



CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Conséquences des changements climatiques sur le comportement et la prolifération des cyanobactéries au Québec

Résumé

CONTEXTE

Cette étude, réalisée dans le cadre du Programme Santé du consortium Ouranos et coordonnée par l'Institut national de santé publique du Québec, s'inscrit dans le volet « Qualité de l'eau ». Elle a été financée par le consortium Ouranos ainsi que par le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.

INTRODUCTION ET RAPPEL HISTORIQUE

Les cyanobactéries¹ sont des bactéries qui ont la capacité de faire de la photosynthèse, possédant de la chlorophylle et certains autres pigments comme la phycocyanine. Elles croissent donc en bonne partie à la manière des algues et des végétaux, par adsorption de l'énergie lumineuse et par l'utilisation de substances nutritives inorganiques, comme l'azote et le phosphore. C'est pour cela que, malgré leur appartenance au groupe des bactéries, on les traite plutôt comme étant une composante naturelle du phytoplancton, lequel regroupe les organismes microscopiques aquatiques qui font de la photosynthèse. Apparues il y a plus de deux milliards d'années, les cyanobactéries ont été intimement associées au développement de la vie sur la Terre puisqu'elles ont notamment contribué à enrichir l'atmosphère en oxygène.

Les cyanobactéries synthétisent plusieurs groupes de composés, en particulier des substances malodorantes comme les géosmines et le 2-méthyl-isobornéol, mais aussi des toxines appelées cyanotoxines dont certaines sont importantes au regard de la santé. Les cyanotoxines comprennent essentiellement des neurotoxines (agissant sur le système nerveux), des hépatotoxines, particulièrement les microcystines (dont l'action toxique se manifeste surtout dans le foie) ainsi que des dermatotoxines. Ces dernières sont le plus souvent constituées de lipopolysaccharides qui sont des molécules complexes intégrées à la paroi cellulaire des cyanobactéries. Les effets potentiels des dermatotoxines se traduisent sous forme de dermatites (rougeurs de la peau) ou de gastroentérites, si elles sont ingérées. Toutes les cyanobactéries ne produisent cependant pas de cyanotoxines nocives pour les mammifères; quelques dizaines d'espèces, sur les 2000 connues, ont cette capacité.

Une croissance trop importante des cyanobactéries, dans certaines conditions, donne naissance à des proliférations aussi appelées fleurs d'eau (« blooms » en anglais). Ce phénomène est associé à une forte densité de cellules, habituellement de l'ordre de 20 000 à 100 000 cyanobactéries par millilitre, mais pouvant aller jusqu'à un ou deux millions de cellules par millilitre; une prolifération est souvent dominée par quelques espèces. Dans certaines conditions, comme en absence de vent, les cyanobactéries peuvent se concentrer à la surface de l'eau ou dans les premiers centimètres, engendrant ainsi un phénomène appelé « écume ». Le problème environnemental découlant de la présence des cyanobactéries résulte donc de la présence récurrente des proliférations.

Outre les substances nutritives, comme l'azote et le phosphore, qui sont essentielles à leur croissance, le développement des cyanobactéries est modulé par divers facteurs physicochimiques comme l'intensité lumineuse, la température ainsi que des facteurs biologiques comme le broutage par le zooplancton². Les changements climatiques pourraient par ailleurs influencer sur des facteurs environnementaux, lesquels peuvent modifier la température, mais aussi la pluviométrie, le niveau d'eau des lacs et des rivières et l'évaporation, pour n'en citer que quelques-uns. Il n'existe pas de données québécoises quant au comportement possible des cyanobactéries dans un contexte de changements climatiques appréhendés. Cette fiche-synthèse résume une étude dont le but est de faire le point sur l'état des connaissances actuelles en cette matière.

¹ Les cyanobactéries sont aussi appelées algues bleu-vert ou algues bleues; expressions cependant moins utilisées depuis quelques années.

² Le zooplancton est constitué de petits organismes microscopiques, qui se nourrit notamment du plancton végétal (le phytoplancton).

MÉTHODOLOGIE

La première partie de l'étude a consisté à effectuer une brève revue de la littérature quant aux effets des diverses conditions climatiques sur l'écophysologie des cyanobactéries.

Dans une étape subséquente, une modélisation de l'interaction entre divers facteurs abiotiques, biotiques et le comportement des cyanobactéries a été réalisée de manière à :

- évaluer l'importance des conditions physiques et hydrologiques sur la dynamique des cyanobactéries;
- inclure le comportement des cyanobactéries dans des modèles climatiques utilisés pour prédire les changements à venir au Québec.

RÉSULTATS

Effets des conditions climatiques sur le comportement des cyanobactéries

L'une des conditions physiques pouvant influencer le comportement du phytoplancton et des cyanobactéries est la profondeur à laquelle l'eau d'un lac subit une transition thermique, zone appelée thermocline. Au-dessus (vers la surface) se situe l'épilimnion, qui correspond à une zone d'eau plus chaude en mouvement constant (brassage par le vent) alors qu'en dessous (vers le fond), c'est l'hypolimnion, une zone d'eau plus froide et plus dense, sans mélange, devenant parfois anoxique (sans oxygène). La thermocline constitue donc une barrière invisible qui délimite la masse d'eau plus près de la surface qui se réchauffe graduellement au cours de l'été, de celle en profondeur où l'eau se trouve relativement froide durant toute l'année. La thermocline empêche le transport des substances nutritives entre les deux zones, en particulier celui du phosphore qui s'accumule préférentiellement dans les sédiments du fond.

Dans les régions nordiques tempérées froides (conditions climatiques du Québec), la thermocline est inversée en hiver, car l'eau la plus froide est près de la surface. La thermocline d'été s'établit graduellement à la fin du printemps, lors du réchauffement de l'eau en surface; les lacs peu profonds n'ont habituellement pas de thermocline, l'eau étant constamment mélangée jusqu'au fond. Les lacs qui ont une thermocline sont dits stratifiés. Ceux où l'eau se mélange régulièrement sont appelés polymictiques alors que les lacs stratifiés se mélangeant rarement sont qualifiés de monomictiques (un seul mélange, habituellement hivernal) ou dimictiques (mélange au printemps et à l'automne).

La revue de la littérature révèle qu'une augmentation de la température de l'air entraînera celle de l'eau, ce qui se traduira par une stratification plus précoce au printemps (l'eau de surface se réchauffant plus rapidement), favorisant un réchauffement plus important de l'épilimnion; une règle empirique indique qu'une augmentation de 1 °C de la température de l'eau entraîne un devancement d'une semaine de la stratification d'un lac³. Globalement, une augmentation de la température à long terme favoriserait donc une croissance accrue des cyanobactéries. Une autre conséquence du réchauffement de l'eau pourrait être l'établissement d'une thermocline plus profonde ou inexistante (la chaleur diffusant jusqu'au fond d'un lac peu profond, par exemple), de sorte que des lacs actuellement stratifiés deviendraient mélangés durant toute la saison estivale. Dans ce contexte, les éléments nutritifs présents dans les sédiments habituellement inaccessibles aux organismes photosynthétiques en surface à cause de la thermocline, le deviendraient. Les proliférations de cyanobactéries pourraient donc également être favorisées. Les proliférations impliquent généralement les genres de cyanobactéries productrices de cyanotoxines, telle que *Anabaena* et *Microcystis*. Des auteurs ont rapporté que l'importante vague de chaleur survenue en Europe durant l'été 2003 aurait favorisé une importante croissance de *Microcystis*.

³ L'augmentation de la température de l'eau ne suit pas proportionnellement celle de l'air. De plus, une telle situation n'est pas spécifiquement liée aux changements climatiques puisqu'elle peut varier grandement d'une année à l'autre.

Une diminution de la durée de la couverture de glace des lacs des régions tempérées a été observée lors d'hivers plus doux au lac Champlain (nord du Vermont et sud-ouest du Québec), où les données historiques (datant de 1860) montrent que le lac gèle maintenant entre onze et vingt-huit jours plus tard qu'il y a cent ans. De plus, aucune couverture de glace substantielle n'a été observée sur la portion centrale du lac pendant cinq des dix dernières années. Une telle situation devient susceptible de favoriser un réchauffement plus hâtif au printemps.

Une autre conséquence potentielle des changements climatiques est la modification du cycle hydrologique à la suite de la réduction ou de l'augmentation des précipitations ainsi que de l'évaporation. Une augmentation du volume des précipitations ou de leur intensité (pluies fortes et orages) peut favoriser le lessivage des substances nutritives présentes dans le sol pour les entraîner vers les cours d'eau et les lacs. Par ailleurs, des conditions particulières, comme une température plus élevée en hiver peut favoriser la minéralisation de l'azote organique⁴ le rendant ainsi assimilable par les cyanobactéries et les autres organismes photosynthétiques. L'incertitude demeure cependant grande quant à ces simulations, les modèles climatiques ne montrant pas une tendance précise en matière de précipitations, notamment durant l'été au Québec méridional.

Quelques études ont permis de faire un lien entre un réchauffement printanier hâtif et l'augmentation du phytoplancton dans certains lacs du sud du Québec. En Suède, ce sont les cyanobactéries et certaines algues microscopiques qui ont été favorisées par un tel réchauffement. L'allongement de la saison de croissance serait par ailleurs favorable à certaines cyanobactéries d'origine tropicale, comme *Cylindrospermopsis*, laquelle produit une cyanotoxine particulière (la cylindrospermopsine) et qui a été récemment localisée dans le bassin des Grands Lacs, au sud de l'Ontario, ainsi que dans quelques pays européens.

Modélisation de l'interaction entre les conditions climatiques et le comportement des cyanobactéries

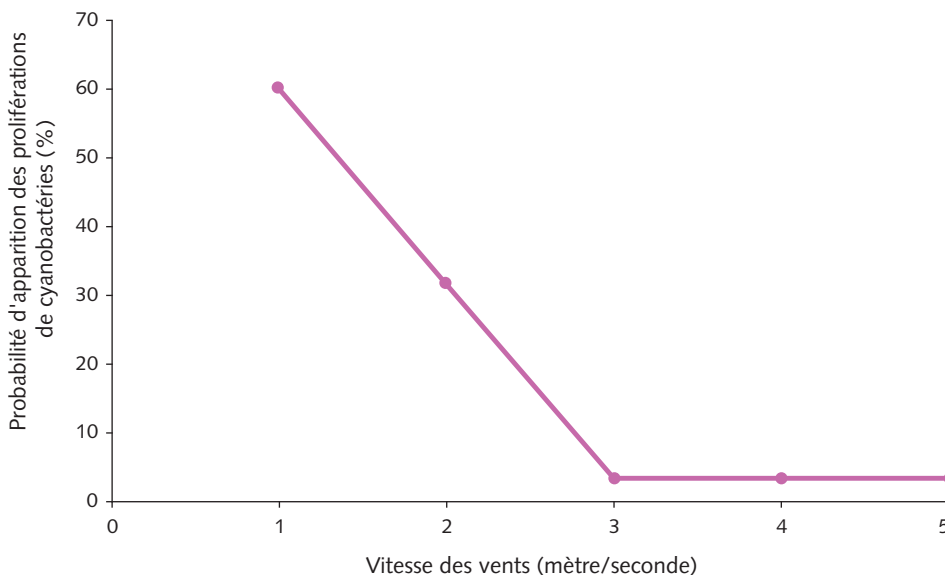
Le comportement des cyanobactéries est fortement influencé par la structure physique des plans d'eau à cause de la présence ou de l'absence de la thermocline, pour les raisons déjà mentionnées. En été, dans un lac stratifié, avec un épilimnion riche en lumière et pauvre en nutriment ainsi qu'un hypolimnion sans lumière, mais riche en nutriment, il n'y a pas de croissance optimale puisque les ressources essentielles (nutriments et lumière) se retrouvent séparées. Cependant, selon leurs caractéristiques, les cyanobactéries préfèrent un lac avec ou sans thermocline. Ainsi, certaines espèces tolèrent de basses intensités lumineuses ou des concentrations en éléments nutritifs faibles et peuvent donc croître dans des conditions défavorables *a priori*. Par exemple, le genre *Planktothrix* forme des amas importants en eau profonde sous la thermocline; on ne détecte pas ces cyanobactéries jusqu'à ce qu'un événement météorologique provoque un brassage, pouvant engendrer la formation d'une fleur d'eau à la surface. Les cyanobactéries ont un taux de croissance assez lent, qui est cependant favorisé par des températures élevées; plusieurs espèces produisant des toxines présentent un taux maximal de croissance à 26 °C.

Un autre facteur à évaluer est le « fetch », qui se définit comme la distance sur plan d'eau où souffle le vent sans rencontrer d'obstacle, cet effet s'accroissant avec la distance. Alors que les éléments nutritifs influent sur la biomasse totale des cyanobactéries, la structure physique d'un plan d'eau (température de l'eau, présence ou non d'une thermocline, etc.) et des facteurs, comme le « fetch », influent sur leur distribution et leur répartition horizontale et verticale. Les cyanobactéries peuvent effectivement être réparties dans toute la colonne d'eau (sur plusieurs mètres de profondeur) ou s'accumuler à la surface. Cette dernière accumulation (prolifération de surface) apparaît de façon brusque, généralement lors d'une période de vent faible précédée d'une période de brassage de l'eau. Un vent faible est en effet essentiel pour maintenir une fleur d'eau à la surface, alors qu'un vent fort favorise le ravitaillement en éléments nutritifs. La figure 1 montre la probabilité d'apparition d'une prolifération de surface en fonction de la vitesse des vents.

⁴ L'azote organique, présent dans la matière vivante en décomposition, n'est pas assimilable par les organismes photosynthétiques et autotrophes. Sous l'effet de diverses bactéries, cet azote se minéralise, notamment sous forme de composés contenant des nitrates, lesquels sont directement assimilables.

FIGURE 1

Probabilité d'apparition d'une prolifération de cyanobactéries en surface en fonction de la vitesse des vents



Facteurs associés aux changements climatiques pouvant modifier le comportement des cyanobactéries

À partir de diverses données de base sur le comportement et l'écophysiologie des cyanobactéries ainsi que des simulations climatiques développées par le consortium Ouranos (Montréal, Canada), divers paramètres environnementaux ont été modélisés pour quatre régions du Québec afin d'évaluer les répercussions sur la croissance des cyanobactéries.

a) Rayonnement solaire

Les radiations solaires moyennes annuelles ont été prises en compte pour les mois de mai, juin, juillet et août. L'analyse des données issues de la modélisation montre que la moyenne annuelle des radiations solaires ne changera pas avec le temps et, conséquemment, aucun impact n'est à prévoir découlant de l'intensité de la radiation solaire à la surface de l'eau.

b) Température de l'air et de l'eau

La température de l'air n'agit pas directement sur la structure physique d'un plan d'eau, mais elle module la température de l'eau, beaucoup de processus géochimiques et biologiques y étant liés. Les températures de l'air prévues au cours des prochaines décennies ont été moyennées pour les régions étudiées, ce qui a mis en évidence un accroissement durant tous les mois de l'année, une augmentation plus importante étant cependant prévue en hiver de même qu'en juillet et août. De manière à évaluer plus précisément l'effet de l'augmentation de la température de l'air, un lac situé dans la région administrative de l'Estrie (lac Bromont) a été utilisé comme modèle spécifique, étant donné qu'il est le site d'importantes proliférations depuis au moins deux décennies. La modélisation montre qu'avec les changements climatiques prévisibles, la température à la surface de l'eau et celle de l'épilimnion se réchaufferaient probablement plus vite que celle de l'hypolimnion, accentuant ainsi le gradient de température entre la surface et le fond, surtout dans les lacs stratifiés. Par ailleurs, avec une augmentation de la température de l'air durant les mois les plus froids, la formation et l'épaisseur de la glace seront réduites. La glace pourrait être moins opaque permettant notamment la photosynthèse. Des séries de données historiques sur le lac Champlain (dont la portion nord se situe dans les limites territoriales du Québec) révèlent déjà une réduction de l'englacement, comme indiqué précédemment.

c) Température de l'eau et minéralisation du phosphore

Dans le milieu aquatique, le phosphore provient de deux sources principales : les apports provenant du milieu terrestre (exogènes, d'origine naturelle ou anthropique) ou ceux issus des sédiments de fonds des lacs et des cours d'eau. L'apport exogène se fait au gré de l'érosion provoquée par la pluie ou lors de la fonte de la neige (dans ce dernier cas, par le phosphore accumulé durant les mois d'hiver). Durant l'été, le relargage du phosphore minéralisé dans les sédiments peut être une source non négligeable pour les cyanobactéries, surtout dans les lacs polymictiques ainsi que dans les lacs stratifiés si le vent favorise sa remontée vers la surface. Puisque la minéralisation du phosphore (phénomène engendré par l'activité bactérienne) devient plus importante avec une augmentation de la température, un accroissement de cette dernière se traduirait probablement par une concentration accrue de phosphore minéral disponible à la croissance des cyanobactéries dans les lacs de tous les types.

d) Vent et rafales

Le vent peut avoir un effet notable sur l'apparition des proliférations, comme déjà mentionné. Un recensement des données mensuelles des rafales de vent au Canada a cependant démontré une diminution globale de la vitesse des vents de 1960 à 2007, particulièrement dans le sud-ouest du Québec. Une projection de ces données indique conséquemment une tendance à la baisse au cours des prochaines décennies. Cela pourrait favoriser l'apparition des floraisons de surface (vent calme), mais réduirait aussi l'apport en substances nutritives provenant des sédiments ou des couches profondes d'eau (moins de brassage de l'eau). L'effet global de ce facteur est donc imprévisible et difficile à prendre en compte dans une modélisation.

e) Intensité et saisonnalité des précipitations

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC - IPCC en anglais) une augmentation de l'intensité des précipitations est prévisible en cas de changements climatiques. Les précipitations seront un facteur à prendre en compte pour évaluer la dynamique future des cyanobactéries. En effet, l'intensification des précipitations et l'amplification subséquente du ruissellement de surface pourront surtout favoriser l'érosion, ce qui augmenterait les apports en substances nutritives. De plus, le volume des précipitations peut avoir un rôle dans les apports en phosphore (voir figure 2).

f) Longueur de la saison de croissance

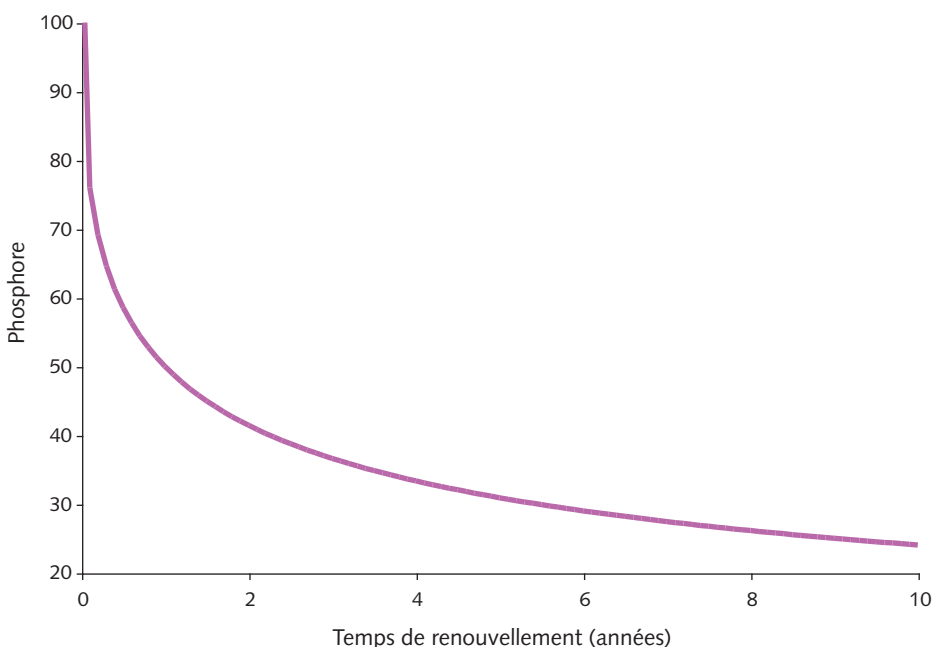
L'allongement de la saison de croissance dans les pays à climat tempéré ou nordiques est une conséquence possible des changements climatiques. Lorsque l'eau demeure froide plus longtemps, la croissance printanière du phytoplancton est retardée, alors que l'inverse est observé dans le cas d'un réchauffement printanier plus hâtif. Ainsi, les lacs des régions chaudes, comme ceux de la Floride, contiennent en moyenne plus de biomasses de cyanobactéries par unité de substances nutritives que ceux des régions nordiques, confirmant ainsi le rôle de la température dans la croissance de ces microorganismes.

Changements climatiques et apports en phosphore

La quantité de phosphore disponible dans un environnement aquatique pour la croissance des organismes photosynthétiques est habituellement proportionnelle à la concentration de cet élément dans l'eau affluente de cet environnement. Ainsi, plus le temps de renouvellement de la masse d'eau est long (donc, moins d'eau affluente potentiellement chargée en éléments nutritifs), plus la concentration de phosphore est faible (figure 2). Dans un tel contexte, plus il y a de précipitations sur une base annuelle, plus il y a un risque d'accroissement d'apport en phosphore, provenant de l'érosion du sol ou de sources anthropiques (rejets agricoles et municipaux directement dans un lac ou dans des cours d'eau servant d'affluents).

FIGURE 2

Rapport entre la concentration de phosphore dans un lac et le temps de renouvellement de l'eau de ce lac (en années)



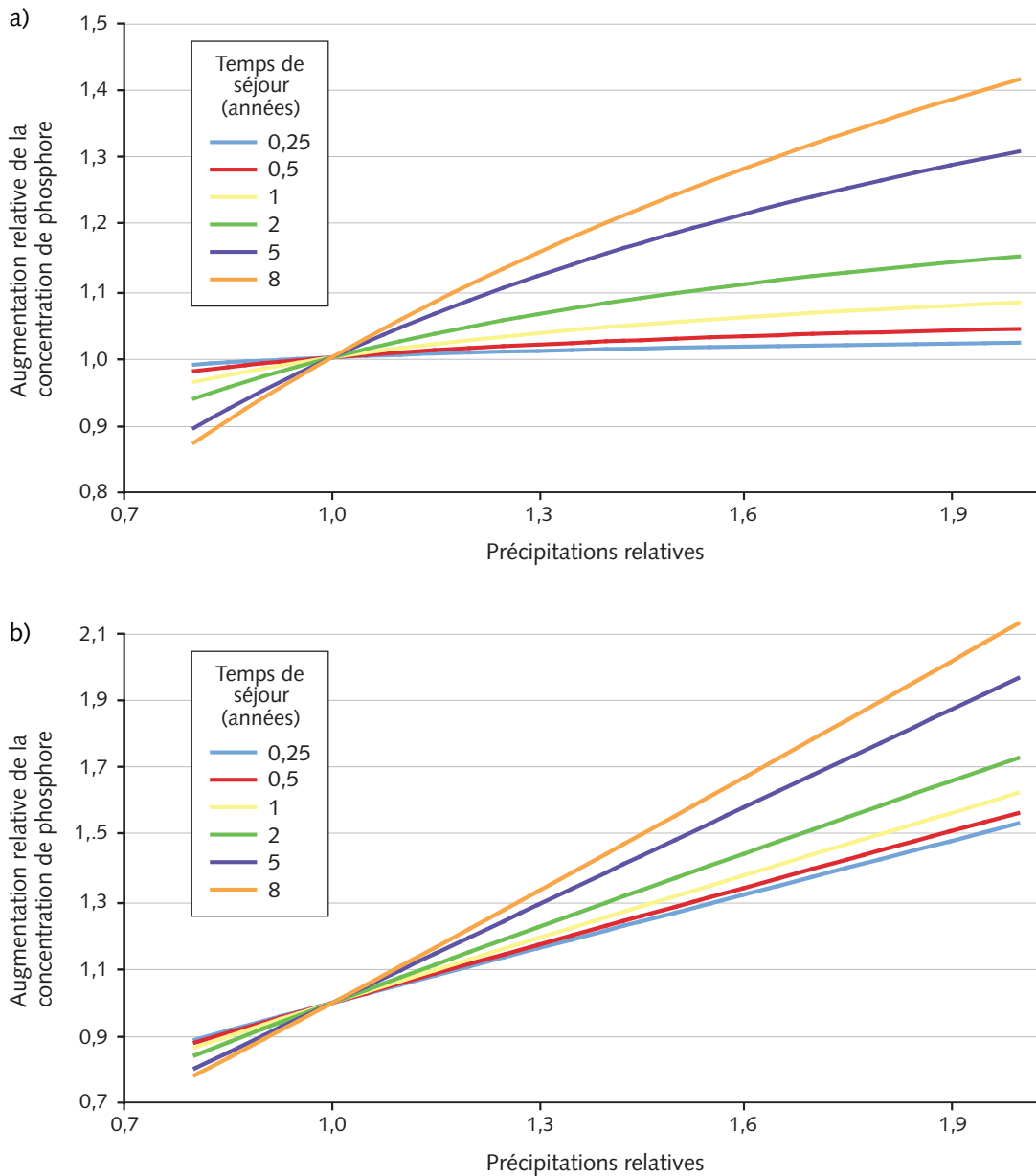
En termes de bilan massique, la concentration en phosphore dans un plan d'eau dépend essentiellement de deux facteurs :

- 1) la charge externe; et
- 2) la rétention nette par la sédimentation.

Les augmentations prévisibles des précipitations auront vraisemblablement des effets convergents sur ces deux facteurs. D'une part, il pourrait y avoir une augmentation de l'apport en phosphore par le lessivage des sols et, d'autre part, un apport d'eau plus important (dans l'hypothèse d'un accroissement du volume des précipitations) aurait comme résultat de réduire le temps de renouvellement de la masse d'eau (diminution du temps de séjour), entraînant ainsi une augmentation de la concentration en phosphore (voir figure 2). La projection théorique de l'influence d'une augmentation des précipitations sur les concentrations en phosphore est montrée à la figure 3, en fonction de deux scénarios. Le scénario « a » est basé sur la supposition que la charge en phosphore est strictement proportionnelle aux apports hydriques (teneur en phosphore constante par unité de masse d'eau apportée) alors que le scénario « b » s'appuie sur le fait que la charge en phosphore diminuera dans le futur (la supposition est à l'effet que les nouveaux apports de phosphore seront réduits à 50 % de la charge actuelle, par unité de masse d'eau), les précipitations dans un climat à venir apportant moins de cet élément pour diverses raisons (comme une réduction de la charge anthropique globale à la suite de la mise en œuvre de diverses interventions de lutte à la pollution). Le scénario « a » montre que les lacs à long temps de séjour seraient surtout affectés alors que le scénario « b » indique un effet plus constant, sans égard au temps de renouvellement de la masse d'eau. Dans les deux cas, la modélisation prévoit cependant une augmentation de la charge globale en phosphore.

FIGURE 3

Augmentation théorique possible des concentrations en phosphore dans l'eau en fonction de l'augmentation relative des précipitations selon deux scénarios



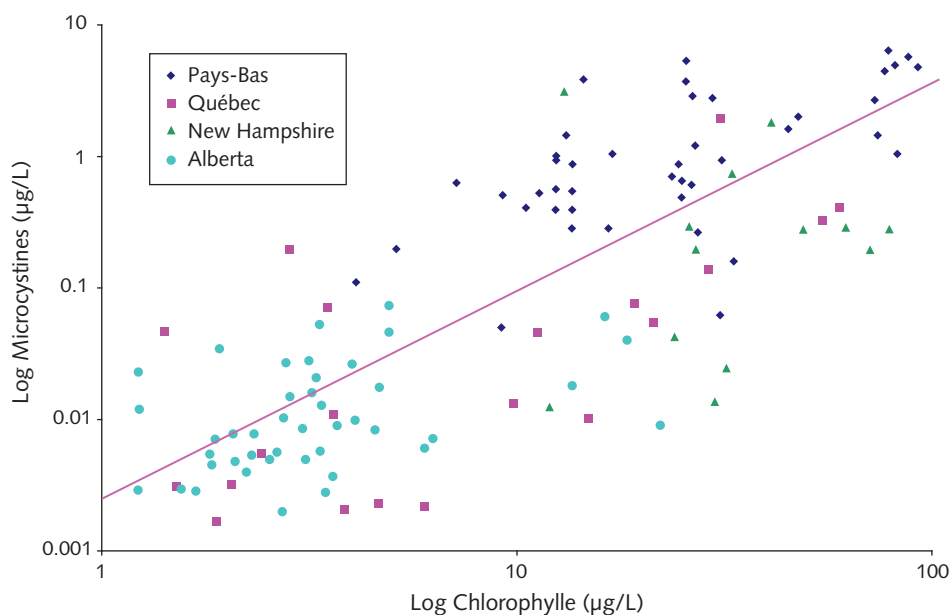
Ces effets théoriques peuvent être transposés à un ensemble de lacs ou de bassins versants, dans le contexte des prévisions faites par la modélisation du changement climatique, notamment celles résultant du modèle régional canadien du climat (MRCC). Ces modèles prévoient, dans certaines circonstances, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des précipitations, mais aussi une diminution du ruissellement de surface en été, à cause de l'évapotranspiration résultant d'une augmentation de la température. Cela signifie donc que, malgré une hausse possible des précipitations, ou de leur fréquence, une partie de l'eau sera évaporée rapidement sans contribuer à un apport dans les lacs et les rivières. Conséquemment, la masse d'eau pourrait être plus faible en été augmentant ainsi le temps de renouvellement des lacs, ce qui entraînerait une réduction de la charge en phosphore (voir figure 2).

Relation entre la concentration de phytoplancton et de cyanotoxines

Puisque les cyanobactéries se comportent comme le phytoplancton, une augmentation de ce dernier peut être considérée, du moins dans les lacs où existe une importante proportion de cyanobactéries, comme un bon indicateur du comportement des organismes photosynthétiques microscopiques. Une mesure simple et rapide de la masse du phytoplancton est l'évaluation de la chlorophylle. Il a été démontré que la concentration d'un important groupe de cyanotoxines, les microcystines, est proportionnelle à la concentration de chlorophylle, comme le montre la figure 4. Cette figure est basée sur des données de plusieurs lacs de quatre régions : les Pays-Bas, le New Hampshire (États-Unis) et deux provinces canadiennes, l'Alberta et le Québec. La figure montre que les lacs de l'Alberta contiennent moins de chlorophylle alors que ceux des Pays-Bas en contiennent beaucoup plus (l'échelle de la figure est logarithmique), ce qui se traduit par des concentrations proportionnelles en chlorophylle. En d'autres termes, les lacs de Hollande étudiés avaient une probabilité plus élevée de receler des microcystines, comparativement aux autres lacs localisés en Amérique du Nord. Sur la base de ces relations, on peut envisager qu'une augmentation de la densité des cyanobactéries, sans égard aux espèces impliquées, se traduirait par un accroissement de la concentration en microcystines.

FIGURE 4

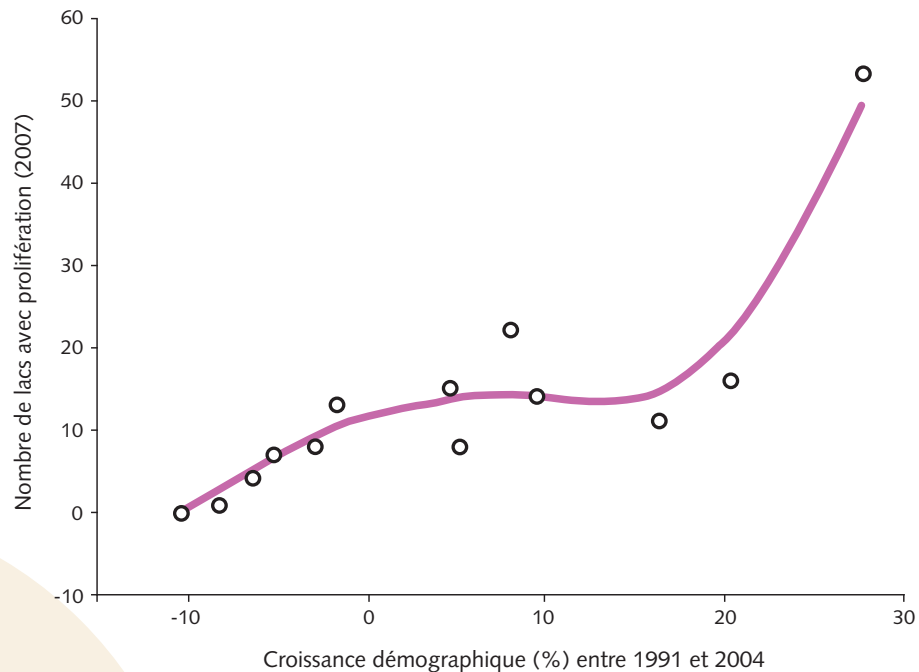
Relation entre la biomasse totale du phytoplancton (évaluée sur la base de la concentration de chlorophylle dans l'eau) et la concentration de microcystines



Comme mentionné précédemment, plusieurs événements liés aux changements climatiques sont susceptibles de moduler le comportement des cyanobactéries et le rôle crucial du phosphore a été mis en évidence. Sans cet élément nutritif, quelles que soient les modifications climatiques, les cyanobactéries sont incapables de croître. La figure 5 montre la relation entre la croissance démographique dans treize régions administratives du Québec, de 1991 à 2004 et le nombre d'incidents de proliférations de cyanobactéries signalés au Québec durant l'été 2007. Une croissance démographique négative indique une diminution de la population. La courbe indique clairement un lien entre l'augmentation de la croissance démographique et le nombre de signalements de proliférations de cyanobactéries. Cela témoigne du rôle notable des apports anthropiques en substances polluantes, dans ce cas plus spécifiquement en azote et en phosphore. Il est donc possible de constater que, nonobstant la question des changements climatiques, les activités humaines sont directement responsables de la croissance désordonnée des cyanobactéries.

FIGURE 5

Relation entre la variation de la croissance démographique et le signalement de cas de proliférations de cyanobactéries au cours de l'été 2007, dans treize régions administratives du Québec



CONCLUSION

Les interactions entre les facteurs humains, environnementaux, écologiques et climatiques demeurent complexes et peuvent se manifester par des effets synergiques ou antagonistes. Quelques observations et constats doivent être considérés :

- Les cyanobactéries font partie de la flore normale de tous les lacs du Québec;
- La biomasse totale du phytoplancton est limitée par la concentration de phosphore;
- La fraction du phytoplancton représentée par les cyanobactéries toxiques est susceptible d'augmenter en parallèle avec celle du phosphore minéralisé;
- Les cyanobactéries pourraient proliférer encore plus, en présence de conditions climatiques propices;
- Les lacs eutrophes sont plus à risque d'être le lieu de proliférations de cyanobactéries, mais un changement climatique favorable aux cyanobactéries ne serait qu'un facteur contribuant de deuxième importance dans un avenir immédiat, compte tenu de leur état actuel de dégradation.

Des rapports anecdotiques ainsi que quelques observations scientifiques montrent que dans plusieurs lacs du sud de la province, les proliférations de cyanobactéries auraient été importantes dès la fin des années 1980 ainsi qu'au début de la décennie suivante (1990). Dans ce cadre, on y voit un lien avec le développement des activités polluantes, notamment le rejet d'eaux usées urbaines non traitées et l'usage croissant des fertilisants de synthèse en agriculture il y a quelques décennies.

S'il est plausible que certains changements climatiques favoriseront la croissance des cyanobactéries, une diminution des apports en éléments nutritifs, particulièrement en phosphore, est susceptible de freiner ce développement. La réduction de l'usage de certains produits ou activités libérant du phosphore, ou la mise en œuvre de mesures de mitigation autour des plans d'eau ou le long des cours d'eau (végétalisation des berges, fosses septiques conformes, plans de fertilisation agricole, etc.) représentent des mesures à court terme pouvant possiblement réduire la croissance des cyanobactéries. Il faut cependant tenir compte du fait que ces mesures n'auront pas d'effets immédiats. Cela est aussi sans compter le phosphore accumulé dans les sédiments, qui représente parfois un « pool » nutritif disponible pour encore quelques décennies dans certains cas.

La connaissance de l'écophysiologie des cyanobactéries et la modélisation permettant de faire des projections quant aux changements climatiques attendus au cours des prochaines décennies ne permettent pas, actuellement, de prévoir adéquatement le comportement futur de ces microorganismes. S'il semble que certains changements climatiques pourraient, a priori, favoriser un accroissement des proliférations, il serait hasardeux de quantifier les conséquences appréhendées.

AUTEURS

David Bird¹, Alexandrine Pannard¹, Yves Prairie¹ et Pierre Chevalier²

¹ Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et environnement aquatique, Université du Québec à Montréal

² Institut national de santé publique du Québec

RÉVISION SCIENTIFIQUE

Pierre Gosselin, Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGES ET RÉVISION

Nicole Dubé, Institut national de santé publique du Québec

Ce résumé et le rapport intégral sont disponibles en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

N° de publication : 1000

Dépôt légal - 4^e trimestre 2009

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN : 978-2-550-57256-5 (version imprimée)

ISBN : 978-2-550-57257-2 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2009)