Les projets de restauration de lacs: État de la situation

Lise Boudreau, Sébastien Martin, Philippe Grégoire
Direction du suivi de l'état de l'environnement

Développement durable, Environnement, Faune et Parcs
Québec

De l'eutrophisation à la restauration

- **Début des années 2000** : Constat des proliférations de cyanobactéries dans plusieurs lacs du Québec
- Prise de conscience du phénomène d'eutrophisation
- Riverains et municipalités à la recherche de solutions
- Réception de plusieurs demandes d'intervention dans les lacs (riverains/promoteurs/vendeurs)

De l'eutrophisation à la restauration

- **On sent le besoin d'agir. Quelles actions mettre en place?**

- **Orientations privilégiées**:
  - Promouvoir les **actions de prévention** et de **réduction des apports de nutriments** provenant du bassin versant du lac
  - Capter le phosphore **le plus près possible des sources de nutriments**, avant qu'il n'atteigne le lac (fossés agricoles, bassins d'eau pluviale, rejets de fosses septiques, tributaire le plus chargé)
  - Intervenir dans les lacs : **en dernier recours**

Justifications de la restauration

- **Raisons «acceptables» d'intervenir avec des technologies**:
  - **récupérer un usage** à court terme : prise d'eau potable, baignade (contact direct), autres activités récréatives
  - **charge interne** de phosphore importante (le lac s'auto-nourrit)
- **Aucune solution miracle :** pas de réhabilitation si l'apport de nutriments n'est pas contrôlé
- **Aucune solution universelle :** chaque lac est un cas unique

Panoplie de techniques disponibles

- **Mécaniques**: faucardage, arrachage, etc.
- **Physiques**: oxygénation de l'hypolimnion, circulation de l'eau, filtration, ultrasons, etc.
- **Chimiques**: herbicides/algicides, adsorbants de nutriments (chlorure de fer, chlorure d'aluminium), etc.
- **Biologiques**: bioaugmentation (bactéries), îles flottantes, biomanipulation (introduction d'espèces), etc.

Diverses techniques pour diverses cibles

Agir sur les **manifestations** de l'eutrophisation

Agir sur l'**agent** causant l'eutrophisation

Macrophytes

- Faucardage
- Arrachage
- Charançon
- Toiles géotextiles
- Pompage des sédiments organiques

Cyanobactéries

- Ultrasons
- Bactéries lytiques
- Cyanophages
- Filtration

Phosphore

Indirectes:
- Oxygénation
- Dilution

Directes :
- Adsorbants (chlorure de fer, aluminium, Phoslock, calcite, scories d'aciérie)
- Évacuation des eaux hypolimniques
- Dragage des sédiments
- Introduction de plantes

Préoccupations soulevées par les nouvelles technologies

- **Efficacité** : réellement démontrée?
- **Coûts** : investissement justifié?
- **Impacts négatifs** potentiels sur les organismes aquatiques
- **Longévité** de l'effet attendu du traitement et besoin de traitements récurrents
- Interférence sur les usages (ex. navigation)
- Comportement de la technologie dans les conditions du Québec (hiver, fonte du printemps, T° moyenne, etc.)
- Entretien de l'équipement et disposition du matériel à la fin de sa vie utile

Efficacité peu documentée

- **Techniques souvent développées pour :**
  - de petits étangs
  - des eaux usées
- **Parfois testées en laboratoire**
  - dans des conditions différentes du milieu naturel
  - exemple: [P] = 15 mg/L vs 0,03 mg/L en lac
- **Besoin de projet de démonstration *in situ***
  - vérifier l'efficacité en milieu naturel
  - vérifier les impacts négatifs potentiels

Actions entreprises au Ministère

- **Procédure d'évaluation des nouvelles technologies en 3 étapes**

1. Évaluation préliminaire de **l'acceptabilité de la technologie** pour un projet de démonstration

2. Évaluation d'une demande de C. A. pour **un projet de démonstration**

3. Évaluation de **l'efficacité et de l'acceptabilité environnementale** de la technologie

Actions entreprises au Ministère

- **Plan d'intervention sur les algues bleu vert 2007-2017 (plan gouvernemental)**
  - Trente-huit actions
  - Développement de connaissances, prévention contre les apports de nutriments, prévention et sensibilisation en santé publique
  - Action 1.4: **Mettre en place des projets pilotes (ex. sur 3 lacs) afin d'expérimenter diverses mesures de restauration de lacs, le tout dans des conditions diversifiées**
- **Réseau de surveillance volontaire des lacs**
- **Plan de gestion des épisodes d'algues bleu-vert**

Objectifs des projets pilotes

- Soutenir la recherche de solutions à l'eutrophisation
- Soutenir les efforts des riverains dans leur démarche de réhabilitation de leur lac
- Mettre en commun les connaissances et les expertises des divers acteurs de l'eau : riverains, municipalités, MRC, OBV, chercheurs, consultants, analystes gouvernementaux, etc.
- Développer des procédures et des techniques de restauration prometteuses pour les lacs du Québec
- Développer un savoir-faire dans tout le processus de la restauration

Projet du lac Waterloo

Expérimentations **dans le lac** pour réduire la **charge interne** de phosphore

	Suivi
Utilisation de **lentilles d'eau** comme capteur du phosphore présent dans l'eau	• Qualité des sédiments (enclos/témoin) • Mesures de la biomasse produite par les plantes • Qualité de l'eau • Détermination de la quantité de nutriments prélevée par les plantes
Pompage hydraulique des sédiments et gestion dans des géotubes	• Qualité de l'eau (enclos/témoin) • Qualité des sédiments restants en place • Suivi de l'eau décantée des géotubes avant son retour au lac

Développement durable, Environnement, Faune et Parcs
Québec

Projet du lac Brome

Interventions **en amont du lac** pour réduire les **charges externes** de phosphore avant qu'elles n'atteignent le lac

Réduction du **ruissellement** et de l'**érosion** des sols	• Seuils (fossés)
Captation des particules de **sol** et du p**hosphore**	• Fosses à sédiments • Bassins de sédimentation • Marais filtrant

Projet du lac Saint-Augustin

Expérimentation de deux solutions pour réduire **la charge interne** de P

Floculation et recouvrement de **calcite**

En enclos:
- Floculant seul
- Floculant + Calcite
- Calcite seul
- Témoin

Pompage des sédiments de surface

En laboratoire:
- étude du relargage

Dans le lac:
- vérification du relargage (dialyseurs)

En enclos:
- pompage des sédiments

Projet du lac à l'Anguille

Expérimentations pour réduire la **charge externe** et la **charge interne** de phosphore

Marais filtrant
(capter le phosphore dans le tributaire)

- Charges de phosphore amont/aval du marais

Îlot flottant
(pomper le phosphore dans le lac)

- Production de biomasse
- Détermination de la quantité de P prélevée par m^2 d'île flottante

Exemples d'autres projets réalisés

- **Lac Heney** : Charge interne de phosphore
  - Le plus gros projet de restauration de lac au Québec
  - Immobilisation du **phosphore avec le chlorure de fer**
- **Lac Trois-Lacs :** Envasement et herbiers; perte d'usage
  - Solution retenue : **Dragage**
- **Petit lac Saint-François :** hyper eutrophisation; proliférations de cyanobactéries récurrentes
  - Une panoplie de solutions visant le bassin versant, dont les **scories d'aciérie**
- **Lac Saint-Louis et lac de l'Aqueduc :** dédiés à des usages spécifiques
  - **Ultrasons**

Résultats des projets

- Présentés au deuxième atelier sur les projets de restauration de lac (juin 2013)
- Résultats en ligne pour les deux projets pilotes terminés (Lac Waterloo et lac Saint-Augustin)

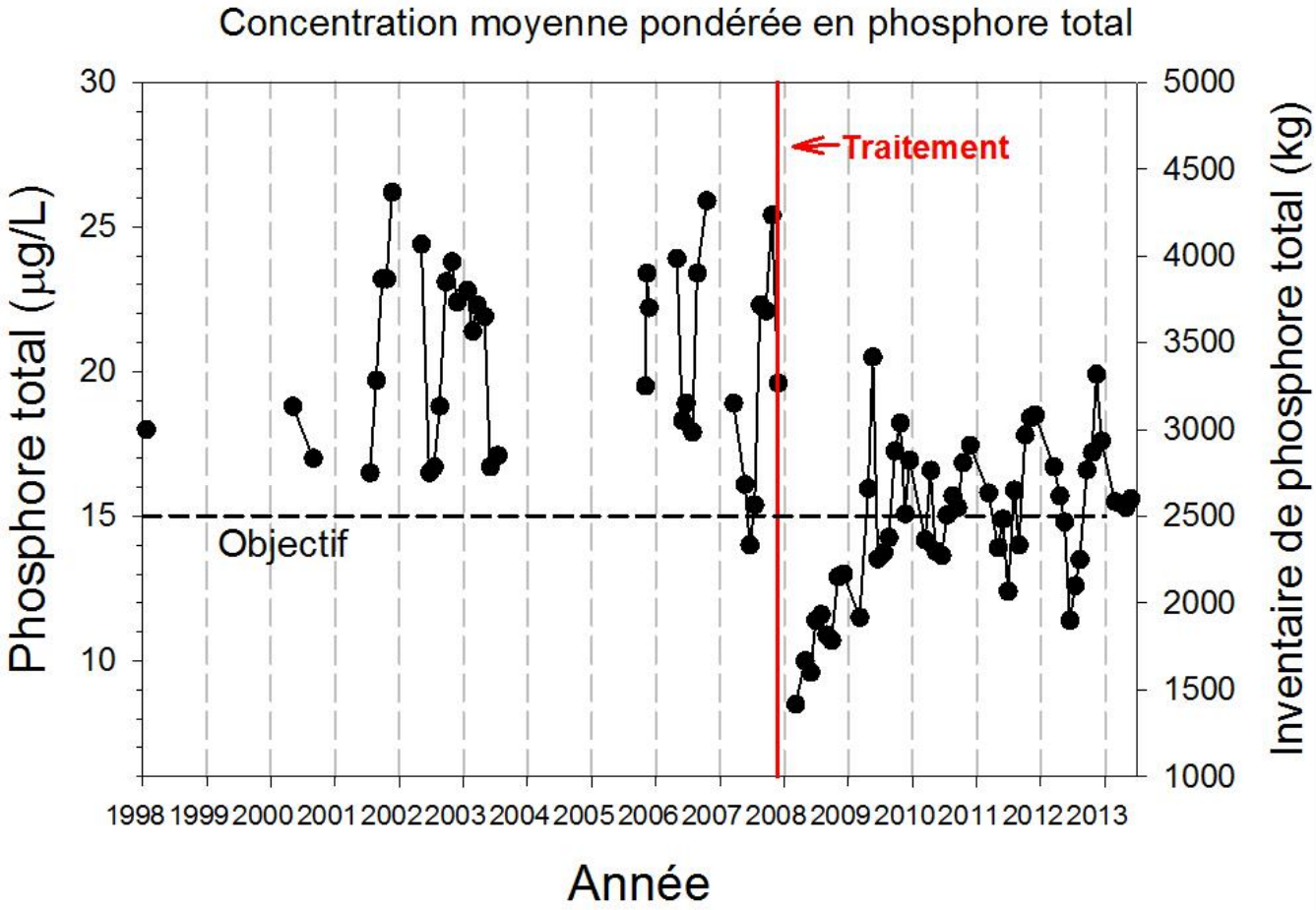
  http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/documentation.htm#projet-pilote
- Résultats souvent mitigés
- Difficulté de réaliser des projets dans des petits enclos :
  - Conditions différentes du lac (milieu ouvert)
  - Biais; difficulté d'interpréter les résultats

Résultats des projets

- Besoin d'un suivi rigoureux et suffisamment long pour vérifier la tendance à moyen ou long terme

- Lac Heney : suivi à long terme depuis 2007

Résultats au lac Heney



Source : Richard Carignan, 2013

L'avenir de la restauration des lacs

- Pas de solution miracle, efficace et économiquement abordable
- Pas de réhabilitation sans la réduction des apports de nutriments
- Problème de société: besoin de changer nos comportements
- Besoin de développer des liens entre le Génie et la Biologie, entre la Technologie et la Limnologie
- Municipalités:
  - Difficultés de trouver le financement
  - Besoin de support scientifique et d'accompagnement
- Besoin de guides encadrant la marche à suivre

L'avenir de la restauration des lacs

- L'approche des **cinq C** présentée par Pierre Beaudoin de Renaissance lac Brome:
  - **Citoyens** (accord et appropriation par la communauté, projet de société)
  - **Connaissance** (du lac et du bassin versant, de la technologie)
  - **Cohérence** (schéma d'aménagement, PDE, règlements)
  - **« Cash »** (taxes, fonds spécial dédié, partage des coûts)
  - **Concret** (actions, objectif visé, usages à recouvrer, petits succès, synergie)

➢ Bulletin de l'atelier à paraître sous peu sur le Web

Outil en développement au MDDEFP

- **Page Web sur la restauration de lacs**
  - Orientations pour la restauration des lacs
  - Fiche synthèses sur les technologies de restauration

    En cours de réalisation par deux stagiaires de l'Université de Sherbrooke (Philippe Grégoire et Sébastien Martin)

Fiches synthèses

Technologies de restauration des lacs

Mise en contexte

- Le Ministère reçoit de plus en plus de demandes d'information sur des techniques de restauration de lacs

- Actuellement, il n'y a aucun document contenant l'ensemble des informations sur les techniques de restauration d'intérêt

Objectifs

- Rédiger des fiches synthèses pour colliger l'information pertinente disponible sur plusieurs techniques de restauration de lac
  - Bactéries
  - Chlorure de fer
  - Marais filtrants
  - Ultrasons
  - Dragage
  - Îles flottantes
  - Phoslock
  - et autres
- Rendre ces documents disponibles sur le site Web du Ministère afin d'informer les gestionnaires, les promoteurs et les citoyens

Contenu de la fiche synthèse

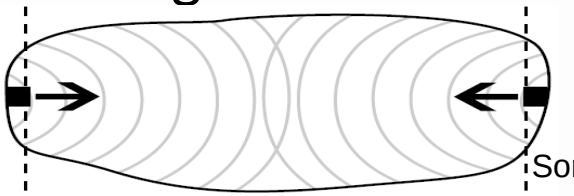
- Principe d'action de la technologie
- Description de la technologie
- Répercussions potentielles sur l'écosystème aquatique
- Résultats connus de l'application de la technologie
- Projets réalisés au Québec
- Connaissances à approfondir

SonicSolutions, 2013

Ultrasons: Principe d'action

- Les ultrasons sont des ondes de très hautes fréquences (≥20 kHz)

- Des ultrasons sont émis dans l'eau, de manière à couvrir une zone ciblée, et y empêcher les proliférations de cyanobactéries ou d'algues



SonicSolutions, 2013

- L'intensité des radiations ultrasoniques est déterminée par deux facteurs
  - la fréquence (hertz)
  - la puissance acoustique (watt)

Ultrasons: Principe d'action

- Utilisation de la fréquence de résonance d'une structure essentielle à la survie de l'organisme
  - Destruction des **vacuoles gazeuses**
  - Destruction de l'**hétérocyste**
  - Altération de la **phycocyanine**
  - Désorganisation des **structures filamenteuses** et de la **paroi cellulaire**

Ultrasons: État des connaissances

- Peu d'études *in situ*, beaucoup d'études en laboratoire
- Pas de consensus pour la fréquence et la puissance à utiliser
- Effets notables sur les cyanobactéries
- Questionnement sur le devenir des cyanotoxines
- Très peu de données sur les répercussions éventuelles sur les organismes non ciblés

Ultrasons: Projets réalisés au Québec

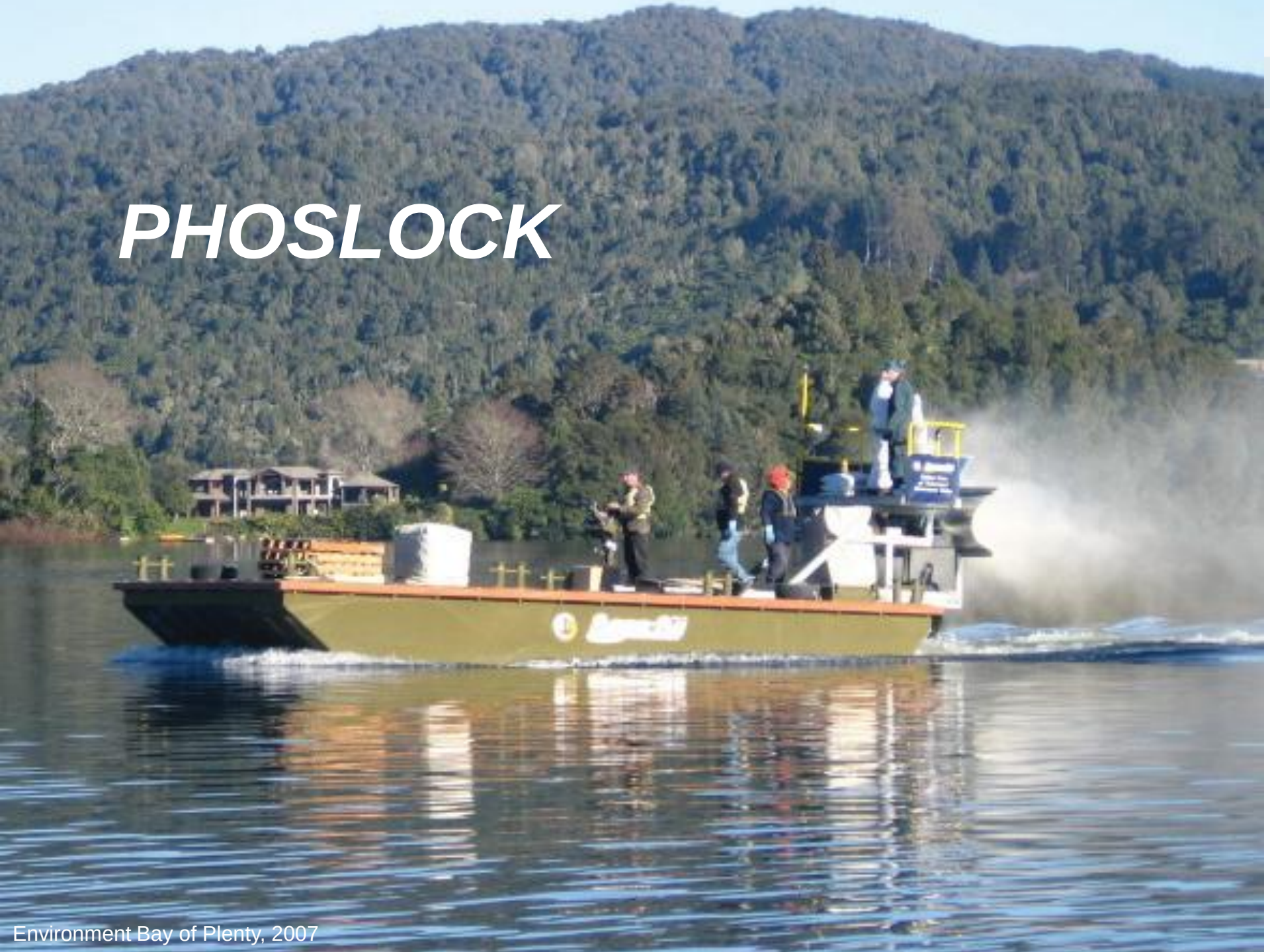
Projet du lac Saint-Louis à la Tuque

- Vise à réduire la prolifération de cyanobactéries dans ce petit lac urbain
- Appareils installés en 2008
- La Ville constate une diminution des proliférations de cyanobactéries
- Pas suffisamment de données pour documenter adéquatement la technologie
- Pas d'études d'impacts sur les autres organismes

Ultrasons: Projets réalisés au Québec

Projet du lac de l'Aqueduc à Saguenay

- Ce petit lac alimente en eau potable le secteur Chicoutimi-Nord de la Ville de Saguenay
- Les ultrasons avaient été identifiés comme une alternative au sulfate de cuivre pour contrôler la prolifération d'algues vertes dans le lac durant l'été
- En 2012, à la suite de l'utilisation des ultrasons : baisse du pH et de la chlorophylle observée, mais prolifération des macrophytes

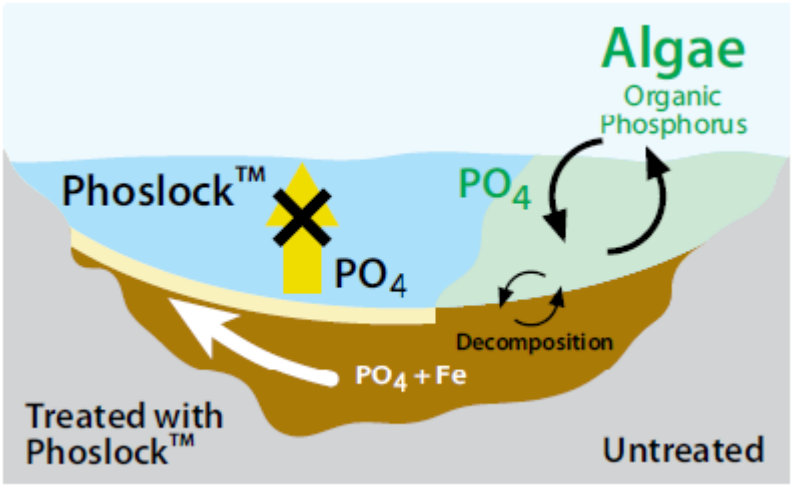


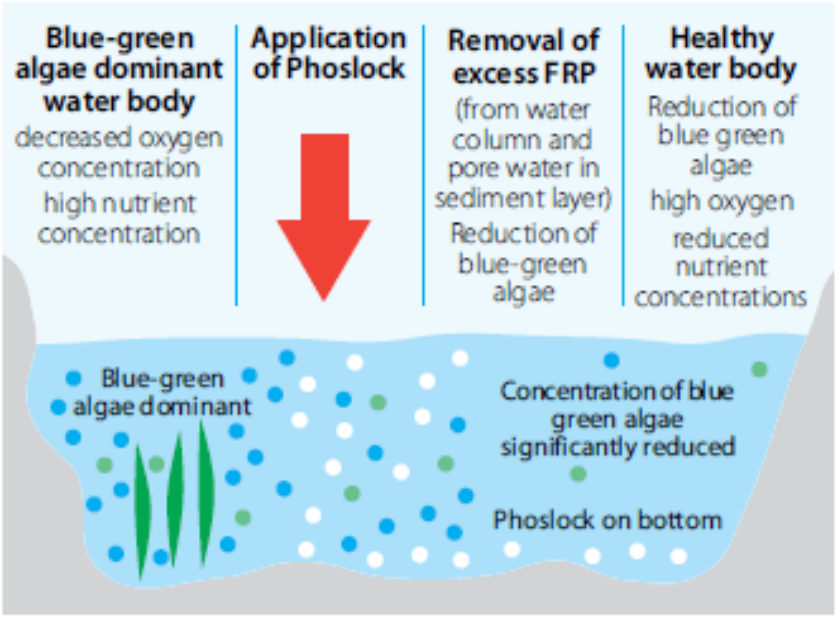
Environment Bay of Plenty, 2007

Phoslock: Principe d'action

- Constitué d'une argile (bentonite), auquel des ions sodium (Na) ont été remplacés par du lanthane (La)
- Sous forme granulaire ou en suspension, dispersé à la surface du lac et précipitation
- Liaison du phosphore biodisponible au lanthane
- Formation d'un composé insoluble ($LaPO_4$) se déposant sur les sédiments (1 à 3 mm)

Phoslock: Principe d'action





Phoslock Water Solutions Ltd., 2007

Phoslock: État des connaissances

- Baisse importante et rapide de [PO_4]
- Efficace dans un large spectre de valeurs de pH (entre 4 et 11) et de conditions aérobies et anaérobies
- Moins efficace en présence d'acides humiques et lorsque alcalinité élevée
- Impacts mineurs sur la santé humaine et l'écosystème selon résultats en laboratoire, mais incertitudes demeurent en milieu naturel

Phoslock: Projets réalisés au Québec

- Aucun, mais projets réalisés en Ontario
  - Bassin versant du Lac Simcoe
  - Étang aéré Loafer's Lake, Ville de Brampton

Lake Simcoe Region Conservation Authority, 2013

Régie intermunicipale de restauration et de préservation de Trois-Lacs, 2012

Dragage: Principe d'action

- Consiste à retirer une couche de sédiments d'un plan d'eau
- Comme les sédiments sont riches en phosphore, leur retrait du plan d'eau pourrait aider au contrôle de l'eutrophisation
- Permet de réduire les macrophytes d'un plan d'eau
- Permet d'augmenter la profondeur de la colonne d'eau

Dragage: État des connaissances

- Efficace pour augmenter la profondeur d'un plan d'eau, à condition de limiter l'érosion
- Possible remise en suspension des nutriments
- Augmentation de la turbidité
- Inefficace à moyen et long terme pour contrôler les végétaux si les sources de phosphore sont toujours présentes
- Impacts négatifs chez les organismes aquatiques

Dragage: Projets réalisés au Québec

MRC des Sources, 2012

Projet du lac Trois-Lacs

- Objectif : Retrait d'une partie de l'herbier aquatique pour restaurer le plein usage du lac
- Début en novembre 2011 (≈ 12 000 m^3)
- Taux de reprise des herbiers important depuis le printemps 2013
- Expérimentation d'un dragage plus profond pour s'assurer d'extraire les rhizomes

Dragage: Projets réalisés au Québec

Projet de la Baie Charrette (Saint-Donat)

- Objectifs
  - Augmenter la profondeur de la colonne d'eau
  - Diminuer la quantité de phosphore
  - Retrouver le plein usage du plan d'eau
- Dragage à l'été 2011 et 2012 (> 50 000 m^3)
- Profondeur de la colonne d'eau
  - 0,3 à 0,5 m avant le dragage
  - 1,5 à 2,5 m après le dragage
- Programme de suivi sur 10 ans

Îles flottantes

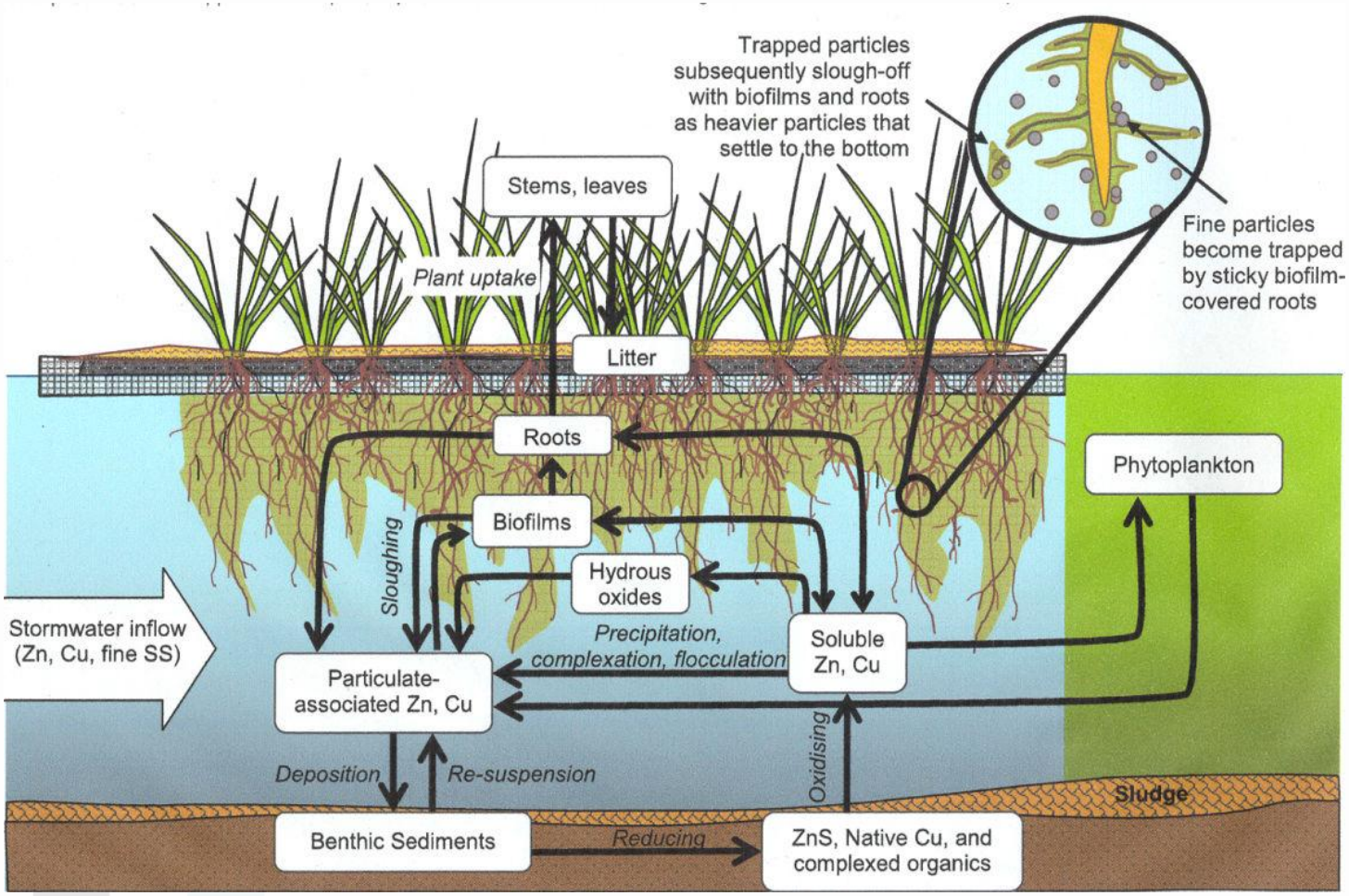
Groupe AIM, 2013

Îles flottantes: Principe d'action

- Purification du plan d'eau grâce aux racines immergées des plantes aquatiques et aux bactéries colonisant celles-ci

- Phosphates et nitrates non disponibles dans la colonne d'eau grâce à la présence de divers types de bactéries

Îles flottantes: Principe d'action



Headley et Tanner, 2006

Îles flottantes: État des connaissances

- Expériences réalisées surtout en laboratoire et en étangs aérés
- Seraient moins performantes en milieu naturel (meilleures performances avec [≥0,1 mg/L] de phosphore total)
- Pas de consensus sur la superficie à couvrir pour obtenir des résultats intéressants

Îles flottantes: Projets réalisés au Québec

- Projet du lac de l'Est
  - Améliorer qualité de l'eau et favoriser création d'habitats
- Projet du lac à l'Anguille
  - Restauration du lac, collecte de données sur différents paramètres (taux d'absorption du phosphore, taux de croissance des plantes)
  - Un des quatre projets pilotes, résultats à venir
- Projet du lac des Nations
  - Uniquement amélioration esthétique

Conclusion

- La réhabilitation des lacs et le contrôle des cyanobactéries nécessitent la réduction des apports de phosphore provenant du bassin versant du lac

- Rien ne sert d'intervenir dans le lac si les apports de phosphore ne diminuent pas

- Il est donc important dans une première étape d'identifier les principales sources de nutriments sur le bassin versant et par la suite d’adopter les mesures requises pour réduire ces apports

Références disponibles

- *Guide synthèse des bonnes pratiques à l'égard des plans d'eau touchés par les cyanobactéries*

  http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/guide-synth-bonne-pratiq.pdf

- Guide *Prendre son lac en main*

  http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/cyanobacteries/guide_elaboration.pdf

Étapes à venir

- Réalisation des fiches synthèses sur **chlorure de fer, bactéries, marais filtrants**

- Fiches disponibles sur le site Web du Ministère dans un avenir rapproché

Merci!

Questions?

Techniques qui ont fait l'objet de projets

Chlorure de fer : lac Heney

Ultrasons : lac Saint-Louis, lac de l'Aqueduc

Marais filtrant : lac Brome, lac à l'Anguille

Îles flottantes : lac des Nations, lac de l'Est, lac à l'Anguille

Lentilles d'eau : lac Waterloo

Calcite et aluminium: lac Saint-Augustin

Enlèvement des sédiments (dragage): lac Trois-Lacs, Baie Charrette, lac Waterloo, lac Saint-Augustin

Scories d'aciérie: tributaire du Petit lac Saint-François