



**UQÀM** 

des Nations Unies • en Changements la science et la culture . à l'échelle du globe

Organisation • Chaire UNESCO pour l'éducation, · environnementaux Université du Québec à Montréal (Canada)

## Quelques réflexions sur les projets de restauration des lacs

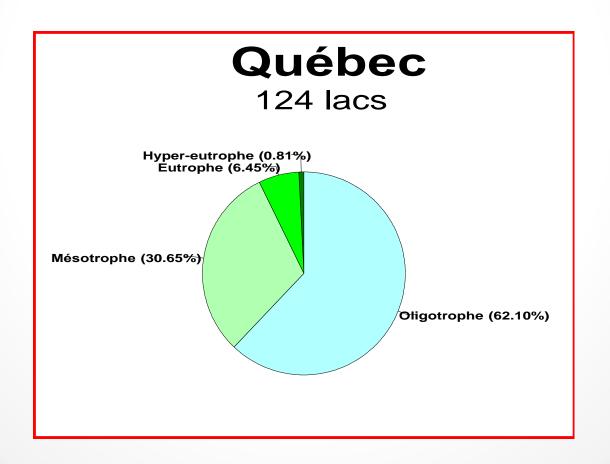
Yves Prairie UQÀM

## Qu'est-ce qu'on entend par « restauration »

- Remettre dans son état original?
  - o Quel était-il?
- Renverser/éliminer les dommages causés par un événement exceptionnel
  - o Déversement accidentel
- Récupérer un usage particulier perdu?
  - o Baignade, pêcherie,...
- Simplement améliorer la situation?
  - o Prévention des blooms de cyanobactéries potentiellement toxiques

### Eutrophisation

Sur-fertilisation par le phosphore





# Le « problème » de l'eutrophisation

Il faut simplement réduire les sources en phosphore au lac!



### Les projets de restauration

### C'était l'été 2007...



### 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

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 phosphore

- Fosses à sédiments
- Bassins de sédimentation
- Marais filtrant

Québec

14

### **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<sup>2</sup> d'île flottante

# Réduction des apports en phosphore

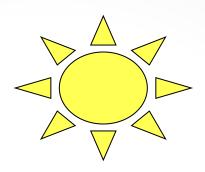
- Captation avant d'atteindre le lac
  - marais filtrants, fosses à sédimentation, réduction de l'érosion
- Captation dans le lac
  - Îlots flottants, lentilles d'eau
- Réduction de la charge interne
  - Recouvrement des sédiments
  - dragage des sédiments

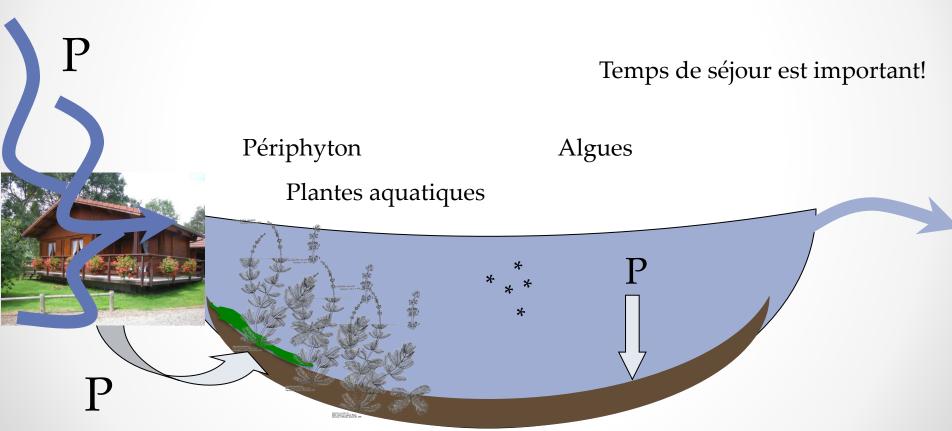
### Règle 3: Bien comprendre les sources de phosphore au lac avant d'entreprendre des actions!

## Bien identifier la source du problème

- Pollution diffuse et chronique
- Pollution ponctuelle et/ou circonscrite dans le temps

Circonstances naturelles





### Le cas du L. Brome



Superficie: 14 km<sup>2</sup>

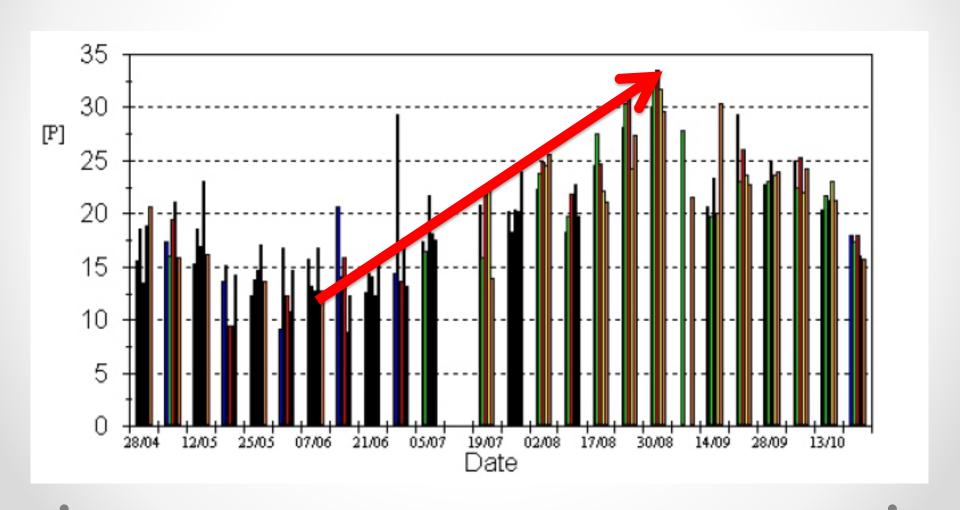
Prof. max.: 12 m

Prof. thermocline: 8m

>70% de sa surface dans l'épilimnion

Projet-pilote visant à réduire les apports externes de P

### L. Brome



### Le cas du L. Brome...

### Apports de phosphore

### Sources externes:

apports tributaires:
 apports atmosphériques
 fosses septiques:
 33 kg<sup>2</sup>

753 kg

### Sources internes:

relargage P (séd. prof.)
 relargage P (séd. peu prof)
 1382 kg³
 1629 kg³

APPORTS TOTAUX: 3764 kg

### Pertes

- Exutoire 398 kg - Changement de masse 0 kg<sup>4</sup> - Sédimentation (3366) kg<sup>5</sup>

## Règle 2: N'intervenir dans le lac qu'en dernier recours

Bien comprendre les processus écologiques impliqués!

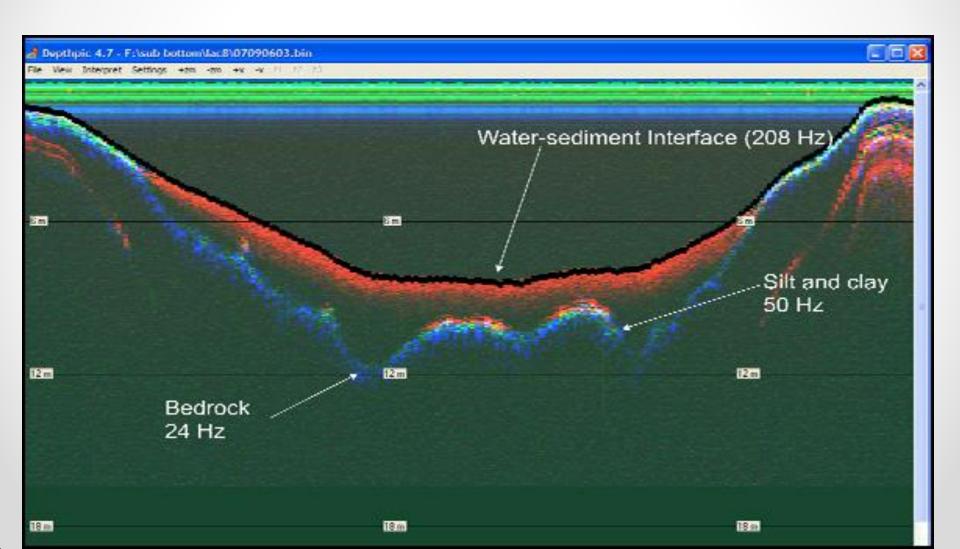
# Réduction des apports en phosphore

- Captation avant d'atteindre le lac
  - marais filtrants, fosses à sédimentation, réduction de l'érosion
- Captation dans le lac
  - Îlots flottants, lentilles d'eau
- Réduction de la charge interne
  - Recouvrement des sédiments
  - dragage des sédiments

## Sédimentologie lacustre

- Sédiments sont composés de particules fines provenant des organismes morts (algues, zooplancton), de matière organique dissoute qui se coagule, matière provenant du bassin versant par érosion
- Accumulation varie entre 0.2 et 2mm/an
- Haute teneur en matière organique (entre 20 et 60%)
- Très haute teneur en P (comparativement à l'eau)

### Sédimentation



## Les sédiments de tous les lacs sont très riches en phosphore

Table 1. Main chemical and physical characteristics of the sediments in the 10 selected lakes.

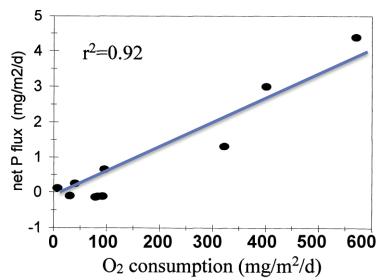
	Selby	Magog	Manitou	Maskinongé	Connelly	Croche	Dufresne	Écho	Bromont	Dupuis
LOI (%)	10.0±0.5	18.2±0.1	30.4±0.7	17.0±0.8	23.4±1.7	43.4±1.3	31.5±0.9	48.2±1.0	12.0±0.6	38.0±1.2
ETS act. (mg INT-F/g)	$1.4 \pm 0.3$	$4.0 \pm 1.0$	5.2±1.4	4.2±1.0	$5.1 \pm 0.4$	$8.2 \pm 0.3$	9.2±1.6	16.2±2.0	$1.3 \pm 0.3$	$5.5 \pm 1.6$
Total Fe (mg/g)	23.8±0.9	27.2±1.8	15.1±3.1	22.4±1.0	17.4±2.5	$6.7 \pm 0.6$	11.7±0.9	$9.8 \pm 1.7$	37.9±1.7	18.4±2.0
Reducible Fe (mg/g)	$7.9 \pm 1.0$	23.8±11.7	14.5±4.0	11.2±2.8	11.3±2.5	$4.4 \pm 0.7$	6.7±1.8	$5.8 \pm 3.2$	16.9±1.9	16.8±1.6
Ferrous Fe (mg/g)	0.21±0.06	0.33±0.07	0.37±0.09	0.33±0.08	0.20±0.07	0.19±0.02	0.15±0.05	0.28±0.19	0.28±0.08	0.45±0.11
Total P (mg/g)	$1.6 \pm 0.1$	$1.4 \pm 0.4$	2.9±0.2	$2.0\pm0.1$	2.3±0.2	$1.5 \pm 0.1$	$1.8 \pm 0.1$	$2.6 \pm 0.2$	$1.8 \pm 0.1$	$2.4 \pm 0.2$
Fe/P ratio	14.9	12.3	5.2	11.2	7.6	4.5	6.5	3.8	21.1	7.7
Organic-P (mg/g)	359±288	540±271	1136±844	185±43	292±189	1162±171	660±69	1683±528	232±166	1083±243
NH4C1-P (mg/g)	3±2	13±5	37±24	23±26	8±4	58±20	77±22	83±32	1±0.5	31±15
NaOH-P (mg/g)	676±48	631±54	1246±325	755±84	1211±322	330±113	724±83	384±251	1089±223	1186±564
HC1-P (mg/g)	330±96	307±102	453±113	622±99	294±74	166±32	233±78	125±30	673±188	162±56
Refractory-P (mg/g)	226±44	42±25	123±80	88±22	277±130	22±4	158±41	13±9	$345 \pm 62$	69±35
Sand (%)	57	22	33	39	45	39	27	45	40	41
Silt (%)	22	61	50	50	34	43	58	44	28	36
Clay (%)	21	17	17	11	21	18	15	11	32	23



# Relargage de P des sédiments

 Est-ce que c'est le relargage de P des sédiments qui cause l'eutrophisation?

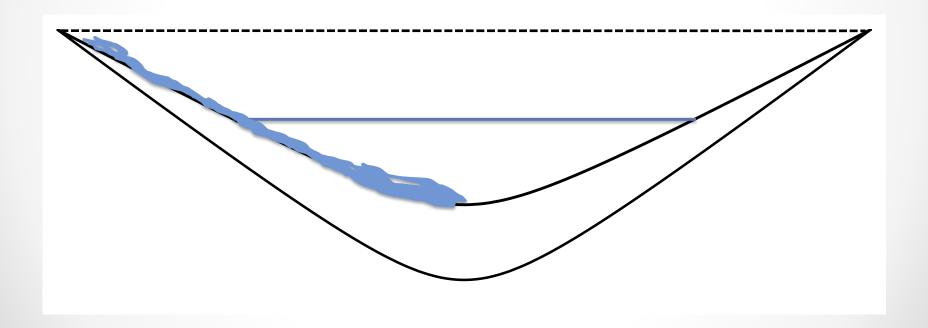
 Est-ce plutôt l'eutrophisation qui cause ce relargage?



### Que peut-on faire?

- Recouvrement des sédiments offensants
- Dragage des sédiments

### Recouvrement des sédiments par membrane ou autres matériaux



### Recouvrement?

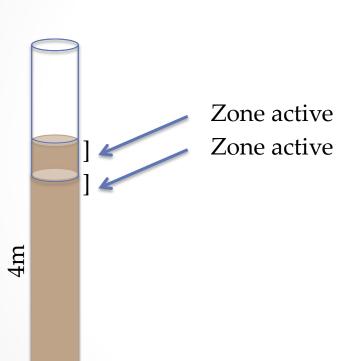
- La zone la plus active est généralement la zone la moins stable
- Changement de la potentiel redox qui contrôle largement les processus biogéochimiques
- Introduction de matériaux actifs est toujours périlleuse
  Ex. Lanthane (Phoslock)
- L'effet est généralement temporaire
- Zone (sédiments) littoral est une source importante de nourriture pour les poissons

## Dragage des sédiments



## Dragage des sédiments

· L. Waterloo





# Réduction des apports en phosphore

- Captation avant d'atteindre le lac
  - marais filtrants, fosses à sédimentation, réduction de l'érosion
- Captation de P dans le lac
  - Îlots flottants, lentilles d'eau
- Réduction de la charge interne
  - Recouvrement des sédiments
  - dragage des sédiments

## Ponction de P par des plantes (ex. îlots flottants, lentilles d'eau)

- Les algues sont les organismes photosynthétiques les plus adaptés à extirper le peu de phosphore qu'il y a dans l'eau
- La capacité des îlots flottants à en extirper diminue à mesure que les teneurs baissent, i.e. ces plantes deviennent elles-mêmes limitées par le phosphore
- Les résultats jusqu'à maintenant montrent que le potentiel d'une telle approche à grande échelle est limitée (succès des expériences-pilote mitigés)

### Règle 1: Agir le plus possible en amont du lac

# Réduction des apports en phosphore

- Captation avant d'atteindre le lac
  - marais filtrants, fosses à sédimentation, réduction de l'érosion
- Captation dans le lac
  - Îlots flottants, lentilles d'eau
- Réduction de la charge interne
  - Recouvrement des sédiments
  - dragage des sédiments

## Apports de phosphore et utilisation du territoire

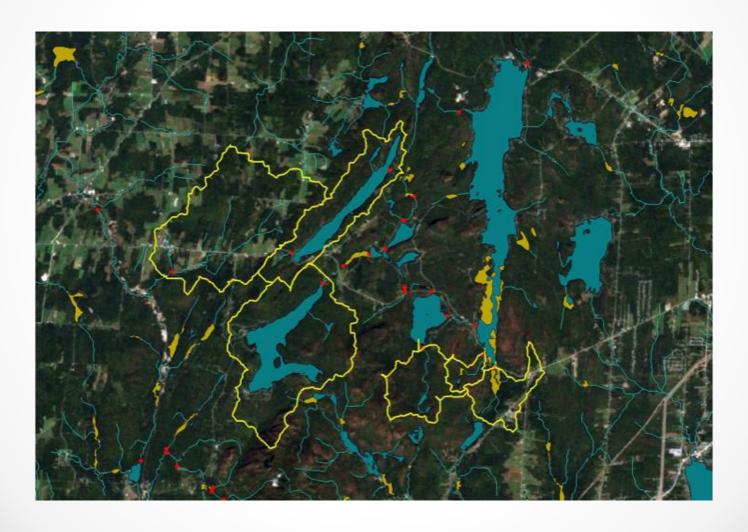
Exp. Pakg Pakm-2an-1)

Forêt

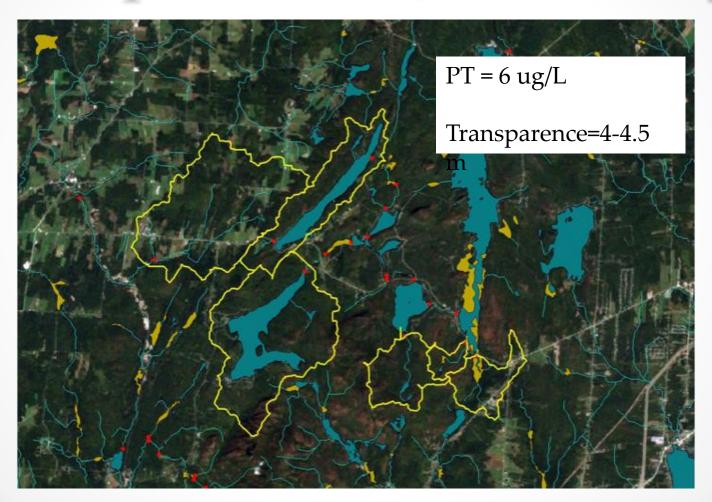
Friche/Pâturage 50

Agriculture 100-400

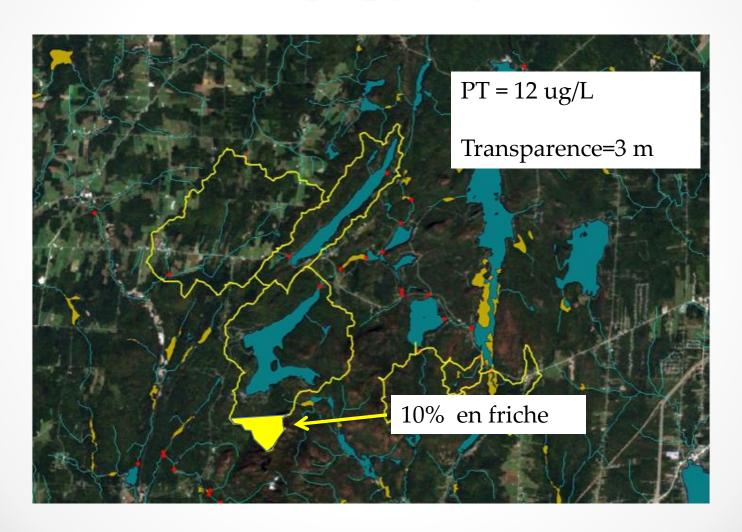
## Le lac et son bassin versant



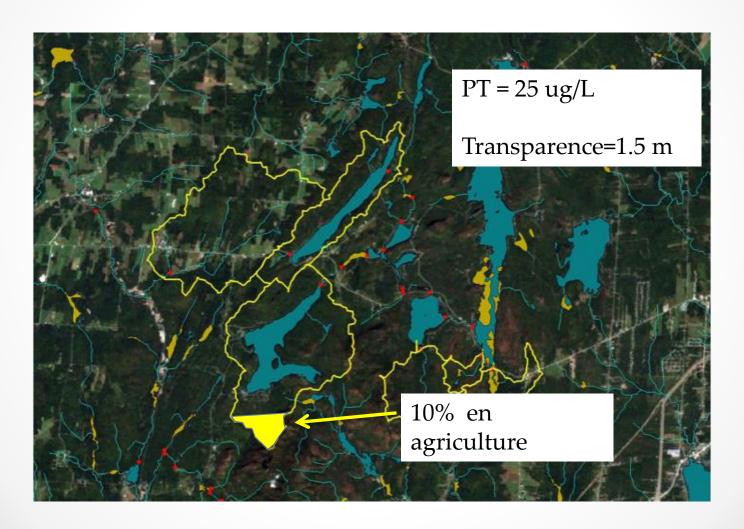
## Exemple fictif (L. Stukely)



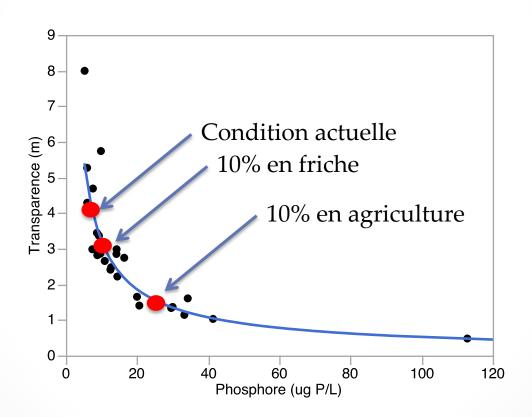
# Le lac et son bassin versant



# Le lac et son bassin versant



## Exemple (L. Stukely)



# L'incohérence de notre propos collectif

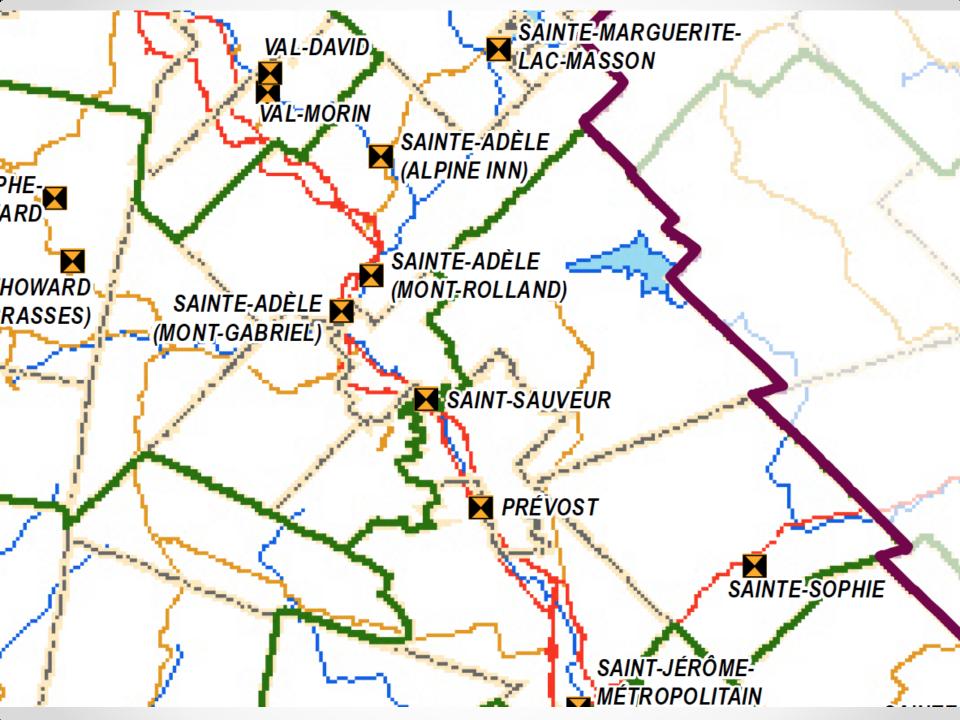
- Densité de population des petites localités
  - o 30-60 hab/km<sup>2</sup>
- Rejet en phosphore par habitant
  - o 0.8 kg P/an
- 24-48 kg P km<sup>-2</sup> an<sup>-1</sup>

Exp. Pakg Pakm-2an-1)

Forêt 5

Friche/Pâturage 50

Agriculture 100-400



### Conclusions

- Le problème de l'eutrophisation est scientifiquement simple mais les solutions comportent des enjeux qui débordent de la science
- Les actions directes au lac doivent être évaluées à la lumière d'une compréhension approfondie des mécanismes écologiques
- L'eutrophisation dans les milieux agricoles doivent faire l'objet d'une meilleure conciliation entre les impératifs agricoles et les usages des plans d'eau
- Cet arrimage aura nécessairement un coût pour la société