

Problématique de fleurs d'eau de cyanobactéries dans les clarificateurs des stations d'eau potable

Équipe de recherche

PRÉVOST, Michèle, responsable du projet et titulaire principal de la Chaire Industrielle CRSNG
en Eau Potable (CICEP), École Polytechnique de Montréal

Sauvé, Sébastien, Université de Montréal

Zamyadi, Arash, chargé de projet, École Polytechnique de Montréal

Fontaine, Yves, technicien, CICEP, École Polytechnique de Montréal

Philippert, Julie, technicienne, CICEP, École Polytechnique de Montréal

Aboulfadl, Khadija, agent de recherche, Université de Montréal

Partenaires

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Résumé de l'étude

Mise en contexte

De nouvelles directives et normes de toxines de cyanobactéries ont récemment été promulguées et une norme de 1,5ug/L a été proposée dans la mise à jour du RQEP pour les microcystines¹. La gestion des cyanotoxines fait aussi l'objet de recommandations dans le guide de conception des installations de production d'eau potable au Québec. Les stations d'eau potable doivent évaluer la présence de proliférations de cyanobactéries (CB) toxiques dans leur source, ajuster leur traitement et évaluer le risque de percée de cyanotoxines dans l'eau traitée.

Les suivis récents des CB dans plusieurs usines de traitement de l'eau potable au Québec ont mis en évidence la présence d'écumes de CB toxiques et leur accumulation dans certains procédés. Ces résultats montrent que les cyanobactéries peuvent s'accumuler et peut-être même se développer dans les clarificateurs et des filtres. L'accumulation de cellules des CB toxiques dans les usines de traitement d'eau potable pourrait conduire à la percée de cyanotoxines dans les eaux traitées. L'ampleur de ces accumulations et le potentiel de relargage de toxines associés à ces accumulations méritent donc d'être quantifiés. Les risques associés à cette accumulation pourront ensuite être estimés et des mesures correctives identifiées.

L'usine de Bedford puise son eau brute dans la Baie de Missisquoi du Lac Champlain qui est sujette à des proliférations de cyanobactéries. La concentration de cyanobactéries à l'eau brute varie de façon marquée et n'est pas généralement associée à une concentration élevée de toxines algales²⁻⁴. Toutefois, des mesures plus fréquentes en 2008² et 2009 ont révélé que des concentrations de toxines élevées peuvent être présentes à l'eau brute (Figure 1).

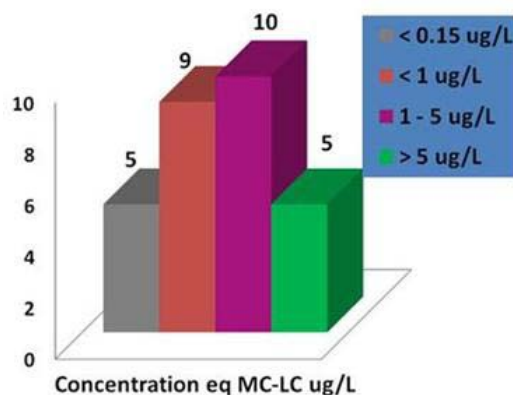


Figure 1. Répartition des échantillons en fonction des concentrations de microcystines (ug/MC-LR equi) dans l'eau brute de l'usine de Bedford. Prélèvements effectués en 2008².

En 2010, un épisode intense de passage de cyanobactéries toxiques à travers cette usine a été documenté et publié⁵. Des concentrations de 119ug/L à l'eau brute, de 171 à 10,331ug/L dans des écumes et de 24ug/L dans le lit de boues ont été mesurées (Figure 2). Des événements semblables ont été observés en 2008 et 2009 dans l'usine de Bedford^{5,6}. L'accumulation de cellules de cyanobactéries dans les procédés de l'usine peut donc amplifier le risque présent à l'eau brute. Malgré le fait que le MDDEP ait suivi les niveaux de cyanobactéries et de toxines régulièrement à l'usine de Bedford depuis 2002, des concentrations élevées de toxines n'avaient pas été mesurées. Il est possible que les calendriers d'échantillonnages ne coïncident pas forcément avec les périodes de pointe de toxines.

Un des éléments à retenir de ces observations est la concentration faible de 1,72ug/L de MC-LR à l'eau traitée. Cette concentration dépasse les niveaux recommandés par Santé Canada et l'INSPQ de 1,5 ug/L. Or la chloration est particulièrement efficace pour éliminer la Microcystine LR^{7,8}. Par contre la chloration n'est pas efficace pour éliminer d'autres cyanotoxines comme l'anatoxine a. Or des concentrations significatives jusqu'à 9ug/l peuvent se produire dans certains lac du Québec, comme le lac William. De plus des traces ont été mesurées à l'usine de St-Hyacinthe. Dans ces cas, la chloration ne pourrait abaisser la concentration de cyanotoxines à des niveaux de moins de 1 ug/L.

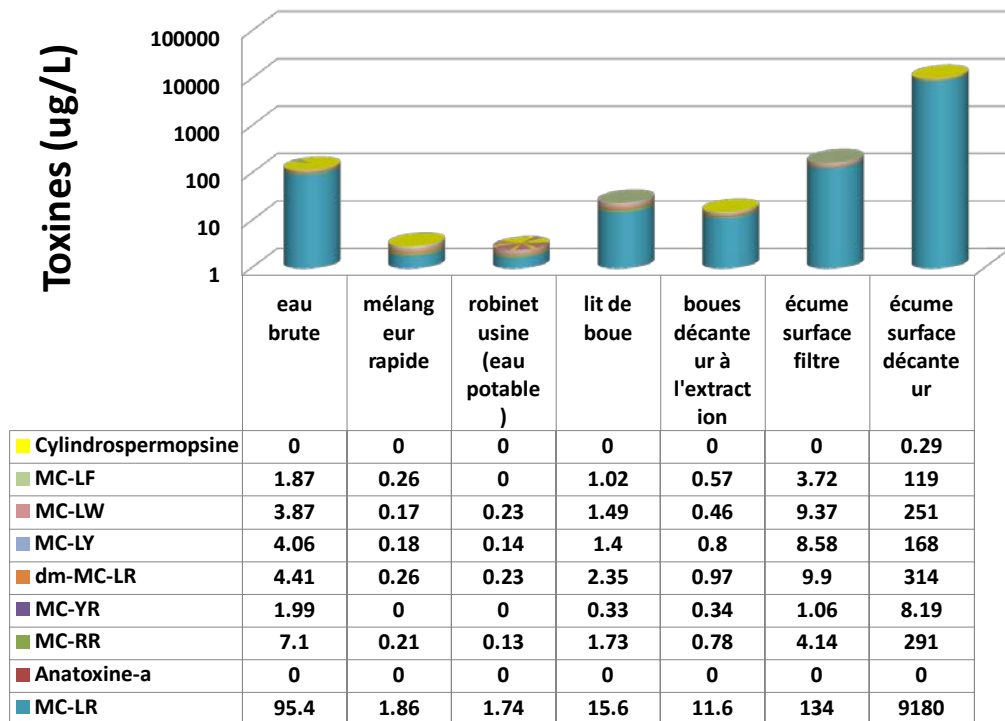


Figure 2. Concentrations de cyanotoxines dans l'eau, les boues et les écumes dans l'usine de Bedford, 29 juillet 2010.

Ces observations montrent l'importance de :

- (1) cibler les périodes d'efflorescence maximale pour effectuer la caractérisation du risque pour les cyanobactéries, et
- (2) de vérifier si ce risque peut être amplifié dans les stations de traitement des eaux potables.

Les observations à Bedford mettent en évidence la vulnérabilité potentielle d'autres prises d'eau prise et l'intérêt d'effectuer un suivi plus intensif dans des sites considérés à risque. Très peu d'informations sont disponibles sur la durée et la fréquence des événements de pointes de cyanobactéries et de cyanotoxines à l'eau brute, leur intensité et les répercussions subséquentes au long de la filière de traitement. En plus les informations sur la capacité des procédés de traitement par décantation (temps de rétention hydraulique et temps de rétention des solides) sont contradictoires.

Objectifs de recherche

L'objectif global du projet est de développer les connaissances sur l'occurrence et la gestion des épisodes de prolifération des CB dans les usines d'eau potable au Québec.

Les objectifs spécifiques de cette proposition sont :

- (1) de compléter une revue critique des informations disponibles sur la surveillance et le traitement des cyanobactéries et leurs toxines pour la production d'eau potable;
- (2) d'effectuer un suivi systématique de la présence des CB et leurs toxines;
- (3) d'enquêter sur l'état des connaissances des exploitants de l'existence des guides d'interventions actuels et des seuils d'alarme chez les exploitants; et
- (4) d'adapter les solutions scientifiques et techniques et les seuils d'alarme avec les besoins locaux.

Description des étapes du projet

Le projet proposé comporte trois étapes :

- Étape I. Une revue bibliographique mettant à jour les informations sur l'occurrence des CB et de leurs toxines à l'eau brute, de l'efficacité du traitement, de l'accumulation dans les procédés de l'usine et du passage à l'eau traitée.
- Étape II. Le suivi de l'entrée, de l'accumulation et de la percée des CB et de leurs toxines dans trois usines de filtration pendant une période de 16 semaines.
- Étape III. Un sondage auprès de municipalités concernées (30) et la mise à jour des documents guide et conseils pour la mesure et le contrôle des cyanobactéries nommément :
 - (1) la section 2, 3, 4.2 et 5 du Guide d'intervention pour les propriétaires, les exploitants ou les concepteurs de stations de production d'eau potable municipales aux prises avec une problématique de fleurs d'eau de cyanobactéries;
 - (2) le formulaire de registre journalier de suivi des cyanobactéries pour les opérateurs de stations d'eau potable;
 - (3) la section 6.5.4 du volume 1 de Guide de conception des installations de production d'eau potable au Québec publié par le MDDEP ;
 - (4) la section « Paramètres visés par la procédure de validation » de Guide de conception pour les petites installations de production d'eau potable publiée par MDDEP.

Les objectifs et approche expérimentale des différentes et sous-étapes des activités proposées sont résumées au Tableau 1.

Le Tableau 2 détaille l'approche expérimentale proposée pour l'Étape II des travaux en usine particulièrement les sites et la fréquence d'échantillonnage et le suivi analytique. Nous proposons une stratégie d'échantillonnage qui module les efforts d'échantillonnage et d'analyse en fonction de critères de concentrations de CB à l'eau brute et de la présence d'écumes dans l'usine. Cette approche permet de cibler les périodes plus à risque au niveau de l'accumulation des cyanobactéries dans les usines et la percée de cyanotoxines à l'eau traitée.

Avancement

Les données recueillies pour ce projet sont encore en traitement et les résultats préliminaires des travaux seront présentés. Toutefois, les observations suivantes peuvent déjà être faites :

- 1) Les concentrations de cyanobactéries et de cyanotoxines à l'eau brute peuvent de façon transitoire atteindre des niveaux très élevés. Un suivi hebdomadaire ne permet pas de détecter ces pointes.
- 2) En période de pointe de concentrations à l'eau brute, la décantation ne peut pas réduire de façon efficace le nombre de cellules et une percée vers les filtres se produit. On observe même une percée de cellules à l'eau traitée.
- 3) L'efficacité de la coagulation dépend des espèces de CBs présentes
- 4) Les CBs s'accumulent en surface des décanteurs et un gradient majeur de concentration est observé. L'utilisation d'un simple dispositif créant un courant de surface modifie ce gradient et permet de concentrer les CBs pour une évacuation subséquente.
- 5) Le passage de cyanobactéries à l'eau filtrée cause une disruption de traitement qui peut entraîner une perte des crédits de désinfection et mener à un avis de non consommation.
- 6) Le suivi en continu à l'eau brute et l'eau décantée à l'aide d'une sonde fluorométrique à PC est une solution peu coûteuse et pratique qui fournit à l'exploitant des données en temps réel. Ces informations permettent d'ajuster le traitement et de prévenir des fuites de CB et potentiellement de cyanotoxines.

Tableau 1. Liste des activités, objectifs, approches expérimentales et livrables.

Activité (Étape)	Objectif	Approche
I. Revue bibliographique	Mettre à jour les informations disponibles sur les occurrences de CB et leurs toxines associées dans les usines de traitement d'eau potable (TEP).	<p>Les documents scientifique sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • concentration de CB et leurs toxines associées à l'eau brute; • efficacité d'abattement des traitements pour de CB et leurs toxines associées; • accumulation de CB et leurs toxines associées dans les usines de TEP (boues, écumes, etc.); • passage de toxines à l'eau traitée; • production d'un rapport.
II. Mesure de l'entrée, l'accumulation et la percée de CB et leurs toxines dans des usines de traitement (3) au Québec	<ul style="list-style-type: none"> • documenter l'impact de la fréquence d'échantillonnage sur la détection des événements de CB et leurs toxines associées à l'eau brute et à l'eau traitée; • mesurer l'accumulation ou le développement de CB et leurs toxines associées des usines de TEP. 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Sélection des usines à étudier</u>: Usine Bedford-Philipsburg sur la base d'échantillonnage 2010; Deux usines à St-Jean sur le Richelieu en raison des observations d'écumes dans ces usines par le MDDEP sans présence d'une fleur à la source. • <u>Surveillance en continu</u>: Surveillance intensive avec les multisondes d'YSI (chaque 30 minutes) dans l'usine à l'eau brute (EB), à l'eau en surface du clarificateur (ESC), l'eau filtrée (EF) et l'eau traitée (ET) avec lavage entre prélèvement avec ET. • <u>Surveillance régulière (YSI PC sonde RFU < 2)</u>: Échantillonnage composite lundi, mercredi et vendredi pour la mesure des toxines de l'EB, ESC, eau décantée (ED) et EF. Opérateur prélève des échantillons à 9h, 12h et 16h de l'EB, ESC, ED, lit de boues du décanteur (LB) et EF et congélation. Une fois par semaine visite de l'usine pour collecter des échantillons gelés et une fois par semaine des échantillons pour taxonomie. • <u>Appel téléphonique quotidien à l'usine de traitement</u> pour demander aux opérateurs de transmettre les valeurs la RFU de sonde PC <i>in vivo</i>, et événements visibles / détectables (e.g. goûts et odeurs) liés aux CB à la source, à l'intérieur de l'usine et / ou dans l'eau traitée (ET). • <u>Surveillance intensifiée (2 < YSI PC sonde RFU < 5)</u>: Échantillonnage pendant 3 jours consécutifs après l'observation de l'événement lié aux CB (maximum 5 événements). Les points de prélèvement : EB, ESC, ED, LB, boue concentrée à l'extracteur (LBC), EF et ET. • <u>Surveillance par événement (5 < YSI PC sonde RFU)</u>: Échantillonnage jusqu'à 5 jours consécutifs après l'observation de l'événement lié aux CB aux points de prélèvement: EAUX brute (EB), décantée (ED), filtrée (EF) et traitée (ET); ÉCUMES : surface de clarificateur /décanteur (ESC) et de filtre; lit de boues du décanteur et boues concentrée à l'extracteur.
III. Les sections des guides	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier si le guide est connu, utilisé et utile aux municipalités; • Mettre à jour du guide en fonction des connaissances actuelles. 	<p>Enquête sur les guides (si les municipalités sont au courant de leur existence et s'ils sont satisfaits de leurs recommandations) en 4 phases:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. établir un questionnaire et l'approuver par le MDDEP; 2. liste des usines de traitement (30 max) et de préparer les documents à leur envoyer, y compris le questionnaire et les guides susmentionnés et les envoyer; 3. contacter les usines pour assurer leur participation à l'enquête; 4. analyser les résultats et rédiger le rapport des recommandations: les informations obtenues dans la revue bibliographique, l'analyse des réponses au sondage et le suivi intensif des trois usines seront colligées et utilisées pour proposer des modifications au guide de conception et de détection des cyanobactéries.

Tableau 2. Approche expérimentale proposée pour l'Étape II des travaux en usine particulièrement les sites et la fréquence d'échantillonnage et le suivi analytique.

Suivi analytique	Critère	PC et Chl α , turbidité, T, conductivité, pH, Cl $_2$ résiduel	Dénombrement taxonomique*	MC-LR eq. ELISA kit (toxines totales et libres)	LC-MS/MS toxines (toxines totales libres)	Phosphore (P total), CODB, MES
En continu		PC & Chl α (RFU) aux 30min : EB, ESC Turbidité : 4h pH : moyenne /jour Cl $_2$ appliqué et résiduel : moyenne/par jour				
Régulier	YSI PC sonde RFU < 2	PC & Chl α extraction : 1 fois par semaines : EB, ESC, lit de boues du décanteur, ED, EF	TÉMOINS usine : • 1 fois par semaines @ EB, ESC, ED, LB, EF et ET	TÉMOINS usine : • 1 fois par semaine d'échantillonnage composite de EB, ESC, ED, LB, EF et ET • 2 profils dans usine : EB, ESC, ED, LB, LBC, EF et ET		1 fois par semaine@EB, lit de boues du décanteur, ESC, EF CODB : EB et ET MES : lit de boues du décanteur
Intensifié	2 < YSI PC sonde RFU < 5 (maximum 5 événements)		• 1 fois par semaine @ EB, ESC, ED, LB, EF et ET	• 3 fois par semaine @EB, ESC, ED, LB, EF et ET • 3 profils dans usine : EB, ESC, ED, LB, LBC, EF et ET	3 fois par semaine @EB, ESC, ED, LB, LBC, EF et ET	@EB, lit de boues du décanteur, ESC, ED, EF CODB : EB et ET MES : lit de boues du décanteur
Par événement	5 < YSI PC sonde RFU (maximum 5 événements)		1 fois par jour pendant 3 jours consécutifs : EB, ESC, ED, LB, EF, ET	1 fois par jour pendant 5 jours consécutifs : EB, ESC, ED, LB, LBC, EF & ET	1 fois par jour @ 9 points dans l'usine pendant 5 jours consécutifs	@EB, lit de boues du décanteur, ESC, ED, EF CODB : EB et ET MES : lit de boues du décanteur

Calendrier de réalisation

Le projet a débuté en juillet 2011 et se terminera en mars 2012.

Bibliographie

- 1 Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). *L.R.Q., c. Q-2 4645-4662* (Gouvernement du Québec, 2010).
- 2 McQuaid, N. *Establishment of an early warning systems for cyanobacteria using an online multi-probe system measuring physicochemical parameters, chlorophyll and phycocyanin (M.A.Sc.)*, Génies Civil, Géologique et des Mines, École Polytechnique de Montréal, (2009).
- 3 McQuaid, N., Zamyadi, A., Prévost, M., Bird, D. F. & Dorner, S. Use of in vivo phycocyanin fluorescence to monitor potential microcystin-producing cyanobacterial biovolume in a drinking water source. *Journal of Environmental Monitoring* **13**, 455-463 (2011).
- 4 McQuaid, N., Zamyadi, A., Prévost, M. & Dorner, S. Monitoring of potentially toxic cyanobacteria using an online multi-probe in drinking water sources. *Submitted to the Journal of Environmental Monitoring on February 18, 2011* (2011).
- 5 Zamyadi, A. *et al.* Toxic cyanobacterial breakthrough and accumulation in a drinking water plant: a monitoring and treatment challenge (Accepted). *Water Research* (2011).
- 6 Zamyadi, A. *et al.* in *22e Atelier sur l'Eau Potable, Réseau Environnement*. 20.
- 7 Barbeau, B., Carrière, A., Prévost, M., Zamyadi, A. & Chevalier, P. Changements climatiques: analyse de la vulnérabilité des installations québécoises de traitement de l'eau potable aux cyanobactéries toxiques. 88 (Chaire industrielle CRSNG en eau potable, École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada, 2008).
- 8 Rodriguez, E. *et al.* Oxidative elimination of cyanotoxins: comparison of ozone, chlorine, chlorine dioxide and permanganate. *Water Research* **41**, 3381-3393 (2007).