

Causes du développement des blooms de cyanobactéries nuisibles dans les Laurentides et en Estrie

Équipe de recherche

CARIGNAN, Richard, Université de Montréal

Cattaneo, Antonia, Université de Montréal

Planas, Dolores, Université du Québec à Montréal

Étudiants

Cabal-Gomez Paola, candidate à la maîtrise, Université du Québec à Montréal

Grene, Mélissa candidate à la maîtrise, Université de Montréal

Hrivnakova, Zuzana, candidate à la maîtrise, Université du Québec à Montréal

Oberhaus, Laura, stagiaire postdoctorale, Université de Montréal

Résultats au 1^{er} décembre 2011

Lors du dépôt de notre proposition et suite à notre rapport d'avancement (décembre 2009), nous avons formulé les objectifs suivants :

- 1- Identifier les variables reliées à la concentration de P dans les lacs des Laurentides.
- 2- Confirmer l'existence et quantifier le principal mécanisme responsable de l'apparition de sédiments littoraux riches en PO₄-P dans les lacs habités des Laurentides et de l'Estrie; en particulier, vérifier si les installations septiques peuvent causer l'exfiltration de PO₄-P jusqu'à l'interface eau-sédiment dans la zone littorale des lacs de villégiature.
- 3- Vérifier si la présence d'eaux porales riches en PO₄-P correspond à la présence de biomasses élevées en périphyton et à la présence de foyers de développement de cyanobactéries nuisibles pouvant éventuellement migrer dans la zone pélagique.
- 4- En Estrie, quantifier l'importance relative des apports externes et internes de P, ainsi que leurs rapports N:P; quantifier la distribution verticale des fleurs d'eau en fonction des apports internes et externes (exportation du P des terres agricoles) et de la stabilité de la colonne d'eau.
- 5- Caractériser le développement des *blooms* localisés ou généralisés de cyanobactéries potentiellement toxiques dans les lacs des Laurentides et de l'Estrie; en particulier, en préciser l'origine littorale ou métalimnétique.

Relations entre le P épilimnétique des lacs et leurs propriétés diverses (morphométrie, bassin versant, occupation humaine).

Le P total mesuré en été dans les lacs des Laurentides (et de développement des cyanobactéries) est-il relié au développement humain dans les bassins versants ? Nous avons exploré cette question en colligeant un total de 4 700 mesures de PT acquises entre 1999 et 2009 dans 134 lacs des Laurentides dont 53 sont des lacs de tête (ordre hydrologique = 1). Parallèlement, nous avons entrepris la cartographie précise de la majorité des cuvettes lacustres. Une trentaine de propriétés relatives à la forme de la cuvette lacustre, à la morphométrie et l'hydrologie des bassins versants, au degré d'occupation humaine furent quantifiées. L'analyse de ces données en régression multiple explique environ 90% de la variance des concentrations (3 à 25 µg/L) et suggère que la concentration estivale en PT dépend essentiellement de la morphométrie de la cuvette (profondeur moyenne, degré de contact de l'épilimnion avec les sédiments) et la superficie des milieux humides dans le bassin versant. Pour les lacs de 1^{er} ordre, les autres propriétés significatives telles le temps de séjour de l'eau et l'occupation humaine ne jouent qu'un rôle très mineur (environ 1-2 % de la variance expliquée). En d'autres termes, le développement en villégiature des lacs des Laurentides n'a qu'une très faible incidence sur la concentration épilimnétique du phosphore (et sur l'abondance des cyanobactéries). Ce projet sera complété en 2012 en collaboration avec le MDDEP (Daniel Blais).

Présence des blooms de cyanobactéries dans les Laurentides

Depuis le début de nos travaux en 2008, nous n'avons observé que très peu de manifestations de *blooms*, même localisés, de cyanobactéries nuisibles et ce, même dans les lacs les plus habités des Laurentides. Parmi les lacs visités, seuls les lacs Beaulac (en 2008 seulement) et Bleu (en 2009 seulement) ont montré, très tard à l'automne, des petites accumulations locales et éphémères de cyanobactéries appartenant aux genres *Anabaena* et *Microcystis*. De surcroît, des accumulations semblables ont été observées en 2009 dans des lacs non habités (Monroe, des Sables) ayant des concentrations très faibles en P au Parc national du Mont-Tremblant. Ces observations mettent en doute l'existence d'un problème particulier de cyanobactéries dans la région des Laurentides sauf dans les petits étangs peu profonds et dans les retenues de

castor où le recyclage du P des sédiments vers l'eau est favorisé et où les concentrations en P sont naturellement élevées. Cependant, nous avons observé une relation claire entre le degré d'habitation des lacs et la quantité de macrophytes présents dans la zone littorale.

Chimie des eaux porales dans le littoral des lacs vierges et des lacs densément peuplés

Depuis juin 2008, nous avons caractérisé la composition chimique (PO₄-P et NH₄-N) des eaux porales (interstitielles) des 7-8 premiers centimètres des sédiments entre les mois de juin et octobre à plusieurs stations littorales (profondeur : 50-300 cm) localisées dans des lacs vierges ou densément peuplés dans les Laurentides (Beaulac, Bélair, Bleu, Croche, Denis, Guindon, Triton, Sainte-Adèle et Violon) et en Estrie (Monjoie, Bromont). Lors de ces travaux, environ 600 profils verticaux ont été réalisés (6 000 échantillons d'eau porale dosés pour le PO₄-P et le NH₄-N). Dans les Laurentides, l'échantillonnage des eaux porales dans la zone littorale de lacs contrastés nous permet d'établir certaines tendances générales :

- Le PO₄-P est systématiquement indétectable (< 2 µg/L) dans les eaux porales des lacs vierges et très peu habités (Croche, Denis, Violon, Triton), même si ces dernières sont anoxiques.
- Dans les lacs très habités, ces concentrations dépassent très souvent 10 µg/L (40% des cas), 100 µg/L (10% des cas) et 1000 µg/L (1% des cas).
- Après trois années d'observations, nous n'avons trouvé que quelques sites où la concentration en P en en N était symptomatique d'une exfiltration de nutriments issus d'installations septiques. Ces sites étaient généralement occupés par d'importantes biomasses de macrophytes (*Elodea*), macroalgues (*Nitella*) et d'algues filamenteuses vertes (*Mougeotia*, *Spirogyra*).

Chimie des sédiments associés

La quantité de P mesurée dans la phase solide des sédiments superficiels est corrélée significativement aux concentrations de PO₄-P mesurées dans les eaux porales aux mêmes sites. De plus, les concentrations superficielles en chlorophylle, en carbone, azote et phosphore augmentent avec l'épaisseur des sédiments meubles.

Trappes à cyanobactéries

Dans le but de vérifier l'hypothèse selon laquelle les cyanobactéries nuisibles peuvent apparaître dans les lacs dont la colonne d'eau est très pauvre en nutriments, mais dont les eaux porales sont enrichies en PO₄-P (lacs Beaulac, Bleu, Guindon), nous avons testé dans les Laurentides en 2008 et 2009 deux modèles de trappes à cyanobactéries proposés dans la littérature. Ces engins étaient déployés aux mêmes sites mêmes que ceux choisis pour les eaux porales dans le but de vérifier si les sites où les concentrations en P étaient élevées dans les eaux porales superficielles correspondaient à des sites de production benthique et de migration verticale de cyanobactéries. En parallèle, des contrôles étaient déployés au dessus de surfaces inertes. Brièvement, nous avons trouvé que :

- Les trappes à cyanobactéries constituées d'entonnoirs inversés déployés quelques centimètres au dessus de l'interface eau-sédiment reflètent les cyanobactéries déjà présentes dans la colonne d'eau et ne capturent pas la production benthique locale.
- Les trappes déployées directement à la surface des sédiments riches en PO₄-P ne permettent pas de mettre en évidence une migration verticale et un recrutement benthique local de cyanobactéries formant des *blooms* à la surface.

De ces observations, nous concluons provisoirement que si l'hypothèse selon laquelle les *blooms* cyanobactéries nuisibles observés dans certains lacs oligotrophes se développent dans des micro-zones riches en nutriments est correcte, il est peu probable que ces zones correspondent à des eaux porales affectées par l'exfiltration littorale d'installations septiques tel que nous l'avions initialement proposé.

Chimie de la colonne d'eau et distribution verticale des cyanobactéries

En 2008 et 2009, les concentrations de P total, N total, NH₄-N et NO₃-N ainsi que la composition du phytoplancton (Fluoroprobe BBE) ont été systématiquement suivies dans les mêmes lacs vierges ou densément peuplés des Laurentides et de l'Estrie. Les résultats confirment que dans les Laurentides 1- des *blooms* très localisés de cyanobactéries apparaissent tard en automne dans les lacs densément peuplés mais pauvres en P total (< 6 µg/L), et 2- que ces *blooms* ne proviennent pas du métalimnion, tel qu'observé dans le lac Bromont en Estrie. Enfin, nous avons observé que certaines propriétés chimiques de la colonne d'eau, dont le phosphore total ne dépendent que très peu du degré de développement humain de la ceinture littorale ou du bassin versant ; ainsi, la concentration moyenne en PT observée dans les lacs très développés des Laurentides (6,5 µg/L) ne diffère que très peu de celle trouvée (5,5 µg/L) dans les lacs vierges.

Importance des macrophytes submergés et de la sédimentation dans la zone littorale des lacs très habités

Une cartographie sommaire de l'abondance des macrophytes (plantes aquatiques) submergés révèle que les macrophytes est les communautés épiphytiques associées sont beaucoup plus abondants dans les lacs densément habités (Beaulac, Bleu, Sainte-Adèle) que dans les lacs vierges (Croche, Denis, Violon). Un carottage des sédiments littoraux (pour datation au Pb-210) montre aussi que les sédiments récents s'accumulent beaucoup très rapidement dans la zone littorale des lacs densément peuplés en raison d'effet d'amortissement de la turbulence par les macrophytes. Ces observations suggèrent que l'eutrophisation des lacs densément habités des Laurentides ne procède pas selon les modèles classiques d'augmentation graduelle du P total dans la colonne d'eau, mais débute plutôt par un enrichissement marqué des communautés littorales et une accélération de la sédimentation dans les zones colonisées par les macrophytes. De plus, lors de leur décomposition partielle survenant à partir de la mi-juillet, les macrophytes pourraient libérer du PO₄-P, créant ainsi, à la surface des feuilles, une multitude de micro-sites favorables au développement des cyanobactéries coloniales. Selon cette hypothèse, le développement des cyanobactéries dans les lacs densément habités mais dont la colonne d'eau possède encore un caractère oligotrophe ne serait pas localisé dans quelques sites sédimentaires riches en PO₄-P, mais surviendrait de façon diffuse dans l'ensemble de la zone littorale, là où les macrophytes sont présents en abondance.