

FAITS SAILLANTS

État de situation sur les cyanobactéries à la baie Missisquoi de 2000 à 2008 en lien avec les seuils provisoires pour les eaux récréatives

RÉSUMÉ

La baie Missisquoi constitue la petite partie nord-est d'un immense plan d'eau : le lac Champlain. Le bassin versant de la baie Missisquoi a 42 % de sa surface au Québec et 58 % au Vermont. La partie québécoise de la baie se situe dans la région de la Montérégie. Elle est prisée par de nombreux vacanciers, touristes et adeptes de différentes activités récréatives de contact avec les eaux.

Depuis quelques décennies, la baie Missisquoi est touchée par une problématique d'eutrophisation qui se manifeste, entre autres, par d'importantes fleurs d'eau de cyanobactéries. Celles-ci peuvent perturber l'équilibre écologique du milieu aquatique, détériorer son apparence et nuire aux activités récréotouristiques et socioéconomiques de la région.

Certaines fleurs d'eau présentent un risque pour la santé des usagers du plan d'eau.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a réalisé un suivi à la baie Missisquoi de 2000 à 2008. Toutes les années sauf en 2000, des fleurs d'eau de cyanobactéries ont été confirmées par des résultats d'analyse dépassant le seuil de 20 000 cellules/millilitre (cel./ml)

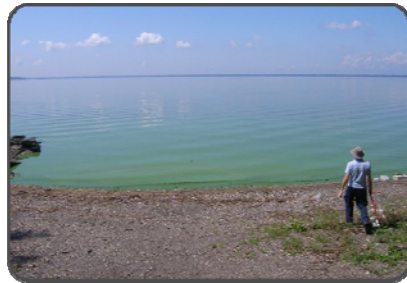


Photo : Charles Boily et David Bourque, MDDELCC

de cyanobactéries totales (CYANOTOT). En 2007, les épisodes de fleurs d'eau ont été rares et de faible intensité. Sur le terrain, durant la majorité des années, des biomasses ou fleurs d'eau d'algues eucaryotes ne présentant pas de risque pour la santé ont été occasionnellement confondues avec des fleurs d'eau de cyanobactéries.

Certaines fleurs d'eau de cyanobactéries ont été confirmées à partir de la mi-juin, mais la plupart l'ont été à partir de la mi-juillet et certaines jusqu'à la mi-octobre. Les abondances de cyanobactéries et les concentrations de microcystines (hépatotoxines) ont varié considérablement selon les secteurs de la baie Missisquoi, les stations et les dates d'échantillonnage.

Le secteur est de la baie Missisquoi est le plus touché, suivi du secteur de la baie de Venise. Le secteur est présente donc les plus fortes abondances de cyanobactéries et les plus fortes concentrations de microcystine-LR toxicité équivalente (MC-LR TEQ). Ces deux secteurs sont les plus touchés probablement entre autres en raison des vents. En général, de juin à octobre, les vents dominants sont du sud-ouest, puis de l'ouest et du sud. Ils pousseraient donc les fleurs d'eau plus fréquemment vers le secteur est mais aussi vers le secteur de la baie de Venise.

À l'échelle de toute la baie Missisquoi, la proportion de cyanobactéries à potentiel toxique (CYANOTOX), les concentrations de MC-LR TEQ et le pH tendent à s'accroître avec l'augmentation des abondances de CYANOTOT. Les dépassements des seuils provisoires établis pour la protection des usages récréatifs de contact avec les eaux sont donc plus fréquents et plus importants dans des fleurs d'eau intenses et encore plus dans les fleurs d'eau sous la forme d'écumes près du rivage, zone où les usagers se trouvent habituellement en plus grand nombre.



Photo : Patrick Chevette, MDDELCC

Dans les fleurs d'eau au large, le seuil de 100 000 cel./ml de CYANOTOT est souvent dépassé, mais pas le seuil de 16 µg/l de MC-LR TEQ. La présence d'écume de cyanobactéries à elle seule est un seuil à ne pas atteindre si on veut pratiquer des activités récréatives de contact avec les eaux. De plus, les concentrations en MC-LR TEQ sont en général de 100 à 1 000 fois plus élevées dans les écumes que dans les fleurs d'eau. Dans les écumes, la médiane et le maximum y dépassent respectivement 9 et 2 096 fois le seuil de 16 µg/l de MC-LR TEQ.



Photo : Guy Desgranges, MDDELCC.

Quinze espèces de CYANOTOX ainsi que vingt-sept espèces et deux genres d'autres cyanobactéries ont été identifiés. Parmi les taxons qui auraient produit des microcystines à la baie Missisquoi, on trouve au moins *Anabaena flos-aquae*, *Gloeotrichia echinulata* et *Microcystis* sp. (probablement *M. aeruginosa* en majorité). *A. flos-aquae* serait aussi responsable de la production d'une neurotoxine, l'anatoxine-a.

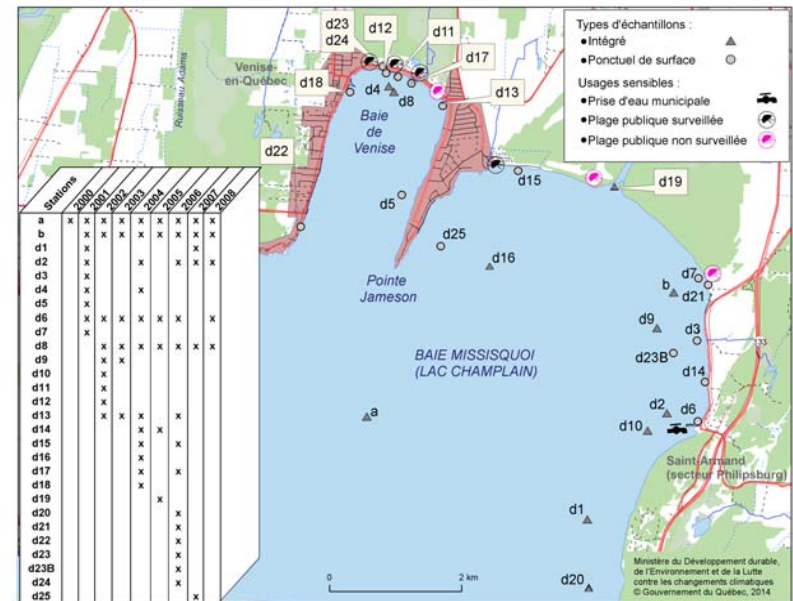
APERÇU DE LA MÉTHODE

Travaux sur le terrain et au laboratoire

De 2000 à 2008, la baie Missisquoi a été visitée de quatre à treize jours par année, soit une moyenne annuelle de sept visites. Les échantillons ont été prélevés surtout durant la période de juin à octobre dans le cadre de trois types de campagnes d'observation, de mesure et d'échantillonnage.

Type de campagne	Quand?(¹)	Où?	Quel type d'échantillon?	Pourquoi?
Régulière	Absence de fleur d'eau	Au large	Intégré d'une certaine hauteur de la colonne d'eau ⁽²⁾	Usages récréatifs au large
Fleur d'eau	Présence de fleur d'eau	Au large (fleurs d'eau les plus denses)		
Écume	Présence d'écume (fleur d'eau accumulée en surface)	En bordure du rivage où à proximité (écumes les plus denses)	Ponctuel de surface	Usages récréatifs en bordure du plan d'eau

- (1) Sur le terrain, pour choisir le type de campagne à réaliser, l'évaluation de la présence ou de l'absence de fleurs d'eau de cyanobactéries est basée sur des observations visuelles.
- (2) Durant la période de suivi, la profondeur des échantillons intégrés et l'instrument d'échantillonnage ont changé. Malgré cela, les années présentant des pics ou des baisses importantes de cyanobactéries ou de microcystines ne correspondent pas aux années de transition entre les méthodes.

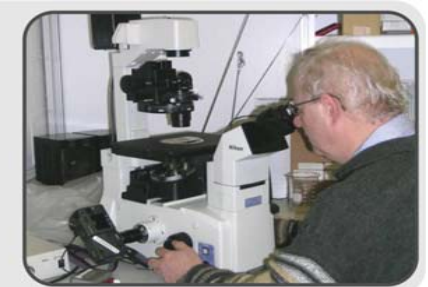


Stations et années d'échantillonnage, type d'échantillons visés et principaux usages publics à la baie Missisquoi



[Analyse des cyanotoxines](#)

Photo : Christian Deblois, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)



[Analyse des cyanobactéries et des algues eucaryotes](#)

Photo : CEAEQ

Classement des cyanobactéries par groupes

Par mesure préventive, le MDDELCC et le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) considèrent que les CYANOTOX sont les cyanobactéries susceptibles de produire des hépatotoxines ou des neurotoxines, et ce, à un

endroit ou un autre dans le monde. Les CYANOTOT comprennent les CYANOTOX et les cyanobactéries sans potentiel toxique connu appelées « autres cyanobactéries ». Dans ce rapport, les CYANOTOT incluent les picocyanobactéries.

FAITS SAILLANTS À L'ÉCHELLE DE LA BAIE MISSISQUOI

En 2000, aucune campagne fleur d'eau ou écume n'avait été réalisée puisque aucune fleur d'eau n'avait été observée du côté québécois de la baie Missisquoi. Ainsi, les résultats ne comprennent pas l'année 2000 lorsqu'il est question de ces deux campagnes ou de cyanotoxines. Néanmoins, plusieurs résultats d'analyse en 2000 sont au-dessus du seuil correspondant à une fleur d'eau de cyanobactéries. Cette discordance entre les observations visuelles et les résultats de laboratoire s'explique par des biomasses dominées par des picocyanobactéries.

Notion de fleur d'eau de cyanobactéries au MDDELCC

Un plan d'eau est considéré comme touché par une fleur d'eau de cyanobactéries lorsqu'on y retrouve au moins 20 000 cellules de CYANOTOT par millilitre (cel./ml).

Les picocyanobactéries étaient considérées dans le décompte des cyanobactéries jusqu'en 2009.

Résultats généraux relatifs aux cyanobactéries et aux algues eucaryotes

Aperçu de la diversité

Sur l'ensemble des années, on a cumulé 50 taxons de CYANOTOT identifiés surtout à l'espèce. Ils sont répartis en :

- 18 taxons de CYANOTOX (dont 15 espèces);
- 32 taxons d'autres cyanobactéries (dont 27 espèces) incluant 7 picocyanobactéries.

On a également identifié les algues eucaryotes suivantes :

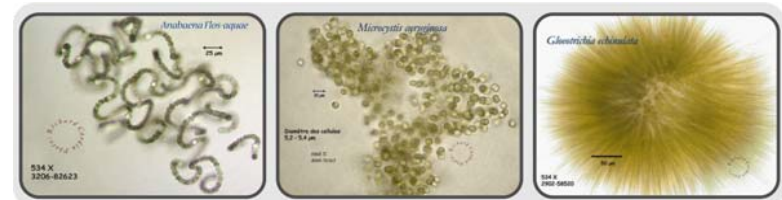
- Chaque année : des bacillariophycées (algues dorées ou diatomées), des chlorophycées (algues vertes), des chrysophycées et des cryptophycées;
- Certaines années : des dinophycées et des euglénophycées.

Algues eucaryotes parfois confondues avec des cyanobactéries

- Durant les étés 2001 à 2008, certaines densités d'algues eucaryotes ont été suffisamment importantes pour être interprétées visuellement à tort sur le terrain par des techniciens du MDDELCC comme étant des fleurs d'eau de cyanobactéries;
- Aux quatre principales stations d'échantillonnage, dans 86 % (32/37) des échantillons considérés à tort sur le terrain pour des fleurs d'eau de cyanobactéries, les résultats de laboratoire révèlent que la biomasse du phytoplancton était dominée de 60 à 100 % par des algues eucaryotes. Celles-ci ne présentent pas de risque pour la santé publique.

Cyanobactéries ayant produit des cyanotoxines

- *Anabaena flos-aquae*, *Gloeoetrichia echinulata* et *Microcystis* sp. auraient été responsables de la production de microcystines car, dans deux échantillons monospécifiques d'écume et dans un échantillon presque monospécifique d'écume, cette cyanotoxine a été mesurée seulement à l'intérieur des cellules;
- *Anabaena flos-aquae* serait aussi responsable de la production de l'anatoxine-a qui a été détectée dans un seul échantillon.



Taxons de cyanobactéries ayant produit des microcystines à la baie Missisquoi. *A. flos-aquae* aurait aussi produit de l'anatoxine-a.

Photos : Richard Cardin, CEAEQ

Sur la base de ces quelques résultats, on ne peut pas conclure que la liste des taxons dont le potentiel toxique est confirmé pour la baie Missisquoi soit complète.

NOTE AUX LECTEURS - SEUILS PROVISOIRES

16 µg/l de MC-LR TEQ et 100 000 cel./ml de CYANOTOT pour la protection des activités récréatives de contact direct avec les eaux

Dans ce rapport, des résultats d'analyse sont comparés à ces [seuils provisoires](#) (annexe).

Depuis l'été 2014, aucun seuil de cyanotoxines ou de cyanobactéries n'est utilisé au Québec pour gérer le risque pour la santé des usagers lors d'épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries en eaux récréatives. En tout temps en présence d'une fleur d'eau, le MSSS considère que les usagers, notamment les adeptes d'activités récréatives de contact direct et indirect avec les eaux, doivent respecter les recommandations générales de santé publique portant sur les [précautions à prendre](#) dans de telles circonstances.

Résultats généraux relatifs aux microcystines et limites

- De 2001 à 2008, les microcystines ont été détectées à la majorité des stations, et ce, la plupart des années, sauf en 2007;
- Parmi les trois variantes analysées, la MC-LR était la plus commune, mais la MC-YR et la MC-RR étaient aussi fréquemment présentes.

Certains facteurs ont pu influencer ce tableau général de la situation. Par exemple, beaucoup moins d'écumes importantes ont pu être échantillonnées avec les années : l'accès à des propriétés riveraines de campings et de plages étaient devenu interdit.

Attention aux écumes en bordure du plan d'eau!

En présence d'écume, les abondances de CYANOTOT y surpassent toujours le seuil de 100 000 cel./ml établi pour la protection des usages récréatifs.

Les résultats relatifs aux CYANOTOT ne sont donc pas répétés dans le texte chaque fois qu'il est question de *campagnes écumes*.



Photo : P. Chevette, MDELCC

Variabilité interannuelle : cyanobactéries et MC-LR TEQ

- Les abondances de CYANOTOT et de CYANOTOX et les concentrations en MC-LR TEQ ont été beaucoup plus faibles en 2007 et en 2008 que durant la période de 2001 à 2006;
- La fréquence des fleurs d'eau – c'est-à-dire celles dont les abondances sont au-dessus de 20 000 cel./ml de CYANOTOT – ainsi que la fréquence des fleurs d'eau qui atteignent ou dépassent le seuil de 100 000 cel./ml de CYANOTOT établi pour la protection des usages récréatifs semblent avoir été nettement plus importantes en 2001, puis en 2002 et en 2006. Elles ont été très rares en 2007.

En campagnes fleurs d'eau :

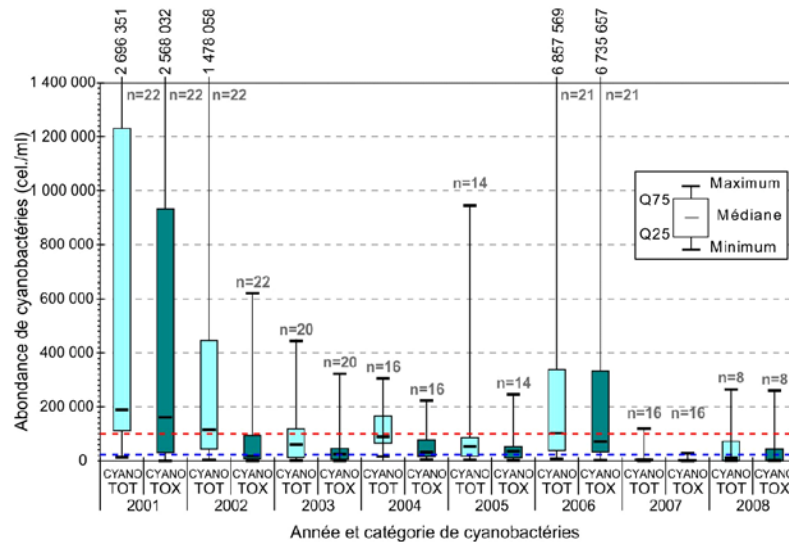
- Les CYANOTOX représentent une partie plus ou moins grande des CYANOTOT selon les années;
- Le 75^e centile de CYANOTOT a dépassé le seuil établi pour la protection des usages récréatifs cinq années, et la médiane l'a dépassé trois années;
- Un seul échantillon a dépassé le seuil de 16 µg/l de MC-LR TEQ, et ce, une seule année (en 2006).

Dépassements des seuils établis pour la protection des usages récréatifs

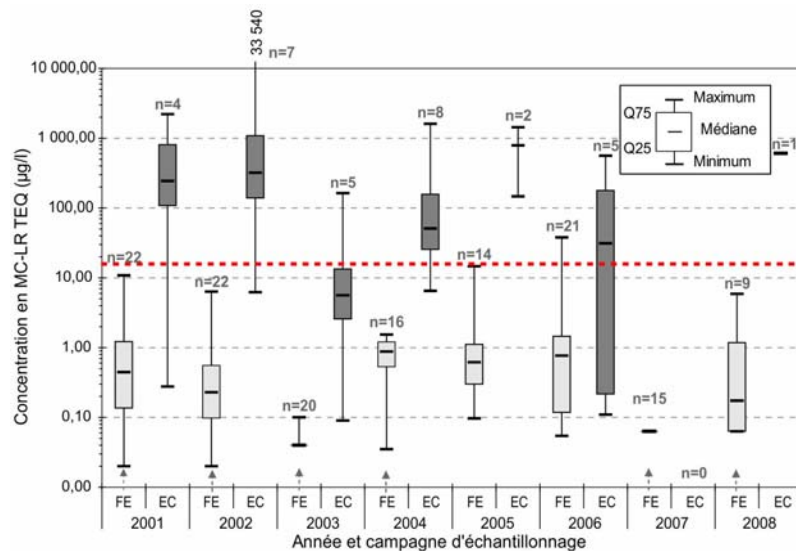
En *campagnes fleur d'eau*, les dépassements interannuels sont beaucoup plus importants et fréquents pour les CYANOTOT que pour la MC-LR TEQ.

Selon une [étude épidémiologique](#) récente portant sur trois lacs québécois, dont la baie Missisquoi, le risque de symptômes gastro-intestinaux plus sévères survenant lors de la pratique d'activités récréatives de contact direct ou indirect avec l'eau considérés ensemble augmente selon les classes d'abondance de CYANOTOT : moins de 20 000 cel./ml; de 20 000 à 100 000 cel./ml; et plus de 100 000 cel./ml.

Les auteurs de l'étude ont aussi fait ressortir un [risque accru de gastroentérites](#) lors d'activités de contact indirect avec les eaux (comme le natisme léger et la pêche), probablement parce que ces usagers sont moins prudents que les baigneurs en raison d'un contact plus limité avec les fleurs d'eau.



CYANOTOT et CYANOTOX en *campagnes fleurs d'eau* et dépassements des seuils de CYANOTOT établis pour une fleur d'eau (trait bleu) ou pour la protection des activités récréatives (trait rouge) à la baie Missisquoi



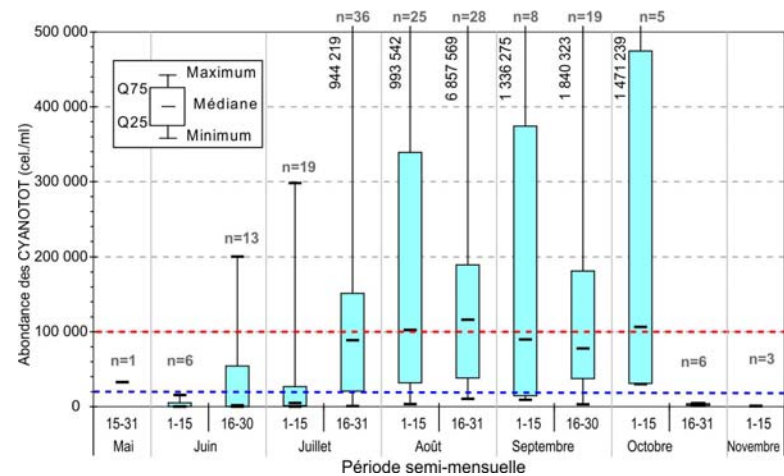
MC-LR TEQ en *campagnes fleurs d'eau* (FE) et *écumes* (EC) et dépassements du seuil établi pour la protection des activités récréatives (trait rouge) à la baie Missisquoi

En *campagnes écumes*, la médiane annuelle de MC-LR TEQ surpasse le seuil pour les usages récréatifs lors de cinq années sur huit.

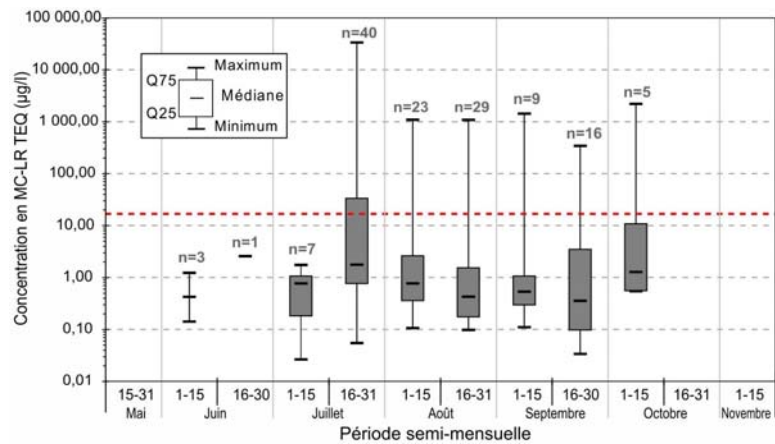
Les concentrations de MC-LR TEQ sont d'environ 100 à 1 000 fois plus élevées dans les écumes que dans les fleurs d'eau.

Variabilité semi-mensuelle : CYANOTOT et MC-LR TEQ

- La présence de fleurs d'eau de cyanobactéries – basée sur le seuil de 20 000 cel./ml de CYANOTOT – a été observée surtout :
 - De la seconde moitié de juin jusqu'à la première moitié d'octobre inclusivement;
 - Beaucoup plus fréquemment à partir de la seconde moitié de juillet;
- Les médianes semi-mensuelles en CYANOTOT avoisinent le seuil de 100 000 cel./ml établi pour la protection des usages récréatifs de la seconde moitié de juillet à la première moitié d'octobre;
- Si on excluait les picocyanobactéries des CYANOTOT, le dépassement du seuil « fleur d'eau » s'observerait pour un moins grand nombre d'échantillons en début de saison, c'est-à-dire la période débutant à la mi-juin et se terminant à la mi-juillet.



Variations semi-mensuelles des CYANOTOT en *campagnes régulières* et *fleurs d'eau* et dépassements du seuil correspondant à une fleur d'eau (trait bleu) ou du seuil établi pour la protection des activités récréatives (trait rouge) à la baie Missisquoi



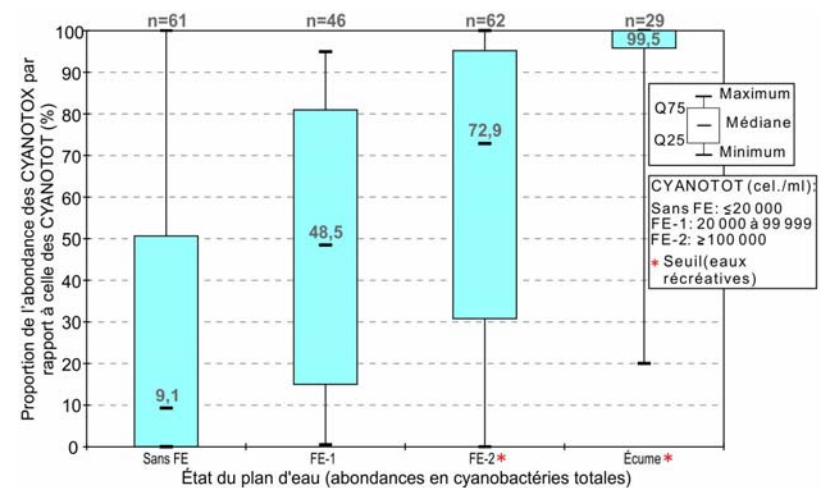
Variations semi-mensuelles de la MC-LR TEQ durant les *campagnes régulières, fleurs d'eau et écumes* et dépassements du seuil établi pour la protection des usages récréatifs (trait rouge) à la baie Missisquoi

- Les microcystines ont été détectées à partir de juin (en 2003 et en 2005);
- Les médianes semi-mensuelles de MC-LR TEQ ont varié entre 0,36 et 1,75 µg/l jusqu'à la première moitié d'octobre. Ces médianes peuvent paraître faibles, mais elles incluent les résultats des trois types de campagnes;
- Les dépassements du seuil de 16 µg/l de MC-LR TEQ établi pour la protection des usages récréatifs surviennent seulement dans la seconde moitié de juillet pour le 75^e centile et de la seconde moitié de juillet à la première moitié d'octobre inclusivement pour les valeurs maximales. Ces dépassements sont attribuables à des échantillons d'écume et à un seul échantillon de fleur d'eau très intense.

CYANOTOX ou microcystines en fonction des CYANOTOT

Constats relatifs aux CYANOTOX

- Plus les CYANOTOT sont abondantes, plus la proportion des CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT tend à augmenter;
- Les médianes de la proportion de CYANOTOX partent de 9,1 % en l'absence de fleur d'eau pour grimper en présence de fleurs d'eau de niveau 1 (FE-1) puis de celles de niveau 2 (FE-2) pour ensuite culminer à 99,5 % en présence d'écume;
- Lorsque le seuil de 100 000 cel./ml de CYANOTOT établi pour la protection des usages récréatifs est atteint (FE-2), la médiane de la proportion de CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT est de 72,9 %.



Proportions des CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT pour chacun des groupes d'abondances de CYANOTOT à la baie Missisquoi

Constats similaires pour les microcystines

- Plus les CYANOTOT sont abondantes ou plus la fleur d'eau devient intense ou en écume, plus la fréquence de détection de microcystines et des dépassements des seuils relatifs à la MC-LR TEQ tendent à augmenter;
- Au moins une variante de microcystine dépasse la limite de détection de la méthode (LDM) dans :
 - 83 % des échantillons présentant un résultat sous le seuil établi pour la protection des usages récréatifs (100 000 cel./ml);
 - 100 % des échantillons d'écume.

Seuil de MC-LR TEQ beaucoup plus souvent dépassé dans les écumes

Le seuil de 16 µg/l établi pour la protection des eaux récréatives a été dépassé :

- Dans 69 % des échantillons prélevés dans des *écumes* près du rivage, zone où les usagers du plan d'eau se trouvent habituellement en plus grand nombre. La médiane et le maximum dépassent respectivement 9 et 2 096 fois le seuil;
- Exceptionnellement en *campagnes fleurs d'eau*, soit dans 2 % d'échantillons prélevés au large.

Détection de microcystines et importance des dépassements du seuil de MC-LR TEQ établi pour la protection des usages récréatifs selon le nombre et le pourcentage d'échantillons dans les groupes d'abondances de CYANOTOT à la baie Missisquoi

Groupe de CYANOTOT	n total	MC ≥ LDM ⁽⁴⁾		≥ 1,5 µg/l MC-LR TEQ ⁽⁵⁾		≥ 16 µg/l MC-LR TEQ ⁽⁶⁾	
		n	%	n	%	n	%
Sans FE ⁽¹⁾	49	19	39	1	2	0	0
FE-1 ⁽²⁾	39	32	82	3	8	0	0
FE-2 ^(3,6)	60	50	83	16	27	1	2
Écume ⁽⁶⁾	32	32	100	28	88	22	69

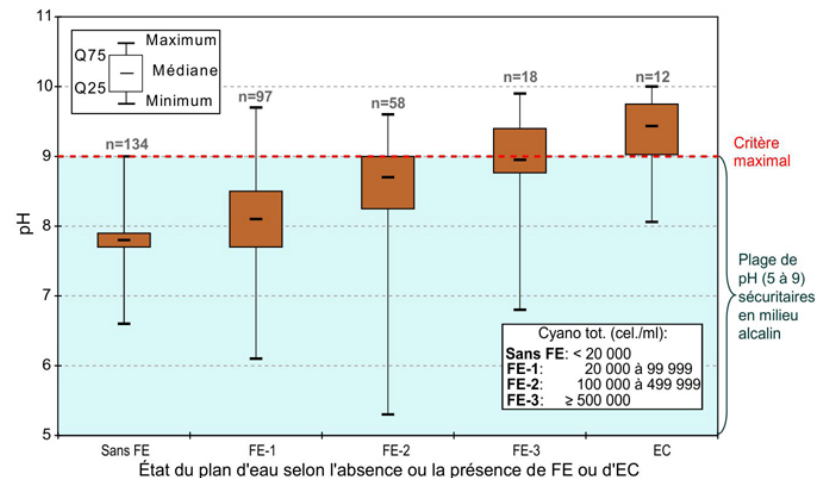
- (1) Sans fleur d'eau : de 0 à 19 999 cel./ml de CYANOTOT.
- (2) Fleur d'eau de niveau 1 : de 20 000 à 99 999 cel./ml de CYANOTOT.
- (3) Fleur d'eau de niveau 2 : ≥ 100 000 cel./ml de CYANOTOT.
- (4) Détection d'au moins une variante de microcystine (MC).
- (5) Dépassement de la [norme pour l'eau potable applicable au robinet](#) après traitement et non au plan d'eau. Résultats à titre indicatif.
- (6) Dépassement du seuil provisoire pour les usages récréatifs.

Variabilité du pH

Plus l'abondance des cyanobactéries est élevée, plus le pH tend à augmenter en raison de la **photosynthèse** qui s'effectue durant le jour, soit aussi la principale période d'activités récréatives de contact avec les eaux.

En raison d'un bon pouvoir tampon découlant d'une bonne **alcalinité** (plus de 20 mg/l selon les [données américaines](#) dans la baie Missisquoi), les [critères québécois minimal et maximal de pH](#) établis pour protéger les activités récréatives s'étendent de 5,0 à 9,0.

Le critère maximal de 9 est souvent dépassé dans des fleurs d'eau de plus de 500 000 cel./ml et encore davantage dans les écumes de cyanobactéries. La valeur maximale atteignant le pH de 10, elle est donc dix fois plus élevée que le critère de 9 (échelle logarithmique). Si le pH est trop faible ou trop élevé, il peut contribuer à irriter la peau et les yeux.



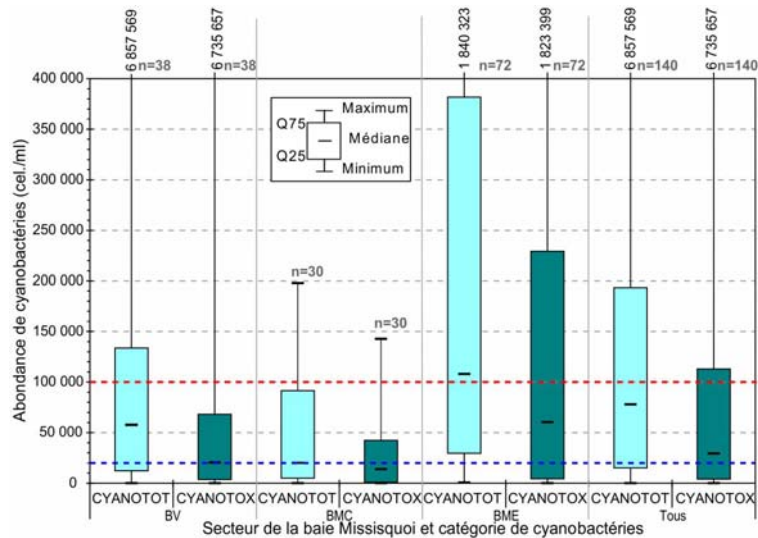
Variabilité du pH diurne et dépassements du critère maximal établi pour la protection des usages récréatifs en fonction des groupes d'abondances de CYANOTOT à la baie Missisquoi (FE : fleur d'eau; EC : écume)

FAITS SAILLANTS SELON LES SECTEURS

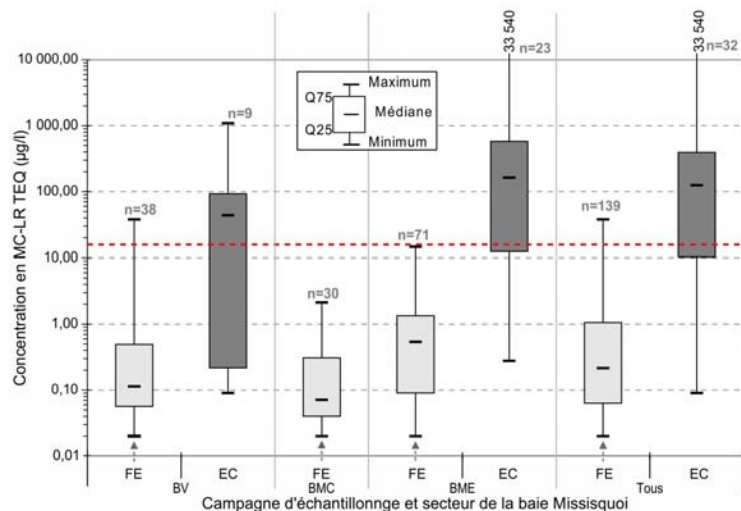
Variabilité : cyanobactéries et microcystines

Les stations d'échantillonnage de la baie Missisquoi ont été regroupées en trois grands secteurs : la baie de Venise (BV), la station *a* au centre de la baie Missisquoi (BMC) et la baie Missisquoi du côté est (BME) de la pointe Jameson, y compris Saint-Armand.

- En *campagnes fleurs d'eau*, le seuil de 20 000 cel./ml de CYANOTOT pour une fleur d'eau a été souvent atteint ou dépassé dans les trois grands secteurs;
- Le secteur est de la baie Missisquoi est celui où les médianes de CYANOTOT, CYANOTOX et MC-LR TEQ sont les plus élevées en *campagnes fleurs d'eau* et *écumes*. C'est donc dans ce secteur que les seuils de CYANOTOT et de MC-LR TEQ sont le plus souvent dépassés;
- La baie de Venise arrive au second rang des secteurs atteints;
- Le secteur du centre de la baie Missisquoi semble le moins à risque pour la pratique d'activités récréatives de contact avec les eaux; il est aussi le moins fréquenté. Plus de 75 % des résultats de CYANOTOT et la valeur maximale de la MC-LR TEQ se trouvaient sous les seuils établis pour ces paramètres.



CYANOTOT et CYANOTOX selon les secteurs de la baie Missisquoi en *campagnes fleurs d'eau* et dépassements des seuils de CYANOTOT établis pour une fleur d'eau (trait bleu) ou pour la protection des usages récréatifs (trait rouge)



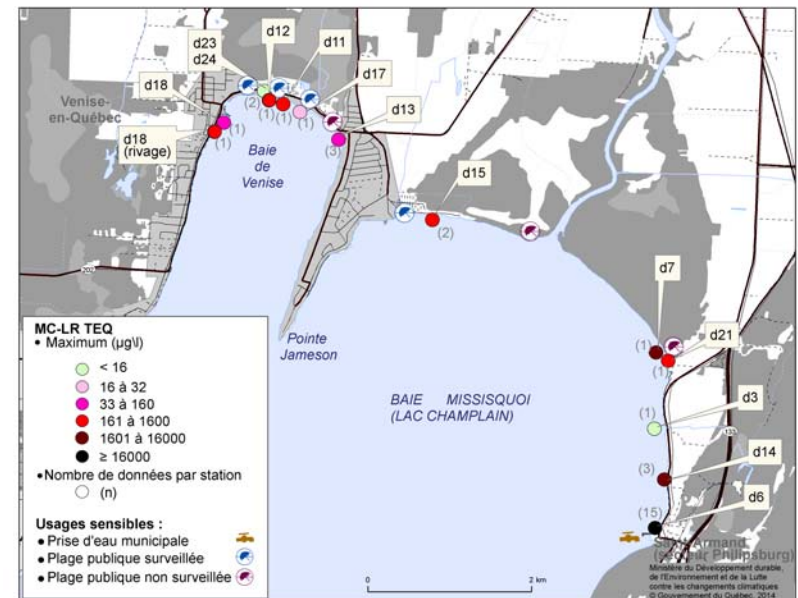
MC-LR TEQ selon les secteurs de la baie Missisquoi en *campagnes fleurs d'eau* (FE) ou *écumes* (EC) et dépassements du seuil établi pour la protection des activités récréatives (trait rouge)

- Le secteur de la baie Missisquoi du côté est et celui de la baie de Venise sont les plus touchés, probablement en partie en raison entre autres des vents. En général, de juin à octobre, les vents dominants sont du sud-ouest, puis de l'ouest et du sud. Ils pousseraient donc les fleurs d'eau plus fréquemment vers le secteur est de la baie Missisquoi, mais aussi vers la baie de Venise.

MC-LR TEQ dans les écumes près du rivage

Des écumes de cyanobactéries s'accroissent près des rives, zones où les usagers se trouvent souvent en plus grand nombre. Dans les écumes :

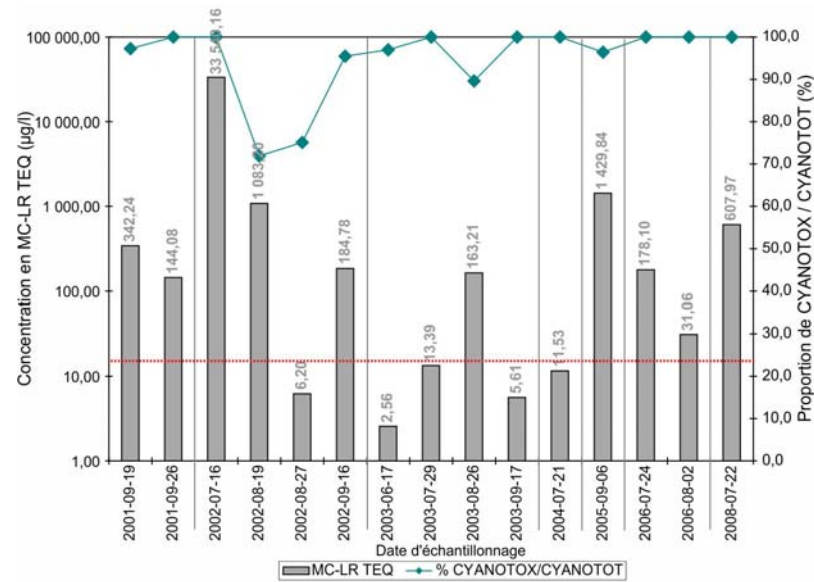
- Les dépassements du seuil de 16 µg/l établi pour la protection des usages récréatifs sont survenus à 11 des 14 stations, et ce, surtout durant la période des vacances estivales;
- Le minimum, la médiane et le maximum sont respectivement de 0,1 µg/l, de 144 µg/l et de 33 540 µg/l de MC-LR TEQ.



Concentration maximale de MC-LR TEQ en *campagnes écumes* et importance du dépassement du seuil de 16 µg/l établi pour la protection des activités récréatives à la baie Missisquoi

D'importantes concentrations de MC-LR TEQ dans les écumes ont été mesurées dans les secteurs de plages publiques surveillées et de plages non surveillées.

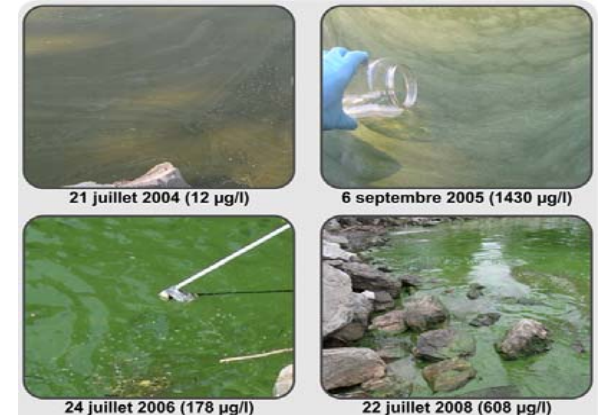
En présence d'écume et à l'égard des usages récréatifs, les seuils de CYANOTOT (100 000 cel./ml et écume) sont toujours dépassés et le seuil de 16 µg/l de MC-LR TEQ est souvent surpassé. Les usagers du plan d'eau doivent redoubler de prudence pour leur santé et respecter les [précautions à prendre recommandées](#) par le MSSS, comme ils devraient le faire en présence d'une fleur d'eau.



MC-LR TEQ dans les écumes à la station d6 à la baie Missisquoi et dépassements du seuil établi pour la protection des activités récréatives (ligne rouge) comparativement aux proportions des CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT

Des dépassements plus fréquents ou plus importants du seuil seraient probablement survenus. En effet, moins d'écumes importantes ont pu être échantillonnées avec les années puisque l'accès à des lieux concernés est devenu interdit. À 13 des 14 stations, l'effort d'échantillonnage était faible, avec une moyenne de 1,4 échantillon par station.

La station d6 a été la plus fréquemment échantillonnée. C'est à cet endroit que le maximum de MC-LR TEQ a été mesuré; il surpasse 2 096 fois le seuil de 16 µg/l établi pour la protection des activités récréatives.



Photos : adaptées de celles de P. Chevrette, MDDELCC

Selon les autres résultats dans les écumes à cette station :

- Dix échantillons (67 %) ont surpassé le seuil de MC-LR TEQ établi pour la protection des usages récréatifs. Or, la station se situe juste au nord du quai de Saint-Armand. La zone est très fréquentée par des plaisanciers, qui mettent à l'eau leur embarcation ou leur bateau; des parties du corps de certaines de ces personnes entrent ainsi en contact avec les eaux. Dans cette zone, des chiens s'abreuvent et des pêcheurs manipulent les poissons capturés;
- Le pourcentage de CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT a varié de 72 à 100 %, mais il se trouve surtout entre 90 et 100 %. Cela tend à confirmer que les CYANOTOX sont majoritairement dominantes dans les écumes;
- La « courbe » de variabilité des cyanotoxines ne concorde pas toujours avec celle du pourcentage de CYANOTOX. Ce constat s'expliquerait peut-être par le fait que tous les taxons de CYANOTOX ou que toutes les souches d'une même espèce n'ont pas le même potentiel de production de microcystines, ou que les conditions environnementales favorables à cet effet ne sont pas toujours réunies.

À la station d6, les microcystines se trouvaient majoritairement sous la forme intracellulaire, sauf dans un échantillon, alors que plus de 85 % des MC étaient extracellulaires. Ces dernières étaient vraisemblablement des toxines résiduelles libérées après la lyse des cellules de cyanobactéries, après leur mort.

Globalement, à l'ensemble des stations, sur la base de la répartition dans le temps des quelques échantillons prélevés, les écumes de cyanobactéries semblent plus fréquentes dans la seconde moitié de juillet (43,8 %), puis en août (28,1 %) et en septembre (21,9 %). Selon les résultats météorologiques de 1981 à 2010, la fréquence des vents en provenance du sud, du sud-ouest et de l'ouest est d'ailleurs plus élevée en juillet, avec 55 % comparativement à 40 % en août et à 42 % en septembre. Le secteur est de la baie Missisquoi est celui où les écumes présentent les valeurs maximales de MC-LR TEQ les plus élevées.

AUTRES FAITS SAILLANTS

La proportion de CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT est très variable d'une station à une autre et d'une date à une autre. Il en va de même pour la proportion des picocyanobactéries par rapport au total des autres cyanobactéries et des CYANOTOX.

Des stations et secteurs plus touchés que la baie dans son ensemble

Les dépassements des seuils de CYANOTOT ou de MC-LR TEQ lors des différentes campagnes sont plus fréquents et ont une portée plus importante lorsqu'on les considère pour des secteurs ou pour certaines stations plutôt qu'à l'échelle de toute la baie Missisquoi.

Une présence parfois non négligeable de microcystines malgré une faible abondance de cyanobactéries

Dans certains échantillons, des microcystines ont été mesurées en concentrations non négligeables même en présence d'une abondance de CYANOTOT bien en deçà de 20 000 ou de 100 000 cel./ml. Il s'agit probablement de toxines résiduelles devenues libres dans l'eau après la destruction de la membrane de cellules et donc de mortalité de cyanobactéries ou encore de la présence de certaines souches de cyanobactéries produisant une forte quantité de microcystines par cellule. Par exemple, cela a été noté dans des échantillons dont la biomasse était dominée par des CYANOTOX comme *Microcystis* sp. ou *Microcystis aeruginosa*.

CONCLUSION

Les seuils de CYANOTOT et de MC-LR TEQ ont été fréquemment dépassés dans la baie Missisquoi. La prudence s'impose de la part des usagers du plan d'eau en présence de fleurs d'eau de cyanobactéries. Pour protéger leur santé, les usagers devraient respecter les [précautions à prendre recommandées](#) par le MSSS. Par ailleurs, pour réduire la problématique des fleurs d'eau, la poursuite des efforts d'assainissement comme la réduction du phosphore dans le bassin versant s'avère essentielle. Elle est d'autant plus importante que des facteurs favorables à la prolifération des cyanobactéries – comme la hausse des températures et des pics de précipitations favorisant le ruissellement du phosphore – risquent d'être plus fréquents avec les changements climatiques.

RÉFÉRENCE À CITER

BLAIS, Sylvie, 2015. *Faits saillants - État de situation sur les cyanobactéries à la baie Missisquoi de 2000 à 2008 en lien avec les seuils provisoires pour les eaux récréatives*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-72639-5 (PDF), 12 p. + 1 ann.

POUR EN SAVOIR PLUS

Les faits saillants proviennent du rapport scientifique suivant :

BLAIS, Sylvie, 2014. [État de situation sur les cyanobactéries à la baie Missisquoi de 2000 à 2008 en lien avec les seuils provisoires pour les eaux récréatives](#), Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-71485-9 (PDF), 44 p. + 13 ann.

GLOSSAIRE

75^e centile (Q75) : Dans une série de données classées par ordre de grandeur, valeur de la donnée qui sépare le 75 % de données plus faibles et le 25 % de données plus élevées.

Abondance : Synonyme : densité. Nombre d'organismes ou de microorganismes par unité de volume (pour les cyanobactéries ou les algues eucaryotes) ou de surface.

Alcalinité : Capacité d'un milieu aquatique à neutraliser les acides. Cette capacité se détermine en mesurant dans l'eau les concentrations des ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes. Elle est exprimée en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium (CaCO₃).

Aiguë (exposition) : Exposition de courte durée d'un organisme vivant à un contaminant ou à un agent pathogène. Par exemple, une personne se baignant dans une abondance de cyanobactéries dépassant le seuil établi pour la protection de cet usage pourrait subir à court terme des [effets sur sa santé](#) tels que des gastro-entérites plus ou moins sévères, des maux de ventre, des diarrhées, des vomissements ou une irritation de la peau.

Anatoxine-a : Type de neurotoxine.

Biomasse : Masse de matière biologique présente dans une unité de volume.

Chronique (exposition) : Exposition régulière à un contaminant ou à un agent pathogène durant toute la vie d'un organisme vivant. Par exemple, consommer quotidiennement et pendant plusieurs années une eau dont la concentration dépasserait la [norme québécoise de 1,5 µg/l de MC-LR TEQ](#) pourrait conduire à des problèmes très sérieux au foie.

Colonne d'eau : Masse d'eau qui se trouve entre la surface et le fond dans un milieu aquatique.

Cyanobactéries : Microorganismes classés avec les bactéries, mais ayant aussi des caractéristiques d'algues eucaryotes microscopiques, comme la présence, plus ou moins importante selon les espèces, de chlorophylle (pigment vert) et de phycocyanine (pigment bleu), qui leur permettent de faire de la photosynthèse. Les cyanobactéries sont communément appelées « [algues bleu-vert](#) ».

Cyanobactéries totales (CYANOTOT) : Ensemble des CYANOTOX et des autres cyanobactéries.

Cyanobactéries à potentiel toxique (CYANOTOX) : Par mesure préventive, le MDDELCC et le MSSS considèrent pour le Québec que les CYANOTOX sont les cyanobactéries susceptibles de produire des hépatotoxines (comme les microcystines) ou des neurotoxines (telles que l'anatoxine-a), et ce, à un endroit ou à un autre dans le monde.

Cyanotoxine : Toxines produites par des cyanobactéries, principalement des hépatotoxines et des neurotoxines.

Disque de Secchi : Disque de plexiglas ou de métal ayant un diamètre de 20 centimètres. Le cercle du disque est divisé en quatre parties égales, comme quatre pointes de tarte. Chaque quart de cercle est noir ou blanc en alternance. Une corde, si possible graduée, est attachée au centre du disque.

Écume de cyanobactéries : Fleur d'eau de cyanobactéries remontée en surface et s'accumulant souvent en bordure d'un plan d'eau.

Eucaryotes : Microorganismes ou organismes vivants ayant notamment dans leur cellule complexe un vrai noyau entouré d'une membrane. Les algues eucaryotes sont plus évoluées que les cyanobactéries, puisque ces dernières n'ont notamment pas cette caractéristique.

Eutrophisation : Processus d'enrichissement ou de « vieillissement » d'un milieu aquatique. Il se caractérise, notamment, par une augmentation du phosphore, par une baisse de la transparence des eaux, par une augmentation des végétaux, des algues ou des cyanobactéries et par une modification des espèces de poissons. L'eutrophisation est un processus naturel très lent. Il est très accéléré

par des apports trop élevés de phosphore d'origine humaine (eaux usées insuffisamment traitées, agriculture, ruissellement de surface accéléré par la diminution de la végétation riveraine, etc.).

Extracellulaire (toxine) : Se dit d'une toxine présente à l'extérieur des cellules, notamment à l'extérieur des cyanobactéries, et qui est donc libre dans l'eau.

Fleur d'eau : Densité très importante d'algues microscopiques ou de cyanobactéries qui résulte de leur prolifération excessive. Une fleur d'eau est généralement visible à l'œil nu. Une fleur d'eau est aussi appelée « efflorescence », « floraison » ou *bloom* en anglais. Le MDDELCC considère qu'une telle fleur d'eau « de cyanobactéries » est composée d'au moins 20 000 cellules de CYANOTOT par millilitre.

Hépatotoxine : Toxine, comme les microcystines, pouvant affecter notamment le foie à différents degrés. Chez les cyanobactéries, seules certaines espèces peuvent produire ce type de toxine lorsque les conditions environnementales favorables à cet effet sont réunies.

Intracellulaire (toxine) : Se dit d'une toxine se trouvant à l'intérieur des cellules, par exemple à l'intérieur de cyanobactéries.

Limite de détection de la méthode d'analyse (LDM) : Valeur la plus basse d'un paramètre, comme une cyanotoxine, pouvant être détectée par la méthode d'analyse utilisée au laboratoire.

Médiane : Dans un ensemble de données classées par ordre de grandeur, valeur située au milieu de la série. Conséquemment, 50 % des données se trouvent au-dessus de la médiane et 50 % se trouvent en dessous.

Microcystine (MC) : Type d'hépatotoxine produite par des cyanobactéries, notamment celles du genre *Microcystis*.

Microcystine-LR (MC-LR), microcystine-RR (MC-RR) et microcystine-YR (MC-YR) : Variantes de microcystine parmi les 90 existantes. La MC-LR serait la plus fréquente et parmi les plus toxiques.

Microcystine-LR toxicité équivalente (MC-LR TEQ) : Paramètre d'un [seuil provisoire établi pour la protection des eaux récréatives](#) et de la [norme relative à l'eau potable](#). La MC-LR TEQ se calcule à partir du total des résultats d'analyse des formes intracellulaires et extracellulaires de chacune des variantes de MC couplées avec leurs facteurs respectifs de toxicité. Les [facteurs](#) sont de 1 pour la MC-LR, de 1 pour la MC-YR et de 0,1 pour la MC-RR.

Neurotoxine : Toxine, comme l'anatoxine-a, pouvant affecter le fonctionnement du système nerveux par différents mécanismes. Chez les cyanobactéries, seules certaines espèces peuvent produire des neurotoxines lorsque les conditions environnementales favorables à cet effet sont réunies.

pH : Unité de mesure désignant l'importance de l'acidité ou de la basicité d'un échantillon ou d'un milieu. L'échelle de pH est graduée de 0 à 14. Le pH de 7 est considéré comme neutre. Plus le pH se trouve en deçà de 7, plus il est acide. À l'opposé, plus il dépasse 7, plus il est basique ou alcalin.

Photosynthèse : Sous l'effet de la lumière, processus par lequel la plupart des plantes, algues eucaryotes ou cyanobactéries peuvent transformer le gaz carbonique (CO₂) et l'eau en glucose (sucre).

Phytoplancton : Ensemble des algues eucaryotes microscopiques et des cyanobactéries vivant dans l'épaisseur de la colonne d'eau d'un milieu aquatique.

Picocyanobactéries : Ce sont les plus petites espèces de cyanobactéries. Les cellules sphériques mesurent moins de 2 µm de diamètre et les cellules ayant d'autres formes mesurent moins de 2 µm de longueur.

Souche : Groupe de microorganismes d'une espèce se différenciant d'autres microorganismes de la même espèce par au moins un caractère particulier. Par exemple, les cyanobactéries de l'espèce x pourraient avoir le gène permettant de produire de la microcystine mais pas les individus d'une autre souche de la même espèce.

Sous-chronique (exposition) : Exposition de durée moyenne que subit un organisme vivant à un contaminant ou à un agent pathogène. Par exemple, le [seuil provisoire de MC-LR TEQ](#) établi pour la protection des eaux récréatives est basé sur une exposition pendant un nombre restreint de jours durant un été. Ceci explique sa valeur plus élevée qu'une norme protégeant contre une exposition chronique. L'exposition sous-chronique est un intermédiaire entre une exposition aiguë (ponctuelle de courte durée) et une exposition chronique (répétée sur une longue période).

Taxon : Groupe de microorganismes ou d'organismes classés dans un même genre ou dans une même espèce.

Transparence : Elle est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Bien que plusieurs facteurs puissent influencer la transparence de l'eau, celle-ci diminue souvent en fonction de l'augmentation de la quantité d'algues ou de cyanobactéries en suspension dans l'eau.

ANNEXE

Seuils pour désigner une fleur d'eau et pour protéger les usages récréatifs de contact direct avec les eaux

Le MDDELCC a retenu la valeur de 20 000 cel./ml de CYANOTOT comme seuil minimal pour désigner une fleur d'eau de cyanobactéries et, par conséquent, un plan d'eau touché par ce phénomène.

Dans le cadre de ce rapport, pour les usages récréatifs de contact direct avec les eaux, tels que la baignade, le ski nautique, la planche à voile, le cerf-volant de traction, la plongée et le kayak, les seuils *provisoires* québécois utilisés sont de 16 µg/l de MC-LR TEQ et de 40 µg/l d'anatoxine-a. Ces seuils relatifs aux cyanotoxines sont notamment basés sur une exposition sous-chronique d'ingestion accidentelle d'eau. Cela signifie qu'un risque pour la santé est appréhendé s'il y a pratique d'activité récréative de contact avec les eaux pendant plusieurs jours au cours desquels le seuil est toujours dépassé et qu'il y a ingestion d'eau. Pour compléter l'évaluation relativement aux activités récréatives, le seuil provisoire de 100 000 cel./ml de CYANOTOT est employé.

Seuils de cyanobactéries et de cyanotoxines pour désigner une fleur d'eau ou pour protéger les usages récréatifs de contact direct avec les eaux

Paramètre	Fleur d'eau	Activités récréatives ⁽¹⁾	Remarque
CYANOTOT	≥ 20 000 cel./ml	≤ 100 000 cel./ml	Seuil de 100 000 en complément des seuils de cyanotoxines
		Présence d'écume	-
MC-LR TEQ ⁽²⁾	-	≤ 16 µg/l	Exposition sous-chronique
Anatoxine-a	-	≤ 40 µg/l	Exposition sous-chronique

(1) [Seuils provisoires](#) québécois

(2) La MC-LR TEQ se calcule à partir du total des résultats d'analyse des formes intracellulaires et extracellulaires de chacune des variantes couplées avec leurs facteurs respectifs de toxicité. Pour les variantes de microcystines du présent projet, les [facteurs](#) sont de 1 pour la MC-LR, de 1 pour la MC-YR et de 0,1 pour la MC-RR. Lorsqu'une donnée est sous la limite de détection de la méthode d'analyse du laboratoire (LDM), la valeur de la moitié de la LDM est considérée par défaut dans le calcul pour la MC-LR TEQ.