



MÉMOIRE DU GRIL SUR L'ÉTAT DES LAC ET RIVIÈRES DU QUÉBEC
EN REGARD DES CYANOBACTÉRIES

MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR LE
GROUPE DE RECHERCHE INTERUNIVERSITAIRE EN LIMNOLOGIE
ET EN ENVIRONNEMENT AQUATIQUE (GRIL)

DANS LE CADRE DE LA
COMMISSION SUR LA SITUATION DES LACS AU QUÉBEC
EN REGARD DES CYANOBACTÉRIES

2 NOVEMBRE 2009

GRIL – Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique

Ce regroupement stratégique (subventionné par le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies) réunit 28 professeurs-chercheurs et une centaine d'étudiants chercheurs de cinq universités québécoises : Université du Québec à Montréal, Université de Montréal, Université du Québec à Trois-Rivières, Université McGill et l'Institut national de la recherche scientifique (Centre Eau, Terre et Environnement). Les membres du GRIL ont tous à cœur une meilleure compréhension de nos environnements aquatiques.

Le comité cyanobactérie du GRIL :

Beatrix Beisner	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
David Bird	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Stéphane Campeau	Section de géographie, Université du Québec à Trois-Rivières
Richard Carignan	Département de sciences biologiques, Université de Montréal
Antonella Cattaneo	Département de sciences biologiques, Université de Montréal
Paul del Giorgio	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Isabelle Laurion	Institut national de la recherche scientifique - Centre Eau, Terre et Environnement
Roxane Maranger	Département de sciences biologiques, Université de Montréal
Dolors Planas	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Yves Prairie	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal

Ce mémoire a été produit par Sonya Lévesque, l'agente de liaison du GRIL, en étroite collaboration avec les professeurs David Bird, Stéphane Campeau, Richard Carignan, Yves Prairie et Dolors Planas. Le document a été approuvé par l'ensemble du comité cyanobactéries du GRIL, sauf par la professeur Isabelle Laurion qui a exceptionnellement soumis un mémoire à la commission avec l'Institut national de la recherche scientifique.

Renseignements:

Sonya Lévesque, M. Sc., agente de liaison scientifique du GRIL
En remplacement de Marie-Andrée Fallu, Ph.D., pour l'année 2009
Téléphone : 819-376-5011 poste 3671
Cellulaire : 514-608-9063
marie-andree.fallu@uqtr.ca
www.gril-limnologie.ca

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION.....	1
LA GOUVERNANCE	1
L'EFFICACITÉ DES INTERVENTIONS	2
LA CONNAISSANCE ET LA DIFFUSION DE L'INFORMATION	3
Autres pistes de recherche nécessitant du financement	3
<i>Les signes précurseurs d'enrichissement des lacs</i>	3
<i>La rétention du phosphore à la source</i>	4
L'efficacité des projets pilotes	4
LES INSTALLATIONS SEPTIQUES	4
L'IMPORTANCE DES REJETS AGRICOLES ET L'UTILISATION DE FERTILISANTS.	5
La contribution de l'érosion des sols.....	5
Le mode de distribution des permis de production	6
L'expansion de la culture du maïs.....	6
Des suggestions de nouvelles mesures.....	7
L'utilisation d'engrais domestiques à proximité des plans d'eau	7
GESTION DES RIVES, DU LITTORAL ET DES PLAINES INONDABLES	8
Application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables	8
La nécessité de la gestion par bassins versants	9
AUTRES PISTES DE RÉFLEXION	10
La réduction du ruissellement	10
CONCLUSION	11
RÉFÉRENCES.....	12

RÉSUMÉ

La présente commission tente de bien comprendre la situation québécoise en regard des cyanobactéries et cherche à évaluer l'efficacité du plan d'intervention sur les algues bleu-vert. Or, la récente « prolifération » des cyanobactéries dans certains lacs et cours d'eau constitue un symptôme d'une réalité plus ancienne et plus vaste : l'eutrophisation. La réduction des épisodes de floraisons massives de cyanobactéries réside dans l'arrêt de l'enrichissement en nutriments des cours d'eau. Les solutions sont simples : limiter l'utilisation du phosphore sous toutes ses formes, limiter le ruissellement et limiter l'érosion. Or, appliquer ces solutions s'avère beaucoup plus complexe car il faut changer des habitudes, des modes de vie et des façons de faire.

Pour faire une réelle différence, il faut adopter une vision à long terme et une attitude constructive. Il s'avère essentiel d'identifier sans marginaliser les secteurs-clés, comme l'agriculture, et de se donner des moyens financiers suffisants pour implanter les solutions réduisant le phosphore à la source.

INTRODUCTION

L'état des lacs et rivières du Québec ainsi que du fleuve Saint-Laurent est une préoccupation de longue date pour le GRIL. Le groupe en est à sa 20^e année d'existence, années passées à étudier les écosystèmes aquatiques québécois, mais aussi canadiens et internationaux. Les chercheurs du GRIL sont fréquemment appelés à participer à des réunions d'information ainsi qu'à siéger comme experts au sein de comités d'évaluation. En 2006, le GRIL s'est doté d'une agente de liaison scientifique dont le mandat est de faire connaître les expertises des membres du GRIL en matière environnementale, de promouvoir la valorisation, le transfert et la diffusion des connaissances sous toutes ses formes et de développer des relations avec les agences gouvernementales, l'industrie, les consultants, les associations de lacs, les organismes de bassin versant et les conseils régionaux de l'environnement, en plus de coordonner les demandes des médias et du public. Conséquemment, le GRIL est impliqué dans les questions de l'eau au Québec, la crise des cyanobactéries en étant un très bon exemple. À cet égard, le GRIL a produit deux documents d'information : « Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL - avril 2008 » et « Calcul de la capacité de support en phosphore des lacs : où en sommes-nous? » qui sont disponibles sur son site Internet. Ces deux documents accompagnent le mémoire soumis à la commission.

Les grands axes de réflexion de la commission, soit la **gouvernance**, l'**efficacité des interventions**, la **connaissance et la diffusion de l'information**, les **installations septiques**, l'**importance des rejets agricoles et des fertilisants**, ainsi que la **gestion des rives, du littoral et des plaines inondables**, seront abordés dans les pages qui suivent. À la suite de ces axes seront aussi abordées les questions relatives au **ruissellement**, couvrant des thématiques allant des infrastructures municipales aux modes d'exploitation de la forêt.

LA GOUVERNANCE

Le GRIL est heureux de l'intérêt et de la mobilisation que les questions de l'eau suscitent dans la population ainsi que dans les instances gouvernementales. Nous tenons à rappeler que les floraisons d'algues bleu-vert ne sont qu'un symptôme de l'enrichissement en nutriments que l'on impose à nos cours d'eau. L'eutrophisation est au cœur du problème. Les diverses sphères des activités humaines y contribuent, certaines plus que d'autres. Les mesures gouvernementales devraient en tenir compte.

Par exemple, alors que les problèmes réels de cyanobactéries ont des causes universelles généralement liées aux pratiques agricoles non durables, le Plan d'intervention sur les algues bleu-vert 2007-2017 du Gouvernement du Québec prévoit augmenter de 1 M\$ les subventions ciblées aux 43 organismes de bassins versants (OBV) et 16 conseils régionaux de l'environnement (CRE) dont la majorité des territoires ne connaissent aucun problème d'agriculture non durable. Nous doutons de l'efficacité d'un tel saupoudrage (selon le nombre de lacs « touchés », environ 15 000\$ par organisme); et nous proposons plutôt que ces investissements soient concentrés au niveau des regroupements provinciaux, c'est-à-dire le Regroupement des organisations de bassin versant du Québec (ROBVQ) et le Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement du Québec (RNCREQ).

À retenir :

- Les floraisons d'algues bleu-vert ne sont qu'une facette d'un problème plus large, l'eutrophisation (ou enrichissement des plans d'eau).
- Il faut reconnaître que l'agriculture joue un rôle majeur dans la dégradation de la qualité de l'eau.
- Le morcellement d'une enveloppe modeste pour une question complexe n'est pas une solution efficace.

L'EFFICACITÉ DES INTERVENTIONS

La situation dans laquelle se retrouvent certains lacs québécois est le fruit de dizaines d'années d'accumulation et de surfertilisation de phosphore. Lorsque le lac n'arrive plus à retenir le phosphore dans ses sédiments (car il y a toujours plus d'apports de phosphore, mais les sédiments conservent la même capacité de rétention), il y a une surcharge qui se traduit par une augmentation de la concentration du phosphore dans l'eau. Or quand on retrouve plus d'éléments nutritifs dans le milieu, du phosphore dans le cas présent, il y a accroissement de la productivité biologique et de l'activité des décomposeurs. La consommation de l'oxygène disponible dans l'eau s'accroît ce qui peut mener des eaux normalement oxygénées à l'année à vivre des périodes d'anoxie. Certains micro-organismes vivent très bien sans oxygène et, par leur activité, remettent en circulation le phosphore accumulé dans les sédiments. Une fois cette spirale amorcée, un lac dont toutes les sources de phosphore seraient contrôlées, pourrait continuer de s'auto-suffire en phosphore pendant des années. Dans ces conditions, les courants internes produits par les vents forts ou les orages peuvent injecter du phosphore dans les couches de surface du lac et occasionner des floraisons de cyanobactéries. Un phénomène similaire a lieu lors du brassage automnal des eaux. Le phosphore nouvellement libéré devient accessible non seulement à la strate profonde, mais à tout le lac.

Une telle chaîne d'évènements permet de mettre en évidence la complexité des processus ayant cours dans un lac et, du même coup, montre à quel point il n'y a pas de règle absolue pour tous les lacs. Le temps que prendra un lac à se remettre d'un excès prolongé d'éléments nutritifs pourra dépendre de la rapidité avec laquelle les sources de nutriments ont été éliminées, du temps de séjour de l'eau, de la charge interne de phosphore, de ses caractéristiques limnologiques (profondeur moyenne, stratification, par exemple), etc. De plus, il faut garder en tête que la rémission d'un lac ne veut pas nécessairement dire retour à l'état initial, mais plutôt stabilisation de l'état ou retour à la santé du lac. Ce constat met d'autant plus l'accent sur l'importance de la prévention.

En milieu agricole, de nombreux projets de restauration de cours d'eau sont en cours depuis 2006, dont le Programme de mise en valeur de la biodiversité des cours d'eau en milieu agricole (2006-2010) et le Plan d'amélioration de la qualité de l'eau en milieu agricole (2008-2018), ce dernier faisant partie du Plan d'intervention sur les algues bleu-vert. Au total, ce sont des millions de dollars qui ont été et qui seront investis dans plus d'une soixantaine de petits bassins agricoles. Des chercheurs du GRIL sont impliqués dans le suivi à long terme de ces bassins afin d'évaluer l'efficacité des pratiques agroenvironnementales et des aménagements hydro-agricoles. Dans les bassins suivis depuis 2002, des résultats préliminaires suggèrent que l'augmentation des superficies occupées par les grandes cultures

observée au cours des dernières années (maïs, soya) et l'intensification de ces cultures (diminution des rotations) vont contrecarrer les gains environnementaux que peuvent procurer les pratiques de gestion bénéfiques et les aménagements hydro-agricoles. Les concentrations en phosphore dans les cours d'eau agricoles sont souvent supérieures d'un ordre de grandeur par rapport aux critères de qualité de l'eau proposés par le MDDEP pour éviter la croissance excessive des algues et des plantes aquatiques. Ainsi, bien que ce critère propose de ne pas dépasser une concentration en phosphore total de 0,03 mg/L (0,02 pour les cours d'eau se jetant dans des lacs), il n'est pas rare de mesurer des concentrations supérieures à 0,100 mg/L dans les cours d'eau en milieu agricole. Les programmes mis en place en milieu agricole doivent être maintenus et encouragés, mais il faut être conscient qu'il faudra probablement des mesures beaucoup plus énergiques, incluant une réduction importante des activités agricoles dans les zones en pente et leur cessation en périphérie de tous les cours d'eau, avant de pouvoir mesurer une réduction importante des concentrations en phosphore dans ces cours d'eau.

Ainsi, s'il existe un échéancier réaliste, il se compte probablement en décennies.

À retenir :

La situation présente est le point culminant d'une situation qui perdure depuis des années ; le retour à la santé des lacs et des cours d'eau se fera sur une perspective à long terme.

LA CONNAISSANCE ET LA DIFFUSION DE L'INFORMATION

Le gouvernement a clairement indiqué son intérêt pour la recherche sur les algues bleu-vert (Programme de recherche en partenariat sur les cyanobactéries) et sur les technologies visant à restaurer des lacs en eutrophisation avancée (MDEIE). Les chercheurs du GRIL s'intéressent aux facteurs modulant la fréquence, l'ampleur et la toxicité des floraisons de cyanobactéries, aux mécanismes qui y sont liés, ainsi qu'au développement des solutions de dépistage rapide (Axe 1 – Variabilité spatiale et temporelle des cyanobactéries et des cyanotoxines dans des plans d'eau et Axe 5 – Apports en nutriments et capacité de support du Programme de recherche en partenariat sur les cyanobactéries). L'accent est mis à la fois sur le comment et le pourquoi des floraisons afin de pouvoir isoler les variables favorables à la multiplication des cyanobactéries ainsi que sur des applications permettant de cerner où et quand ces floraisons sont susceptibles de surgir, sur l'ampleur et la toxicité des floraisons.

Autres pistes de recherche nécessitant du financement

Les signes précurseurs d'enrichissement des lacs

Nous remarquons que plusieurs fleurs d'eau d'étendue restreinte ont été et sont encore rapportées par le MDDEP dans des lacs vierges ou très peu influencés par l'homme et classés dans les catégories oligotrophe et ultraoligotrophe selon leurs teneurs en phosphore. Cette façon de procéder brouille les pistes et alarme inutilement les citoyens. Il est impératif que le MDDEP raffine sa définition de lac « touché » par les cyanobactéries de façon à faire la différence entre les manifestations localisées et normales survenant dans les lacs oligotrophes, et les cas plus sérieux où l'ensemble du plan d'eau montre des concentrations préoccupantes. En grande majorité, les fleurs d'eau alarmantes surviennent dans des plans d'eau affectés par l'agriculture non durable ou encore dans des petits étangs non stratifiés et souvent artificiels.

Cependant, ceci ne veut pas dire que le développement excessif de la villégiature n'a aucun effet sur les lacs ; par exemple, en présence de sources diffuses de phosphore, nous observons systématiquement une surabondance de la végétation aquatique submergée et des communautés périphytiques associées là où la densité d'habitations est élevée. Ces manifestations de l'eutrophisation autres que la présumée prolifération des cyanobactéries dans les lacs de villégiature mériteraient une attention accrue.

La rétention du phosphore à la source

Les chercheurs du GRIL sont fermement convaincus que la lutte à l'eutrophisation (et aux cyanobactéries) devrait d'abord se jouer dans le bassin versant des lacs et des rivières : limiter le phosphore à sa source, c'est-à-dire avant même qu'il atteigne l'eau, est une part importante de la solution. Un effort serait important à cette étape cruciale que ce soit, par exemple, dans l'élaboration de techniques permettant une réduction du phosphore étendu dans les champs et son interception par de véritables bandes riveraines agroforestières, et par le développement d'une technologie de captation du phosphore domestique (à condition de pouvoir gérer les résidus adéquatement par la suite). Idéalement, la concentration en phosphore des lacs devrait rester la même, peu importe les interventions humaines dans le bassin versant. On néglige trop souvent l'apport en phosphore provenant du développement des activités de loisir et résidentiel. Par exemple, le déboisement d'une future piste de ski, tout comme le chantier de construction d'une maison, contribuent aux apports de particules de phosphore dans les cours d'eau. En contribuant à dénuder le sol, ces activités favorisent l'érosion et la mise en circulation du phosphore. Enfin, certaines méthodes et technologies permettant de limiter les apports en phosphore et de réduire l'érosion des sols existent déjà, seulement elles doivent être accessibles et connues de ses utilisateurs potentiels.

L'efficacité des projets pilotes

Nous croyons que la majorité des projets-pilotes devrait viser la réduction à la source de l'érosion et du phosphore. Ces projets devraient donc cibler particulièrement la recherche en agroforesterie et en agriculture durable. Certains des projets-pilotes subventionnés en 2008 par le Plan cyanobactéries nous apparaissent très mal justifiés, particulièrement ceux impliquant les îlots flottants et les marais filtrants qui sont efficaces pour réduire certaines formes de l'azote disponible, mais qui interceptent très peu de phosphore. Seulement dans certains cas exceptionnels devrait-on raffiner les techniques d'immobilisation *in situ* du phosphore par flocculation chimique.

À retenir :

En plus des algues bleu-vert en elles-mêmes, nous identifions deux autres pistes de recherche :

- les indicateurs précoces de l'enrichissement en nutriments ;
- les technologies de rétention du phosphore à la source.

LES INSTALLATIONS SEPTIQUES

Nous rappelons que les installations septiques conformes à la réglementation (Q-2, r.8) ont été conçues pour éliminer les microorganismes pathogènes d'origine humaine, et non pas pour

retenir le phosphore des effluents domestiques. Les installations septiques inadéquates, désuètes, colmatées ou non conformes contribuent sans doute aux apports de phosphore vers les cours d'eau et les lacs. Une installation septique conforme libère normalement une certaine quantité de phosphore (de l'ordre de 1-2 g/habitant/jour) qui, selon les propriétés locales du sol, pourra être mobilisée vers les eaux de surface. Il y aurait donc lieu d'encourager la recherche et le développement visant à augmenter la capacité de rétention du phosphore des installations septiques. La géologie des sols aura également son rôle à jouer ainsi que, potentiellement, la saisonnalité des habitations. Il est à noter qu'il y a une étroite corrélation entre l'augmentation des habitations par région administrative, dans les dernières deux décennies, et le nombre de lacs par région qui figurent sur la liste des lacs touchés par les algues bleu-vert (MDDEP, 2009).

L'utilisation de phosphore dans la maison influence aussi la quantité de phosphore provenant des fosses septiques. Actuellement, le phosphore « domestique » contribuerait considérablement aux apports de phosphore vers les lacs, représentant de 5 à 20% de la portion du phosphore provenant des habitations. Depuis les années 1970, une réglementation limite la concentration de phosphore dans les détergents à lessive à 2,2% du poids en savon. Par contre, les détergents à lave-vaisselle ne font l'objet d'aucune loi; à cet effet, une nouvelle loi devrait entrer en vigueur dès le 1^{er} juillet 2010 et le phosphore ne pourra pas dépasser 0,5% du poids en savon [Règlement modifiant le Règlement sur la concentration en phosphore, Gouvernement du Canada (2009) et Projet de règlement sur l'interdiction de vente des détergents à vaisselle contenant 0,5 % ou plus de phosphore, Gouvernement du Québec (2007)].

À retenir :

- Augmenter la capacité de rétention du phosphore par les installations septiques ;
- S'assurer de la conformité des installations septiques ;
- Même lorsque conformes, les installations septiques libèrent une certaine quantité de phosphore. Afin de réduire au minimum cette quantité, il faut réduire l'utilisation de phosphore dans les habitations.

L'IMPORTANCE DES REJETS AGRICOLES ET L'UTILISATION DE FERTILISANTS

Des pas significatifs ont été réalisés en agriculture ces dernières années, que ce soit dans le cadre de plans d'action comme Prime-Vert ou le Plan d'accompagnement en agroenvironnement (PAA). Toutes ces mesures sont positives pour les cours d'eau agricoles mais ce n'est pas suffisant. En fait, les normes actuelles se basent sur la capacité de support des sols et ne tiennent pas compte des limites reliées à la capacité de support des écosystèmes aquatiques récepteurs. Ce constat s'articule en trois arguments : la contribution de l'érosion des sols, le mode de distribution des permis de production et l'expansion de la culture du maïs.

La contribution de l'érosion des sols

Le plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) est un outil qui permet de déterminer, pour chaque parcelle de sol, la culture pratiquée et la limitation de l'épandage des matières fertilisantes. Les quantités maximales de fertilisant d'origine animale ou chimique pouvant

être épandues sont fonction du type de cultures, du rendement de la culture, de la richesse du sol et du taux de saturation en phosphore de la parcelle considérée. Or, ces limites calculées tiennent peu compte de l'érosion des sols. Les doses fertilisantes peuvent très bien être en équilibre dans un bassin, c'est-à-dire que la quantité maximale d'engrais organique et minéral appliquée équivaut aux besoins des cultures, mais s'il y a une érosion importante des sols, il y aura une exportation importante de phosphore vers les écosystèmes aquatiques. Par exemple, dans le bassin versant de la rivière Boyer, la capacité de support fut estimée par le MDDEP (2005) à 4 t/an de phosphore seulement, alors que la charge estimée est de 22,9 t/an. Il est impératif que le bilan de phosphore de chacune des fermes d'un bassin versant respecte la capacité de support des écosystèmes récepteurs, et non seulement la capacité de support des sols.

Le mode de distribution des permis de production

Les permis municipaux et les certificats d'autorisation du MDDEP octroyés pour les productions animales au niveau local ou régional devraient être revus afin de tenir compte davantage de la capacité de support des écosystèmes aquatiques récepteurs. Dans tous les cas, les effets cumulés de l'ensemble des charges en nutriments d'un bassin versant devraient être pris en compte. Selon une étude réalisée par le MDDEP en 2005, 83% des cours d'eau agricoles (>20% du territoire consacré à l'agriculture) auraient déjà dépassé le critère d'eutrophisation. De plus, selon les calculs réalisés par le MDDEP, on devrait tendre à ne pas consacrer plus de 5% de la superficie totale d'un bassin versant aux cultures à grands et étroits interlignes (ex. : maïs, céréales). Il sera difficile de parvenir à un contrôle de la croissance des cyanobactéries dans les bassins versants agricoles si l'aménagement du territoire, notamment en ce qui concerne les productions animales et les cultures à interligne, ne tient pas compte des limites reliées à la capacité de support des écosystèmes aquatiques.

L'expansion de la culture du maïs

Il existe un lien entre la production porcine, la culture du maïs, les labours d'automne et l'eutrophisation des cours d'eau. Or, la production porcine a augmenté de 24% de 1996 à 2001. Parallèlement, les superficies allouées aux grandes cultures, notamment le maïs, ont connu une forte augmentation au cours des dernières décennies. Selon le recensement agroenvironnemental des entreprises porcines du Québec (GREPA, 1998), 60% des entreprises de production porcine doivent avoir recours à des ententes d'épandage, étant donné leur manque de sol. La grande quantité de lisier et de fumier fait en sorte qu'au Québec, en 1998, on observait un excédent de phosphore de 70% par rapport aux besoins des cultures. Ainsi, 425 municipalités avaient atteint ou dépassé l'équilibre entre les apports de phosphore par le fumier et le lisier et les prélèvements des plantes. Un bilan effectué dans neuf bassins jugés fortement agricoles a révélé que l'agriculture contribuait pour 70% à 90% des flux d'azote total et pour 60% à 85% des flux de phosphore total en 1995 (Gangbazo et Babin, 2000). La culture du maïs est la culture la plus dommageable pour les cours d'eau. Il s'agit d'une culture à grands interlignes qui favorise l'érosion des sols. De plus, cette culture nécessite des apports importants en phosphore (souvent sous forme de lisier) et en herbicides. Les normes permettent d'épandre de plus grandes quantités de lisier sur les parcelles en maïs. Or s'il est vrai que cette culture a des besoins plus élevés en phosphore, c'est également la culture qui exporte le plus de phosphore vers les cours d'eau étant donné l'érosion des sols qui y est souvent associée. À l'échelle du Québec, les superficies occupées par le maïs

représentaient 26% des superficies en culture en 2001, et cette part est toujours en croissance (Institut de la statistique du Québec, 2004). Enfin, étant donné que la topographie est généralement en pente à proximité des cours d'eau et des lacs, ce qui favorise l'érosion, il serait avisé d'y interdire la combinaison maïs-labours-lisier.

Des suggestions de nouvelles mesures

Les nouvelles mesures que nous suggérons visent à pallier directement aux raisons pour lesquelles les normes actuelles ne sont pas adaptées à la préservation des plans d'eau. Premièrement, les PAEF devraient obligatoirement prendre en compte la capacité de support des cours d'eau et des écosystèmes récepteurs. De plus, ils devraient tenir compte du lessivage et de l'érosion des sols. Ces derniers apportent une quantité considérable de phosphore vers les écosystèmes aquatiques. Les doses de fertilisants permises ne devraient en aucun cas provoquer l'eutrophisation. Étant donné l'excédent de matières fertilisantes observé dans de nombreux bassins versants, il faudra éventuellement revoir le volume de production animale ou exiger que les lisiers soient traités au lieu d'être utilisés comme matières fertilisantes. Deuxièmement, un effort important sera nécessaire afin de réduire l'érosion des sols en adoptant des pratiques agricoles favorisant la conservation des sols et de l'eau, notamment dans les parcelles cultivées en pente qui contribuent pour une part importante aux apports en phosphore (en particulier dans le cas du maïs et du soya).

L'utilisation d'engrais domestiques à proximité des plans d'eau

Par définition, les engrais ou fertilisants contiennent du phosphore ou autres éléments nutritifs, que l'on parle de lisier, fumier, compost ou engrais commerciaux, même s'ils portent la mention « bio », « éco » ou « vert ». Faire usage d'engrais à des fins domestiques (ex. : pelouse, fleurs et potagers) à proximité d'un plan d'eau revient à lui fournir du phosphore, surtout lorsque ceux-ci sont utilisés près de la rive et/ou en l'absence de bande riveraine. Si l'épandage se fait sur la pelouse et que la pelouse s'étend jusqu'au lac, une portion considérable de ce phosphore pourra être directement lessivée dans le lac durant les fortes pluies. Conséquemment, l'application d'engrais domestiques et agricoles à proximité des lacs et de leurs tributaires devrait être réduite ou interdite, terrains de golf inclus.

Les pratiques agricoles constituent un élément-clé de l'enrichissement des cours d'eau. Tel que mentionné précédemment, les pratiques agricoles les plus dommageables pour les eaux de surface sont l'épandage de lisier, les labours d'automne et les cultures à grands interlignes. Essentiellement, ces trois pratiques favorisent le ruissellement du phosphore vers les cours d'eau et l'érosion des sols. Des méthodes alternatives comme l'injection de fumier en post levée, l'utilisation de cultures de couverture, le semis-direct et la rotation des cultures permettent de limiter la fuite du phosphore vers les cours d'eau et de redynamiser les sols (Thibodeau, 2009).

À retenir :

- Les normes doivent tenir compte de la capacité de support des écosystèmes aquatiques récepteurs.
- Il faut adopter des méthodes de culture limitant l'érosion :
 - les cultures à grands et étroits interlignes ne devraient pas couvrir plus de 5% de la superficie totale d'un bassin versant;

- favoriser l'injection de fumier en post levée plutôt que l'épandage de lisier à l'automne;
 - favoriser les cultures de couverture et le travail réduit du sol aux labours d'automne ;
 - les parcelles cultivées en pente sont particulièrement sensibles à l'érosion, elles doivent faire l'objet de mesures particulières.
- L'engrais (d'utilisation domestique ou agricole) est constitué de nutriments (phosphore et azote). Il peut facilement être lessivé vers le plan d'eau le plus près et contribuer à son enrichissement.

GESTION DES RIVES, DU LITTORAL ET DES PLAINES INONDABLES

L'intégration de la gestion des rives, du littoral et des plaines inondables dans les schémas d'aménagement ne peut à elle seule résoudre le problème des algues bleu-vert, mais elle contribue grandement à l'amélioration de la qualité de l'eau des plans d'eau. Une rive couverte de végétation fait office de filtre pour l'eau de ruissellement. Elle sert également de barrière à l'érosion et de refuge pour la faune terrestre riveraine mais aussi pour la faune aquatique habitant le littoral des lacs et rivières.

Application de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables

Le principal problème concernant la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables ne concerne pas tant la politique elle-même que sa mise en application. Avant même de penser à faire des modifications, il serait nécessaire de se doter de moyens permettant de faire respecter les normes déjà adoptées.

En ce qui concerne la **bande riveraine en milieu urbain ou de villégiature**, il est essentiel d'interdire la coupe des arbres en bordure des lacs pour avoir une meilleure vue sur le lac. Une vraie bande riveraine de 10 à 15 m selon la pente doit être rétablie sur les rives des lacs comme le stipule la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. Certaines municipalités et MRC ont intégré cette politique dans leurs règlements municipaux; cependant, dans de nombreux cas, aucune bande riveraine n'est respectée. Des arbres ou arbustes habituellement trouvés sur le bord des cours d'eau québécois peuvent être plantés pour accélérer le processus de retour de la bande riveraine, mais le simple fait de laisser pousser pelouse permettra à la nature de prendre le dessus plus lentement, mais sûrement.

Quant aux **bandes riveraines en milieu agricole**, elles sont impératives en bordure de tout plan d'eau car elles constituent la dernière ligne de défense contre la pollution diffuse, mais leur vertu purificatrice est actuellement très limitée dans ce milieu. Selon la réglementation actuelle, la bande riveraine en milieu agricole doit avoir une largeur de 3 m autour des lacs et des cours d'eau et de 1 m le long des fossés. Cette largeur est souvent insuffisante, notamment dans les parcelles cultivées en pente et, en particulier, lors de la fonte des neiges où de grandes quantités de sols peuvent ruisseler au travers de la bande riveraine encore en dormance. En règle générale, les largeurs recommandées par différents auteurs pour les bandes riveraines de protection peuvent varier d'une dizaine de mètres à un peu plus de 90 m selon le type de protection recherchée. Lorsqu'il est question de bande de 10 ou 15 m, c'est le plus souvent à titre de largeur minimale. Des largeurs variables peuvent aussi être utilisées pour tenir compte des conditions particulières d'un milieu donné (Campeau et Bordeleau, 2007). Ainsi, en aval des parcelles agricoles en pente (secteurs sensibles à l'érosion), une

bande riveraine arbustive et arborescente d'au moins 10 mètres devrait être conservée le long des cours d'eau. Quant aux zones ravinées (coulées), il devrait être recommandé d'y cesser toute activité agricole (y compris le pâturage) et de laisser la végétation naturelle les recoloniser. Ces zones sont peu productives d'un point de vue agricole, alors qu'elles contribuent grandement à l'érosion des sols et des berges ainsi qu'à la dégradation de la qualité de l'eau (Vallée, 2009; Campeau et Bordeleau, 2007; Brien, 2006). De façon plus générale, la limite des hautes eaux est un concept abstrait pour la plupart des gens. En milieu agricole, il serait préférable de délimiter la bande riveraine à partir du haut du talus, quelque soit son dénivelé et sa distance au cours d'eau. Dans la bande riveraine ainsi délimitée, toute activité agricole, notamment les labours, devrait être interdite, pas seulement l'épandage de matières fertilisantes. Cette mesure permettrait de protéger de façon plus adéquate les berges des petits cours d'eau et des fossés. Enfin, toute activité agricole (y compris le pâturage) devrait être interdite dans les plaines inondables, ce qui est loin d'être le cas à l'heure actuelle.

À moyen terme, il faudra tendre vers une gestion du territoire axée sur l'agroforesterie. Ce type de gestion assure un équilibre entre les activités agricoles et le couvert forestier. Seule l'agroforesterie permettra de limiter suffisamment les apports en phosphore et de respecter la capacité de support des écosystèmes aquatiques d'un bassin versant.

La nécessité de la gestion par bassins versants

Le lac est à l'image de son bassin versant, car il reçoit tout le matériel exporté par son bassin versant. La gestion par bassin versant est essentielle car elle brise la fausse croyance que la qualité de l'eau des lacs dépend seulement de ce qui se passe sur ses rives. Elle amène les différents utilisateurs du milieu à se concerter, à se sensibiliser à leur impact sur leur environnement et à se responsabiliser. Par exemple, il est impératif de tenir compte de l'ensemble du bassin versant (phosphore provenant de l'amont et s'accumulant en aval) afin de calculer la quantité de fertilisants qui convient d'épandre ou lorsque l'on prévoit augmenter le nombre de têtes d'un cheptel. L'équivalent est à considérer dans le cas des développements immobiliers ou des projets de terrains de golf.

À retenir :

- La bande riveraine est essentielle et devrait être respectée :
 - en milieu urbain ou de villégiature : 10 à 15 m ;
 - en milieu agricole :
 - 3 m pour les cours d'eau et 1m pour les fossés ne sont pas suffisants ;
 - Au moins 10m en aval de pente et aucune culture quand la pente est forte (ravine) ;
 - Aucun travail (récolte, utilisation d'engrais, etc.) permis dans les bandes riveraines.
- Tendre vers l'agroforesterie.

AUTRES PISTES DE RÉFLEXION

La réduction du ruissellement

Un aspect dominant des mesures visant à réduire l'enrichissement des plans d'eau en éléments nutritifs réside dans le contrôle du ruissellement de surface. Par extension, limiter le ruissellement ne vise pas seulement à contrôler le phosphore entrant dans les cours d'eau, mais aussi l'azote, les matières en suspension, les coliformes, etc. Il s'agit d'une mesure bénéfique pour la qualité de l'eau en général. Le ruissellement, c'est l'eau de pluie ou de fonte des neiges qui s'écoule à la surface du sol sans y pénétrer ni s'évaporer avant d'atteindre un cours d'eau. La présence de végétation favorise l'absorption de l'eau par le sol car elle ralentit l'écoulement et empêche les eaux de ruissellement de se charger d'éléments nutritifs et de matière en suspension. Toute diminution du couvert de végétation entraîne une modification en quantité et en qualité des eaux de ruissellement dans les plans d'eau, que ce soit en milieu urbain, agricole ou forestier.

L'exemple le plus évident de ruissellement vient en songeant à une pluie diluvienne en ville : l'eau de pluie ruisselant sur les surfaces imperméables transforme rapidement les rues en ruisseaux, les réseaux d'égouts sont rapidement débordés et il y a surverses des eaux usées non-traitées dans les cours d'eau. Ces événements ponctuels ont des effets désastreux sur la qualité de l'eau en aval des agglomérations urbaines. Pour y remédier, il faudrait mettre à niveau les usines municipales de traitement des eaux usées tout en assurant la séparation des égouts sanitaires des égouts pluviaux.

Plus subtil quoique très important, le ruissellement en milieu forestier suivant la coupe. La forêt contribue à stabiliser le sol, ce qui réduit l'érosion vers les eaux de surface. Les eaux de pluie qui ruissellent sur les sols mis à nu s'enrichissent en éléments nutritifs et les transportent jusqu'aux lacs et cours d'eau. De plus, les chemins d'accès et leurs fossés de drainage peuvent favoriser le transport vers les eaux de surface des eaux de ruissellement chargées de sédiments fins et d'éléments nutritifs. Il y aurait donc lieu de repenser les pratiques forestières de manière à s'assurer qu'elles ne conduisent pas à un transport excessif d'éléments nutritifs vers les rivières et les lacs (Prepas *et al.*, 2003).

Quant aux villégiateurs, ils peuvent limiter le ruissellement en bannissant la pelouse qui laisse les eaux de pluie ruisseler plus directement vers les lacs que si une végétation naturelle était en place. De la même façon, le pavage des stationnements procurent des surfaces imperméables favorisant l'écoulement de l'eau de pluie vers le lac, ce qui empêche la filtration naturelle. En ce sens, la gestion de l'écoulement, notamment en provenance des fossés de route, du drainage agricole et des égouts pluviaux, devrait être améliorée afin de favoriser l'infiltration et réduire les apports d'eau de ruissellement vers les lacs.

À retenir :

- Les actions pour limiter le ruissellement visent essentiellement à ralentir l'écoulement de l'eau de pluie ou de la fonte des neiges afin de favoriser son absorption par le sol :
 - en milieu urbain ou de villégiature : limiter le pavage, favoriser la végétation naturelle, installer des égouts pluviaux ;
 - en milieu forestier : aménagements spécifiques (ex : répartir les coupes dans le temps, mieux penser les fossés de drainage).

CONCLUSION

Par les grands axes de réflexion de la commission, c'est-à-dire la gouvernance, l'efficacité des interventions, la connaissance et la diffusion de l'information, les installations septiques, l'importance des rejets agricoles et des fertilisants, ainsi que la gestion des rives, du littoral et des plaines inondables, le présent mémoire démontre que la question des algues bleu-vert fait partie d'une problématique beaucoup plus grande : celle de l'eutrophisation ou l'enrichissement en nutriments (phosphore) de plusieurs lacs et cours d'eau québécois.

Pour les chercheurs du GRIL, la solution provisoire aux algues bleu-vert réside en une meilleure compréhension des floraisons anormales de cyanobactéries afin de pouvoir identifier les lieux et moments qui leur sont les plus favorables. La solution globale réside, quant à elle, dans l'arrêt de l'enrichissement excessif des cours d'eau en réduisant le phosphore à sa source. D'une part, en limitant les quantités de phosphore utilisées (fertilisants, détergents), mais aussi en réduisant l'ampleur de l'érosion et du ruissellement, deux processus responsables du transport des nutriments vers les cours d'eau.

RÉFÉRENCES

Brien, M., 2006. Mesure de l'érosion des berges, du ravinement et de la migration des cours d'eau dans la portion agricole du bassin versant de la rivière des Envies (Québec). Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 143 p.

Campeau, S. et P.-A. Bordeleau. 2007. Développement d'un système informatisé pour la gestion optimale des bandes riveraines en milieu agricole. Rapport déposé au Fonds de recherche de la Fédération des Producteurs de Cultures Commerciales du Québec. Section de géographie, Université du Québec à Trois-Rivières, 83 pages et un CD-ROM.

Gangbazo G. et F. Babin. 2000. Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles. Vecteur Environnement 33(4) : 47-57.

Gouvernement du Canada. 2009. Règlement modifiant le Règlement sur la concentration en phosphore (DORS/2009-178).

<http://www.ec.gc.ca/registre/cpe/regulations/detailReg.cfm?intReg=120>

Gouvernement du Québec. 2007. Projet de règlement sur l'interdiction de vente des détergents à vaisselle contenant 0,5 % ou plus de phosphore.

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/Infuseur/communiqu.asp?no=1245>].

GRIL. 2007. Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL. Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique, 28 juin 2007, 10 p.; révisé en avril 2008.

https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/GSC1285/F291210543_gril_cyanobacteries_28juin2007_rev_avril2008.pdf

GRIL. 2009. Calcul de la capacité de support en phosphore des lacs : où en sommes-nous? Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique, avril 2009, 11 p.

https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/docs/GSC1285/F1243089410_Capacit_DeSupport_V8.pdf

Institut de la statistique du Québec. 2004. Estimations révisées des superficies et de la production du maïs-grain, par région administrative, 1998-2002.

http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/econm_finnc/filr_bioal/culture/culture/am116re3.htm

MDDEP. 2005. Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction des politiques en milieu terrestre. 28 p. (Envirodoq : ENV/2005/0096).

MDDEP. 2009. Les fleurs d'eau d'algues bleu-vert en 2009 - Une responsabilité collective. Bilan provisoire des plans d'eau touchés par une fleur d'eau d'algues bleu-vert au 15 septembre 2009. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction des politiques en milieu terrestre. 9 p.

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/bilan/saison2009/Bilan-alguesBV-150909.pdf>

Prepas, E. E., B. Pinel-Alloul, R. J. Steedman, D. Planas, et T. Charrette. 2003. Chapter 10 : Impacts of forest disturbance on boreal surface waters in Canada. Dans *Towards sustainable management of the boreal forest*. Édité par P. J. Burton, C. Messier, D. W. Smith et W. L. Adamowicz. Les Presses scientifiques du Conseil national de la recherche du Canada. 1039 p.

Thibodeau, S. 2009. Le bassin versant de la rivière la guerre : des producteurs impliqués et des résultats concluants. Présenté dans le cadre du forum régional en agroenvironnement, 10 et 11 février 2009. Organisation conjointe du CRE des Laurentides, d'Abrinord, de Cobali et d'Agir pour la Diable.

<http://www.crelaurentides.org/fra/presentation/Sylvie%20Thibodeau.pdf>

Vallée, M. 2009. Variabilité spatio-temporelle des régimes d'érosion hydrique dans neuf bassins versants en milieu agricole. Mémoire de maîtrise en Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, 97 p.

Calcul de la capacité de support en phosphore des lacs : où en sommes-nous?

GRIL – Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique

Ce regroupement stratégique (subventionné par le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies) réunit 28 professeurs-chercheurs et une centaine d'étudiants chercheurs de cinq universités québécoises : Université du Québec à Montréal, Université de Montréal, Université du Québec à Trois-Rivières, Université McGill et l'Institut national de la recherche scientifique (Centre Eau, Terre et Environnement). Les membres du GRIL ont tous à cœur une meilleure compréhension de nos environnements aquatiques.

Ont participé à la révision du présent document :

Stéphane Campeau	Section de géographie, Université du Québec à Trois-Rivières
Richard Carignan	Département de sciences biologiques, Université de Montréal
Yves Prairie	Département des Sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Louis Roy	Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Renseignements:

Sonya Lévesque, M. Sc., agente de liaison scientifique du GRIL
En remplacement de Marie-Andrée Fallu, Ph.D., pour l'année 2009
Tél. : 819-376-5011 poste 3671
Cel. : 514-608-9063
marie-andree.fallu@uqtr.ca
www.gril-limnologie.ca

Calcul de la capacité de support en phosphore des lacs : où en sommes-nous?

La pression grandissante et cumulative des activités humaines sur les bassins versants s'est traduite au cours des dernières années par une augmentation des apports en nutriments normalement présents en quantité limitée dans l'eau, en particulier le phosphore, un **élément limitant** (cette augmentation des apports en nutriments est désignée par le mot eutrophisation). Une augmentation excessive de ce nutriment favorise les floraisons de cyanobactéries (algues bleues – voir le document cyanobactéries pour plus d'informations à ce sujet) et une augmentation de la croissance des végétaux en général. Les cyanobactéries ont toujours été présentes dans les lacs. C'est la surabondance de certaines espèces nuisibles qui est symptomatique d'un enrichissement non souhaité par les nutriments et qui peut affecter les usages des plans d'eau concernés. Par leur aspect spectaculaire et leur danger potentiel pour la santé publique, les épisodes de cyanobactéries ont mené à une prise de conscience des impacts des activités humaines sur la qualité de l'eau et l'équilibre des écosystèmes aquatiques. Or, tenter de faire cesser tout développement autour des plans d'eau et dans leur bassin versant est irréaliste. La solution réside dans une gestion appropriée des activités humaines et de leurs impacts en termes d'apports en phosphore. C'est dans ce contexte qu'a été développée la modélisation de l'eutrophisation et des apports en phosphore dont le calcul de la capacité de support est une application.

Qu'est-ce que le calcul de la capacité de support en phosphore ?

Le calcul de la capacité de support en phosphore des lacs permet, en théorie, d'estimer le degré de développement humain pouvant prendre place dans un bassin versant sans mettre en péril la qualité de l'eau du lac récepteur. Concrètement, la capacité de support est définie comme la quantité de phosphore qu'un lac peut recevoir sans engendrer d'effets indésirables. En utilisant des modèles appropriés, il devient possible de détailler et de calculer les concentrations de phosphore observées dans les lacs. Ces outils nous donnent la possibilité d'estimer la concentration naturelle, c'est-à-dire avant la présence humaine, et d'évaluer l'importance des apports en phosphore provenant de l'ensemble des activités humaines ainsi que la portion associée à chacune des grandes catégories d'utilisation du sol. Cependant, le calcul de la quantité maximale de phosphore pouvant être ajoutée dans un plan d'eau, tout en demeurant dans les limites acceptables de qualité de l'eau, dépend évidemment de ce que l'on entend par « acceptable ». La quantité maximale de phosphore peut, par la suite, être transposée en unités utiles à l'aménagement, par exemple en nombre d'habitations, et servir à évaluer le développement encore possible ou les efforts à consentir pour respecter cette limite.

Mécanique des modèles

Il existe deux façons de mettre au point un outil de calcul de la capacité de support : les modèles par bilan de masse et les modèles empiriques. Très brièvement, les **modèles par bilan de masse** compilent tous les entrants et sortants de phosphore, à la manière d'un budget (ce qui implique énormément de mesures sur le terrain et une connaissance adéquate des coefficients d'exportation associés à tous les usages). La concentration de phosphore dans le lac est calculée à partir du ratio des entrants sur les sortants. Les **modèles empiriques**, quant à

eux, tentent de décrire la concentration en phosphore du lac en fonction de variables décrivant le lac et le bassin versant. Enfin, il existe aussi une approche combinée fort similaire à la méthode empirique. Les **modèles combinés** utilisent la charge en phosphore estimée par la modélisation empirique comme une première variable indépendante, alors que les autres variables indépendantes décrivent les caractéristiques du lac et son bassin versant.

Particularités régionales

Or, les composantes des modèles vont changer d'une région à l'autre dépendamment de la géologie, du type d'utilisation des sols, des précipitations, etc. Par exemple, la rétention du phosphore par le sol dépend de sa nature, sa constitution, son pH et son épaisseur, ce qui aura un impact sur les coefficients d'exportation dans le bilan de masse. De plus, les variables permettant de décrire adéquatement la concentration de phosphore dans un lac ne seront pas nécessairement les mêmes d'une région à l'autre. Ce qui implique qu'il faut constamment réadapter (voir repenser) les outils de calcul de la capacité de support.

Le modèle de Dillon

Dans les années 70, Dillon et Rigler furent parmi les premiers à proposer un modèle pour évaluer la capacité de support des lacs de villégiature en Ontario. Ce modèle se basait sur un calcul de bilan de masse et sur le degré de protection accordé au plan d'eau. Or, ce modèle s'est avéré inapproprié après vérification en Ontario et au Québec. Depuis, les coefficients d'exportation initialement proposés par Dillon et Rigler ont été révisés pour les régions de Muskoka (Ontario) et des Laurentides (initiative SIADL). Cependant, l'imprécision de ces modèles ne permet pas encore de prédire adéquatement la capacité de support de lacs individuels.

Modèles développés par les chercheurs du GRIL

Plusieurs modèles de type bilan de masse se sont succédés depuis le modèle de Dillon et Rigler dans les années 70. Plus récemment, les chercheurs du GRIL ont tenté de créer des outils de gestion facilement applicables. Une étude de grande envergure a eu lieu ces dernières années dans les Laurentides et en Estrie, sous la supervision des chercheurs Richard Carignan et Yves Prairie. Cette étude, en association avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), a été financée par le CRSNG et par le MDDEP dans le cadre du programme PARDE (*Développement d'un outil de prévention de l'eutrophisation des lacs des Laurentides et de l'Estrie*). Le but principal de l'étude consiste à développer des modèles adaptés à nos régions pour évaluer la capacité de support en phosphore des lacs. Dans chacune de ces deux régions, les chercheurs ont visité plusieurs lacs et ruisseaux pour mieux comprendre l'état de la situation et trouver les éléments clés à évaluer afin de déterminer les sources de phosphore. Les chercheurs ont favorisé une approche empirique ainsi que les modèles combinés. Ces deux études en sont maintenant à l'étape de la publication. Ultimement, le MDDEP en publiera un résumé accompagné de lignes directrices afin d'en encadrer la mise en pratique sur le territoire québécois.

Modèles pour la région de l'Estrie (Y. Prairie, UQAM)

En Estrie, les activités agricoles d'intensités diverses présentent différents niveaux d'eutrophisation des lacs. La région se caractérise, entre autres, par une faible acidité de l'eau, peu de relief (pentes moyennes faibles) et des apports en carbone organique dissous élevés. Pour mettre au point le modèle, l'équipe du professeur Yves Prairie a échantillonné 21 lacs représentant la gamme complète de degrés d'eutrophisation de la région, ainsi que 83 cours d'eau s'y jetant, en 2004 et en 2005. La région échantillonnée s'étend approximativement de Granby à Sherbrooke et est limitée au nord par Asbestos. Parmi les variables utilisées pour mettre au point les différents modèles, les plus importantes sont la pente moyenne du bassin versant, la proportion du bassin versant sous forme de pâturage et le coefficient d'exportation moyen de phosphore pour l'ensemble du bassin versant.

Modèle pour la région des Laurentides (R. Carignan, UdeM)

L'équipe du professeur Richard Carignan a, pour sa part, concentré ses recherches dans une section de la région des Laurentides, délimitée au sud par Sainte-Anne-des-Lacs, au nord par Tremblant, à l'est par Saint-Hippolyte et à l'ouest par Wentworth. Elle y a suivi 16 lacs et 110 ruisseaux de 2003 à 2006 et a utilisé les données de 20 lacs supplémentaires suivis entre 2000 et 2002. Notez que les lacs utilisés pour mettre au point les modèles subissent essentiellement les impacts de la villégiature (donc pas d'activités agricoles). Parmi les variables mesurées, celles expliquant le mieux la concentration du phosphore sont le nombre d'habitations dans le premier 100 mètres autour de la rive divisé par le volume du lac (ce qui ne veut pas dire que le nombre d'habitations dans le reste du bassin versant est purement accessoire), la superficie des milieux humides dans le bassin versant du lac et le temps de séjour de l'eau dans le lac. De plus, le professeur Carignan a découvert une relation étroite entre le carbone organique dissous (COD) et la concentration de phosphore naturellement présente dans un lac. Le COD constitue une caractéristique naturelle des eaux de surface indépendante des activités humaines. C'est ce qui donne à l'eau sa teinte brun-rouge. Le COD permet alors d'estimer la concentration de phosphore avant les changements anthropiques.

La position du MDDEP

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) participe à plusieurs projets pilotes visant à compléter le développement et à valider les outils de calcul de la capacité de support en phosphore dans différentes régions à travers le Québec. Il aborde la question des modèles d'eutrophisation et du calcul de la capacité de support avec beaucoup de précautions étant donné l'importance potentielle de leur intégration comme outil d'aide à la décision ainsi que la diversité des bassins versants du territoire québécois, tant au niveau des caractéristiques naturelles du bassin versant que des utilisations qu'en fait l'homme. Ces outils seront éventuellement disponibles. Cependant, il s'avère nécessaire d'en déterminer les limites et les conditions d'utilisation, en plus de baliser leur utilisation en aménagement du territoire et comme outils d'aide à la prise de décision.

Possibilités et limites

Voici quelques zones grises des modèles de capacité de support :

La précision des modèles

La précision s'avère essentielle lorsque l'on appuie des décisions d'aménagement sur les prédictions d'un modèle. En écologie, on retrouve énormément de variables pour un phénomène observé. Conséquemment, les chercheurs se satisfont de pouvoir expliquer ne serait-ce qu'une faible portion de la variation observée pour ce même phénomène. Or, le défi est de taille lorsqu'il s'agit d'isoler toutes les variables-clés de la concentration en phosphore des lacs, qui plus est lorsque l'on veut obtenir un modèle polyvalent. Par exemple, le modèle de Prairie obtient une précision absolue modeste, c'est-à-dire au mieux à quelques $\mu\text{g/L}$ près et les résultats sont particulièrement variables pour les lacs à concentration de phosphore élevée (plus grandes que $20 \mu\text{g/L}$). Mis en pratique, quelques $\mu\text{g/L}$ de phosphore de plus ou de moins peuvent faire toute une différence pour un lac!

Qu'est-ce qu'une concentration en phosphore acceptable ?

Une seconde zone grise concerne la quantité acceptable de phosphore en surplus. Le MDDEP utilise actuellement des critères basés sur les mêmes principes que ceux proposés par le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). Ces critères consistent en une augmentation de la concentration naturelle de phosphore d'au plus 50%, sans toutefois dépasser $10 \mu\text{g/L}$ si la concentration naturelle se situe sous $10 \mu\text{g/L}$ ou $20 \mu\text{g/L}$ si celle-ci est supérieure à $10 \mu\text{g/L}$. Ces critères, qui ne s'appliquent que pour l'évaluation des rejets ponctuels, sont en révision. En effet, il n'existe présentement pas d'obligation d'assurer l'aménagement et la gestion de l'ensemble des activités humaines dans les bassins versants des lacs en fonction de leur capacité de support. Plusieurs pistes peuvent être considérées pour la révision de ces critères : soit une augmentation relative (%) par rapport à la concentration naturelle - beaucoup plus restrictive -, ou une augmentation modulée en fonction des caractéristiques du milieu récepteur et des usages à protéger. À la lumière de ses observations sur le terrain et des résultats de ses modèles, l'équipe du chercheur Richard Carignan considère, quant à elle, que l'augmentation de la concentration de phosphore devrait être de l'ordre de 10%, dans tous les cas.

Morale de l'histoire : il faut appliquer le principe de précaution

Les coefficients d'exportation qui entrent dans le calcul des modèles doivent refléter le mieux possible la réalité. Des coefficients erronés pourraient grandement limiter la qualité des résultats et avoir des conséquences considérables si des décisions importantes en découlent (ex. : autoriser l'augmentation du développement résidentiel, industriel ou commercial alors que le lac a déjà atteint sa pleine capacité de support en phosphore). Non infaillibles, ces modèles se veulent une évaluation la plus juste possible selon l'état des connaissances scientifiques actuelles, dans une région particulière. Ils permettront aux décideurs de faire des choix éclairés et faciliteront la mise en place de plans de gestion et de développement qui préservent le mieux possible l'intégrité de nos écosystèmes lacustres (gestion par bassin versant). Ces modèles préconisent la philosophie d'approche prudente (ou principe de précaution) puisqu'ils permettent le développement autour des lacs sans que ceux-ci atteignent un niveau d'eutrophisation inattendu et difficilement réversible.

Les modèles d'eutrophisation et outils de mesure de la capacité de support en phosphore ne devraient pas être considérés comme une panacée qui permettra de limiter le développement humain autour des lacs. En effet, il sera toujours possible de concevoir des technologies de traitement des eaux usées qui ne libéreront aucun phosphore vers les lacs et d'autres critères (qualité des paysages, normes de développement) devront être pris en considération. Il n'est donc pas nécessaire d'attendre la mise au point des modèles de capacité de support du phosphore pour amorcer une démarche de gestion par bassin versant. Idéalement, la concentration en phosphore des lacs devrait rester la même, peu importe les interventions humaines dans le bassin versant. Il existe quantité de mesures qui ont fait leurs preuves pour limiter l'écoulement du phosphore vers les lacs et rivières. Ces mesures doivent être intégrées aux plans d'aménagement des municipalités. Elles consistent en grande partie à limiter les apports en phosphore et à réduire l'érosion.

Les mesures visant la réduction des apports en phosphore sont, entre autres, les suivantes :

- réduire ou interdire l'application d'engrais domestiques et agricoles à proximité des lacs et de leurs tributaires, y compris sur les terrains de golf;
- améliorer la gestion de l'écoulement, notamment en provenance des fossés de route, du drainage agricole et des égouts pluviaux, afin de favoriser l'infiltration et réduire les apports d'eau de ruissellement vers les lacs;
- vérifier la conformité des installations septiques (fosses et champs d'épuration) à la réglementation (Q-2, r.8);
- vérifier la conformité des rives à la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (Q-2, r.17.3)
- préparer un *Plan directeur de bassin versant*, selon les recommandations du MDDEP.

Bon nombre de comités de lacs et de municipalités cherchent à savoir si la capacité de support de leur lac a déjà été atteinte ou dépassée. Ils souhaitent également savoir quel est le nombre de résidences que le bassin versant peut accueillir sans que le lac en soit affecté. Le présent document a mis en évidence que trouver réponse à ces questions n'est pas simple. Les données disponibles au Québec ne sont pas suffisantes pour que l'on puisse apporter des éléments de réponse pour l'ensemble du territoire. Cependant, certaines lignes directrices peuvent être proposées :

Si votre lac présente déjà des signes d'eutrophisation

Des mesures énergiques doivent être prises pour réduire les apports en phosphore et limiter le développement résidentiel dans le bassin versant. Dans les cas où la densité de résidences et de chalets est élevée, l'installation d'un réseau d'égout collecteur et d'un traitement adéquat, en plus des mesures décrites ci-dessus, serait probablement la meilleure façon d'améliorer l'état du lac.

Si votre lac ne présente pas de signes d'eutrophisation

Une approche prudente consisterait à adopter les mesures décrites ci-dessus et à poursuivre le suivi de la qualité de l'eau, en adhérant par exemple au Réseau de surveillance volontaire des lacs de villégiature du MDDEP. Le suivi permettra de surveiller l'évolution du lac au cours des années. Une augmentation significative du phosphore total ou de la chlorophylle *a*, ou une diminution de la transparence de l'eau pourrait être un signal d'alarme indiquant que des mesures plus restrictives doivent être mises en place.

Conclusion

Les modèles de capacité de support sont des outils capricieux. Utiliser un modèle non adapté pour guider le développement peut s'avérer tout aussi dangereux que ne pas en utiliser du tout. Il importe de considérer les caractéristiques et l'état actuel du plan d'eau (présence de **signes d'eutrophisation**) avant d'ouvrir la porte au développement. Après tout, les modèles de capacité de support en phosphore ne sont qu'un outil parmi d'autres. Rappelez-vous que les lacs sont le reflet de ce qu'ils reçoivent : grossièrement, si on double leurs apports en phosphore (activités humaines) on double la concentration en phosphore du lac. Enfin, il ne faut pas sous-estimer le rôle important des mesures d'atténuation des apports en phosphore qui impliquent un changement vers de meilleures habitudes !

Glossaire

Élément limitant

En écologie, la théorie des facteurs limitant stipule que la croissance d'un organisme ou d'une population sera limitée par l'élément qui est le plus en carence dans le milieu. Par exemple, si un milieu donné est riche en carbone et en phosphore mais dépourvu d'azote, on dira que l'azote est l'élément limitant dans ce milieu, car c'est celui dont l'abondance limite ou contrôle la croissance des organismes dans ce milieu donné.

Modèle empirique

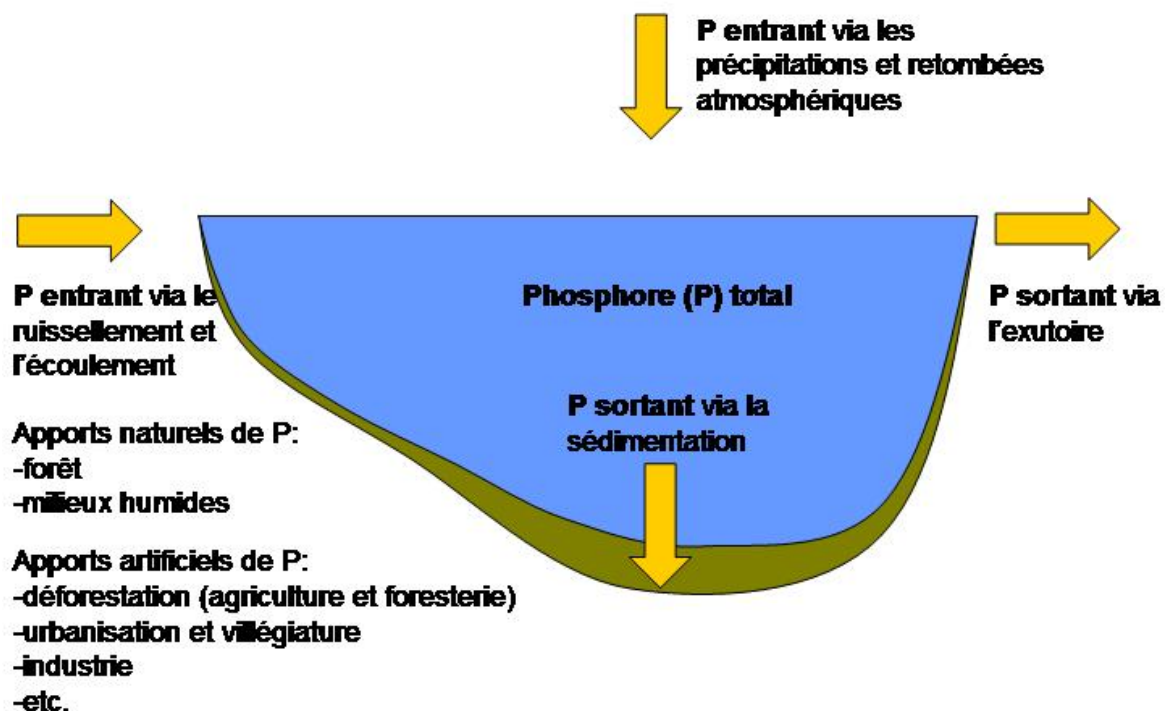
Les modèles empiriques décrivent les concentrations en phosphore des lacs en fonction de variables indépendantes en utilisant des régressions. Ainsi la concentration du lac en phosphore est fonction de variables descriptives du lac et de son bassin versant.

$$[P]_{LAC} = f(X_1, X_2, X_3, \dots)$$

Modèle par bilan de masse

Les modèles par bilan de masse compilent le phosphore entrant et sortant du lac afin d'évaluer la concentration de phosphore y restant (voir la figure ci-dessous). Ainsi un changement temporel de la masse de phosphore dans le lac correspond à la somme des apports, moins ce qui en sort et ce qui sédimente.

$$\frac{Vd[P]_{LAC}}{dt} = \sum P_{ENTRANT} - P_{SORTANT} - P_{SÉD}$$



Modèle combiné

L'approche combinée est très similaire au modèle empirique hormis qu'une des variables indépendantes (X_1) est fixée comme étant la charge en phosphore estimée par modélisation empirique de L (équivalent à la somme du phosphore entrant, i.e. $L = \sum P_{\text{entrant}}$). Les autres variables indépendantes potentielles décrivent les attributs généraux des lacs et de leurs bassins versants. Ainsi la concentration en phosphore du lac est fonction de la charge en phosphore et des autres variables indépendantes.

$$[P]_{\text{LAC}} = f(L_{\text{estimé}}, X_2, X_3, \dots)$$

Signes d'eutrophisation

Caractéristiques attestant la plus forte présence de nutriments, donc une augmentation de la productivité de l'écosystème aquatique : plus grande accumulation de sédiments et de matière organique, augmentation de la quantité d'algues (dans la colonne d'eau et sur les roches et autres objets submergés) et de plantes aquatiques, diminution de la transparence de l'eau, réduction de l'oxygène dissous dans l'eau et remplacement d'espèces (en réponse aux nouvelles conditions).

Attention, recenser une seule de ces caractéristiques à un moment donné ne suffit pas à poser un diagnostic d'eutrophisation.

Liens d'intérêt

Portail sur l'eau du ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs.
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/inter.htm>

Trousse des lacs, par Bleu Laurentides
<http://www.crelaurentides.org/trousse/>

Références

Documents :

Dillon, P.J. et Rigler, F.H. 1975. A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status; *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*; 32(9), p.1519-1531.

Laniel, M. 2008. Intégration du concept de capacité de support d'un plan d'eau aux apports en phosphore à l'aménagement du territoire au Québec : Réalité ou utopie ? Mémoire de maîtrise, Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal. 274 p.

Conférences :

Carignan, R. 2006. *Les causes de la dégradation des lacs des Laurentides*. Présentation effectuée dans le cadre du *Forum National sur les lacs* organisé par le CRE Laurentides, Sainte-Adèle, le 9 juin 2006
<http://www.crelaurentides.org/actes.shtml>

Fallu, M.-A. 2008. *La capacité de support des lacs, un outil d'aide à la décision*. Présentation effectuée dans le cadre de la *Journée des associations « Agissons localement pour un sain environnement »* organisée par le RAPPEL, Sherbrooke, le 3 mai 2008
<http://www.rappel.qc.ca/programmes/49-journee-des-associations-2008.html>

Gravel, B. 2008. *Approche de gestion des lacs en lien avec leur capacité de support en phosphore*. Présentation effectuée dans le cadre du 2^e *Forum National sur les lacs* organisé par le CRE Laurentides, Sainte-Adèle, le 6 juin 2008.
<http://www.forumsurleslacs.org/conference.shtml>

Roy, L., Gravel, B., Carignan, R. et Prairie, Y. 2008. *La modélisation de la capacité de support des lacs au Québec*. Présentation effectuée dans le cadre du 2^e *Forum National sur les lacs* organisé par le CRE Laurentides, Sainte-Adèle, le 6 juin 2008
<http://www.forumsurleslacs.org/conference.shtml>

Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL

GRIL – Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique

Ce regroupement stratégique (subventionné par le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies) réunit 26 professeurs-chercheurs et une centaine d'étudiants chercheurs de 5 institutions universitaires québécoises : Université du Québec à Montréal, Université de Montréal, Université du Québec à Trois-Rivières, Université McGill et l'Institut national de la recherche scientifique (Centre Eau, Terre et Environnement). Les membres du GRIL ont tous à cœur une meilleure compréhension de nos environnements aquatiques.

Le comité cyanobactérie du GRIL :

Beatrix Beisner	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
David Bird	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Stéphane Campeau	Section de géographie, Université du Québec à Trois-Rivières
Richard Carignan	Département de sciences biologiques, Université de Montréal
Antonella Cattaneo	Département de sciences biologiques, Université de Montréal
Paul del Giorgio	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Dolors Planas	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal
Yves Prairie	Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal

Renseignements:

Marie-Andrée Fallu, Ph.D., agente de liaison scientifique du GRIL
Tél. : 819-376-5011 poste 3671
Cel. : 514-608-9063
marie-andree.fallu@uqtr.ca
www.uqam.ca/gril

Pour citation :

GRIL, 2007. Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL. Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique, 28 juin 2007, 10 p; révisé en avril 2008.

Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL

Suite à l'augmentation des problèmes et des actions liés à la prolifération des cyanobactéries dans les lacs du Québec, les experts du GRIL, centre de recherche interuniversitaire dédié à l'étude des lacs et rivières, tiennent à faire le point sur l'état de la situation au Québec. Ce document donne un aperçu de la problématique en présentant d'abord les cyanobactéries, les facteurs qui en contrôlent l'abondance, quelques mythes reliés à ce phénomène et les actions à entreprendre afin d'améliorer la situation.

Démystifier les cyanobactéries

Les cyanobactéries ont d'abord été nommées algues bleues (ou bleu-vert). Ce nom leur avait été donné parce qu'elles croissent par la photosynthèse comme les algues, et parce qu'elles contiennent généralement des pigments qui leur donnent une teinte bleu-vert. Les chercheurs ont ensuite constaté que ces organismes se rapprochaient plus des bactéries et ils les ont renommés « cyanobactéries ». Ce sont donc des bactéries qui font de la photosynthèse. La racine « cyano » du nom provient du grec et désigne la couleur bleu-vert.

Les cyanobactéries sont parmi les premiers organismes à avoir vu le jour sur Terre, il y a de cela plus de 3 milliards d'années. Puisqu'elles produisent de l'oxygène à partir de la photosynthèse, leur croissance aurait causé l'apparition de l'oxygène atmosphérique et permis le développement d'autres formes de vie plus évoluées sur Terre.

De façon naturelle, qu'elles soient toxiques ou non, les cyanobactéries se retrouvent dans tous les plans d'eau québécois. Là où il y a de l'eau, il peut y avoir des cyanobactéries. Globalement, on en compte plus de 3 500 espèces distribuées dans toutes sortes d'environnements (ex. : sources thermales ou froides, étangs, lacs, rivières, océans, glaces de l'Antarctique et de l'Arctique, sols humides, rizières, lichens, sols forestiers et crevasses des roches des déserts). Certaines espèces, et parfois seulement certaines souches d'une même espèce, produisent des toxines (appelées cyanotoxines) à l'intérieur de leurs cellules. La fonction de ces molécules actives que sont les cyanotoxines n'est pas véritablement connue des scientifiques. Il a été démontré que ces toxines rendraient les cyanobactéries moins comestibles pour les animaux planctoniques, et permettraient ainsi la survie des cyanobactéries. À faible abondance de cyanobactéries, la concentration en toxine est insuffisante pour nuire à la santé de ceux qui boivent cette eau. Cependant, c'est à forte concentration (lors des accumulations importantes visibles à l'œil nu) que leur présence devient problématique.

L'écologie des cyanobactéries est assez bien connue. Elles font souvent partie du plancton, ces petits organismes qui vivent en suspension dans la colonne d'eau. Faisant de la photosynthèse, le rôle des cyanobactéries et des algues dans l'eau se compare facilement à celui des plantes terrestres. Elles se situent à la base de la chaîne alimentaire des écosystèmes aquatiques et représentent ainsi une source de nourriture essentielle, transférée du plus petit invertébré au poisson le plus gros.

Lorsque les conditions leur sont favorables, les cyanobactéries peuvent se multiplier en très grand nombre, formant ainsi des accumulations importantes. C'est à ce moment qu'elles peuvent causer un problème de toxicité. Une période calme leur permet de flotter à la surface et ainsi de former des fleurs d'eau (ou effloraisons, floraisons ou *blooms* en anglais). Pour en apprendre plus sur les toxines et les risques pour la santé, visiter le site de Santé Canada: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/cyanobacter_f.html. Il faut noter que certaines fleurs d'eau printanières – tout à fait naturelles – peuvent apparaître près du rivage des lacs, concentrées par l'action du vent, et, à moins que celles-ci prennent de l'ampleur, il suffit d'éviter la zone affectée pour prévenir tout risque pour la santé.

Les « conditions favorables » à la croissance excessive des cyanobactéries sont souvent une conjoncture de plusieurs facteurs complexes. Cependant, un facteur essentiel à leur croissance est la présence d'éléments nutritifs dans le milieu. Parmi ceux-ci, le phosphore est incontestablement le plus important. Une eau avec peu de phosphore aura un nombre restreint de cyanobactéries. Cependant, une augmentation des apports en phosphore peut favoriser le développement d'une floraison excessive.

Les cyanobactéries remportent souvent la compétition avec les algues pour l'espace et l'utilisation des éléments nutritifs dans le milieu. Comparativement aux algues, plusieurs cyanobactéries ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique (advenant la présence de faibles concentrations d'azote inorganique dans l'eau). De plus, elles possèdent des vacuoles qui leur permettent de se déplacer verticalement dans la colonne d'eau et de se maintenir à des profondeurs où les conditions du milieu leurs sont optimales.

D'où vient le phosphore ?

Le phosphore est un élément essentiel à toute vie, y compris à la croissance des cyanobactéries, des algues et des plantes aquatiques. Puisque le phosphore est peu soluble dans les eaux de surface et puisqu'il est très convoité par les organismes vivants, la concentration naturelle de phosphore est faible (quelques parties par milliard) et limite généralement la croissance des organismes. En modifiant l'environnement des lacs et des rivières, l'être humain a considérablement perturbé le cycle naturel du phosphore. Un faible ajout de phosphore aux systèmes aquatiques peut donc stimuler considérablement la croissance des cyanobactéries.

Apports naturels de phosphore

Le phosphore « naturel » provient ultimement de l'altération des roches, qui contiennent toujours des petites quantités de cet élément. Il est à l'origine de tout le phosphore qui circule actuellement sur la Terre via les organismes vivant : les organismes l'ingèrent lors de la nutrition et le rejettent par déjection ou après leur mort, lors de leur décomposition. Les lacs et les océans ont la capacité d'assimiler les charges en phosphore en les accumulant dans leurs sédiments de fond. Règle générale, les teneurs en phosphore des lacs sont le reflet de ce qu'ils reçoivent. Donc, lorsqu'il y a surcharge de phosphore de façon continue, cette capacité d'emmagasiner le phosphore peut être dépassée et cette surcharge élèvera sa concentration dans l'eau.

Contrairement à l'oxygène, au carbone ou à l'azote, le phosphore n'a pas de composé atmosphérique (ou gazeux), ce qui limite grandement sa disponibilité et son transfert dans

l'environnement. Plusieurs mécanismes contrôlent les apports potentiels de phosphore vers les cours d'eau et les lacs : les végétaux terrestres utilisent le phosphore pour leur croissance et certains minéraux du sol, tels les oxydes de fer et d'aluminium, retiennent le phosphore dans les sols de façon très efficace. Les sols mis à nu offrent une surface facilement lessivable par les précipitations. Les eaux ruissellent sur ces sols et s'enrichissent en éléments nutritifs, tels le phosphore et l'azote, et les transfèrent vers les lacs et rivières.

Apports de phosphore par l'activité humaine

L'être humain exerce une grande pression sur son milieu en certains endroits. De légères modifications qui semblent inoffensives, dont celles influençant le cycle du phosphore, peuvent avoir un impact important sur l'environnement.

Activités domestiques

Près des ruisseaux et des lacs, certains comportements humains favorisent l'apport de phosphore dans l'eau. Le déboisement des rives remet en circulation le phosphore contenu dans la végétation et ne protège plus les rives contre l'érosion. Les pelouses accentuent le problème en laissant les eaux de pluie ruisseler plus directement vers les lacs que si une végétation naturelle était en place. De la même façon, le pavage des stationnements résidentiels procurent des surfaces imperméables qui favorisent l'écoulement de l'eau de pluie vers le lac, empêchant la filtration naturelle.

Les engrais (ou fertilisants) contiennent presque tous du phosphore, que ce soit du lisier, du fumier ou du compost, ou encore des engrais commerciaux portant la mention « bio », « éco » et « vert ». L'épandage d'engrais à des fins domestiques (ex. : pelouse, fleurs et potagers) fournit du phosphore au lac, surtout près des rives et lorsqu'il y a absence de bande de végétation protectrice. Si l'épandage se fait sur la pelouse et que la pelouse s'étend jusqu'au lac, une portion considérable de ce phosphore pourra être directement lessivée dans le lac durant les fortes pluies.

Les installations septiques inadéquates, désuètes, colmatées ou non conformes contribuent aux apports de phosphore vers les cours d'eau et les lacs. Cependant, même une installation septique conforme libère normalement une certaine quantité de phosphore qui, selon les propriétés locales du sol, pourra être mobilisée vers les eaux de surface. L'utilisation de phosphore dans la maison influence aussi la quantité de phosphore provenant des fosses septiques. Actuellement, ils contribueraient considérablement aux apports de phosphore vers les lacs, représentant de 5 à 20% de la portion du phosphore provenant des habitations. Depuis les années 1970, une réglementation limite la concentration de phosphore dans les détergents à lessive à 2,2% du poids en savon. Par contre, les détergents à lave-vaisselle ne font l'objet d'aucune loi; à cet effet, une nouvelle loi entrera en vigueur dès le 1^{er} juillet 2010 et le phosphore ne pourra pas dépasser 0,5% du poids en savon (seuil correspondant à la limite de détection de la mesure).

Sans tenir compte de l'état des installations septiques ou des habitudes de vie des riverains, les chercheurs ont calculé qu'en moyenne, chaque individu habitant dans le premier 100 mètres autour d'un lac, libère une quantité de phosphore équivalente à ce que libère naturellement un hectare de forêt. Alors malgré une occupation restreinte du territoire par les habitations humaines, celles-ci contribuent significativement aux apports de phosphore.

Coupes forestières

La forêt contribue à stabiliser le sol, ce qui réduit l'érosion vers les eaux de surface. L'eau de pluie qui ruisselle sur les sols mis à nu s'enrichit en éléments nutritifs et les transporte jusqu'aux lacs et cours d'eau. De plus, les chemins d'accès et leurs fossés de drainage peuvent favoriser le transport vers les eaux de surface des eaux de ruissellement chargées de sédiments fins et d'éléments nutritifs. Il y aurait donc lieu de repenser les pratiques forestières de manière à s'assurer qu'elles ne conduisent pas à un transport excessif d'éléments nutritifs vers les rivières et les lacs.

Agriculture

Certaines pratiques agricoles favorisent l'érosion des sols et le ruissellement des fertilisants (dont le phosphore) vers les lacs et les cours d'eau. L'épandage de lisiers, les labours d'automne et les cultures à grands interlignes, telle celle du maïs, sont parmi les pratiques agricoles les plus dommageables pour les eaux de surface.

La fertilisation des cultures, réalisée à l'aide de fumiers, de lisiers et d'engrais chimiques, est régie au Québec par des normes qui maximisent la production agricole tout en visant l'atteinte d'un équilibre approximatif entre les besoins des cultures et les quantités de fertilisants appliquées. Par exemple, une culture à grand interligne, comme celle du maïs, pourra recevoir une quantité plus importante d'engrais qu'une culture à petit interligne, comme celle de l'orge. Cependant, cette pratique ne tient pas compte de la capacité de support des cours d'eau et des lacs récepteurs. Même si le calcul est adéquat pour estimer les besoins des cultures en engrais, il tient peu compte du lessivage et de l'érosion des sols qui apportent une quantité considérable de phosphore vers les écosystèmes aquatiques. Les doses de fertilisants permises devraient davantage tenir compte de ce que les lacs et les cours d'eau peuvent supporter sans provoquer leur eutrophisation. Étant donné l'excédent de matières fertilisantes observé dans de nombreux bassins versants, il faudra éventuellement revoir le volume de production animale ou exiger que les lisiers soient traités au lieu d'être utilisés comme matières fertilisantes. De plus, un effort important sera nécessaire afin de réduire l'érosion des sols en adoptant des pratiques agricoles favorisant la conservation des sols et de l'eau, notamment dans les parcelles cultivées en pente qui contribuent pour une part importante des apports en phosphore (en particulier dans le cas du maïs et du soya). À moyen terme, seul un dosage approprié d'agriculture et de foresterie, pratiquées dans de larges bandes riveraines, permettrait éventuellement de minimiser les apports en phosphore du milieu agricole et de redonner une qualité souhaitable aux eaux de surface.

Réseaux d'égouts municipaux

Au Québec, la majorité des réseaux d'égouts sont unitaires, c'est-à-dire qu'ils combinent égouts sanitaires et égouts pluviaux. Lors de la fonte des neiges ou de précipitations intenses, plusieurs réseaux d'égouts municipaux débordent partiellement dans les cours d'eaux ou les lacs. Ces épisodes peuvent favoriser l'apparition de fleurs d'eau de cyanobactéries.

Terrains de golf

Les surfaces gazonnées des terrains de golf qui reçoivent de grandes quantités d'engrais et qui possèdent un réseau d'arrosage (favorisant ainsi le lessivage vers les cours d'eau) pour maintenir une verdure parfaite, favorisent l'eutrophisation des eaux réceptrices. En 2003, des

chercheurs ont mesurés de plus grandes quantités de phosphore dans les ruisseaux de terrains de golf que dans les ruisseaux de régions non perturbées (région du Muskoka, Ontario). Ils ont aussi noté un plus grand nombre de cellules de cyanobactéries dans les cours d'eau situés sur les terrains de golf que dans les cours d'eau avoisinants. L'aménagement et la gestion de ces terrains gazonnés devraient toujours être faits dans le souci de minimiser les pertes d'éléments nutritifs vers les eaux de surface.

Les sédiments du lac

Les lacs influencés par l'activité humaine possèdent de grandes quantités de phosphore accumulées dans leurs sédiments de fond. Le phosphore qui atteint les lacs peut s'accrocher à des particules et descendre vers le fond. Le phosphore demeurera emprisonné dans les sédiments, à moins que des conditions particulières favorisent sa libération. Dans un lac dépourvu d'oxygène en profondeur, le phosphore peut être remobilisé vers la colonne d'eau. Sous nos latitudes, dans les lacs peu profonds, ce phénomène se produit naturellement tous les étés depuis des milliers d'années. Par contre, d'autres lacs qui avaient l'habitude d'être bien oxygénés toute l'année, commencent à vivre ce phénomène plus souvent : le lac devient de plus en plus productif à cause des apports d'éléments nutritifs, de matières organiques et de sédiments, et les organismes utilisent tout l'oxygène disponible. L'être humain est habituellement le principal responsable de ce changement. Cela signifie que, même une fois les sources de phosphore contrôlées, il demeure possible que le lac se fournisse lui-même du phosphore pour plusieurs années ! À l'automne, les eaux profondes se mélangent naturellement aux eaux de surface et rendent le phosphore des couches d'eaux inférieures disponible pour toutes les algues et cyanobactéries. Ce phénomène pourrait contribuer à l'apparition fréquente de fleurs d'eau de cyanobactéries à cette époque de l'année.

2006 et 2007 : des années exceptionnelles ?

Le nombre de lacs où des fleurs d'eau de cyanobactéries ont été rapportées au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a atteint un nombre record en 2006 et en 2007 au Québec. L'intérêt porté par les médias a pu inciter plusieurs riverains à surveiller de plus près leur lac, leur permettre de déceler plus facilement des fleurs d'eau et à les signaler rapidement au MDDEP. Cette médiatisation a probablement contribué à surestimer les chiffres comparativement aux années précédentes. Il se pourrait aussi que les précipitations exceptionnellement élevées et intensives dans plusieurs régions du Québec à l'été 2006, notamment en Estrie, aient accentué le phénomène : plus il y a de lessivage et d'érosion des sols dans le bassin versant, plus il y a d'apport d'éléments nutritifs.

Quelques mythes concernant les cyanobactéries

Mythe 1 : Les fleurs d'eau de cyanobactéries sont un nouveau phénomène

Ce phénomène existe depuis longtemps. Certains lacs non perturbés (sans habitation sur les rives et sans activité humaine dans le bassin versant) peuvent subir des fleurs d'eau naturelles de cyanobactéries. Le phénomène est largement moins prononcé et moins récurrent que chez les lacs perturbés par l'activité humaine. Ce qui est « nouveau » c'est le nombre de lac rapporté aux autorités et l'intensité des fleurs d'eau (persistant parfois jusqu'à la formation de glace sur le lac).

Mythe 2 : Les cyanobactéries « infectent » les lacs, ou encore, les lacs « attrapent » des cyanobactéries

Les cyanobactéries ne sont pas une maladie ou une infection. Tel que décrit précédemment, elles vivent dans tous les environnements aquatiques de façon naturelle. Ce sont les conditions de l'environnement qui vont favoriser la multiplication excessive des cellules – dont certaines étant toxiques – déjà présentes sur place.

Mythe 3 : Il faut nettoyer les embarcations pour éviter de transférer les cyanobactéries d'un lac à l'autre

Les cyanobactéries responsables des récentes fleurs d'eau du Québec ne sont pas des espèces envahissantes; elles vivent déjà dans tous les lacs et rivières de façon naturelle. Le transfert de cellules de cyanobactéries d'un lac ou d'une rivière à l'autre ne changera rien à la situation. Ce n'est pas le cas des espèces envahissantes qui sont initialement absentes du milieu et qui sont apportées par des embarcations et du matériel non ou mal nettoyé (ex. : la moule zébrée, le myriophylle à épis et l'algue didymo).

Mythe 4 : Les fleurs d'eau de cyanobactéries se développent suite à un manque d'oxygène (anoxie) à la surface de l'eau

L'anoxie (absence d'oxygène) est presque impossible à la surface de l'eau puisque cette zone entretient un échange constant avec l'atmosphère et demeure en équilibre. L'anoxie n'est pas la cause des fleurs d'eau mais, par contre, les fleurs d'eau de cyanobactéries peuvent provoquer l'anoxie dans des eaux profondes et dans les sédiments, dû à l'augmentation des apports de matière organique vers le fond.

Mythe 5 : Oxygéner l'eau ou mélanger l'eau enrayer les cyanobactéries

Lorsque des appareils sont utilisés pour oxygéner les eaux profondes ou pour mélanger toute la colonne d'eau, le but est d'éviter le manque d'oxygène dans les zones profondes. En l'absence d'oxygène dans ce milieu, certains processus chimiques, impliquant des bactéries spécialisées, libéreront le phosphore contenu dans les sédiments. L'efficacité de l'oxygénation des eaux profondes ou du mélange mécanique de la colonne d'eau des lacs n'a pas encore été prouvée. Dans certains cas rares, l'utilisation d'un oxygénateur d'eaux profondes peut être bénéfique, mais les chercheurs du GRIL se rangent derrière l'avis émis par le MDDEP qui prévient des risques encourus en utilisant ce type d'appareil (pour plus de détails, visiter le <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eutrophi/aeration/>). Pour ce qui est de faire tourner les moteurs des bateaux pour aérer le lac, aucun effet devrait se faire sentir chez les cyanobactéries pour les mêmes raisons que dans le mythe précédent : les eaux de surfaces sont toujours bien oxygénées et le manque d'oxygène en surface ne cause pas les fleurs d'eau de cyanobactéries.

Mythe 6 : Le brassage de l'eau par les bateaux cause des fleurs d'eau de cyanobactéries

Le plus grand problème relié à l'utilisation des bateaux rapides sur les petits lacs est sans aucun doute l'érosion des berges (artificiellement dénudées) par l'action des vagues. Jusqu'à un certain point, les bandes riveraines de végétation peuvent limiter les dégâts. Au sein du GRIL, des chercheurs étudient actuellement l'action prolongée du vent dans des zones peu profondes de grands lacs (avec une grande distance pour l'emprise du vent). Par contre, dans les petits lacs très peu profonds, il demeure possible que l'action des bateaux mène à une remise en suspension des sédiments de fond, incluant du phosphore. Ce nouvel apport pourrait aggraver les fleurs d'eau de cyanobactéries.

Mythe 7 : La qualité de l'eau du lac dépend seulement de ce qui se passe sur ses rives

Ce mythe disparaît de plus en plus puisque les gens s'éveillent à l'environnement qui les entoure et à l'influence qu'a le bassin versant sur la qualité de l'eau d'un lac. Plusieurs associations de lacs, organismes de bassin versants (OBV) et conseils régionaux en environnement (CRE) sensibilisent les gens à l'impact des modifications de l'environnement en amont (vers la source) de leur lac, et au fait que leurs actions ont des répercussions en aval (en bas de l'exutoire) de leur lac.

Mythe 8 : Les pesticides (herbicides et insecticides) favorisent l'apparition de cyanobactéries

Précisons que les pesticides diffèrent des engrais. Les engrais contiennent des éléments nutritifs qui nourrissent les végétaux, alors que les pesticides éliminent les insectes nuisibles et enravent les herbacées et autres mauvaises herbes. Aucune étude scientifique prouve actuellement un lien quelconque entre les fleurs d'eau de cyanobactéries et l'épandage de pesticides.

Mythe 9 : Les engrais (ou fertilisants) « bio », « éco », « vert » et le compost ne contiennent pas de phosphore

Peu importe la mention écrite sur les produits, tout bon engrais qui se respecte contient généralement de fortes quantités d'azote, de phosphore et de potassium. Tel que mentionné plus haut, le phosphore est essentiel à la croissance des végétaux. Cependant, qu'ils soient « bio » ou non, l'utilisation de ces engrais aura inévitablement pour effet d'augmenter la charge de phosphore apportée aux lacs et cours d'eau.

Mythe 10 : Les pluies acides causent des fleurs d'eau de cyanobactéries

Selon l'état actuel des connaissances scientifiques, il n'y aurait pas de lien direct entre les pluies acides et les fleurs d'eau de cyanobactéries. Au contraire, les eaux alcalines (peu acides) tendent à favoriser les cyanobactéries. Par contre, de façon indirecte, les précipitations qui proviennent des centres urbains et des zones agricoles, contiennent des quantités importantes d'azote. L'azote en surplus est soupçonné de favoriser la dominance d'espèces de cyanobactéries toxiques, lorsque le phosphore est également présent en abondance.

Mythe 11 : Saler l'eau permet de se débarrasser des cyanobactéries

Fait à noter a priori : les cyanobactéries existent aussi naturellement en eaux salées et des épisodes de fleur d'eau toxique y sont connus depuis longtemps. Les espèces d'eaux salées diffèrent cependant des espèces d'eaux douces. La salaison des eaux d'un lac nuirait à tous les organismes qui y vivent et non seulement aux cyanobactéries.

Actions à prioriser

Près des rives d'un lac ou d'un cours d'eau

- S'assurer que les installations septiques soient conformes.
- Éviter l'épandage d'engrais à proximité du lac.
- Bannir l'utilisation de détergents phosphatés pour lave-vaisselle et de tout autre produit domestique contenant du phosphore.

- Éviter la construction d'entrées pavées et de terrassement imperméables. Favoriser les surfaces perméables.

- Bandes riveraines en milieu urbain ou de villégiature : Interdire la coupe des arbres en bordure des lacs pour avoir une meilleure vue sur le lac. Une vraie bande riveraine doit être rétablie sur les rives des lacs. La Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables suggère que la bande riveraine en milieu urbain ou de villégiature doit avoir une largeur entre 10 et 15 m selon la pente. Certaines municipalités et MRC ont intégré cette politique dans leurs règlements municipaux; cependant, dans de nombreux cas, aucune bande riveraine n'est respectée. Des arbres ou arbustes habituellement trouvés sur le bord des cours d'eau québécois peuvent être plantés pour accélérer le processus, mais le simple laisser-aller de la pelouse permettra à la nature de prendre le dessus par elle-même et, cela, à moindre coût (à condition de laisser les nouveaux venus pousser sans les couper!).

- Bandes riveraines en milieu agricole : Les bandes riveraines sont impératives en bordure de tout plan d'eau, mais leur vertu purificatrice est actuellement très limitée en milieu agricole. Selon la réglementation actuelle, la bande riveraine en milieu agricole doit avoir une largeur de 3 m autour des lacs et des cours d'eau et de 1 m le long des fossés. Cette largeur est souvent insuffisante, notamment dans les parcelles cultivées en pente et dans les zones ravinées et, en particulier, lors de la fonte des neiges où de grandes quantités de sols peuvent ruisseler au travers de la bande riveraine encore en dormance. Les bandes riveraines devraient donc être élargies dans les secteurs sensibles à l'érosion. À moyen terme, il faudra tendre vers une gestion du territoire axée sur l'agroforesterie. Ce type de gestion assure un équilibre entre les activités agricoles et le couvert forestier. Seule l'agroforesterie permettra de limiter suffisamment les apports en phosphore et de respecter la capacité de support des écosystèmes aquatiques d'un bassin versant.

Dans le bassin versant d'un lac ou d'un cours d'eau

- Mettre à niveau les usines municipales de traitement des eaux usées tout en assurant la séparation des égouts sanitaires et des égouts pluviaux.

- Le bilan de phosphore de chacune des fermes d'un bassin versant devrait respecter la capacité de support des écosystèmes récepteurs (lacs et rivières en aval), et non seulement la capacité de support des sols.

- Au niveau local ou régional, les permis municipaux et les certificats d'autorisation du MDDEP octroyés pour les productions animales devraient être revus afin de tenir compte davantage de la capacité de support des écosystèmes aquatiques. Les effets cumulés de l'ensemble des charges en nutriments d'un bassin versant devraient être pris en compte. Selon une étude réalisée par le MDDEP en 2005, 83% des cours d'eau agricoles (>20% du territoire consacré à l'agriculture) auraient déjà dépassé le critère d'eutrophisation. De plus, selon les calculs réalisés par le MDDEP, on devrait tendre à ne pas consacrer plus de 5% de la superficie totale d'un bassin versant aux cultures à grands et étroits interlignes (ex. : maïs, céréales). Il sera difficile de parvenir à un contrôle de la croissance des cyanobactéries dans les bassins versants agricoles si l'aménagement du territoire, notamment en ce qui concerne les productions animales et les cultures, ne tient pas compte des limites reliées à la capacité de support des écosystèmes aquatiques.

Conclusions

Ces quelques pages font un survol rapide de la situation, selon l'état actuel des connaissances scientifiques. Les actions à prendre peuvent paraître exigeantes pour certains, mais les résultats à long terme compenseront amplement les efforts investis. Il faut rectifier nos modes de gestion du territoire avant qu'il ne soit réellement trop tard, si ce n'est pas déjà le cas dans quelques bassins versants. Il faudrait également envisager un programme gouvernemental permanent de surveillance des lacs qui pourrait permettre de suivre et de véritablement chiffrer l'accroissement des fleurs d'eau de cyanobactéries.

Il n'existe pas de solution miracle à la dégradation des eaux de surface. Quels que soient les produits ou appareils proposés sur le marché, le retour à de meilleures conditions ne se fera qu'en arrêtant le phosphore à sa source. De la même façon, l'établissement de bandes riveraines apportera des améliorations, mais les effets seront limités si les sources de phosphore persistent ou augmentent.

Nous espérons que ce document saura répondre à certaines de vos interrogations et peut-être en faire surgir de nouvelles. Le GRIL mène des recherches pour mieux comprendre nos lacs et rivières et les organismes qui y vivent. Nous vivons tous dans le bassin versant d'un lac ou d'une rivière et, pour une majeure partie du sud du Québec, dans le bassin versant du fleuve Saint-Laurent. C'est donc à chacun d'entre nous de poser les actions nécessaires à la préservation de nos écosystèmes aquatiques.