

L'eutrophisation des lacs et les mesures d'atténuation et de restauration

Louis Roy

Assemblée annuelle
Conseil de bassin versant du lac Saint-Augustin
22 avril 2015

*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

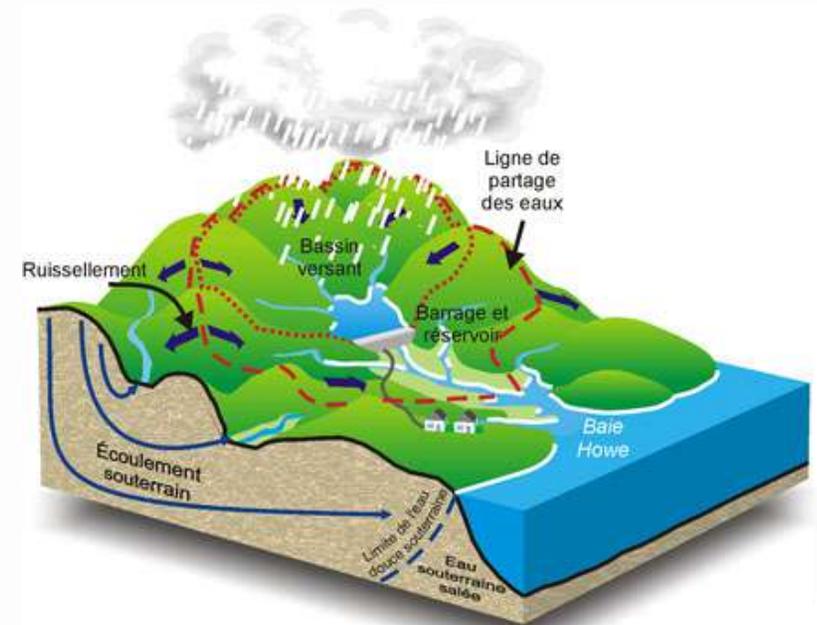
Contenu de la présentation

Eutrophisation

- Notions
- La modélisation de l'eutrophisation
- Constats

Restauration

- Contexte
- Approches / techniques
- Constats



Notions

- L'état de santé des lacs est utilisé par analogie à la santé humaine
- En écologie des lacs, il n'y a pas qu'un seul bon état de fonctionnement régulier et harmonieux des écosystèmes, il y a surtout des caractéristiques différentes (ex. lacs à eau limpide vs étangs)

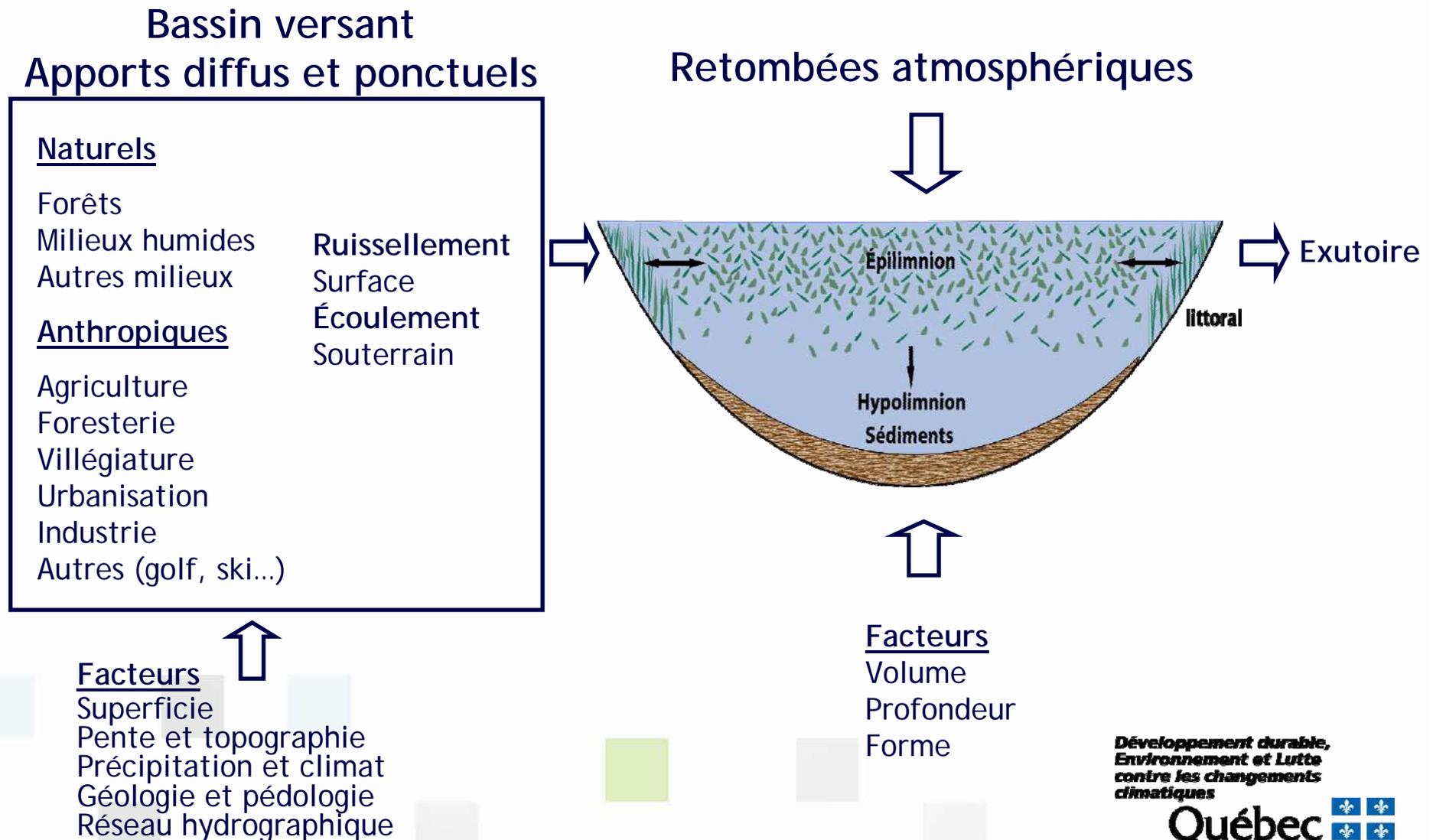
Notions

- **Diagnose (biologie et écologie) :**
 - Connaissance qui s'acquiert par l'observation
 - Détermination des caractéristiques
 - **Diagnostic :**
 - Détermination d'après les symptômes
 - Jugement tiré de l'analyse des signes
- Alors le diagnostic de la santé d'un lac se juge à l'état de caractéristiques, mais lesquelles?

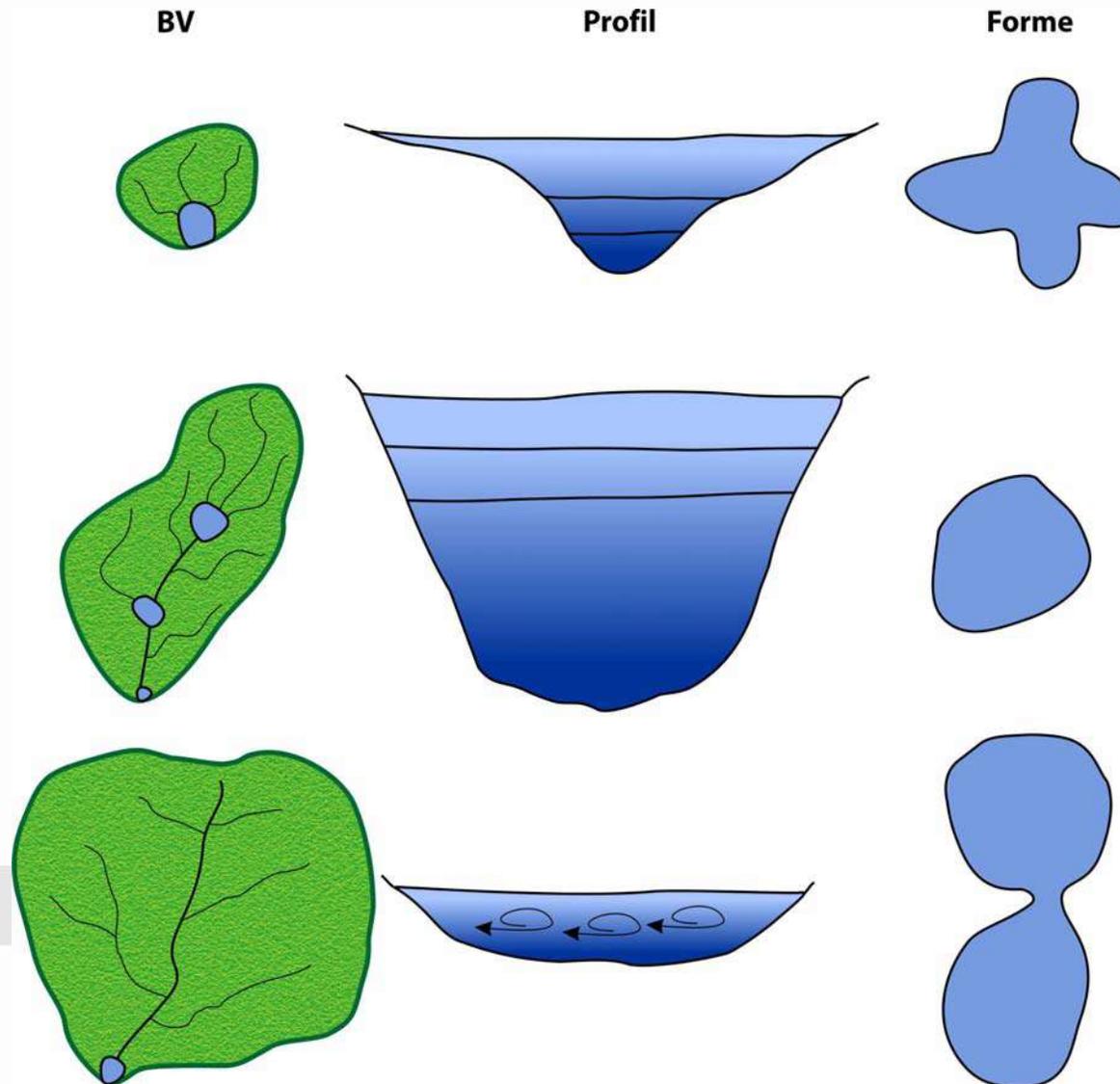
Notions

- Comment juge-t-on si les caractéristiques reflètent un bon ou un mauvais état?
- Deux grandes approches :
 - État de référence pour comparer (ex. plus grande abondance des plantes aquatiques)
 - Critères et seuils en fonction
 - De risques ou d'effets non souhaités (ex. baignade)
 - De conditions à conserver (ex. diversité des écosystèmes)
- Peut impliquer des objectifs de qualité relatifs :
 - Variabilité de ce qui est acceptable
 - Conflit d'usage

Modèle conceptuel de l'eutrophisation



L'eutrophisation : facteurs naturels



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 

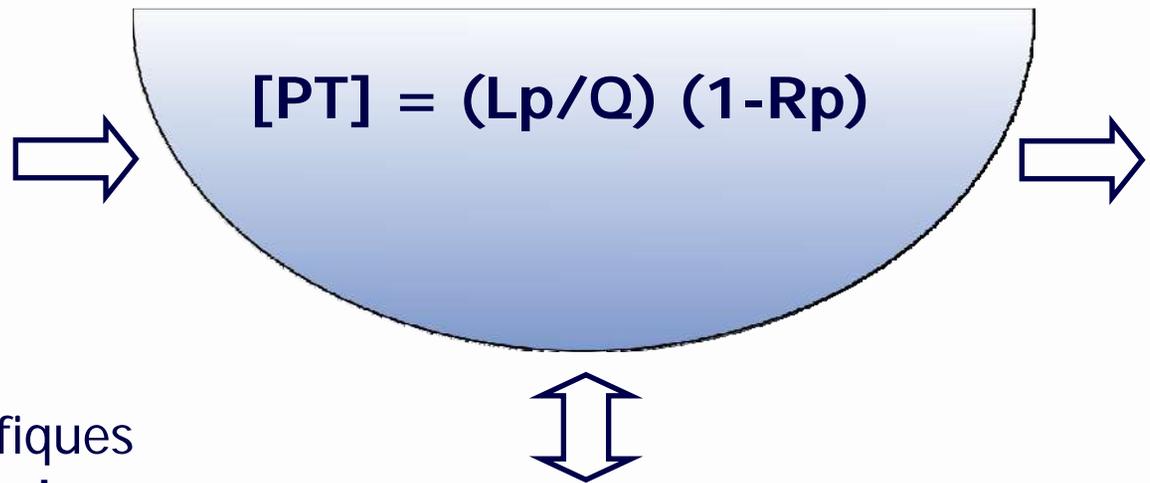
Modèle explicite semi-empirique

Bilan de masse : $q_t P = P_{\text{apport}} - P_{\text{sortie}} - P_{\text{sédimente}}$

Q = Charge en eau

L_p = Charge en phosphore

→ Somme des charges spécifiques
(coefficients d'exportation de la
littérature ou déterminés
empiriquement ou bilans mesurés)



R_p = Coefficient de rétention lacustre
(basé sur modèle de rétention déterminé
empiriquement ou bilan mesuré)

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec 

Développement de modèles : aperçu des résultats

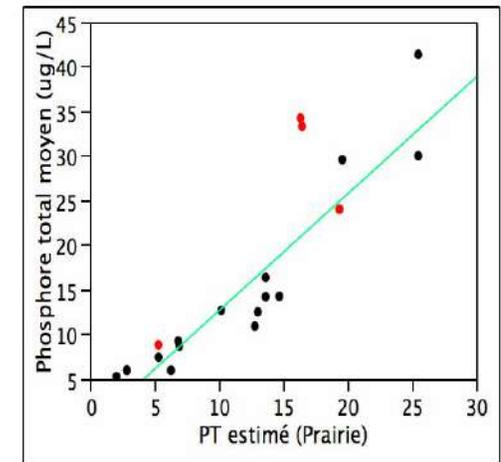
Modèle explicite

➤ Estrie

Moins bien ajusté que le modèle empirique

$$R^2 = 0,87$$

$$ET \pm 4 \mu\text{g/l}$$

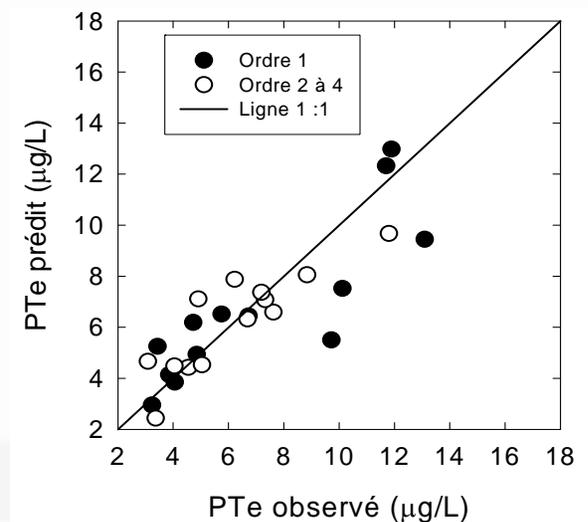


➤ Laurentides

Moins précis que les modèles empiriques

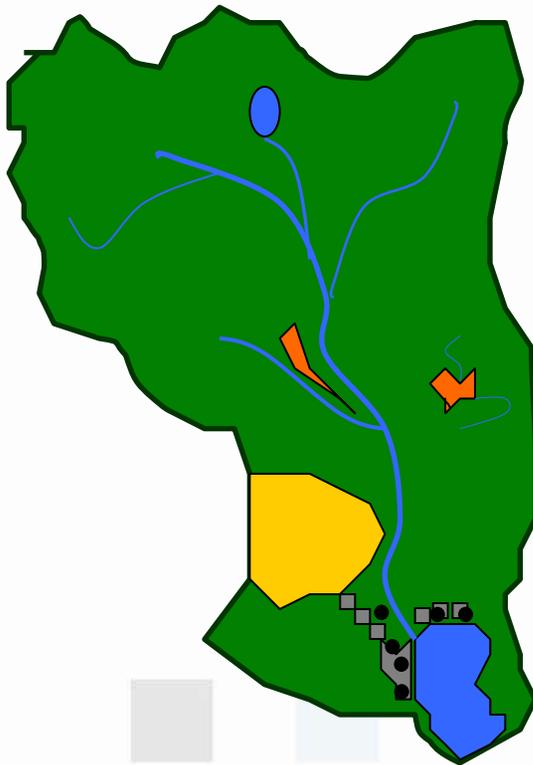
$$R^2 = 0,72$$

$$ET \pm 1,4 \mu\text{g/l}$$



Modélisation du phosphore dans les lacs des Laurentides

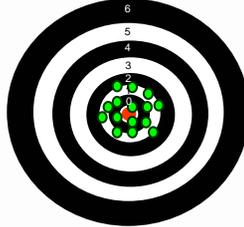
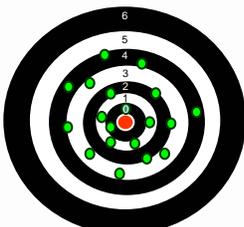
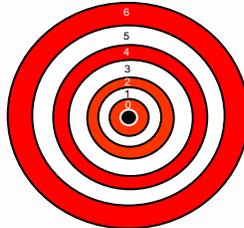
Bassin versant



Utilisation du territoire	Superficie km ²	Coef. Exp. P Kg/km ² /an	Charge P kg/an
Forêts 	85	4,9	416,5
Milieux humides 	3	125	375
Milieux ouverts 	1	11,3	11,3
Zones agricoles 	6	52,8	316,8
Lacs et rivières 	5	6,0	30
Humains 	-	-	75
Total	100	-	1224,6

*Developpement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Limites à la modélisation

Justesse	 A target with concentric rings labeled 1 to 6. Green darts are clustered together in the outer ring (6), indicating high precision but low accuracy.	 A target with concentric rings labeled 1 to 6. Green darts are clustered together in the center (1), indicating both high precision and high accuracy.
Précision	 A target with concentric rings labeled 1 to 6. Green darts are scattered around the center (1), indicating low precision but high accuracy.	 A target with concentric rings labeled 1 to 6. Green darts are scattered around the outer ring (6), indicating both low precision and low accuracy.
Représentativité	 A target with concentric rings labeled 1 to 6. No darts are present, representing a model that does not match any observed data.	 A target with concentric rings labeled 1 to 6. The target is entirely red, representing a model that is completely wrong or unrepresentative.

Limites à la modélisation : justesse

- Les facteurs à prendre en compte :
 - La géographie et les ensembles physiographiques (climat, topographie, géologie, pédologie, ...);
 - L'utilisation du territoire;
 - Les caractéristiques des lacs :
 - La morphologie
 - La stratification
 - L'état d'oxygénation de l'hypolimnion
 - Les lacs calcaires vs lacs non calcaires
 - L'ordre

Utilisation possible des modèles actuels

Usage	Empirique	Explicite
Prédire la valeur actuelle de PT	+	+ -
Expliquer l'eutrophisation	++	+
Modéliser la concentration de PT naturelle	+	+ -
Évaluer la sensibilité des lacs à l'eutrophisation	-	+
Identifier l'importance relative des sources de PT dans le BV	--	++
Établir un plan de réduction de charge en PT	-	+
Modéliser la concentration de PT pour différents scénarios de développement	-	+ -
Modéliser avec précision l'aménagement du territoire	--	--

Capacité de support

- La capacité de support est la pression maximale qui peut être exercée sur un écosystème sans porter atteinte à son intégrité
- Eutrophisation des lacs : la charge en phosphore (de source anthropique) qui n'induirait pas d'effets non souhaités et des pertes d'usage
- La prise en compte de la capacité de support implique que l'on puisse porter un jugement sur ce qui est souhaitable
- L'analyse repose sur des critères et méthodes d'évaluation
- La modélisation permet de situer l'effet de scénarios de charge par rapport à des critères et des effets dans le milieu

Restauration - contexte

- Prise de conscience du phénomène d'eutrophisation (cyanobactéries, accumulation de sédiments, plantes aquatiques, etc.)
- Riverains et municipalités à la recherche de solutions
- Réception de plusieurs demandes d'intervention dans les lacs (riverains, municipalités, promoteurs de technologies)

Restauration - contexte

- **On sent le besoin d'agir : quelles actions mettre en œuvre?**
- **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;
 - Intervenir dans les lacs : **en dernier recours.**

Restauration - justification

- **Raisons « acceptables » d'intervenir avec des technologies :**
 - **Récupérer un usage** : prise d'eau potable, baignade (contact direct) et autres activités récréatives;
 - **Charge interne** de phosphore (le lac s'autonourrit).
- **Aucune solution miracle :**
 - Pas de réhabilitation si l'apport de nutriments n'est pas contrôlé;
 - Les interventions ne sont pas une approche de gestion.
- **Aucune solution universelle et facile** : chaque lac est un cas unique.

Importance des bonnes pratiques

- Résidence et citoyen
- Municipal
- Agriculture
- Transport
- Foresterie

À propos du ROBVQ

Le Réseau des Organismes de Bassin Versant (ROBVQ) est un réseau de 15 organismes de bassin versant qui ont pour mandat de protéger et améliorer la qualité de l'eau et de l'environnement dans les bassins versants du Québec.

L'installation végétale

Phytorestauration et installation végétale

Les végétaux sont très efficaces pour améliorer la qualité de l'eau et de l'environnement. Ils peuvent être utilisés pour restaurer les zones dégradées et pour prévenir la pollution.

L'eau de pluie et le ruissellement

Les débris

Les débris sont une source majeure de pollution. Ils peuvent être évités en prenant certaines précautions.

Aménagement et entretien des propriétés résidentielles

Autres pratiques

Pour la restauration écologique, le conseil de bassin versant est votre meilleur allié. Il peut vous aider à choisir les végétaux les plus adaptés à votre situation.

Autres pratiques

Il est important de prendre certaines précautions lors de l'entretien de votre propriété.

VOS LACS ET COURS D'EAU
UNE RICHESSE COLLECTIVE À PRÉSERVER

Québec

GUIDE DE GESTION DES EAUX PLUVIALES

Québec

2. Éviter d'utiliser des produits nocifs pour l'environnement

Il est tout à fait normal et agréable de vouloir une belle pelouse verte et des fleurs colorées. Toutefois, il vaut mieux éviter d'utiliser des produits chimiques nocifs pour l'environnement. Les produits chimiques peuvent contaminer l'eau et l'air, et nuire à la santé humaine et animale.

Il est préférable d'utiliser des produits naturels et biologiques. Les produits naturels sont plus sûrs pour l'environnement et pour votre santé.

Pour plus d'information, consultez le site www.milieu.gouv.qc.ca.

Québec

Représentative des pratiques recommandées pour la végétalisation des bandes riveraines du Québec

Agissez maintenant!

Québec

Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques

Québec

Restauration – plusieurs techniques disponibles

- **Mécaniques** : faucardage, arrachage, enlèvement des sédiments etc.
- **Physiques** : oxygénation de l'hypolimnion, circulation de l'eau, filtration, ultrasons, etc.
- **Chimiques** : herbicides/algicides, adsorbants de nutriments (chlorure de fer et 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

Macrophytes

Faucardage
Arrachage
Charançon
Toiles géotextiles
Pompage des
sédiments

Cyanobactéries

Ultrasons
Bactéries lytiques
Cyanophages
Filtration

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

Phosphore

Indirectes :
Oxygénation
Dilution

Directes :
Adsorbants (chlorure de
fer, aluminium, phoslock,
calcite et scories d'aciérie)
Évacuation des eaux
hypolimniques
Dragage des sédiments

Préoccupations soulevées par les nouvelles technologies

- **Efficacité** : réellement démontrée?
- **Coûts** : investissement justifié?
- **Impacts négatifs** potentiels
- **Longévité** de l'effet attendu du traitement et besoin de traitements récurrents
- Interférence avec les usages (ex. navigation)
- Comportement de la technologie dans les conditions du Québec
- Entretien de l'équipement et gestion du matériel à la fin de sa vie utile

Efficacité peu documentée

- **Techniques souvent conçues 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 trois étapes**

1. Évaluation préliminaire de **l'acceptabilité de la technologie** pour un projet de démonstration
2. Évaluation d'une demande de certificat d'autorisation 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)**
 - Action 1.4 : **Mettre en place des projets pilotes afin d'expérimenter diverses mesures de restauration de lacs, le tout dans des conditions diversifiées**

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.
- Élaborer des procédures et concevoir des techniques de restauration
- **Développer un savoir-faire dans tout le processus de la restauration**

Techniques qui ont fait l'objet de projets

- **Chlorure de fer** : lac Heney
- **Ultrasons** : lac Saint-Louis et lac de l'Aqueduc
- **Marais filtrant** : *lac Brome et lac à l'Anguille*
- **Îles flottantes** : lac des Nations, lac de l'Est et 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 et lac Saint-Augustin*
- **Scories d'aciérie** : tribulaire du Petit lac Saint-François
- **Aération (diffuseur *Speece cone*)** : lac Carré
- **Aération (brassage)** : lac Hotte

Résultats des projets

- Présentés au deuxième atelier sur les projets de restauration de lac (juin 2013). Résultats en ligne
<http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/flrivlac/documentation.htm#projet-pilote>
- Résultats souvent mitigés
- Réalisation de projets dans de petits enclos :
 - Conditions différentes de celles du lac (milieu ouvert)
 - Biais; difficulté d'interpréter les résultats



R. Galvez

L'avenir de la restauration des lacs

- Pas de solution miracle, efficace et économiquement abordable
- Pas de réhabilitation sans réduction des apports de nutriments
- Besoin de développer des liens entre le génie (technologie) et la biologie (limnologie)
- Municipalités et promoteurs :
 - **Difficulté de trouver le financement**
 - **Besoin de soutien scientifique et d'accompagnement**
- Besoin d'encadrement

L'avenir de la restauration des lacs

- L'approche des **cinq C** présentée par Pierre Beaudoin de Renaissance lac Brome :
 - **Citoyens** (accord et appropriation du projet par la communauté; projet de société)
 - **Connaissance** (du lac, du bassin versant et de la technologie)
 - **Cohérence** (schéma d'aménagement, PDE et règlements)
 - « **Cash** » (taxes, fonds spécial spécifique et partage des coûts)
 - **Concret** (objectifs clairs et actions ciblées)

En développement

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

Colliger l'information pertinente sur plusieurs techniques de restauration de lacs (principes, modalités d'utilisation, effets et résultats)

Bactéries

Chlorure de fer

Marais filtrants

Ultrasons

Dragage

Îles flottantes

« Phoslock »

Etc.

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

En enclos:

- Pompage des sédiments

Merci!



*Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques*

Québec 