



La capacité de support des lacs : de la théorie à la pratique

Louis Roy

Direction de la qualité des milieux aquatiques

Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les
changements climatiques, de la Faune et des Parcs

Colloque sur l'eau du RAPPEL

31 mars 2023

Votre 
gouvernement

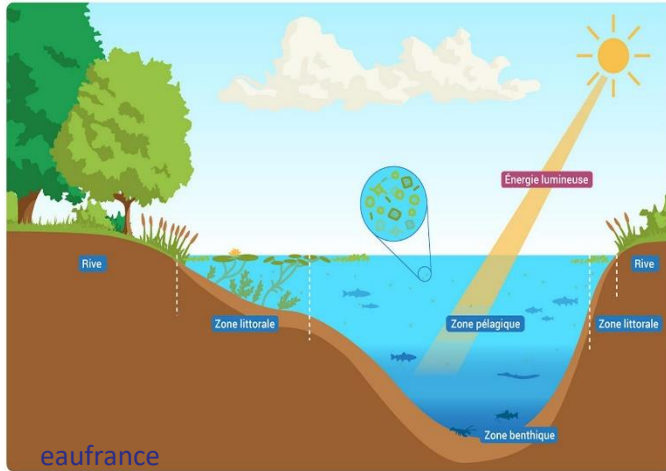
Québec 

Plan de la présentation

- Concept de capacité de support appliqué aux lacs
- La détermination d'objectifs de protection
- Le rôle de la modélisation
- Les implications et la mise en œuvre

Quelques caractéristiques importantes des écosystèmes lacustres

3

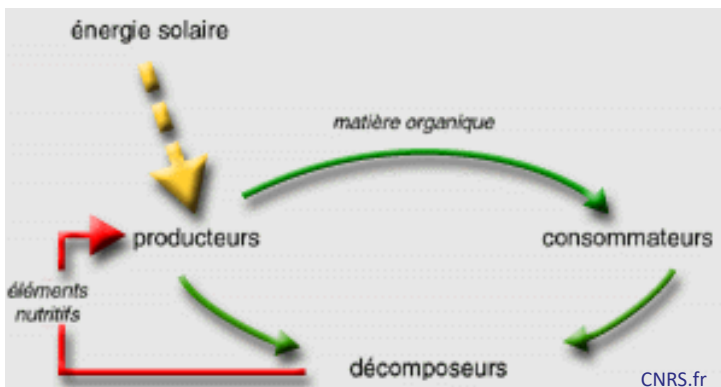


Biotope (milieu aquatique)

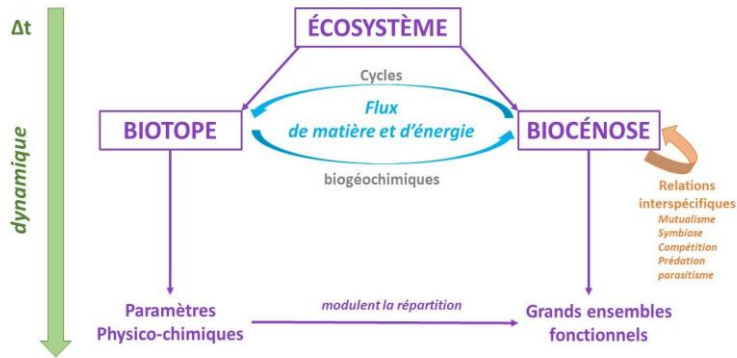
- Bien délimité dans l'espace
- De morphologie variable, zones du lac
- Caractéristiques physiques et chimiques spécifiques, relativement uniformes avec des variations spatio-temporelles

Biocénose (organismes vivants)

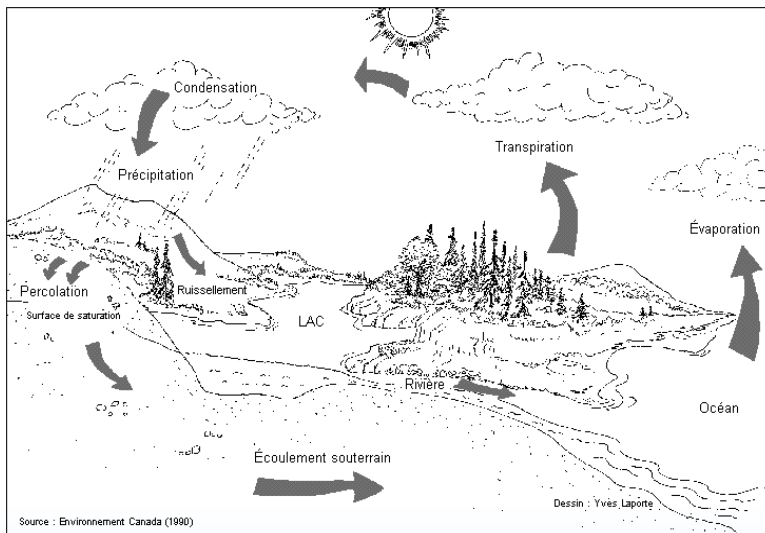
- Autotrophes : photosynthèse (algues, cyanobactéries, plantes)
- Hétérotrophes : consomment d'autres organismes (prédateurs, herbivores et décomposeurs)
- Biodiversité spécifique : composition, abondance et structure
- Réseaux trophiques (chaînes alimentaires) : fonctionnement
- Variations spatio-temporelles



Quelques caractéristiques importantes des écosystèmes lacustres



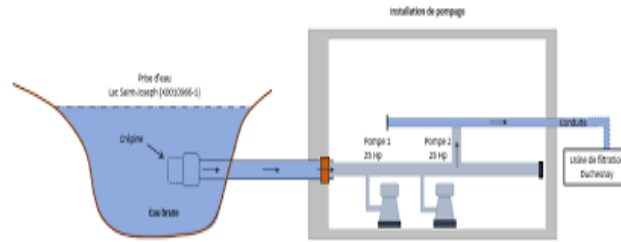
©RS.2019



Le lac et son bassin versant : un système

- Milieu relativement fermé
- Fortement influencé par ce qu'il reçoit de son bassin versant et des retombées atmosphériques
- Système relativement stable : capacité à maintenir sa structure, ses propriétés et ses liens fonctionnels face aux perturbations (résistance et résilience)
- Système à évolution lente (cycle climatique), sauf en cas de catastrophe
- **Les activités humaines sont des facteurs de perturbations importants**

Les pressions des activités humaines



Ville St-Catherine-de-la-Jacques-Cartier

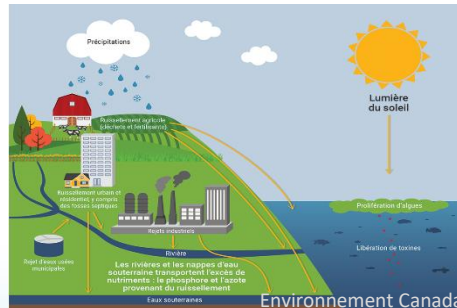
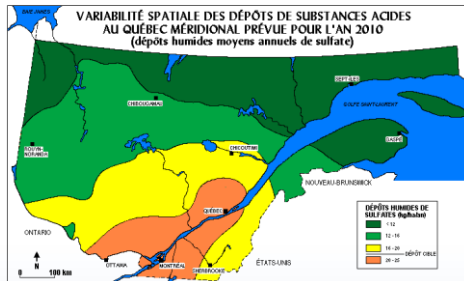
Les prélèvements (ressources):

- Pêche, eau potable, irrigation



Les altérations physiques :

- Érosion des berges, régulation niveau d'eau, empiètement
- Échange de chaleur, changement climatique

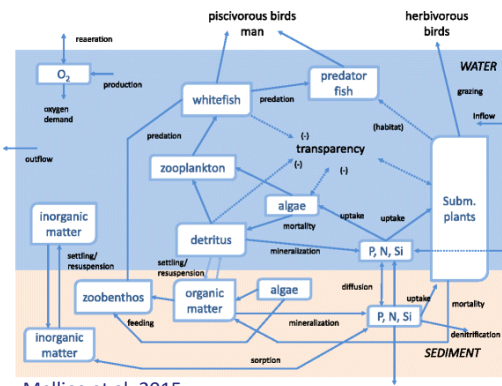


Les rejets et les apports externes :

- Polluants, nutriments, matériaux; intrants et facteurs favorisant leur exportation et transport

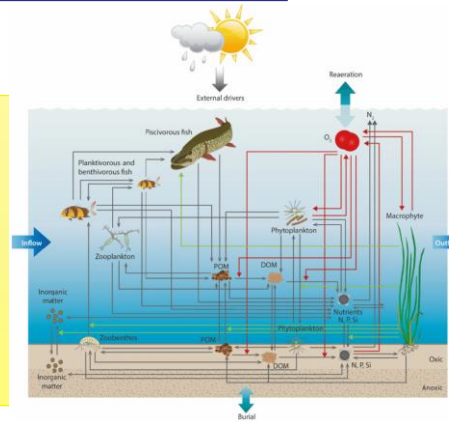
Qu'est-ce que la capacité de support ?

La capacité de support est la pression maximale qui peut être exercée sur un écosystème sans porter atteinte à son intégrité (composantes et fonctionnalités) ...et aux services écologiques qu'ils rendent ainsi qu'aux usages anthropiques



Mellios et al, 2015

Systèmes complexes
Multiples pressions et multiples aspects
Difficile (impossible!) de définir une intégrité multidimensionnelle et intégratrice



Hu et al 2016

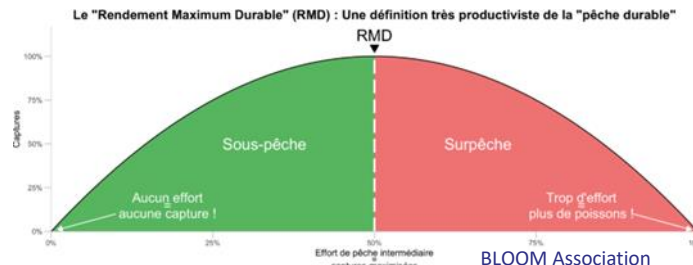
Approche pragmatique orientée sur les pressions et ses effets
Il peut y avoir plusieurs capacités de support

Exemples de capacité de support

7

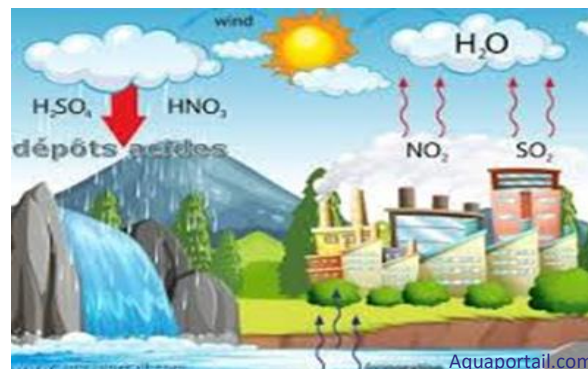
Gestion de la pêche

Maintien des captures sous le seuil d'effondrement des stocks



Acidification des lacs

Quantité de retombées atmosphériques permettant l'arrêt de l'acidification et la récupération des écosystèmes



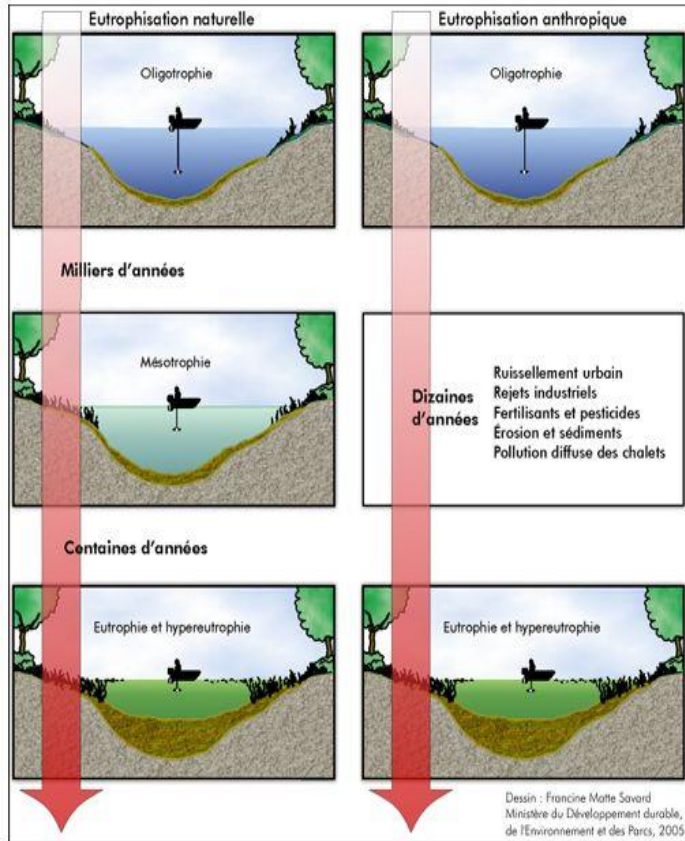
Effet du batillage navigation

Pratiques nautiques réduisant les risques à un niveau acceptable (vitesse, zones de circulation)



Eutrophisation et capacité de support des lacs

8



- Le principal vecteur de perturbation et de changement
- Le phosphore est élément nutritif limitant dans les eaux douces (le plus rare vs le besoin des végétaux)
- Le contrôle de l'eutrophisation est axé sur cet élément
- Les activités humaines entraînent une augmentation des apports (causes multiples de pression)

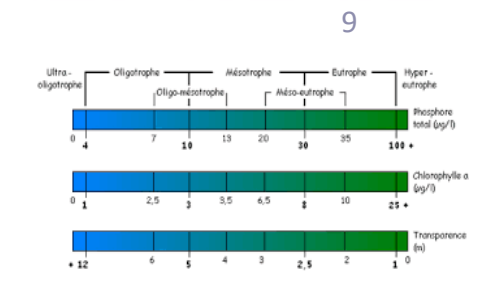
La capacité de support consiste à déterminer la quantité de phosphore que le lac peut recevoir sans engendrer d'effets importants ou de pertes d'usage

Une longue quête en écologie aquatique depuis les années 1970 et 1980 : grands travaux sur l'eutrophisation (notamment OCDE)

Critères de protection au Québec et au Canada

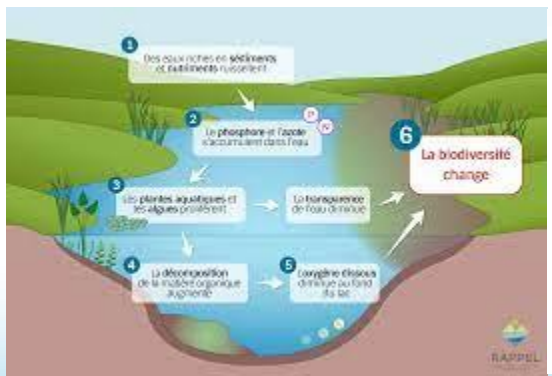
Début 1980, abandonnés en 2013

- En lac : augmentation possible de 50 % de la concentration
 - Sans dépasser 10 µg/l, si naturellement sous 10
 - Sans dépasser 20 µg/l, si naturellement au-dessus de 10 et sous 20
- Tributaire de lac : concentration maximum de 20 µg/l



Ne permettent pas d'éviter une eutrophisation anthropique néfaste
 Reflet de l'état des connaissances et de la pratique de l'époque

Ne tient pas compte de la sensibilité variable des lacs à l'eutrophisation et de l'ensemble des symptômes et des effets
 Incertitude sur la concentration naturelle de référence



Lac oligotrophe

- Eau claire et fraîche
- Peu de végétation aquatique
- Eau bien oxygénée
- Fond de roches, graviers, sables
- Biodiversité élevée



Lac eutrophe

- Eau turbide et chaude
- Végétation aquatique abondante
- Eau peu oxygénée
- Fond vaseux
- Biodiversité faible

Critères de protection

Développement d'autres approches :

- Réflexions dans le cadre du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME)
 - Détermination de critères et d'objectifs de protection pour les nutriments
- Expérience des États-Unis dans le cadre de la Loi sur la protection des milieux affectés
 - Établissement d'une limite de charge (TMDL)
- Directive-cadre européenne (DCE) sur l'eau
 - Objectifs d'état des milieux aquatiques (milieux affectés ou à protéger)

Implique d'être en mesure d'établir des objectifs ou des critères en fonction des caractéristiques et de l'état des milieux récepteurs

Agir en tenant compte de l'ensemble du bilan en phosphore

Démarches et méthodes sous trois aspects

11

Établir un objectif ou un critère de protection

- Manifestation de l'eutrophisation (cyanobactéries, perte de transparence...)
- Protection d'un usage (source eau potable, activités de contact...)
- Protection composante (habitat Touladi...)

Établir une concentration cible en phosphore

- Lien de causalité entre l'objectif, ou le critère, et la quantité de phosphore
- Lien quantitatif connu et relativement fiable

Établir la charge en phosphore correspondante

- Lien quantitatif entre la concentration et la quantité entrante
- Lien quantitatif avec les différentes occupations du territoire

Défis scientifiques et opérationnels importants

Défis scientifiques

Objectifs et critères

- Bien appréhender l'expression de l'eutrophisation; diversité des effets
- Variabilité entre les lacs; définir des ensembles homogènes !
- Outils et méthodes facilement utilisables et fiables; équilibre entre les contraintes
- Tenir compte de la dimension subjective; qu'est-ce qu'un effet trop important?

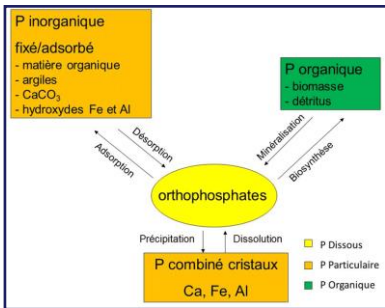
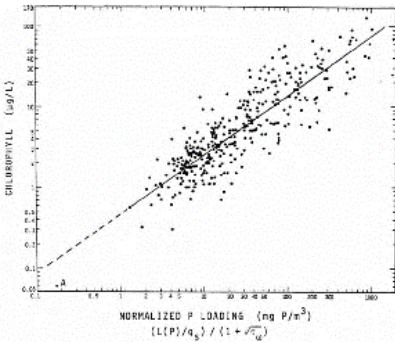
Concentration cible en PT

- Liens de causalité bien compris et quantifiés; représentativité et complétude
- Variabilité entre les lacs; définir des ensembles homogènes !

Lien avec la charge en phosphore et l'occupation du territoire

- Outils (modèles) facilement utilisables et fiables; équilibre entre les contraintes
- Variabilité entre les lacs; définir des ensembles homogènes !
- Coefficients d'exportation représentatifs; différentes occupations et pratiques
- Dimension empirique (expérience); représentativité

Exemple de liens de causalité pression-effet



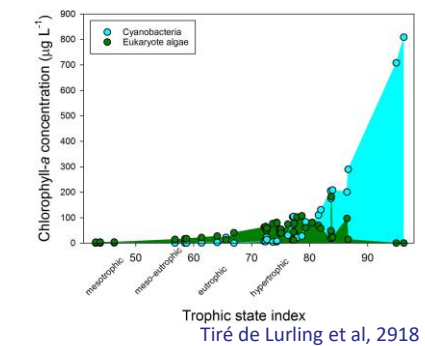
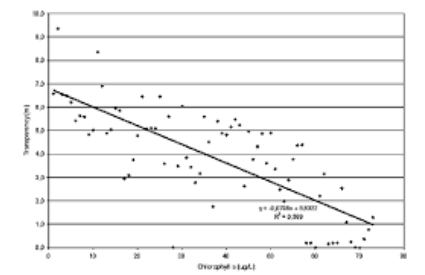
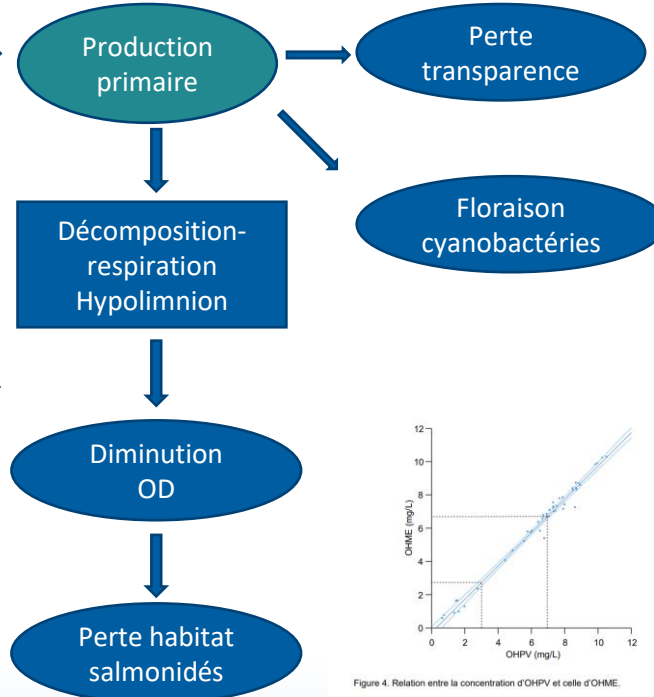
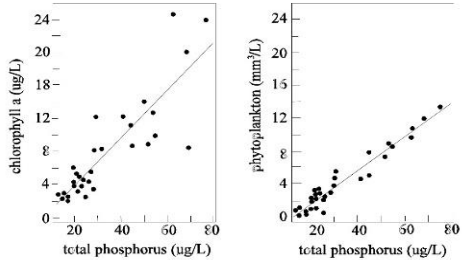
Encyclopédie de l'environnement

Charge en phosphore

Phosphore lac

Sédiments

Volume hypolimnion



Tiré de Lurling et al, 2018

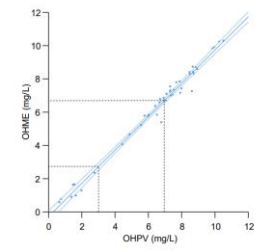
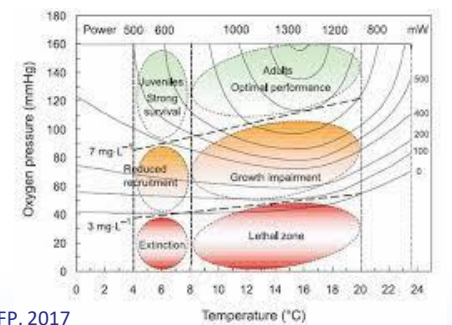
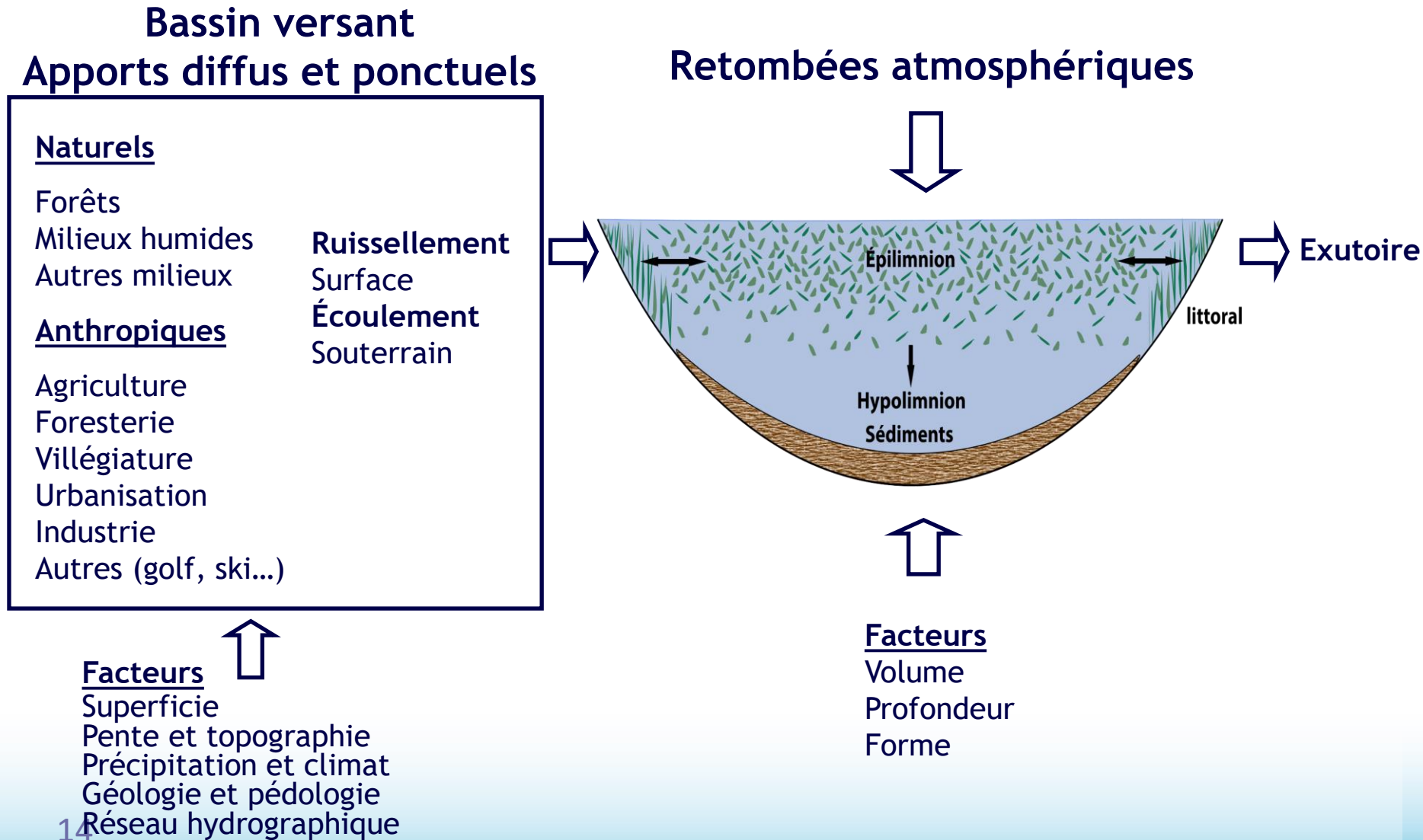


Figure 4. Relation entre la concentration d'OHPV et celle d'OHME.



MFFP, 2017

Modèle conceptuel de l'eutrophisation



Types de modèles retenus

15

- Modèles empiriques et modèles explicites semi-empiriques basés sur la [PT] dans la zone épilimnétique (couche supérieure d'eau zone centrale)
- Plus documentés, simple d'utilisation, exigent moins de données
- Représentent les lacs comme des **réacteurs homogènes** (sans dimension spatiale) à **flux constant** (processus simple) et à **l'état d'équilibre** avec les apports du bassin versant (stable dans le temps)
- Par contre la **représentativité**, la **justesse** et la **précision** sont plus incertaines et sont toujours à considérer

L'interprétation des résultats est aussi importante que le paramétrage des modèles
SAVOIR-FAIRE

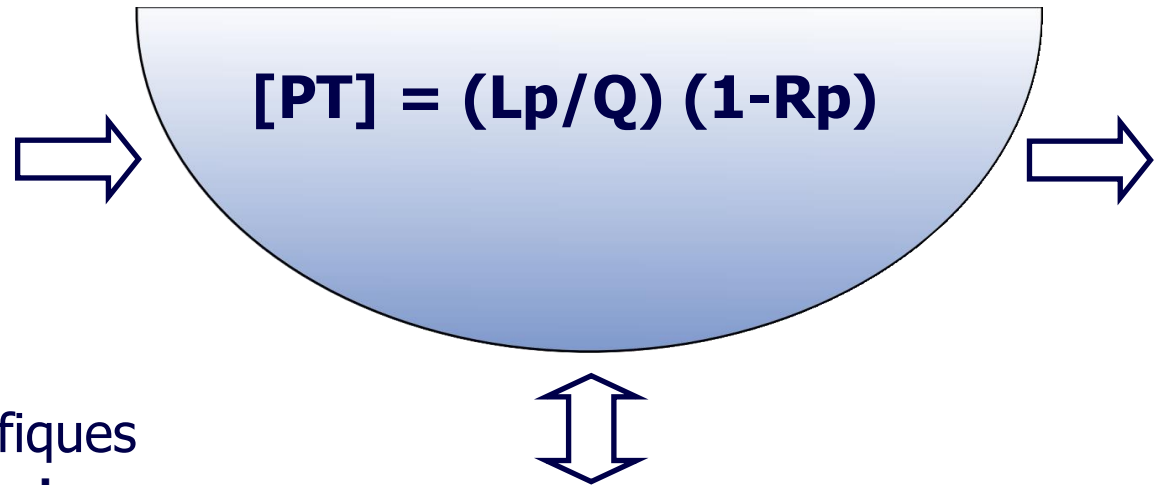
Modèle explicite semi-empirique



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

Q = Charge en eau

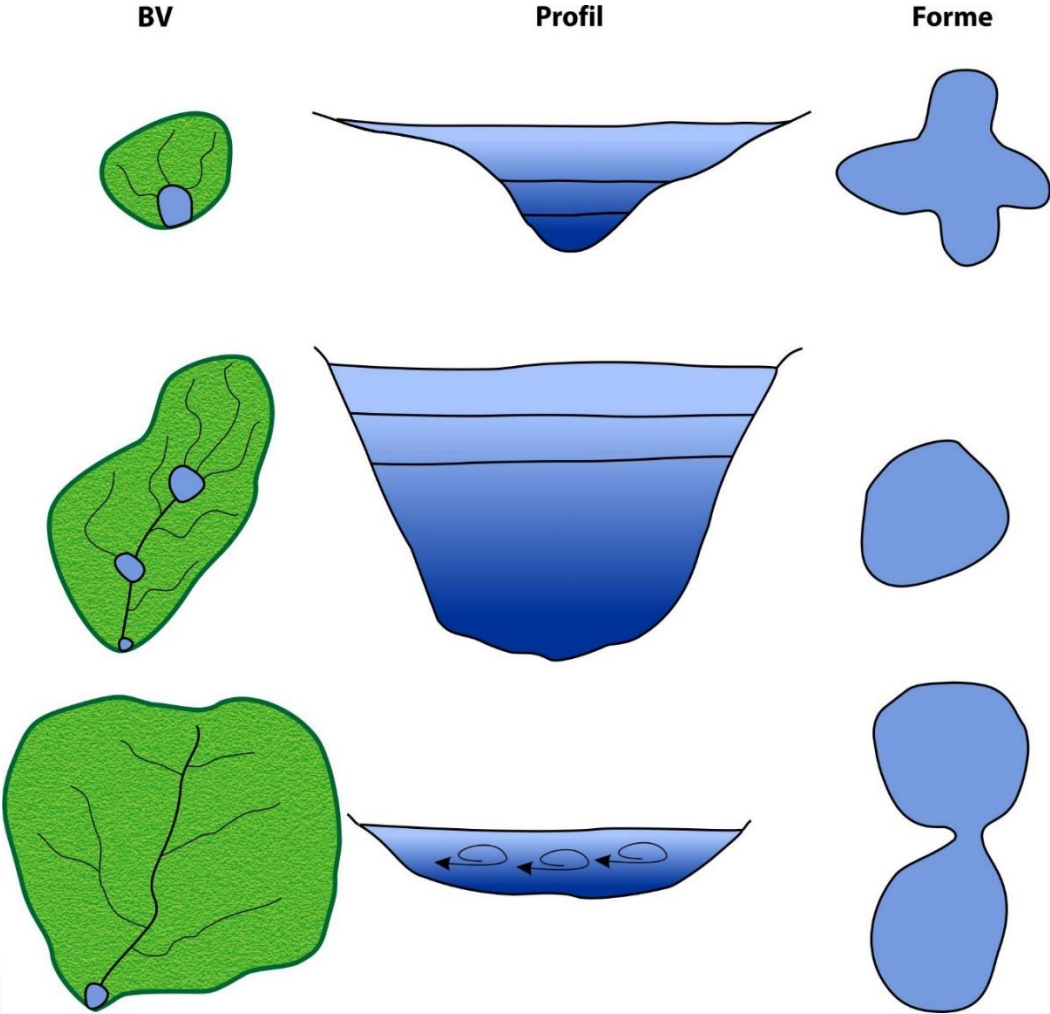
Lp = Charge en phosphore



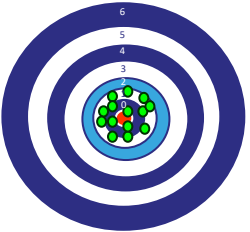
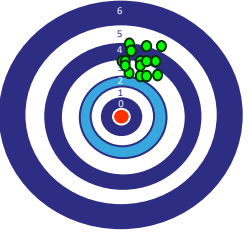
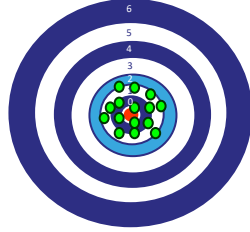
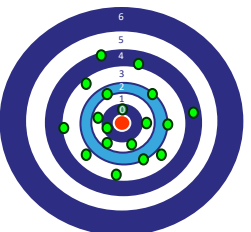

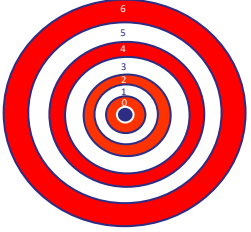
Rp = Coefficient de rétention lacustre
(basé sur modèle de rétention déterminés empiriquement ou bilan mesuré)

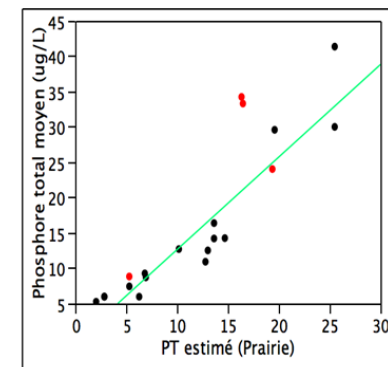
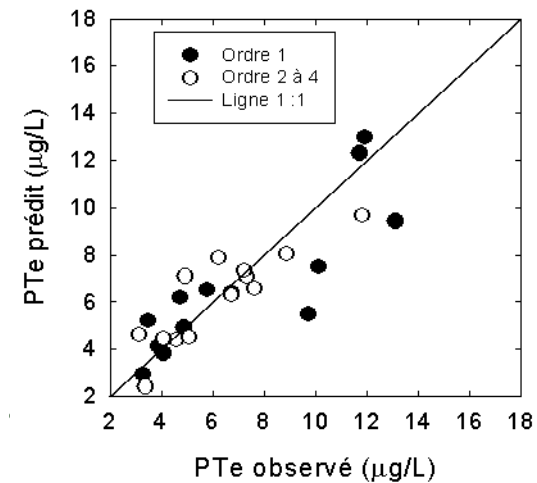
→ Somme des charges spécifiques
(coefficients d'exportation de la littérature ou déterminés empiriquement ou bilans mesurés)

L'eutrophisation : facteurs naturels

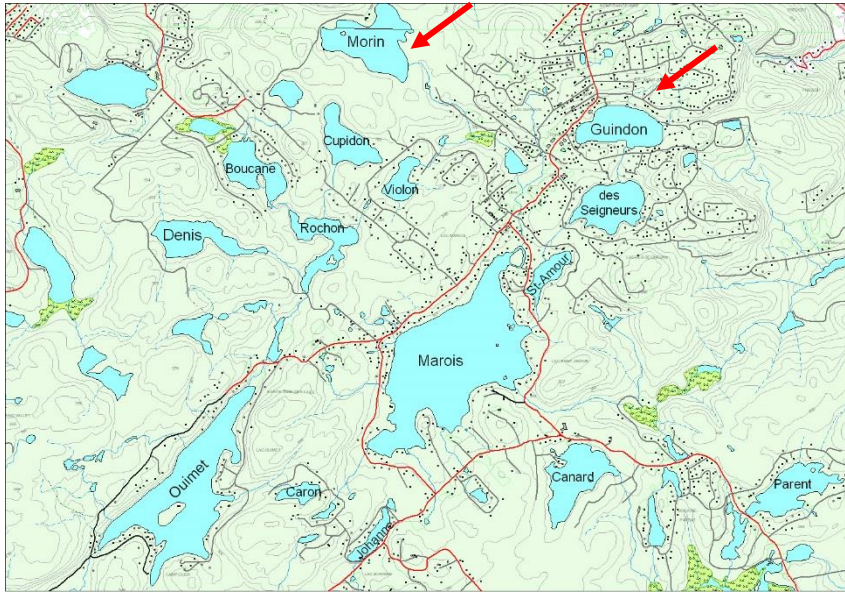


Limites à la modélisation

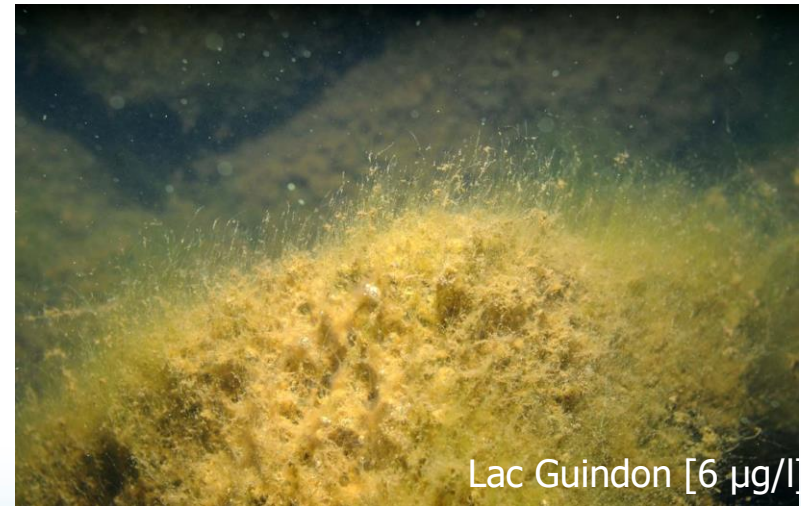
Justesse		
Précision		
Représentativité		



Limites à la modélisation : la représentativité



Lac Morin [6 µg/l]



Lac Guindon [6 µg/l]

Le suivi et la modélisation de [P] dans la zone limnétique ne rendent pas toujours compte de l'eutrophisation observée dans le littoral.

Source : R. Carignan

Défis opérationnels

20

Développement et validation des méthodes et des outils

- Processus progressif à long terme; expérimentation et savoir-faire
- Résultats non prévisibles; prudence, évaluation et rétroaction

Établissement d'objectifs de protection et de charges admissibles

- Établir des priorités
- Long processus par milieu; aspect scientifique et gestion
- Consultation et consensus social à établir
- Réalisme de l'objectif
- Mise en œuvre complexe et ressources disponibles

Moyens d'intervention

- Mesures à portée horizontale versus mesures adaptées
- Priorisation des interventions

Où nous en sommes



- L'application de la réglementation existante et de mesures de prévention demeure un outil d'intervention performant
- Utilisation de la modélisation comme outil de diagnostic et d'aide à la prise de décision
- Évaluation des options sur les méthodes de détermination des objectifs de protection et expérimentation
- Mise en œuvre très progressive, avec des cas types

Merci de votre attention