



*Crédit photo : Francis Audet*



# MÉMOIRE

*MÉMOIRE SUR LA MISE EN ŒUVRE DE MESURES  
CURATIVES POUR LA LUTTE À L'EUTROPHISATION  
DU LAC SAINT-CHARLES*

MARS

2015

# 1 PRÉSENTATION DE L'ORGANISME

## 1.1 Coordonnées

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

Personne-ressource : Mélanie Deslongchamps, Directrice générale

433 rue Delage, Québec (QC) G3G 1H4

Téléphone : 418 849-9844

Courriel : melanie.deslongchamps@apel-maraisdunord.org

Internet : <http://www.apel-maraisdunord.org/>

## 1.2 Mission

L'Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord (APEL) s'est donné pour mission la protection et la mise en valeur du riche patrimoine écologique du bassin versant de la rivière Saint-Charles dans le but d'y assurer, d'une part, un milieu de vie sain pour les humains qui l'habitent et, d'autre part, la pérennité et la qualité de l'eau.

## 1.3 Bref historique

Fondée en 1980 par des riverains soucieux de la qualité de leur plan d'eau, l'APEL concentre d'abord ses efforts autour du lac Saint-Charles. De nombreuses actions sont alors mises en place pour sensibiliser la population à la fragilité de leur milieu de vie : corvées de nettoyage, distributions d'arbustes, élaboration d'un programme éducatif pour les jeunes, collaboration à un journal local, etc. À la fin de la décennie, un plan de conservation et de mise en valeur des marais situés à la tête du lac Saint-Charles est produit. Les bénévoles approchent ensuite des partenaires stratégiques, signent des protocoles d'entente et multiplient les demandes de subventions pour en arriver enfin à l'ouverture des premiers sentiers d'interprétation aux Marais du Nord en 1995.

À la fin des années 1990, la réalisation d'une planification stratégique, l'embauche d'une équipe permanente et le développement de partenariats avec les municipalités du territoire donnent un nouveau souffle à l'organisation. L'APEL prend alors une orientation marquée pour la gestion par bassin versant. Depuis, l'APEL travaille sans relâche à développer et mettre en œuvre des projets avant-gardistes dans ses quatre champs d'intervention : les Actions de restauration environnementale, la Préservation, l'Éducation et la Limnologie (acronyme « APEL »).

Aujourd'hui, l'APEL est devenue un partenaire de choix auprès des gestionnaires du territoire et des acteurs de l'eau, car l'organisation a su démontrer sa rigueur et son bien-fondé. En développant des collaborations stratégiques et en s'entourant d'une solide équipe multidisciplinaire et d'administrateurs bénévoles dynamiques, l'APEL s'est ainsi forgé une place de choix au sein de la communauté comme réel vecteur de changement et de développement.

## 1.4 Réalisations antérieures

La limnologie occupe une place de premier plan dans les activités de l'APEL. Les travaux de recherche réalisés permettent entre autres de détecter les sources de contaminations, de documenter les causes de dégradation de la qualité de l'eau et d'évaluer l'efficacité des travaux effectués pour l'améliorer. Les activités limnologiques de l'APEL comprennent notamment :

- l'étude exhaustive de l'état des lacs et des rivières du haut-bassin de la rivière Saint-Charles (2007-2008);
- le suivi systématique d'environ 40 stations d'échantillonnage en rivière dans le bassin versant de la Saint-Charles (2009, 2010, et tous les deux ans depuis 2011);
- le suivi des 40 petits affluents et principaux tributaires du lac Saint-Charles tous les deux ans depuis 2012;
- le suivi annuel à long terme des lacs Clément et Saint-Charles afin de suivre leur état trophique, connaître leur communauté cyanobactérienne et caractériser les herbiers aquatiques et l'état des rives;
- l'enquête sur les sources de contamination des ruisseaux Plamondon, Leclerc et des Eaux Fraîches (2010);
- l'enquête sur les sources de contamination des ruisseaux Savard et du Valet (2011);
- l'enquête sur les sources de contamination de la rivière Jaune (2013);
- la diagnose du lac Beauport (2013);
- des revues de la littérature sur l'impact des sels de voirie, le potentiel toxique de cyanobactéries, les sources d'azote et les processus d'échange eau-sédiments.
- la préparation de plusieurs guides et formations;
- des participations aux études universitaires.

Les actions de restauration environnementale entreprises par l'APEL visent l'amélioration de la qualité physique, chimique et biologique des eaux du haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles. Voici quelques projets récents menés à terme avec succès :

- la restauration et la mise en valeur de terrains riverains municipaux en bordure des rivières Saint-Charles, Nelson et Jaune, et de leurs tributaires (2010 à 2014);
- la réfection durable d'un fossé routier pentu dans le secteur du lac Saint-Charles par la végétalisation et l'aménagement de seuils (2012);
- le programme d'aide à la renaturalisation des rives du haut-bassin versant de la rivière Saint-Charles (2011 à 2016);
- la restauration d'habitats de l'omble de fontaine (2013 et 2014);
- la vente d'arbustes destinés à la renaturalisation des berges (annuelle).

En outre, la préservation et l'éducation font également partie intégrante des efforts de l'APEL, notamment via l'aménagement et la mise en valeur du parc naturel des Marais du Nord, un territoire protégé de plus de 2,6 km<sup>2</sup>. L'objectif de ce parc aux paysages exceptionnels est de préserver des terres humides et forestières essentielles pour la filtration des eaux du lac Saint-Charles, tout en proposant une offre d'activités écotouristiques intéressantes en milieu naturel périurbain. Le site permet donc de mettre en application les valeurs prônées par l'APEL et de sensibiliser la population à la fragilité des écosystèmes.

Ainsi, l'APEL possède un historique riche en réalisations qui atteste de sa crédibilité et de son expertise. Pour une description exhaustive des réalisations antérieures, veuillez vous référer à notre site Internet ([www.apel-maraisdunord.org/apel](http://www.apel-maraisdunord.org/apel)).

## 2 INTRODUCTION

Le lac Saint-Charles montre plusieurs signes de vieillissement accéléré, dont la prolifération des plantes aquatiques et les éclosions de cyanobactéries. Puisque le lac Saint-Charles constitue le réservoir d'eau potable de près de 300 000 citoyens de la ville de Québec, il est essentiel de considérer tous les moyens pour sa protection (APEL, 2014).

Or, les différents moyens de lutte contre l'eutrophisation se distinguent selon leur nature préventive ou curative. Alors que la première approche privilégie la lutte à la source, en ciblant les apports en nutriment, la seconde consiste plutôt en des interventions directes pour éliminer de façon immédiate certains symptômes de l'eutrophisation. Parmi les méthodes curatives, on retrouve notamment le dragage, l'aération, la floculation, l'application d'herbicides et la biomanipulation (voir L'ensemble des mesures curatives recensées, leurs contre-indications et les recommandations associées sont présentées dans le tableau suivant.

[Tableau 1](#) pour leur description et leurs contre-indications). Ces techniques comportent pourtant plusieurs éléments d'incertitude en raison du manque de documentation et d'études de cas sur le sujet.

Le présent mémoire a donc été produit dans l'éventualité où des mesures curatives seraient envisagées pour ralentir ou inverser le processus de vieillissement accéléré du lac Saint-Charles. L'APEL souhaite ainsi fournir des avis et proposer des recommandations pour soutenir les décideurs dans le processus décisionnel à l'égard du recours à des techniques de restauration invasives au lac Saint-Charles.

Dans l'ensemble, **nous sommes peu enclins à encourager l'emploi de mesures curatives pour la lutte à l'eutrophisation du lac Saint-Charles. L'APEL préconise plutôt une approche préventive, qui contribue au contrôle à la source du problème de vieillissement prématuré observé.** En effet, il est important de rappeler que le vieillissement accéléré d'un plan d'eau est causé par l'activité humaine, qui s'accompagne d'un apport en contaminants très divers tels que les éléments nutritifs, les sels de déglacage, les métaux lourds, les hydrocarbures, les résidus de médicaments, les pesticides, les herbicides, etc.

Dans les sections qui suivent, nos commentaires porteront principalement sur les incertitudes entourant les résultats attendus d'une intervention curative en milieu lacustre, les désavantages de chacune des méthodes existantes relativement à la réalité du lac Saint-Charles, la lourdeur d'application des techniques compte tenu des préparatifs requis, et le recours injustifié à ce type de solution considérant que les sources d'éléments nutritifs sont connues.

### 2.1 Limites des différentes techniques envisagées

Il existe un grand nombre de mesures curatives. Chacune comporte un nombre de désavantages comparable ou supérieur au nombre d'avantages qui y sont associés (Devidal & al., 2007).

De plus, une évaluation de l'adéquation de ces méthodes aux réalités du lac Saint-Charles révèle un nombre important de contre-indications à leur usage. Tout d'abord, les techniques ayant recours à l'usage de produits chimiques sont à bannir dans un contexte de production d'eau potable. Les techniques comme le dragage de sédiments ou l'aération, qui pourraient remettre en suspension des composés chimiques contenus dans les sédiments, sont également à considérer avec précaution (Davis et Masten, 2004). Une analyse géochimique menée en 1999 révélait déjà la présence de soufre et de métaux lourds dans les sédiments du lac (Tremblay, 1999). Il serait néanmoins impossible de mesurer les conséquences d'une intervention comme l'aération ou le dragage même avec des données de sédiments plus récentes.

En outre, les méthodes s'attaquant directement aux floraisons, comme l'utilisation d'herbicides, ciblent seulement les cyanobactéries sans éliminer les toxines déjà présentes dans l'eau (Laviale, 2009).

L'ensemble des mesures curatives recensées, leurs contre-indications et les recommandations associées sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 1 : Synthèse des différentes techniques de traitement existantes et des contre-indications à leur utilisation au lac Saint-Charles.**

Techniques de traitement	Description	Contre-indications et recommandations
<b>Actions hydrologiques</b>		
<b>Déviations des eaux chargées</b>	Déviation des eaux chargées en nutriment avant leur arrivée dans le lac.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nécessité de traiter les eaux déviées.</li> <li>▪ Travaux de terrassement importants.</li> <li>▪ Impact sur les niveaux d'eau.</li> <li>▪ La déviation des effluents des usines de traitement des eaux usées de la Ville de Lac-Delage et de la Municipalité des cantons unis de Stoneham-et-Tewksbury serait souhaitable.</li> <li>▪ Il n'est pas possible de dévier les eaux du principal affluent du lac Saint-Charles, la rivière des Hurons, car elle lui fournit 80 % de son eau.</li> </ul>
<b>Augmentation de l'écoulement</b>	Apport artificiel d'eau faiblement chargée en nutriments afin d'augmenter le taux de renouvellement de l'eau du lac.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peut entraîner l'asphyxie du milieu par la remise en suspension des nutriments présents dans les sédiments.</li> <li>▪ Besoin d'un accès à de grandes quantités d'eau peu chargée; peu applicable pour de grands lacs.</li> <li>▪ Ceci est une option qui ne peut être envisagée pour le lac Saint-Charles faute de sources d'eau peu chargée.</li> </ul>
<b>Évacuation sélective des eaux hypolimniques</b>	Évacuation des eaux hypolimniques anoxiques et plus riches en nutriments à l'aide de système de pompes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entraîne un appauvrissement global du plan d'eau.</li> <li>▪ Nécessité de traiter les eaux pompées.</li> <li>▪ Difficile à mettre en place; un mauvais calibrage des pompes peut entraîner la remise en suspension de sédiments.</li> <li>▪ Pourrait contribuer à un réchauffement global des eaux du bassin nord du lac Saint-Charles, favorisant possiblement la prolifération de cyanobactéries.</li> </ul>



<b>Actions sur le marnage</b>	Élévation artificielle du niveau de l'eau afin de jouer sur la quantité de lumière disponible pour les plantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Impact sur la stabilité des berges; accélération des processus d'érosion.</li> <li>▪ Peut entraîner l'apparition de nouvelles espèces de plantes envahissantes.</li> <li>▪ Peut entraîner l'inondation de terrains riverains.</li> <li>▪ Le niveau d'eau du lac Saint-Charles est régulé par un barrage dont la gestion est fonction du débit de la rivière des Hurons, des besoins pour la production d'eau potable et du débit écologique minimal de la rivière Saint-Charles.</li> </ul>
	Diminution du niveau d'eau et assèchement afin d'exposer les sédiments à l'atmosphère et contrôler les macrophytes et les algues fixées.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Projet de très grande envergure; vidange du lac, assèchement et remplissage.</li> <li>▪ Demande de suspendre la production d'eau potable pour une très longue période pendant laquelle des sources alternatives ne sont pas disponibles.</li> <li>▪ Le résultat n'est pas garanti.</li> </ul>
<b>Actions mécaniques sur les sédiments</b>		
<b>Décapage/curage mécanique</b>	Baisse du niveau de l'eau ou assèchement suivi de travaux de décapage et de curage à l'aide de machinerie lourde afin de rendre au lac sa profondeur initiale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demande de diminuer ou suspendre la production d'eau potable.</li> <li>▪ Très contraignant pour le milieu.</li> <li>▪ Longue durée des travaux.</li> <li>▪ Nécessité de traiter les boues excavées.</li> <li>▪ Très coûteux.</li> </ul>
<b>Dragage</b>	Extraction des sédiments déposés au fond du lac à l'aide de dragues mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Risque de remettre les sédiments en suspension et, parallèlement, d'asphyxier le milieu (augmentation de la turbidité).</li> <li>▪ L'absence de données récentes sur les sédiments du lac Saint-Charles empêche de prévoir les conséquences de leur remise en suspension.</li> <li>▪ Coûts d'opération élevés.</li> <li>▪ Applicable uniquement pour de petits lacs ou des portions ciblées de grands lacs.</li> <li>▪ Nécessité de traiter les boues draguées.</li> </ul>
<b>Recouvrement des sédiments</b>	Recouvrement des sédiments lacustres à l'aide de bâches de plastique ou de matériaux minéraux dans le but de limiter les échanges entre les sédiments et la colonne d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coût élevé.</li> <li>▪ Technique peu répandue, donc peu d'information sur les performances.</li> <li>▪ Difficile à mettre en place sur de grandes surfaces.</li> </ul>

### Actions sur la surproduction végétale

<b>Faucardage et récolte manuelle des macrophytes</b>	Arrachage à la main, à l'aide de râteaux ou coupe à la cisaille des macrophytes envahissants.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Efficacité limitée par la ponctualité des actions dans le temps et l'espace : nécessité d'intervenir régulièrement.</li> <li>▪ Difficulté de recueillir tous les fragments de macrophytes (essentiel pour le myriophylle à épis dans le cas du lac Saint-Charles); engendre des problèmes de recolonisation rapide.</li> </ul>
<b>Coupe mécanique des macrophytes</b>	Usage de machinerie spécialisée pour faucher ou arracher les macrophytes envahissants.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Difficulté de recueillir tous les fragments de macrophytes (essentiel pour le myriophylle à épis dans le cas du lac Saint-Charles); engendre des problèmes de recolonisation rapide.</li> <li>▪ Faucardeuse mécanique chère à l'achat.</li> </ul>
<b>Herbicides aquatiques</b>	Usage d'herbicides (sulfate de cuivre ou molécules de synthèse).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Pratique nuisible à la production d'eau potable.</b></li> </ul>
<b>Irradiation des algues</b>	Irradiation ultrasonique des algues afin de contrôler les fleurs d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technique récente peu documentée.</li> <li>▪ Difficile d'estimer la puissance et la fréquence nécessaires.</li> <li>▪ Entraîne la libération de grandes quantités de matière organique partiellement dégradée.</li> </ul>
<b>Action sur l'énergie lumineuse</b>	Utilisation de bâches de recouvrement des eaux ou de colorants organiques de synthèse privant les macrophytes de la lumière nécessaire à la photosynthèse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Utilisation de colorants nuisible à la production d'eau potable.</b></li> <li>▪ Les bâches de plastique se dégradent rapidement et sont soumises aux conditions météorologiques.</li> <li>▪ Les bâches créent une pollution visuelle et empêchent l'utilisation d'une partie du lac.</li> </ul>



### Actions physico-chimiques

<p><b>Aération et circulation artificielle de l'eau</b></p>	<p>Brassage de l'ensemble des masses d'eau à l'aide d'un réseau de circulation d'air immergé, de fontaines ou de mélangeurs mécaniques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peut entraîner une augmentation de la charge interne du lac en phosphore disponible (effet contraire à celui attendu) par la remise en suspension des sédiments.</li> <li>▪ L'absence de données récentes sur les sédiments du lac Saint-Charles empêche de prévoir les conséquences de leur remise en suspension.</li> <li>▪ Perturbe la thermocline et peut faire augmenter la température de l'eau.</li> <li>▪ Risque d'augmenter la concentration en phosphore dans la zone photique, ce qui peut stimuler la croissance des algues dans les lacs peu profonds comme le bassin sud du lac Saint-Charles.</li> </ul>
<p><b>Aération hypolimnique</b></p>	<p>Réoxygénation ciblée des eaux hypolimniques à l'aide d'aérateurs à oxygène pur, d'injecteurs d'air ou par extraction, passage en bassin agitateur en surface et relargage de l'eau en profondeur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Risque de floraisons de cyanobactéries suite à la diffusion de nutriments vers le métalimnion.</li> <li>▪ Un mauvais choix de procédé peut provoquer une déstratification thermique des eaux et avoir un effet contraire sur la croissance des algues.</li> <li>▪ Peut entraîner la remise en suspension des sédiments; l'absence de données récentes sur les sédiments du lac Saint-Charles empêche de prévoir les conséquences de leur remise en suspension.</li> </ul>
<p><b>Inactivation du phosphore</b></p>	<p>Précipitation ou adsorption du phosphore sur les sédiments avec l'usage d'agents de coagulation et de floculation.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Composés présentant pour la plupart des risques toxiques par bioaccumulation : <b>pratique nuisible à la production d'eau potable.</b></li> <li>▪ Déconseillé dans le cas de lacs mésotrophes.</li> <li>▪ Coûts importants pour le traitement de grandes surfaces.</li> <li>▪ Génère de grandes quantités de boues qui accentuent le comblement du lac si elles ne sont pas évacuées.</li> </ul>
<p><b>Produits Plocher®</b></p>	<p>Consiste en l'utilisation de produits activés, sous forme de liquide ou de poudre, accompagnés de l'immersion de tubes énergétiques afin de stimuler les cycles aérobies des plans d'eau et empêcher l'eutrophisation (fonctionne à l'image de l'homéopathie).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Effets indésirables inconnus dans un contexte de production d'eau potable.</b></li> <li>▪ Technique basée sur des énergies inconnues scientifiquement.</li> <li>▪ Pas d'études scientifiques réalisées sur l'utilisation de ces produits.</li> </ul>

### Actions biologiques

<b>Introduction de carpes</b>	Introduction de carpes consommatrices d'algues.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La masse végétale consommée par les carpes est retournée dans les eaux sous forme de fèces, ce qui participe à la fertilisation du milieu.</li> <li>▪ Action sélective, car les carpes ne consomment pas forcément les végétaux indésirables.</li> <li>▪ L'introduction d'espèces étrangères peut être difficile à contrôler; il faut s'assurer de la stérilité des individus.</li> </ul>
<b>Ajout de bactéries</b>	Introduction de bactéries qui se nourrissent de matière organique et d'algues présentes dans le plan d'eau.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Organismes parfois chers à l'achat et sensibles.</li> <li>▪ Nécessite un dispositif d'aération.</li> <li>▪ L'introduction d'espèces exotiques peut nuire aux espèces indigènes de manière imprévisible.</li> <li>▪ L'introduction d'espèces étrangères peut être difficile à contrôler.</li> <li>▪ Difficile d'application sur de grandes surfaces.</li> </ul>
<b>Biomanipulation</b>	Technique qui consiste à influencer la structure de la communauté planctonique en favorisant la dominance de certaines populations de zooplancton soit par l'introduction directe de l'espèce désirée, l'introduction de poissons piscivores, l'ajout d'abris pour le zooplancton, l'introduction de plantes aquatiques submergées ou le retrait de poissons benthivores ou planctonivores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Peut perturber le milieu de manière irréversible.</li> <li>▪ Très difficile à appliquer; nécessite une étude approfondie de la chaîne trophique des écosystèmes.</li> <li>▪ Même si elle permet de contrôler les cyanobactéries, cette technique n'a aucun effet sur les macrophytes envahissants.</li> </ul>
<b>Iles flottantes</b>	Installation d'un massif végétal artificiel constitué d'espèces filtrantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nécessite un dispositif d'aération.</li> <li>▪ Technique récente peu documentée.</li> <li>▪ Les résultats montrent jusqu'à maintenant un potentiel très limité (Yves Prairie, communication personnelle, Forum national sur le lacs 2014).</li> </ul>

<b>Paille d'orge</b>	<p>Technique qui consiste à disposer de la paille à la surface du plan d'eau. Les produits de la dégradation de la paille agiraient comme inhibiteurs de la croissance des algues.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Succès incertain selon la littérature.</li> <li>▪ Incertitudes quant au mode d'action de la paille d'orge.</li> <li>▪ Nécessite un dispositif d'aération.</li> <li>▪ Pollution visuelle.</li> <li>▪ L'efficacité dépend de la température de l'eau; résultats observables après 8 à 10 semaines en eau froide (moins de 20 degrés Celsius).</li> <li>▪ Inefficace en milieu fortement envahi par les cyanobactéries : nécessite un suivi très attentif de la croissance des populations de cyanobactéries dans l'hypolimnion afin d'agir avant la floraison.</li> </ul>
----------------------	--	--

Sources : Devidal & al., 2007; Laviale, 2009; MDDEP, 2003; Sigee & al., 1999.

## 3 COMMENTAIRES

### 3.1 Incertitude quant aux résultats attendus

La prise de conscience de la problématique de l'eutrophisation par la population et les autorités québécoises n'est que relativement récente. C'est pourquoi peu de plans d'eau québécois ont fait l'objet de mesures curatives jusqu'à maintenant. Rappelons que ces mesures visent à intervenir directement sur les symptômes d'eutrophisation plutôt que de viser d'abord à appliquer les stratégies de gestion par bassin versant : reboisement des rives, réduction de l'érosion par l'encadrement du développement, raccordement des égouts, utilisation optimale des sels de voirie, abandon des abat-poussières, etc.

#### 3.1.1 Peu d'études de cas documentées au Québec

Le Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ) et le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) ne proposent que très peu d'information sur les méthodes de restauration, car les mesures privilégiées sont plutôt de nature préventive. D'ailleurs, dans son plan d'intervention sur les algues bleu-vert de 2007-2017, le Ministère oriente principalement ses efforts sur la compréhension du phénomène de floraison de cyanobactéries plutôt que sur le développement de solutions curatives (MDDEFP, 2013a).

Néanmoins, le Ministère s'intéresse de plus en plus à la restauration de lacs montrant des signes d'eutrophisation (MDDEFP, 2008). Depuis 2007, quatre projets-pilotes ont été mis en place afin d'expérimenter différentes techniques et développer les procédures associées. À ce jour, seuls deux projets ont été complétés, soit ceux du lac Saint-Augustin et du lac Waterloo. Les démarches expérimentales ont jusqu'ici pris la forme d'essais à petite échelle dans des enclos fermés à l'intérieur des plans d'eau. Or, cette méthode comporte des biais, comme la non-représentativité du milieu ouvert d'un lac et la courte échelle de temps, qui limitent l'interprétation des résultats (Galvez-Cloutier & al., 2012).

Parmi leurs recommandations, les chercheurs du projet du lac Waterloo proposent de mieux documenter le transfert du phosphore sédimentaire vers la colonne d'eau (MDDEFP, 2013b). Le lac Saint-Augustin devrait quant à lui faire l'objet de nouveaux essais isolés avant d'appliquer les méthodes à l'échelle du plan d'eau (Galvez-Cloutier & al., 2012). Il s'avère donc impossible pour le moment d'appuyer le développement d'un projet de restauration du lac Saint-Charles sur ces expériences.

#### 3.1.2 Caractéristiques propres au bassin versant de la rivière Saint-Charles

Chaque lac ayant ses caractéristiques propres, il serait risqué de considérer que les techniques employées dans un cas puissent s'appliquer à d'autres cas avec les mêmes chances de succès (MDDEP, 2003; Devidal & al., 2007). Il faut également considérer que les caractéristiques physico-chimiques du lac Saint-Charles, influencées par des facteurs climatiques et anthropiques en constante évolution, changent continuellement, ce qui ajoute à la difficulté d'évaluer la réponse de ce plan d'eau face à des interventions ponctuelles ou drastiques par des mesures curatives.

**L'APEL soutient donc que des mesures préventives et de réduction à la source ainsi qu'une meilleure compréhension des mécanismes qui régissent le lac Saint-Charles sont nécessaires avant d'envisager l'utilisation de mesures curatives.**

### 3.2 La lourdeur d'application

Dans l'éventualité où les autorités souhaiteraient aller de l'avant avec un projet de restauration, des études exhaustives devraient être préalablement réalisées afin d'assurer le choix d'une procédure qui ne nuirait pas davantage au milieu (Devidal & *al.*, 2007; MDDEFP, 2013b).

Les résultats des projets-pilotes soutenus par le MDDELCC démontrent l'importance de bien comprendre les mécanismes impliqués dans l'eutrophisation et de réaliser des essais à petite échelle préalablement à une intervention à la grandeur du plan d'eau (Galvez-Cloutier & *al.*, 2012; MDDEFP, 2013b). À cet effet, la collaboration entre scientifiques et gestionnaires est essentielle dans le développement d'une procédure appropriée (Carpenter et Lenthrop, 1999).

**Les investissements en coûts, en temps et en ressources humaines requis pour le développement de cette expertise sont non négligeables. L'APEL est d'avis que dans l'état actuel des choses, les mesures de contrôle à la source des apports en phosphore, azote et autres contaminants méritent davantage ces investissements.**

### 3.3 Les solutions curatives comme dernier recours

Comme les méthodes curatives sont généralement coûteuses et qu'elles ont un impact à la fois non négligeable et difficilement prévisible sur le milieu naturel et l'écosystème, l'usage de ces méthodes ne devrait constituer qu'une mesure de dernier recours dans les cas d'eutrophisation prononcée (plans d'eau eutrophes à hyper-eutrophes) (Devidal & *al.*, 2007; Dupont, 1997). Or, le lac Saint-Charles présente un niveau méso-eutrophe (APEL, 2012; APEL, 2013; APEL, 2014), niveau inférieur à celui où une intervention peut être envisagée (Devidal & *al.*, 2007; Dupont, 1997).

**À la lumière de cette information, l'APEL juge qu'il est trop tôt pour recourir à des moyens curatifs invasifs et que la poursuite et le renforcement des actions préventives demeurent prioritaires.**

## 4 CONCLUSION

La mise en œuvre d'un projet de restauration faisant appel à des méthodes de traitement invasives ne saurait à elle seule régler durablement le problème d'eutrophisation du lac Saint-Charles et certainement pas l'apport de contaminants issus des activités anthropiques. Les efforts engagés dans la lutte au vieillissement prématuré du lac et la dégradation de la qualité de l'eau doivent nécessairement s'orienter vers la réduction à la source des apports en éléments nutritifs et autres contaminants (Islam & *al.*, 2011; Dupont, 1997). Les techniques curatives ne représentent qu'une mesure visant à atténuer les symptômes de l'eutrophisation du lac sans toutefois en cibler l'origine.

De plus, plusieurs méthodes curatives augmentent le risque d'aggraver certaines contaminations. Si elles sont envisagées, les méthodes de traitement curatives doivent être considérées comme complémentaires aux actions préventives actuellement mises en place, actions qui ne devraient en aucun cas être reléguées au deuxième plan. De plus, il est important de rappeler qu'il est excessivement difficile de restaurer ou de substituer une source d'eau polluée et que le traitement de l'eau peut devenir très dispendieux (Islam & *al.*, 2011).

## 5 RECOMMANDATIONS

À la lumière de ces conclusions, l'APEL recommande :

- de restreindre au maximum le développement dans le bassin versant de la rivière des Hurons en bonifiant et renforçant l'application des règlements municipaux en vigueur;
- de poursuivre l'inspection et la caractérisation des installations septiques du territoire, d'identifier les secteurs les plus problématiques et d'utiliser ces connaissances pour prioriser le raccordement des résidences à un système d'égout sanitaire municipal;
- d'améliorer la performance des deux stations de traitement des eaux usées en amont du lac Saint-Charles afin qu'elles respectent les normes les plus sévères au monde;
- d'étudier la possibilité de dévier les effluents de ces stations en aval de la prise d'eau sur la rivière Saint-Charles;
- de procéder à des réaménagements urbains dans le bassin versant afin d'améliorer les pratiques de gestion des eaux pluviales (p. ex. favoriser l'infiltration et la filtration des eaux de ruissellement);
- de continuer le dépistage des égouts croisés et de poursuivre la construction d'ouvrages de surverse;
- de poursuivre la sensibilisation concernant la renaturalisation des rives et terrains vagues et le reboisement du territoire en général;
- de limiter et d'encadrer la coupe forestière;
- de cesser l'épandage d'abat-poussières dans l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau et de sensibiliser les usagers à réduire leur vitesse sur les routes et chemins non asphaltés;
- d'optimiser l'épandage d'abrasifs et de diminuer au maximum l'épandage de sels de voirie;
- de restreindre l'utilisation d'engrais sur les terrains de golf, stations de ski, terrains privés, etc.



## RÉFÉRENCES

APEL (2012). *Rapport d'étape sur le suivi des cyanobactéries et de l'état trophique du lac Saint-Charles en 2011*, Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec, 140 pages.

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

CARPENTER, S. R., LENTHROP R.C. (1999). *Lake restoration: capabilities and needs*, Hydrobiologia, vol. 395/396, p 19–28.

DAVIS M. L. et S. J. MASTEN (2004). *Principles of environmental engineering and science*, McGraw-Hill, New York, 704 p.

DEVIDAL, S., RIVARD-SIROIS, C., POUET, M-F., THOMAS, O. (2007). *Solutions curatives pour la restauration de lacs présentant des signes d'eutrophisation*, rapport interne, Observatoire de l'environnement et du développement durable, Université de Sherbrooke – RAPPEL, Sherbrooke, Québec, Canada, 51 p.

GALVEZ-CLOUTIER, R., LEROUEIL, S.R., BOURGET, A., CONSTANTIN, B. ET LALIBERTÉ J-P. (2012). *Mise en place d'un projet d'expérimentation de diverses mesures de restauration du lac Saint-Augustin. Rapport final : Analyse comparative des volets I et II*. Département de génie civil et de génie des eaux. Université Laval, Québec, 64 pages.

DUPONT, J. (1997). *La restauration des lacs au Québec : un défi face aux problèmes environnementaux actuels*. Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science, vol. 10, n° 1, 1997, p. 41-61.

LAVIALE, M. (2009). *Efficacité de la paille d'orge pour le traitement des proliférations algales. Rapport scientifique*. Agence de l'Eau Artois-Picardie et Université des Sciences et Technologies de Lille I, UMR CNRS 8016, 26 p.

LACASSE, L. (2013). *Élaboration d'un cadre analytique intégré à l'échelle du bassin versant du lac Saint-Charles (Québec) : Mieux comprendre la floraison des cyanobactéries*, Essai présenté à Mme Sonja Behmel M.Sc.géogr. dans le cadre du programme de maîtrise professionnelle en biogéosciences de l'environnement pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.), 11 pages.

MDDEP (2003). *Avis concernant l'aération ou la circulation artificielle de l'eau des lacs comme mesures de restauration de la qualité de l'eau, Position du ministère de l'Environnement*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 118 pages.

MDDEP (2008). *Appel de propositions de projets pilotes pour la restauration de lacs eutrophes*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. [En ligne] : [http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/Appel\\_propositions\\_projets\\_pilotes-2mai08.pdf](http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/Appel_propositions_projets_pilotes-2mai08.pdf) page consultée le 13 janvier 2013.

MDDEFP (2013a). *Appel Plan d'intervention détaillé sur les algues bleu-vert 2007-2017*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. [En ligne] : [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/plan\\_intervention\\_2007-2017.pdf](http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/plan_intervention_2007-2017.pdf) page consultée le 16 janvier 2014.

MDDEFP (2013b). *Projet pilote de restauration du lac Waterloo. Résultats*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. [En ligne] : < <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/projet-pilote/waterloo.htm>> page consultée le 16 janvier 2014.

SIGEE, D.C., GLENN, R., ANDREWS, M.J., BELLINGER, E.G., BUTLER, R.D., EPTON, H.A.S & HENDRY, R.D. (1999). *Biological control of cyanobacteria: principles and possibilities*, Hydrobiologia, vol. 395/396, p 161–172.

TREMBLAY, R. (1999). *Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac Saint-Charles, Réservoir d'eau potable de la Communauté urbaine de Québec*, Mémoire présenté à M. Reinhard Pienitz pour l'obtention du grade de maître ès sciences, Département de biologie, Faculté des sciences et génie, Université Laval, 107 pages.