



Les fleurs d'eau
de cyanobactéries

Guide technique des procédés de traitement de l'eau

À l'intention des municipalités exploitant
des stations de production d'eau potable
s'approvisionnant en eau de surface



l'eau 

Au centre de nos vies
Au cœur de notre avenir

Édition mai 2007

Photos :
Denis Chabot, © Le Québec en image, CCDMD
Jean-Louis Côté, Apeln

ELLIS, Donald, 2007. Guide des procédés de traitement de l'eau, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, Québec, 9 pages.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN 978-2-550-49919-0 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2007



Des municipalités mieux outillées

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), en collaboration avec le ministère de la Santé et des Services sociaux, le ministère des Affaires municipales et des Régions et le ministère de la Sécurité publique, met à la disposition des municipalités une trousse d'information pour les aider à faire face adéquatement à des épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries. Avec cette trousse, les municipalités seront mieux informées des mesures à instaurer pour bien gérer de tels phénomènes et pour adopter des comportements préventifs afin d'assurer la santé écologique de leurs lacs et rivières.

La trousse d'information contient, entre autres, de l'information pour favoriser une meilleure gestion des plans d'eau, des renseignements sur les procédés de traitement pour l'eau potable, et des guides permettant l'élaboration d'un plan directeur de protection de lac et la réalisation d'un plan de mesures d'urgence.

Le présent *Guide technique des procédés de traitement de l'eau* s'inscrit pleinement dans cette démarche de soutien à l'égard des municipalités du Québec. Il s'adresse principalement aux responsables municipaux du traitement pour l'eau potable et aux firmes de consultants en génie qui doivent orienter les municipalités dans la solution des problèmes que posent les cyanobactéries. Ce guide dresse le portrait de l'efficacité des traitements disponibles pour éliminer les cyanobactéries et les cyanotoxines.

Les cyanobactéries, qu'est-ce que c'est ?

Les cyanobactéries sont des organismes qui existent depuis plus de 3 milliards d'années. En raison de leur capacité de fixer l'azote contenu dans l'air et de trouver les conditions optimales de lumière en étant mobiles dans la colonne d'eau, elles réussissent à s'adapter à plusieurs milieux aquatiques, autant en eaux douces qu'en eaux salées. Les cyanobactéries sont présentes dans les lacs et les rivières du Québec à des concentrations relativement faibles et ne causent généralement pas de problème. Toutefois, lorsque leur densité dans un milieu aquatique est assez élevée pour que le phénomène soit visible à l'œil nu, ce dernier est appelé une fleur d'eau. En effet, dans certaines conditions, les cyanobactéries prolifèrent de façon fulgurante et envahissent une portion ou la totalité d'un plan d'eau. Un apport important en phosphore, la présence de lumière et une relative tranquillité du plan d'eau sont tous des facteurs qui favorisent l'apparition des fleurs d'eau.

Les fleurs d'eau de cyanobactéries peuvent-elles contaminer l'eau potable ?

La réponse est oui. La présence de fleurs d'eau de cyanobactéries représente un risque pour la santé humaine car plusieurs espèces de cyanobactéries produisent des toxines – les cyanotoxines – qui peuvent se retrouver dans l'eau potable. Ces toxines peuvent agir sur plusieurs fonctions du corps humain : le système nerveux, le foie, la peau, le système digestif, etc. Il est donc important de s'assurer que la concentration de toxines de cyanobactéries présentes dans l'eau potable soit inférieure aux seuils recommandés. Ces seuils sont les suivants :



Seuil recommandé Source

Anatoxine-a: 3,7 µg/l	INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC (2005). <i>Propositions de critères d'intervention et de seuils d'alerte pour les cyanobactéries</i> . Groupe scientifique sur l'eau. Accessible à : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/348-CriteresInterventionCyanobacteries.pdf
Microcystine-LR: 1,5 µg/l	SANTÉ CANADA, 2002. <i>Les toxines cyanobactériennes – Les microcystines-LR. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : pièces à l'appui</i> . Accessible à : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/cyanobacterial_toxins/index_f.html

Il n'y a actuellement aucune norme concernant les toxines de cyanobactéries dans le Règlement sur la qualité de l'eau potable. Toutefois, les exploitants d'installations de production d'eau potable qui veulent évaluer la problématique reliée à la présence de cyanobactéries dans leur source d'eau devraient, à tout le moins, considérer une concentration de microcystine-LR dans l'eau traitée inférieure à 1,5 µg/l. Étant donné qu'il existe une recommandation canadienne visant cette cyanotoxine, il est probable qu'une norme québécoise soit édictée à court terme.

Peut-on simplement faire bouillir l'eau pour éliminer les toxines ?

Non, car faire bouillir l'eau n'a aucun effet sur l'élimination des toxines et provoque même la libération de celles qui se trouvent dans les cellules. Si une source d'eau est contaminée par des fleurs d'eau de cyanobactéries, l'eau distribuée ne doit pas être bue, et cela, même si on l'a fait bouillir. L'ingestion des toxines de cyanobactéries constitue d'ailleurs le principal risque pour la santé.

Existe-t-il des traitements efficaces contre les fleurs d'eau de cyanobactéries ?

D'abord, traiter les cellules...

Heureusement, il est possible de traiter une eau de surface contenant des fleurs d'eau de cyanobactéries. Les cyanotoxines se trouvent généralement à l'intérieur des cellules des cyanobactéries, de sorte que si ces dernières sont retirées de l'eau sans être endommagées, une bonne partie du problème sera réglé. Un traitement efficace comprend donc une étape de filtration. Comme la taille



des cyanobactéries est de l'ordre de 2 à 10 microns et qu'elles ont tendance à s'agglomérer naturellement, la porosité des filtres doit être inférieure à 5 µm et, idéalement, inférieure à 1 µm.

Afin d'éviter de libérer les toxines des cellules, il ne faut pas ajouter d'oxydant avant la filtration. La préchloration est donc à éviter pendant les épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries, tout particulièrement si aucun traitement efficace contre les toxines n'est effectué à la station d'eau potable.

... puis les toxines

Un traitement efficace comporte aussi l'élimination des toxines qui se retrouvent à l'extérieur des cellules. La filtration classique est inefficace pour traiter ces toxines, tout comme la filtration membranaire de microfiltration et d'ultrafiltration. Toutefois, la nanofiltration et l'osmose inverse s'avèrent efficaces pour éliminer à la fois les cellules et les toxines.

En matière de traitements chimiques, seule l'ozonation a prouvé son efficacité contre la plupart des toxines qui se trouvent dans l'eau. Bien que la chloration puisse s'avérer efficace contre certaines toxines, elle demeure toutefois inefficace contre la majorité d'entre elles, de sorte qu'elle est jugée insuffisante. Les autres produits chimiques généralement utilisés pour la désinfection, c'est-à-dire les chloramines et le bioxyde de chlore, sont considérés inefficaces pour le traitement des cyanotoxines.

Certains autres procédés de traitement sont utilisés dans les stations de production d'eau potable et leurs effets sur les cyanobactéries et leurs toxines sont très variables. Le charbon actif, utilisé en grain ou en poudre, est très efficace pour adsorber les cyanotoxines. La durée d'adsorption du charbon actif en grain est toutefois limitée et la présence d'autres contaminants ayant plus d'affinité avec les sites d'adsorption peuvent lui nuire. Le charbon actif en poudre a l'avantage de pouvoir être dosé à la concentration voulue et seulement pendant la période propice aux fleurs d'eau de cyanobactéries (généralement de juillet à la fin octobre). Le rayonnement ultraviolet aux doses généralement utilisées dans la production d'eau potable est à peu près inefficace contre les cyanotoxines.

Enfin, le permanganate de potassium est très efficace pour éliminer les cyanotoxines, mais il ne doit être ajouté qu'après la filtration, lorsque les cellules ont été retirées de l'eau.

En résumé

Le tableau suivant présente les différentes étapes de traitement en production d'eau potable et leur efficacité pour l'enlèvement des cyanobactéries et l'élimination des cyanotoxines.

Efficacité des traitements pour enlever les cyanobactéries et éliminer les cyanotoxines

Traitement	Efficacité contre les cyanobactéries	Efficacité contre les cyanotoxines	Commentaires
Ajout de sels de cuivre dans le plan d'eau	Lyse des cyanobactéries ^A	Nulle	À éviter en raison de la libération des toxines
Dégrillage, dessablage, tamisage, aération	Nulle	Nulle	
Microtamisage ≥ 35 µm	Élimination de l'ordre de 30 à 40 % selon le type de cyanobactéries	Nulle	
Préchloration (chlore ou bioxyde de chlore)	Amélioration de la coagulation, mais lyse des cyanobactéries	Nulle : lyse des cyanobactéries (libération des toxines)	À éviter en raison de la libération des toxines aux doses habituelles de 0,25 à 2,0 mg/l
Ajout de permanganate de potassium en prétraitement	Amélioration de la coagulation, mais lyse des cyanobactéries	Nulle : lyse des cyanobactéries (libération des toxines)	À éviter en raison de la libération des toxines aux doses habituelles de 1 à 5 mg/l
Préozonation	Amélioration de la coagulation sans provoquer la lyse des cyanobactéries	Nulle	Aux doses habituelles de 0,2 à 0,25 mg de O ₃ par mg de COT ^B
Coagulation, floculation, clarification, filtration classique	Élimination de 90 à 100 %, surtout liée à la filtration	Faible	Risque de lyse si les boues sont conservées plus de 24 heures
Précipitation à la chaux, clarification, filtration	Élimination de plus de 90 %	Faible	
Adsorption sur charbon actif en poudre (CAP)	Nulle	Élimination de 85 à 98 %	Dosage de 20 à 30 mg/l, ajusté en fonction de la présence de COT ou d'autres contaminants organiques; doit être éliminé par clarification ou filtration
Filtration lente	Élimination de 30 à 99 % selon le type de cyanobactéries; risque de lyse des cyanobactéries	Élimination de 30 à 80 % selon les toxines	Enlèvement des toxines par bio-adsorption et biodégradation (après une période d'adaptation de plusieurs semaines)
Filtration sur charbon actif en grain (CAG)	Même résultat que la filtration directe ou classique, selon le cas	Élimination de 90 % tant que le filtre travaille en adsorption	Selon les temps de contact en fût vide généralement observés, la présence de COT ou d'autres contaminants organiques peut diminuer la durée de vie
Filtration biologique sur charbon actif en grain (CABG)	Même résultat que la filtration directe ou classique, selon le cas	Élimination de 90 % tant que le filtre travaille en adsorption	Voir CAG. L'activité biologique augmente l'efficacité et la durée de vie

^A La lyse est la destruction de la cellule avec libération de son contenu.

^B COT : Carbone organique total



Efficacité des traitements pour enlever les cyanobactéries et éliminer les cyanotoxines

Traitement	Efficacité contre les cyanobactéries	Efficacité contre les cyanotoxines	Commentaires
Filtration directe	Élimination de plus de 60 % selon le type de cyanobactéries	Faible	
Filtration granulaire sous pression	Non répertoriée, mais probablement moindre que la filtration classique	Nulle	Risque de colmatage et de lyse des cyanobactéries
Filtration sur cartouche, sac ou autre type de filtre $\leq 5 \mu\text{m}$	Non répertoriée, mais probablement efficace en fonction du type de cyanobactéries	Nulle	Risque de colmatage et de lyse des cyanobactéries; réaliser un dénombrement à l'eau brute et à l'eau filtrée pour évaluer la performance de l'équipement
Microfiltration	Élimination de plus de 99 %	Nulle	Risque de colmatage et de lyse des cyanobactéries
Ultrafiltration	Élimination de plus de 99 %	Nulle	Risque de colmatage et de lyse des cyanobactéries
Nanofiltration	Élimination de plus de 99 %	Élimination de plus de 95 %	Risque de colmatage
Osmose inverse	Élimination de plus de 99 %	Élimination de plus de 95 %	Risque de colmatage
Ajout de permanganate de potassium après la filtration	Risque de lyse des cyanobactéries si elles sont encore présentes	Élimination de plus de 95 %	Seulement en l'absence de cellules
Ozonation	Risque de lyse des cyanobactéries si elles sont encore présentes	Élimination de plus de 95 %	Dose de 1 mg/l pendant 1 minute ou de 0,5 mg/l pendant 9 minutes, une fois la demande en ozone satisfaite
Chloration (chlore ou bioxyde de chlore)	Risque de lyse des cyanobactéries si elles sont encore présentes	Élimination élevée à nulle selon le type de toxine	Chlore efficace pour certaines toxines à une dose de $> 0,5 \text{ mg/l}$ pendant 30 minutes à $\text{pH} < 8$; chlore inefficace à de faibles doses ou si $\text{pH} > 8$
Chloramination	-	Nulle	
Ajout de peroxyde d'hydrogène	-	Nulle	
Rayonnement UV	-	Nulle	Aux doses habituelles en eau potable (40 à 80 mJ/cm_2)
Oxydation avancée (ozone/UV, ozone/ H_2O_2 ou UV/ H_2O_2)	Risque de lyse des cyanobactéries si elles sont encore présentes	Bonne élimination	Dégradation des toxines initiée par les radicaux hydroxyyles

Vous trouverez les références bibliographiques ayant servi à la rédaction de ce tableau à la fin du présent guide. Consultez-les pour en savoir plus sur les critères de fonctionnement des traitements efficaces.



Le phénomène de renversement

En période estivale, la plupart des lacs présentent une colonne d'eau stratifiée, c'est-à-dire qu'ils ont une couche d'eau chaude en surface et froide en profondeur. Cela fait en sorte que les eaux du lac ne peuvent se mélanger complètement sur la verticale en raison de la barrière de densité entre ces deux couches.

Toutefois, à mesure que les eaux de surface se refroidissent à l'automne, ces différences de température s'estompent et la colonne d'eau entière du lac peut à nouveau se mélanger. C'est lors de cette période de brassage que les cyanotoxines peuvent se répandre plus en profondeur et affecter davantage les prises d'eau.

La prévention demeure le meilleur remède!

Les municipalités peuvent mettre en place différents moyens en vue de prévenir l'apparition de fleurs d'eau de cyanobactéries. Par exemple, afin de diminuer les apports en phosphore, elles peuvent protéger les berges du plan d'eau par une bande naturelle de terrain, éloigner les installations septiques pour laisser le temps au sol d'absorber le phosphore ou bien encore diminuer l'utilisation des engrais aux abords du plan d'eau ou sur les terres avoisinantes. De plus, les municipalités peuvent mettre en oeuvre un plan de surveillance afin de prévenir l'apparition de fleurs d'eau : observation visuelle, analyse du pH à la prise d'eau (le pH a tendance à augmenter lors de l'apparition de fleurs d'eau), analyse régulière afin de vérifier le nombre de cyanobactéries à la prise d'eau, etc.

La profondeur de la prise d'eau peut offrir une certaine sécurité puisque les fleurs d'eau sont un phénomène de surface. Elle n'offre toutefois pas une garantie de protection contre les cyanotoxines, surtout en **période de renversement** à l'automne. En situation de fleurs d'eau, il est toujours possible pour le responsable de la

station d'eau potable de vérifier si sa prise d'eau est touchée, en fonction de sa profondeur et de son emplacement. Pour ce faire, le responsable de l'installation de traitement prélève des échantillons servant à mesurer la concentration en cyanobactéries et en cyanotoxines de l'eau brute. Les résultats d'analyse permettront de vérifier si la prise d'eau est affectée par les fleurs d'eau de cyanobactéries. Comme le coût des analyses des cyanotoxines est élevé, il est recommandé d'analyser d'abord les cyanobactéries pour vérifier leur nombre. On évalue qu'une concentration significative de cyanotoxines correspond à plus de 2 000 cellules/ml. Si le nombre de cellules est plus élevé que ce seuil, l'analyse des toxines permettra de connaître la concentration de l'eau brute.

De plus, puisque les toxines peuvent persister dans la source d'eau de plusieurs jours à quelques semaines après la disparition des fleurs d'eau de cyanobactéries, il serait préférable de faire un suivi hebdomadaire de la concentration de cyanotoxines, et ce, tant en présence de fleurs d'eau de cyanobactéries que quelques semaines après que celles-ci soient disparues.



Quel est le rôle du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs ?

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs est responsable du plan d'intervention sur la gestion des fleurs d'eau de cyanobactéries au Québec. Sur le terrain, les actions du Ministère relèvent des directions régionales qui font les recherches, confirment ou non la présence de fleurs d'eau de cyanobactéries dans les milieux aquatiques concernés, prélèvent des échantillons et les analysent.

Depuis plusieurs années, le Ministère réalise le suivi de six stations de production d'eau potable aux prises avec une problématique de cyanobactéries dans leur source d'approvisionnement. Un premier rapport a été publié et permet de constater l'ampleur de la problématique relative à l'eau brute et à l'efficacité des traitements en place. Ce rapport est accessible par Internet à l'adresse suivante : www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/etudes.htm.

Finalement, les directions régionales du Ministère peuvent fournir l'expertise aux municipalités quant aux impacts des fleurs d'eau de cyanobactéries sur la production de l'eau potable. Les coordonnées des directions régionales sont accessibles à l'adresse suivante : www.mddep.gouv.qc.ca/regions/index.htm.

Références bibliographiques

AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS et AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL, 2006. Modalités de maîtrise des dangers, p. 111-128. Dans *Évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives*. Rapport conjoint, Paris, France. [En ligne]. <http://www.afsset.fr/index.php?pageid=452&newsid=128&MDLCODE=news> (page consultée le 23 mars 2007).

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION RESEARCH FOUNDATION, 2004. *Algae Detection and Removal Strategies for Drinking Water Treatment Plants*. Rapport rédigé conjointement par l'Université de Caroline du Nord, les Travaux publics de High Points en Caroline du Nord et le Service des eaux de Philadelphie en Pennsylvanie, Denver, États-Unis. ISBN 1-58321-307-4. 444 p et 3 annexes.

SANTÉ CANADA, 1^{er} octobre 2004. *Les toxines cyanobactériennes – Les microcystines-LR. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : pièces à l'appui*, [En ligne]. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/cyanobacterial_toxins/index_f.html (page consultée le 23 mars 2007).

SIVONEN, K. et G. JONES, 1999. Remedial Measures p. 276-312. Dans *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*. Londres, Ed. Chorus, Ingrid et Jamie Bartram, au nom de l'Organisation mondiale de la santé, E & F Spon. ISBN 0-419-23930-8. [En ligne]. http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxicyanbact/en/ (page consultée le 23 mars 2007).

Pour tout renseignement, vous pouvez
communiquer avec le Centre d'information
du ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs:

Téléphone: **418 521-3830**

1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur: **418 646-5974**

Courriel: **info@mddep.gouv.qc.ca**

Internet: **www.mddep.gouv.qc.ca**

