigènes; - effectuer les plantations avant la saison de croissance des plantes visées par le contrôle.
BIOLOGIQUE	**Introduction de plantes indigènes compétitrices**	Introduction de plantes qui entrent en compétition avec des plantes indésirables pour l'habitat et les nutriments	✔	✔				✔	- peut permettre de restaurer les assemblages originels de populations.	- les facteurs d'établissement des plantes indigènes sont nombreux et pas toujours connus; - l'introduction d'espèces peut entraîner une nuisance.	✔			✔ a. 22 LQE		- consulter le Comité aviseur sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques en vertu du Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques (septembre 2003)[9]; - effectuer les plantations avant la saison de croissance des plantes visées par le contrôle.

Annexe 2 Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues

Méthode de contrôle			Usage de l'eau à protéger ou à récupérer						Avantages	Inconvénients	Durée de l'effet de la méthode			Classement de la méthode		Conditions d'acceptation/ mesures d'atténuation
Type	Nom	Description	Prise d'eau[1]	Esthétique[2]	Baignade[3]	Consommation de poissons[4]	Accès et circulation	Vie aquatique[6]			Long terme	Moyen terme	Court terme	Acceptable à certaines conditions/ assujettissement	Inacceptable	
BIOLOGIQUE	**Îles flottantes artificielles**	Structure flottante munie d'ancrages, composée d'une matrice de polymère remplie de terreau et de plantes aquatiques dont les racines flottent dans l'eau et supportent des microorganismes qui fixent les nutriments et certains contaminants	✔	✔	✔	✔		✔	- pourrait permettre le retrait d'une certaine quantité de phosphore ou d'autres nutriments ainsi que certains métaux lourds ou d'autres contaminants.	- introduction de biomasse supplémentaire dans le plan d'eau; - si les plantes ne sont pas récoltées et les îles, retirées, elles retourneront les nutriments et les contaminants fixés dans le plan d'eau; - introduit un élément artificiel dans un plan d'eau naturel; - peut constituer un obstacle à la navigation.			**?**	✔ a. 22 LQE		- à considérer uniquement dans le cadre d'un projet de démonstration.

Date de mise à jour : août 2007