

L'utilisation des modèles d'eutrophisation et des modèles d'apport en phosphore dans la gestion des lacs au Québec

Louis Roy

Présentation faite
au 6ième rendez-vous des OBV
26 février 2010

Plan

- Notions
- Travaux de recherche et développement au Québec
- Applicabilité des modèles

Notions

- Le **phosphore** est l'élément nutritif qui **contrôle** habituellement l'eutrophisation
 - Élément le moins abondant par rapport aux besoins des algues et des plantes aquatiques
- La modélisation de l'eutrophisation consiste à élaborer des modèles **expliquant et quantifiant** les apports en phosphore et sa concentration dans les lacs

À quoi peuvent servir les modèles ?

- Identifier l'utilisation du territoire et les caractéristiques du paysage qui sont responsables de l'eutrophisation et déterminer leur importance
- Déterminer la concentration naturelle du phosphore dans les lacs et le facteur d'accroissement lié aux activités humaine
- Estimer le développement possible de différentes utilisations du sol ou les efforts d'assainissement en fonction des apports admissibles (capacité de support)

La capacité de support des lacs

- En regard de l'eutrophisation : Charge en phosphore qu'un lac peut recevoir sans engendrer une augmentation de la concentration induisant des effets indésirables et des pertes d'usages

Modèles de capacité de support

=

Une des utilisations possibles des modèles d'eutrophisation

Modèles empiriques (modèles statistiques)

- Relier la [P] aux caractéristiques des bassins versants

Régressions à partir d'un ensemble de plusieurs lacs et bassins



$f(x)$

**Variables décrivant
l'utilisation du territoire**

Exemples :

→ Superficie

- Forêts

- Milieux humides

→ Nombre d'habitations

**Variables décrivant le
paysage et la morphologie
du lac**

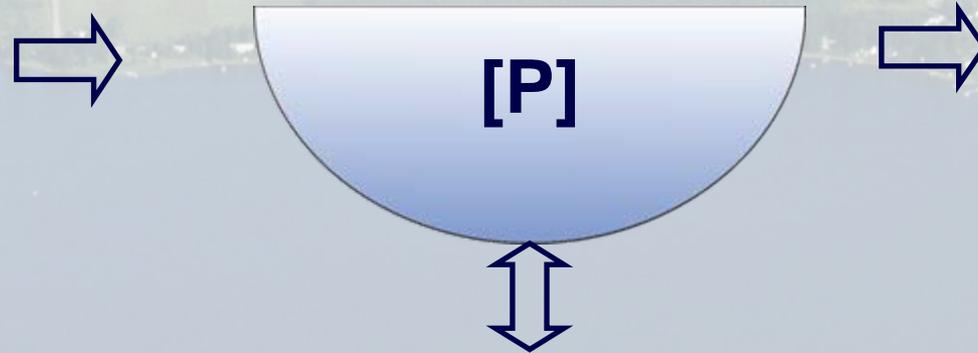
Exemples :

→ Pente moyenne bassin

→ Volume du lac

Modèles explicites

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



→ Réacteur homogène à flux constants

→ Plusieurs modèles faisant intervenir des variables :

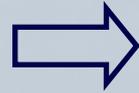
- de morphologie des lacs et d'écoulement de l'eau
- de charge et de rétention du phosphore

Vollenweider (1976) ; Dillon et Rigler (1974) ; Schindler et al (1978)

Canfield et Bachmann (1981)

Modèles explicites

Q_s = Charge en eau / la surface du lac (m)



$$[P] = (L/Q_s) (1-R)$$



L = Charge en phosphore par unité de surface (m^2)

→ Somme des charges spécifiques

- Forêts
- Milieux humides
- Milieux ouverts
- Habitations
- Retombées atmosphériques
- Autres



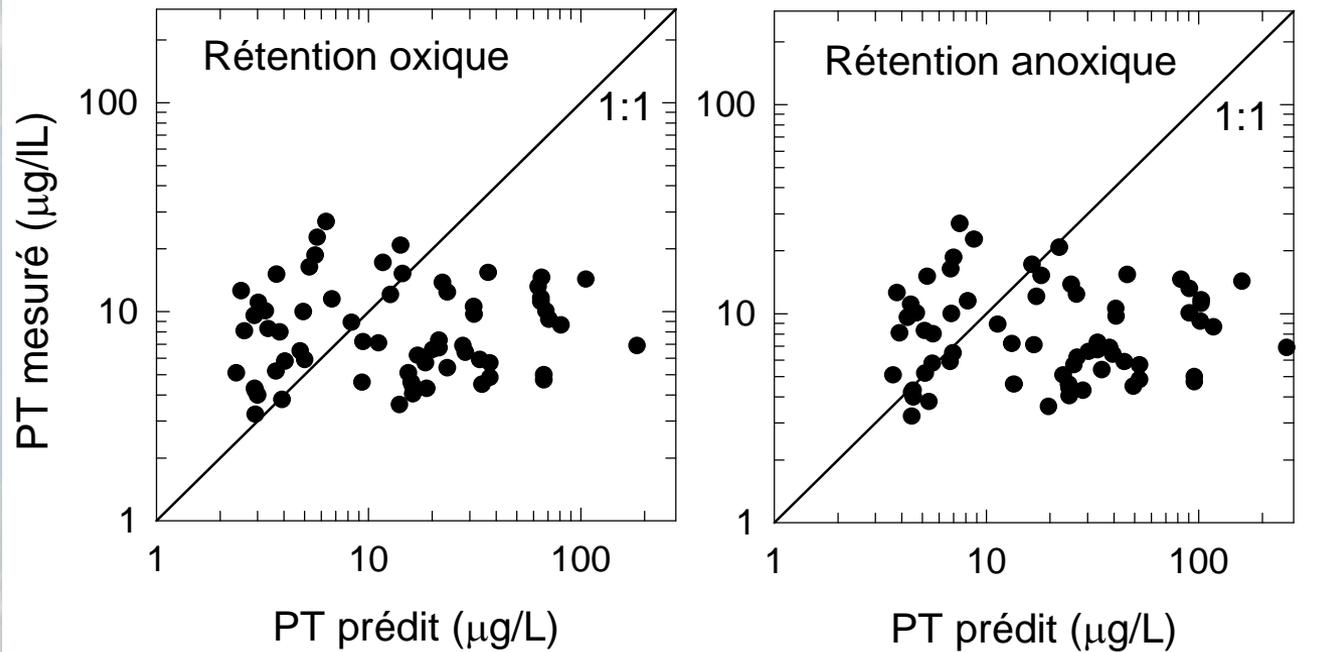
R = Coefficient de rétention lacustre

→ Coefficients déterminés empiriquement ou mesurés

- Aucune modélisation empirique
- Utilisation de modèles de bilan de masse
 - Surtout le « *Trophic Status Model* » (TSM) ou modèle de Dillon développé en Ontario et des adaptations du modèle

Comparaison valeurs prédites et mesurées

Modèle
de Dillon



- Ne représente pas la dynamique du P dans les lacs et bassins versants du Québec
- Facteurs responsables : l'imprécision des données et la non représentativité des coefficients d'exportation et de rétention

Travaux de recherche et développement

- Développement de modèles empiriques et semi-empiriques explicites pour deux ensembles physiographiques importants du Québec

→ Les Laurentides

Richard Carignan (Université de Montréal)

→ L'Estrie

Yves Prairie (Université du Québec à Montréal)

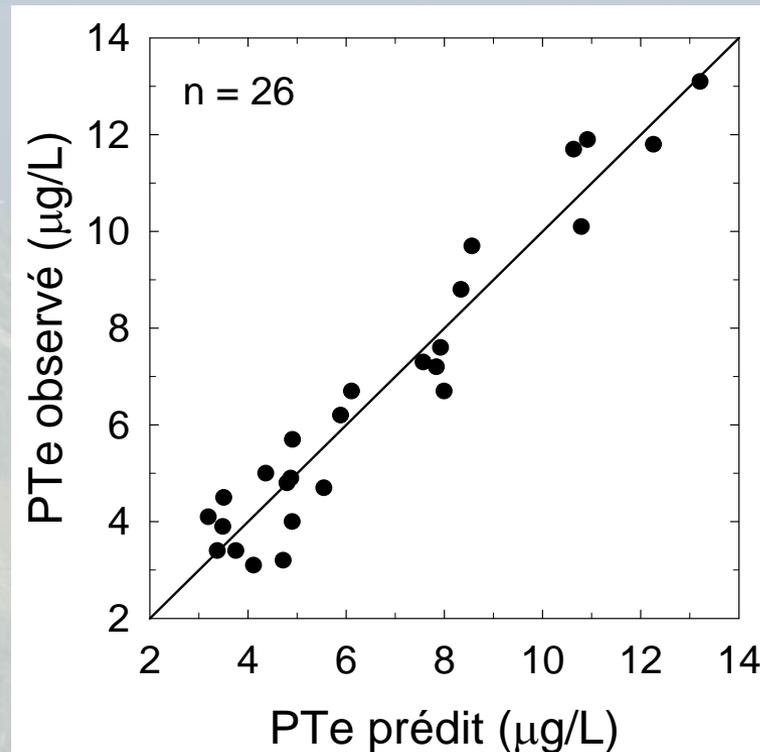
Projet subventionné par le MDDEP et le CRSNG

- Projets pilotes visant à tester et valider l'utilisation de différents modèles

Exemple

Lacs stratifiés, volumes et concentrations en COD connus

$$[Pte] = 0,09 \pm 0,050 + 1,20 \pm 0,13 (\text{CODe}) + 52\,236 \pm 5516 (\text{batim } 100/\text{Vol}) + 1,49 \pm 0,71 (\text{MOUV}/\text{Vol})$$



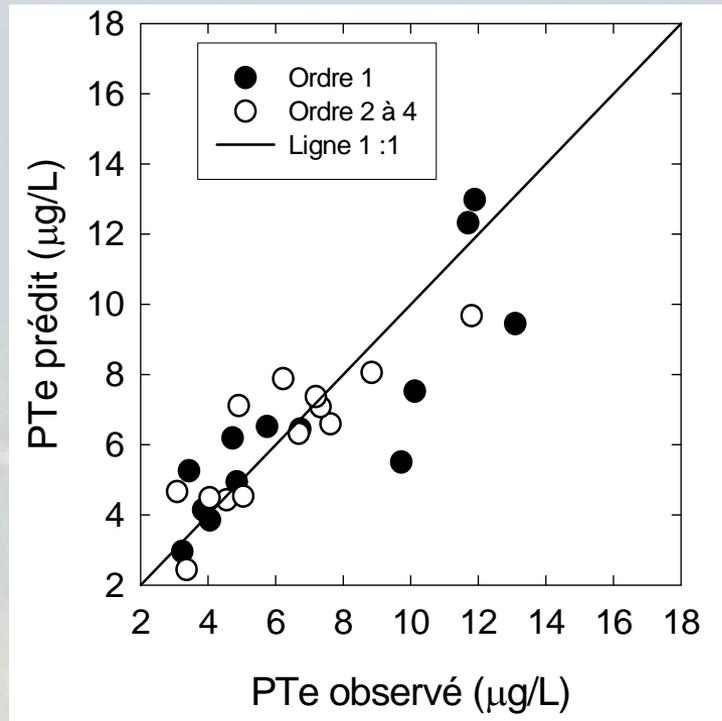
$$R^2 = 0,93$$

$$ES = 0,8 \mu\text{g/l}$$

Aperçu des résultats pour les Laurentides

Modèles explicites

$$[P] = (L/Q) (1-R)$$



$$R^2 = 0,72$$

$$SE = 1,4 \mu\text{g/l}$$

Projets de validation

Essais de modélisation visant à évaluer la performance de différents modèles sur des ensembles de lacs

- Laurentides (Bureau de géomatique des Laurentides)
- Outaouais (MRC Les Collines de l'Outaouais et LATINO)
- Bassin Lac St-Charles (Appel du lac St-Charles et Université Laval)
- Rivière L'Assomption (CARA) (en préparation)

- Autres projets plus limités géographiquement (plusieurs OBV impliqués)

Quelques résultats

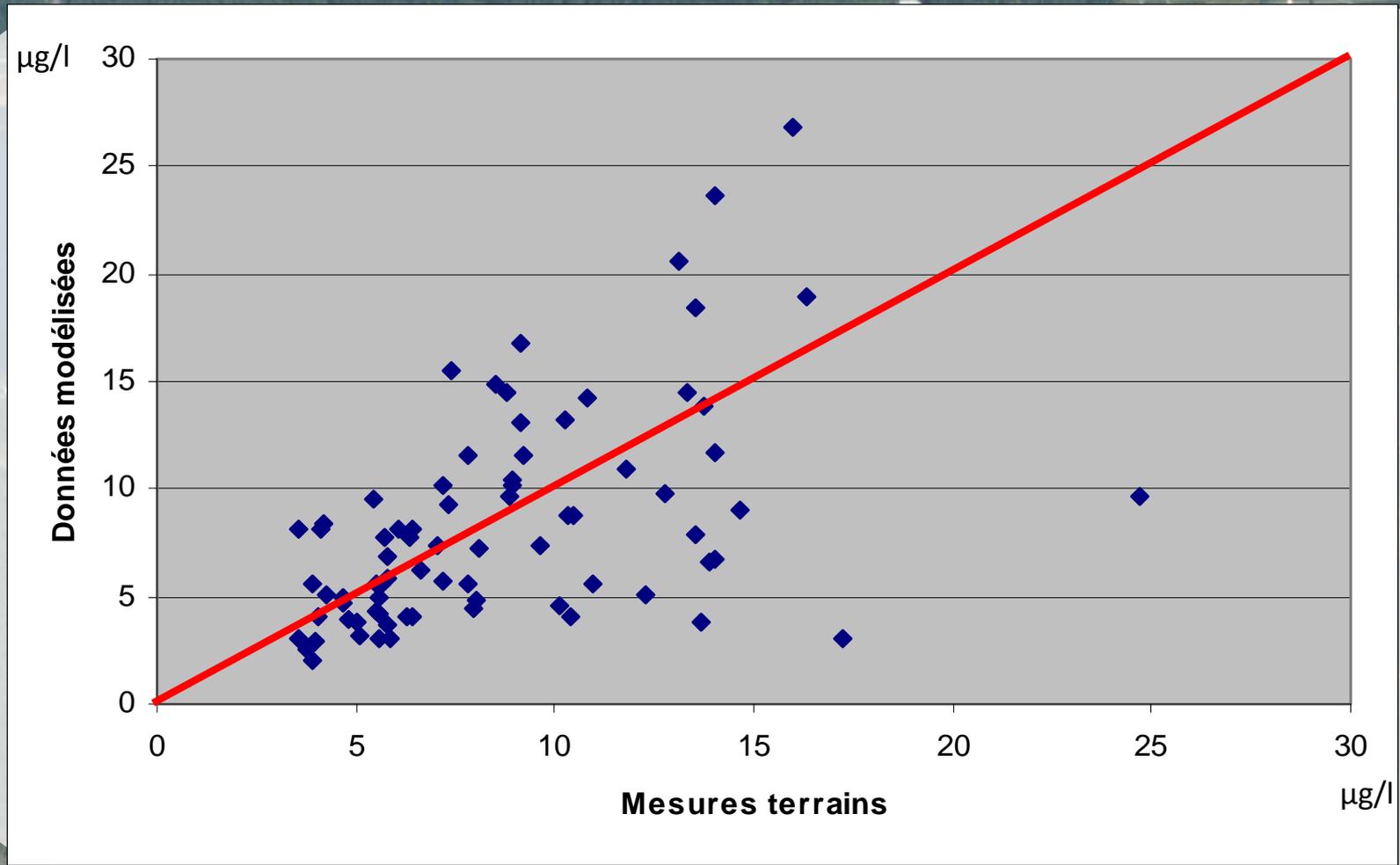
Essais de modélisation visant à évaluer les méthodes les plus Performantes

Erreurs relatives (%) valeurs prédites vs valeurs mesurées

Essai	Moyenne	Erreur type	Erreur minimale	Erreur maximale	Nombre de lacs
Laurentides -Modèle explicite Dillon	178	164	2,9	685	77
Laurentides -Modèle explicite adapté	30,0	22	1,4	103	77
Laurentides -Empirique simple	33	20	1,0	81	100
Laurentides -Empirique avec COD modélisé	41	40	0,2	256	115
Laurentides -Empirique avec COD mesuré	24	18	0,2	65	50
BV Lac St-Charles -Modèle explicite Dillon	149	104	20.5	420	12
BV Lac St-Charles -Modèle explicite adapté	19	17	0.7	55	12
BV Lac St-Charles -Modèle explicite adapté, avec profondeurs	20	9	8.2	31	5

Laurentides : Modèle de bilan de charge adapté

Coefficients de sources variables



Applicabilité des modèles

- Les modèles empiriques ou explicites adaptés peuvent être utilisés pour:
 - estimer l'augmentation *relative* de la concentration en P par rapport à la situation naturelle modélisée
 - évaluer l'impact *relatif* d'un changement dans l'affectation du territoire sur la concentration en P
 - peuvent donner une indication de l'importance *relative* des différentes sources de P pour un plan d'eau (*bilan des charges en P*)

Applicabilité des modèles

- Les résultats des modèles empiriques ou explicites adaptés, s'ils sont validés suivant des règles établies, peuvent être utilisés pour:
 - Estimer de manière absolue (en tenant compte des marges d'erreur), de l'effet de changements dans l'occupation du territoire sur la concentration en phosphore
- Ceci pourrait permettre en théorie l'évaluation de la capacité de support. Or, on devra procéder avec prudence car les marges d'erreurs restent larges
 - Ne peut pas servir, par exemple, à déterminer avec précision le nombre d'habitations que l'on peut ajouter

Applicabilité des modèles

- Portée géographique des modèles :
 - passe par une étape de validation de leur représentativité
- Ajustement des modèles explicites (coefficients)
 - doit être validé statistiquement sur des ensembles de lacs
- La modélisation basée sur la concentration en phosphore ne représente pas toujours bien le phénomène de l'eutrophisation pour certains types de lac

La suite

- Publications :

- Travaux de recherche dans les revues scientifiques
- Synthèse des résultats et établir des lignes directrices (évolutives) pour baliser l'utilisation des modèles dans une optique de gestion

- Travaux à réaliser (développement) :

- Poursuivre les projets de validation et les projets pilotes d'application
- Préciser certains coefficients utilisés dans les modèles explicites