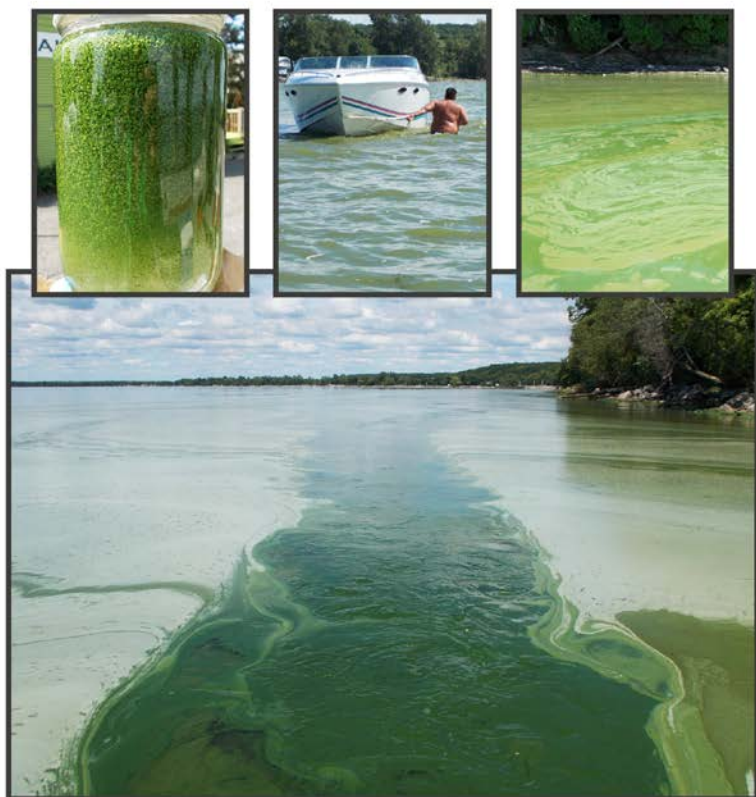


État de situation sur les cyanobactéries et les algues eucaryotes à la baie Missisquoi en 2014



2019

Québec 

Crédit-photos : Mélanie Gilbert, CCEQ de l'Estrie et de la Montérégie, MELCC

De gauche à droite :

- Échantillon d'écume de cyanobactéries prélevé à la station d6 à la baie Missisquoi (29 juillet 2014)
- Activité récréative de contact avec l'eau en présence d'une fleur d'eau de cyanobactéries à la baie Missisquoi (24 juillet 2014)
- Importante fleur d'eau de cyanobactéries sous la forme d'écume à la baie Missisquoi (19 août 2014)
- Importante fleur d'eau de cyanobactéries sous la forme d'écume blanchâtre et verdâtre à la baie Missisquoi (19 août 2014)

Coordination et rédaction

Cette publication a été réalisée par la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)

Renseignements

Pour tout renseignement, vous pouvez remplir le formulaire à cette adresse : <http://www.environnement.gouv.qc.ca/ministere/rejoindre/renseign.htm>

Par téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 (sans frais)

Par télécopieur : 418 646-5974

Ce document peut être consulté à la page Algues bleu-vert du site Internet du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques au www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/missisquoi/situation-cyano2014.pdf.

Référence à citer

BLAIS, Sylvie, 2019. *État de situation sur les cyanobactéries et les algues eucaryotes à la baie Missisquoi en 2014*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-77638-3 30 p. + 3 ann.

Dépôt légal – 2019

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-550-77638-3 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec, 2019

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Responsable et rédaction	Sylvie Blais ¹
Révision scientifique	Sonia Boivin ² , Anouka Bolduc ³ , Nathalie Bourbonnais ¹ , Nathalie Brault ⁴ et Martin Mimeault ⁵
Échantillonnage, mesures et observations sur le terrain	Mélanie Gilbert ⁶ , Patrick Chevrete ⁶ , Rémy Demers ⁶ , Martin Mimeault ⁵ , Christian Godin ^{1,7} et Sylvie Blais ^{1,7}
Analyses en laboratoire des cyanotoxines	Christian Deblois (responsable) ⁸ et Martin Duchesneau ⁸
Analyses en laboratoire des cyanobactéries et des algues eucaryotes	Christian Bastien ⁸ et Éloïse Veilleux ⁸ (responsables), Nicole Cadoret ⁸ , Nancy Desrosiers ⁸ et Cathy Tremblay ⁸
Saisie et validation des données	Stéphanie Locas ¹ , Jean-Philippe Baillargeon ¹ , Christian Godin ¹ et Sylvie Blais ¹
Cartographie	Mona Frenette ¹
Infographie	France Gauthier ¹ , Katherine Delisle ⁹ et Sophie Galerneau
Révision linguistique	Traductions Atout
Mise en page	Claire Cournoyer ¹

1. Direction générale du suivi de l'état de l'environnement (DGSEE), ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)
2. Direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et services sociaux de l'Estrie
3. Direction de l'eau potable et des eaux souterraines, MELCC
4. Direction de santé publique du Centre intégré de santé et services sociaux de la Montérégie-Centre
5. Direction régionale de l'analyse et de l'expertise de l'Estrie et de la Montérégie (DRAE), MELCC
6. Centre de contrôle environnemental du Québec de l'Estrie et de la Montérégie (CCEQ), MELCC
7. Participation de la DGSEE pour les travaux de terrain seulement lors de la première campagne de la saison et celle du 24 juillet 2014
8. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), MELCC
9. Direction des communications, MELCC

RÉSUMÉ

En 2014, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a effectué un suivi des cyanobactéries, de cyanotoxines et des algues eucaryotes à la baie Missisquoi. Ce suivi vise à documenter l'évolution en cours de saison de ces paramètres à quatre stations situées au large et, en présence d'écume de cyanobactéries, à une station localisée en bordure de rive. On cherche aussi à comparer l'état de situation de 2014 à la situation observée aux mêmes stations au cours des années 2004 à 2008.

Au début de la saison estivale de 2014, les cyanobactéries étaient minoritaires alors que des proliférations d'algues eucaryotes avaient lieu. La plus importante en ce qui concerne la biomasse est une fleur d'eau de *Gymnodinium* sp. (dinophycée) dans le secteur de la prise d'eau de la station de production d'eau potable de Bedford.

À partir de la mi-juillet ou de la mi-août, selon la localisation des stations d'échantillonnage, les importantes fleurs d'eau de cyanobactéries ont commencé à apparaître ($\geq 20\,000$ cellules par millilitre). Les cyanobactéries à potentiel toxique (CYANOTOX) dominent en abondance et en biomasse la communauté des cyanobactéries. Elles dominent alors également la communauté phytoplanctonique.

Aux stations d'échantillonnage au large dans la baie Missisquoi et dans celle de la baie de Venise, les dépassements des seuils provisoires pour la protection des usages récréatifs sont plus importants et fréquents pour les abondances de cyanobactéries totales (CYANOTOT) (13/44) que pour la microcystine-LR toxicité équivalente (MC-LR TEQ) (2/44). Dans les écumes prélevées sur le bord du rivage juste au nord du quai fédéral (station d6), toutes les concentrations en MC-LR TEQ surpassent le seuil provisoire de 16 µg/l.

Parmi les douze variantes de microcystines analysées en 2014, ce sont les quatre variantes MC-LR, MC-RR, MC-YR et MC-LA utilisées pour le calcul de la MC-LR TEQ qui affichent les fréquences de détection les plus élevées.

Les taxons qui semblent être les principaux producteurs de microcystines en 2014 sont *Dolichospermum* (*Anabaena*) *flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* et *Microcystis* sp.

Des résultats de biomasses, notamment, portent à présumer que la problématique des cyanobactéries et de l'eutrophisation ne s'est pas améliorée en 2014 comparativement à la période de 2004 à 2008, et ce, malgré des efforts de réduction des apports de phosphore dans le bassin versant. Cette situation est peut-être attribuable, entre autres, au relargage de phosphore des sédiments vers la colonne d'eau dans la baie Missisquoi.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	APERÇU DE LA MÉTHODE.....	1
3	RÉSULTATS ET DISCUSSION	5
	3.1 SAISON 2014.....	5
	3.1.1 Cyanobactéries et algues eucaryotes	5
	3.1.1.1 Diversité du phytoplancton.....	5
	3.1.1.2 Importance des cyanobactéries par rapport à l'ensemble des algues eucaryotes	6
	3.1.1.3 Importance des cyanobactéries par rapport aux principales classes des algues eucaryotes	8
	3.1.1.4 Catégories visuelles de fleurs d'eau sur le terrain et fleurs d'eau confirmées par décomptes microscopiques.....	10
	3.1.2 Cyanobactéries et microcystines par rapport aux usages.....	11
	3.1.2.1 Au large (stations a, b, d2 et d8).....	11
	3.1.2.2 Dans les écumes près du rivage (station d6 et autres).....	14
	3.1.3 Douze variantes de microcystines	16
	3.1.4 Anatoxine-a et homoanatoxine-a	18
	3.2 SAISON 2014 COMPARÉE À CELLES DE 2004 À 2008 ..	19
	3.2.1 Biomasse du phytoplancton et des cyanobactéries	20
	3.2.2 Cyanobactéries et microcystines par rapport aux usages anthropiques	21
	3.2.3 Cyanobactéries potentiellement responsables de la production de microcystines	24
	3.2.4 Diversité du phytoplancton.....	26
4	CONCLUSION	27
5	BIBLIOGRAPHIE	28
Annexe 1	Cyanobactéries à la baie Missisquoi pour l'ensemble des stations et des campagnes en 2014 comparativement à 2004-2008.....	31
Annexe 2	Classes d'algues eucaryotes à la baie Missisquoi pour l'ensemble des stations et des campagnes en 2014 comparativement à 2004-2008	34

Annexe 3	Écumes observées en 2014 dans les trois secteurs de la baie Missisquoi en bordure de rive ou au large	35
Tableau 1	Résumé des modalités distinguant le volet échantillonnage des trois types de campagnes	2
Tableau 2	Répartition du nombre de dates et du nombre d'échantillons par type de campagne	5
Tableau 3	Concentrations de MC totales et pourcentage de biomasse des CYANOTOX dominantes aux stations <i>a6</i> et <i>b</i> en 2014 pour les échantillons ayant dépassé le seuil de 16 µg/l en MC-LR TEQ.....	25

LISTES DES FIGURES

Figure 1	Stations échantillonnées en 2014, types d'échantillons visés et principaux usages publics.....	3
Figure 2	Fréquences des taxons de CYANO dans les 48 échantillons.....	6
Figure 3	Proportion de biomasse entre les CYANOTOX, les autres CYANO et les algues eucaryotes aux stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i> (n=44)	7
Figure 4	Biomasse des classes du phytoplancton incluant les CYANOTOT aux stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i> . (Deux biomasses à la station <i>d2</i> et une à la station <i>d8</i> dépassent le maximum de l'axe des y.)	9
Figure 5	Distribution des abondances de CYANOTOT selon les différentes catégories visuelles de 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).....	10
Figure 6	Variabilité des CYANO et dépassements des seuils de CYANOTOT établis pour une fleur d'eau (trait bleu) ou pour la protection des activités récréatives (trait rouge). Le « R » indique une campagne régulière.....	11
Figure 7	Variabilité de la MC-LR TEQ aux stations au large et dépassements de la norme pour l'eau potable au robinet (trait vert) à la station <i>d2</i> et du seuil pour la protection des eaux récréatives (trait rouge). (L'axe des y est plus élevé pour la station <i>b</i>).	13
Figure 8	MC-LR TEQ dans des écumes de CYANO à la station <i>d6</i> et dépassement du seuil pour les eaux récréatives (trait rouge)	16
Figure 9	Concentrations détectées des douze variantes analysées de MC aux quatre stations au large. (L'axe des y est quatre fois plus élevé à la station <i>b</i>).	17
Figure 10	Concentrations détectées des douze variantes analysées de MC dans des écumes de CYANO à la station <i>d6</i>	18
Figure 11	Variations interannuelles de la biomasse du phytoplancton total et des cyanobactéries totales aux stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i> en campagnes régulières et de fleurs d'eau	21
Figure 12	Abondances des CYANOTOT et des CYANOTOX en <i>campagnes fleurs d'eau</i> aux stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i> en 2014 comparativement à celles de 2004 à 2008 (trait bleu : seuil fleur d'eau; trait rouge : seuil usages récréatifs)	22

Figure 13	Concentrations en MC-LR TEQ aux stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i> (fleur d'eau au large – FE) et <i>d6</i> (écume en bordure – EC) en 2014 comparativement à celles de 2004 à 2008 par rapport au seuil pour les eaux récréatives (trait rouge)	23
-----------	---	----

LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS

BM	Baie Missisquoi
cel./ml	Cellules par millilitre
CYANO	Cyanobactéries
CYANOTOT	Cyanobactéries totales
CYANOTOX	Cyanobactéries à potentiel toxique
EC	Écume
FE	Fleur d'eau
LDM	Limite de détection de la méthode d'analyse
MC	Microcystine(s)
MC-x	Microcystine-x (variante de MC où x peut être LA, LR, RR, etc.)
MC-LR TEQ	Microcystine-LR toxicité équivalente
MC tot.	Microcystines totales (somme des variantes analysées)
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
PICO	Picocyanobactéries
QC	Québec
Q25	Centile 25
Q75	Centile 75
R	Régulière dans « campagne régulière »
Ri	Rivage (près du rivage)

1 INTRODUCTION

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 régionales. Les fleurs d'eau représentent aussi un risque pour la santé des usagers du plan d'eau.

La baie Missisquoi constitue la petite partie nord-est d'un immense plan d'eau transfrontalier : le lac Champlain. La partie québécoise de cette baie se trouve en Montérégie et la partie américaine, dans l'État du Vermont.



Saint-Armand, 6 août 2014.
Photo : Mélanie Gilbert, MELCC

De [2000 à 2008](#), le Ministère a effectué un suivi régulier des cyanobactéries, des cyanotoxines et d'autres paramètres biologiques et physicochimiques (Blais, 2014, Blais, 2015, Bowling et collab., 2014, Bowling et collab., 2015). Le suivi entrepris en 2014 permet de documenter à nouveau cette problématique pour ce qui est des cyanobactéries totales, des cyanobactéries à potentiel toxique, des algues eucaryotes et des cyanotoxines et de comparer les résultats obtenus avec ceux des campagnes de 2004 à 2008.

2 APERÇU DE LA MÉTHODE

Le projet se divise en trois types de campagnes sur le terrain : régulière, fleur d'eau et écume (tableau 1). Ces trois campagnes visent à effectuer des observations et à prélever des échantillons.

Tableau 1 Résumé des modalités distinguant le volet échantillonnage des trois types de campagnes

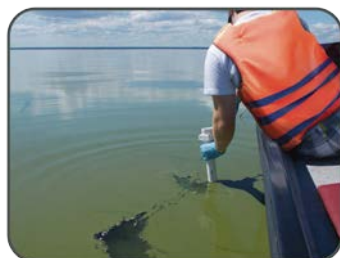
Campagne	Quand? Où?	Échantillon	Paramètres analysés au laboratoire
Régulière (R)	Sans fleur d'eau visible Au large : stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i>	Intégré de la surface jusqu'à un mètre de profondeur (0-1 m)	Cyanobactéries ¹ Algues eucaryotes ² Microcystines (12 variantes)
Fleur d'eau (FE)	Fleur d'eau visible Au large : stations <i>a</i> , <i>b</i> , <i>d2</i> et <i>d8</i>		Anatoxine-a et homoanatoxine-a
Écume (É)	Fleur d'eau sous la forme d'une écume En bordure de rive : station <i>d6</i>	Ponctuel de surface	Cyanobactéries ¹ Microcystines (12 variantes) Anatoxine-a et homoanatoxine-a

¹ Les cyanobactéries sont identifiées à l'espèce si possible, sinon au genre.

² Les algues eucaryotes sont identifiées au genre si possible.

En fait, la méthode de 2014 demeure la [même que celle de 2008](#) décrite plus en détail dans Blais (2014), sauf pour les changements suivants :

- **Sur le terrain.** À toutes les dates, les prélèvements d'échantillons au large (loin de la rive) ont été effectués toujours aux **mêmes stations** (*a*, *b*, *d2* et *d8*), et ce, même si des fleurs d'eau plus intenses se trouvaient ailleurs dans la baie. L'écume accumulée a été observée à certaines dates et à différents endroits en bordure du plan d'eau. Elle a été prélevée quelquefois seulement à la station *d6* (tableau 1, figure 1).



Échantillonnage intégré de la surface jusqu'à un mètre dans la colonne d'eau au large à partir d'une embarcation (station *d2*, 19 août 2014). Photo adaptée de Mélanie Gilbert, MELCC.

La classification des fleurs d'eau, selon leur intensité visuelle observée, constitue un **ajout au protocole**. Pour ce faire, le dépliant [Catégories de fleurs d'eau](#) a été employé. Cet outil n'a aucun lien avec le seuil minimal de 20 000 cel./ml de cyanobactéries servant à confirmer officiellement la présence d'une fleur d'eau de cyanobactéries. Dans le cadre du suivi de 2014, les catégories visuelles de fleurs d'eau recensées sur le terrain ont été comparées aux abondances de cyanobactéries évaluées au laboratoire.



Échantillonnage ponctuel de surface dans l'écume en bordure du rivage (station d6, 19 août 2014). Photo : Mélanie Gilbert, MELCC

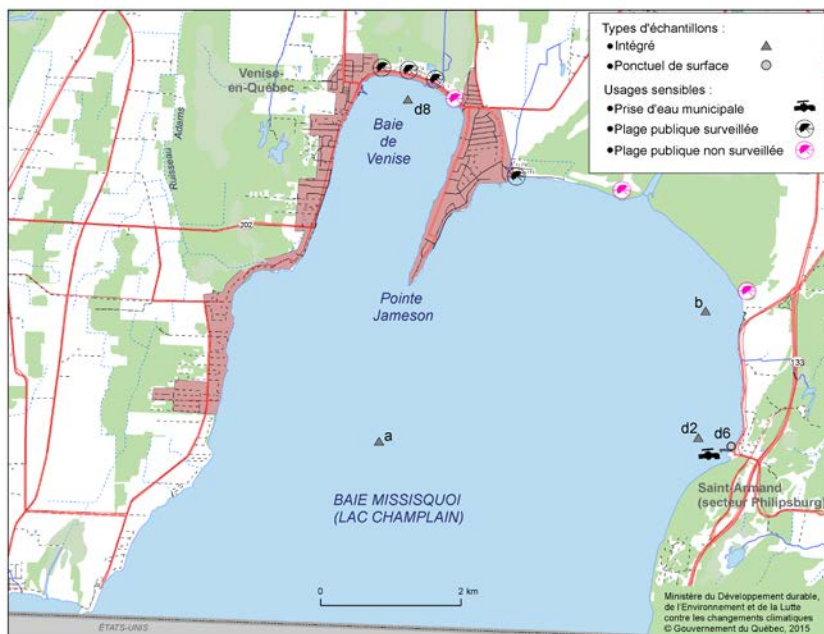


Figure 1 Stations échantillonnées en 2014, types d'échantillons visés et principaux usages publics

- **Au laboratoire.** Les paramètres analysés se limitent aux cyanobactéries (CYANO), aux algues eucaryotes (sauf pour les campagnes écumes) et à des cyanotoxines. Neuf variantes supplémentaires de MC ont été analysées pour un total de douze variantes. L'analyse de l'homoanatoxine-a a été ajoutée à celle de l'anatoxine-a. Aucun étalon de mesure n'étant disponible pour l'homoanatoxine-a, l'analyse se limitait donc à vérifier s'il y avait détection.
- **Nouvelle nomenclature.** Elle est employée pour les espèces de *Dolichospermum* (*Anabaena*) et pour les espèces concernées d'*Anathece* (*Aphanothece*) (Komárek et collab., 2011 et Wacklin et collab., 2009).
- **Picocyanobactéries exclues des résultats présentés, sauf exceptions.** Les picocyanobactéries (PICO) sont des CYANO sphériques ayant un diamètre inférieur à 2 µm. Elles ont été analysées dans tous les échantillons de ce projet. Toutefois, elles sont exclues des résultats présentés, sauf aux figures 2 et 6 et à l'annexe 1 où elles sont clairement distinguées des autres CYANO. Cette décision découle du fait que les PICO ne sont pas un enjeu de santé publique et que conséquemment, depuis 2010, le Ministère exclut les PICO du décompte cellulaire dans le cadre du plan de gestion. De plus, considérer ou non l'abondance et surtout la biomasse des PICO n'influence pas de façon notable les principaux constats.

Par ailleurs, des **seuils** de gestion élaborés antérieurement au Québec sur une base provisoire sont encore utilisés pour interpréter des résultats dans le présent rapport. Tout d'abord, un plan d'eau ou un secteur de celui-ci est considéré comme touché par une **fleur d'eau de cyanobactéries** lors du respect du seuil minimum de 20 000 cel./ml de CYANOTOT, *excluant les PICO*. Ensuite, les seuils provisoires établis pour la protection des **usages récréatifs de contact avec l'eau** sont 16 µg/l de MC-LR TEQ et 100 000 cel./ml de CYANOTOT. Ce sont les mêmes seuils que ceux utilisés pour le rapport de 2000-2008. Pour plus d'information sur ces seuils et leurs sources, veuillez consulter Blais (2014) ou Blais (2015).

Seuils provisoires pour la protection des usages récréatifs

Depuis l'été 2014, comme le recommande le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), le gouvernement du Québec n'utilise plus les seuils provisoires pour gérer le risque pour la santé des usagers lors d'épisodes de fleurs d'eau de CYANO en eaux récréatives. Le MSSS considère que les usagers doivent respecter en tout temps les recommandations générales de santé publique portant sur les [précautions à prendre](#) en présence d'une fleur d'eau visible. Par exemple, les adeptes d'activités récréatives de **contact direct et indirect avec l'eau** doivent alors éviter de pratiquer leurs activités dans les secteurs touchés du plan d'eau (MSSS, 2015).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 SAISON 2014

La baie Missisquoi a été visitée à onze reprises entre le 19 juin et le 10 septembre 2014. Le 19 juin, une *campagne régulière* a été effectuée (aucune fleur d'eau n'a été observée). Pour les autres dates, on a procédé à une *campagne fleur d'eau* (observations visuelles présumées d'une fleur d'eau de CYANO) et, s'il y avait lieu, à une campagne écume (tableau 2).

Tableau 2 Répartition du nombre de dates et du nombre d'échantillons par type de campagne

Campagne	Nombre de dates (mois)	Nombre d'échantillons
Régulière	1 (juin)	4
Fleur d'eau	10 (juillet, août et septembre)	40
Écume	4 (juillet et août)	4
Total	11 dates différentes	48

3.1.1 Cyanobactéries et algues eucaryotes

3.1.1.1 Diversité du phytoplancton

CYANO

En 2014, 31 taxons différents ont été identifiés. (Un taxon se définit ici comme étant le niveau taxonomique le plus précis possible obtenu lors de l'identification microscopique de l'échantillon; il s'agit en général d'une espèce, sinon d'un genre.) Ils se répartissent en 12 taxons à potentiel toxique connu (7 genres et au moins 9 espèces) et 19 autres taxons (14 genres et au moins 16 espèces) (figure 2, annexe 1).

En considérant l'ensemble des 48 échantillons sans discerner les types de campagnes, les CYANOTOX sont plus fréquentes que les autres CYANO (figures 2 et 3). Les CYANOTOX les plus fréquentes sont *Microcystis aeruginosa* (83 %), *Dolichospermum flos-aquae* (75 %), *Aphanizomenon flos-aquae* (65 %), *Microcystis* sp. (60 %), *Microcystis flos-aquae* (48 %) et *Microcystis wesenbergii* (15 %). Bien que les PICO soient assez fréquentes,

jusqu'à 56 % des échantillons pour un des taxons, leur biomasse est infime par rapport à celle de l'ensemble des CYANO (résultats non présentés).

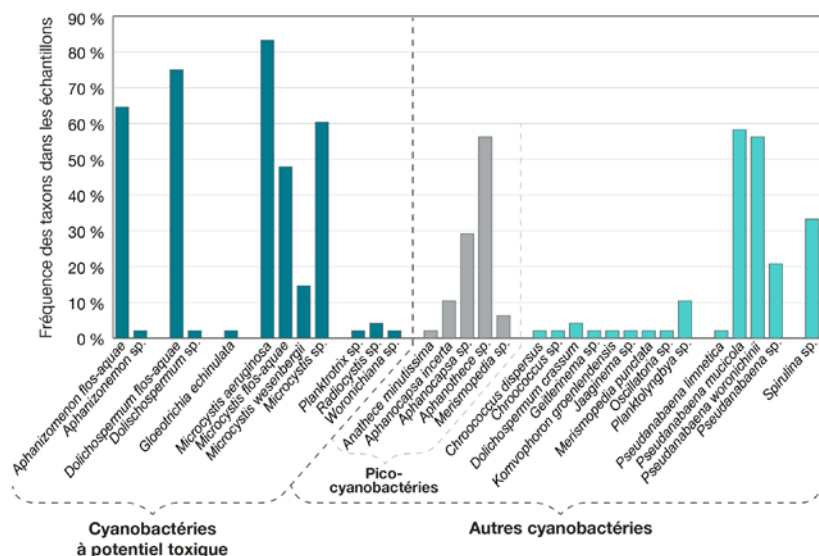


Figure 2 Fréquence des taxons de CYANO dans les 48 échantillons

Algues eucaryotes. Tout comme les cyanobactéries appelées aussi algues bleu-vert, les algues eucaryotes sont de taille microscopique et font partie du phytoplancton. On compte 66 genres d'algues eucaryotes en 2014 (annexe 2). Ils se répartissent dans les classes des bacillariophycées appelées aussi algues dorées ou diatomées (19), des chlorophycées nommées également algues vertes (31), des chrysophycées (9), des cryptophycées (3), des dinophycées (3) et des euglénophycées (1).

3.1.1.2 Importance des cyanobactéries par rapport à l'ensemble des algues eucaryotes

- La proportion de biomasse des algues eucaryotes dépasse celle des CYANO aux quatre stations au large de la baie en début de saison (figure 3).
- Les CYANO commencent à dominer la communauté phytoplanctonique (> 50 % biomasse) à la station *b* dès le 17 juillet. Cette dominance s'observe ensuite à partir du 24 juillet aux stations *d2* et *d8*, et à partir du 12 août à la station *a*.

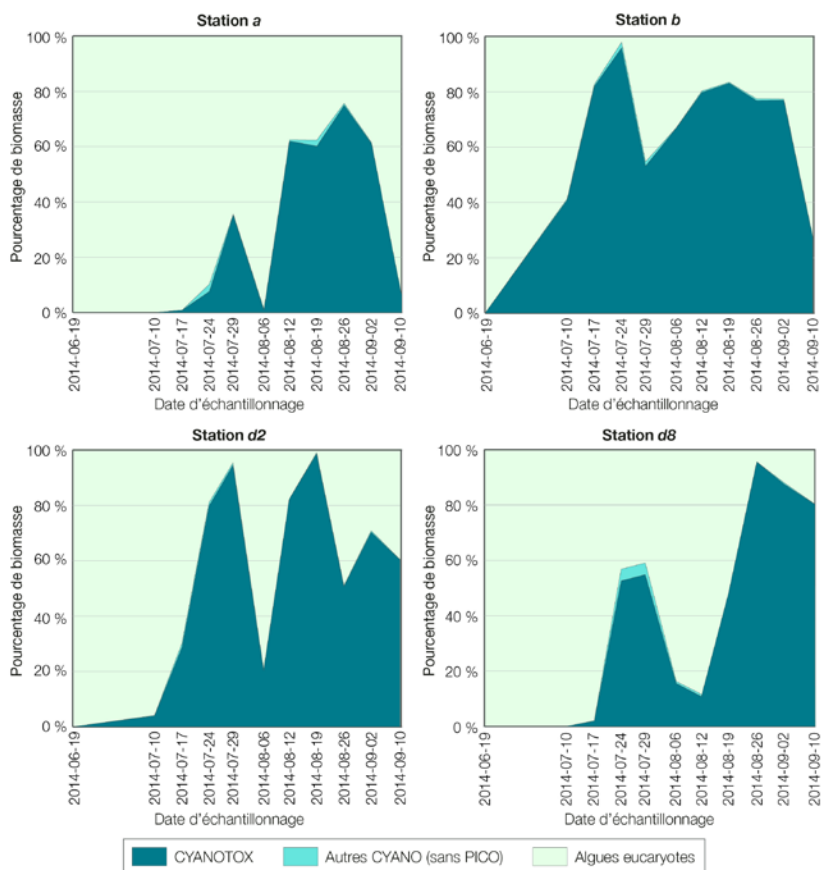


Figure 3 Proportion de biomasse entre les CYANOTOX, les autres CYANO et les algues eucaryotes aux stations a, b, d2 et d8 (n=44)

- Durant l'été, la chute temporaire du pourcentage de biomasse de CYANO arrive plus tôt à la station b, soit le 29 juillet, alors qu'elle s'observe le 7 août aux autres stations.
- Les stations b et d2 sont celles où les pourcentages de biomasse des CYANO sont les plus élevés par rapport au reste du phytoplancton pendant plus longtemps.
- Certaines espèces classées dans « autres CYANO » se retrouvent dans près de 30 à 60 % des échantillons (figure 2). Cependant, l'ensemble des « autres CYANO » occupe toujours une très faible biomasse par rapport à celle des CYANOTOX (figure 3).

- Le pourcentage de biomasse des CYANOTOX atteint de 75 % (station a) à plus de 95 % (stations b, d2 et d8) du phytoplancton au moins une fois durant l'été, suggérant un risque plus important de production de cyanotoxines si les conditions environnementales sont favorables aux espèces et souches présentes. À noter que la station d2 se trouve dans le secteur de la prise d'eau de la station de production d'eau potable de Bedford.

3.1.1.3 Importance des cyanobactéries par rapport aux principales classes des algues eucaryotes

- Les biomasses des CYANO et du total du phytoplancton sont généralement plus élevées aux stations b et d2 durant toute la saison (côté est de la baie Missisquoi influencé par la rivière aux Brochets) et à la station d8 seulement en fin de saison (baie de Venise) (figure 4). En général, de juin à octobre, les vents dominants sont du sud-ouest, puis de l'ouest et du sud (MDDELCC, 2012). Ils pousseraient donc les fleurs d'eau plus fréquemment vers le secteur est de la baie Missisquoi, mais aussi vers la baie de Venise.
- La station a est celle qui affiche les biomasses maximales de CYANO les plus faibles.
- Globalement, les classes du phytoplancton les plus fréquentes et affichant les biomasses les plus élevées sont les CYANO, les bacillariophycées et les cryptophycées.
- Une importante fleur d'eau de dinophycées (*Gymnodinium* sp.), passée inaperçue sur le terrain probablement en raison de sa couleur moins marquée, est survenue le 19 juin à la station d2 située dans le secteur de la prise d'eau de la station de production d'eau potable de Bedford. Cette biomasse de *Gymnodinium* était si importante qu'elle correspondait à 99 % du phytoplancton total de cet échantillon et qu'elle surpassait la biomasse du phytoplancton total des 43 autres échantillons prélevés au large de la baie en 2014.



Vue de la station d2 (19 juin 2016) en face de la station de production d'eau potable lors d'une fleur d'eau de dinophycées. Photo : MELCC

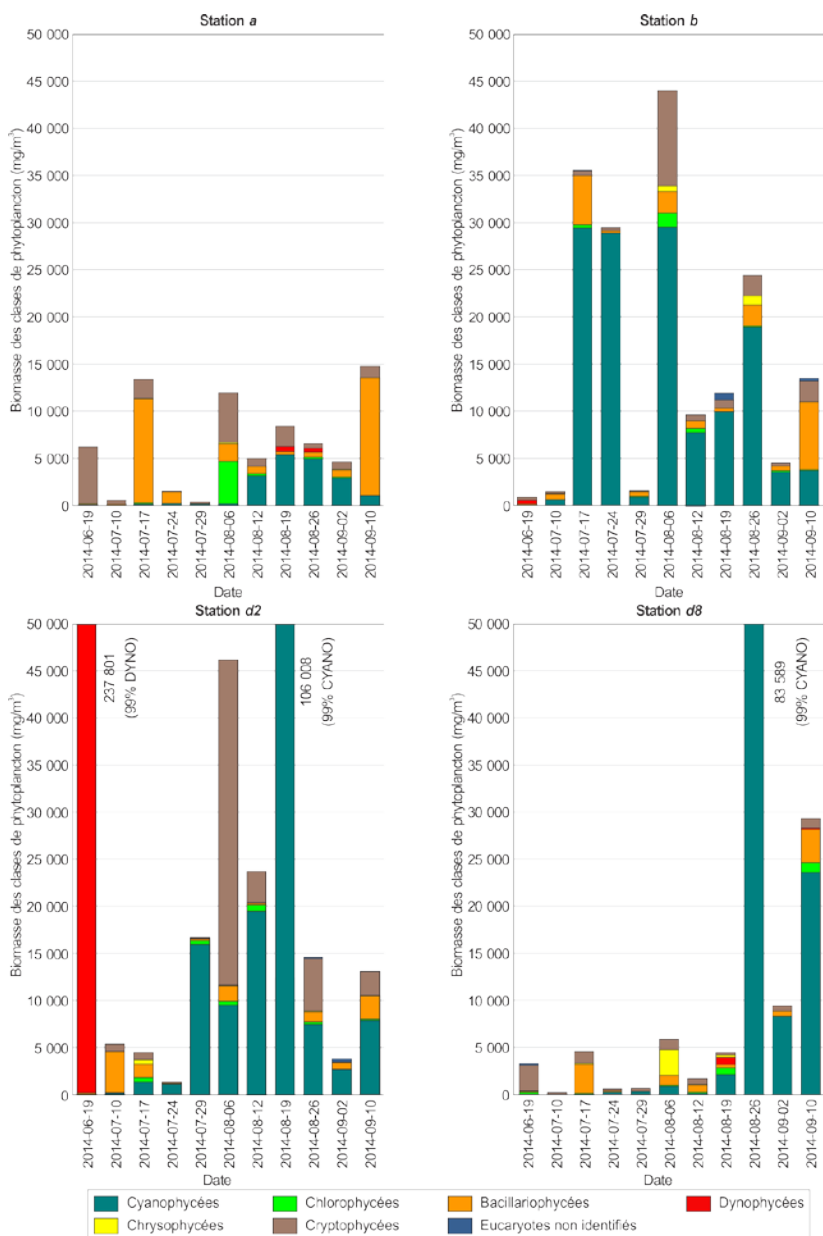


Figure 4 Biomasse des classes du phytoplancton incluant les CYANOTOT aux stations a, b, d2 et d8. (Deux biomasses à la station d2 et une à la station d8 dépassent le maximum de l'axe des y.)

En milieu marin, des dinophycées, notamment des espèces de *Gymnodinium*, peuvent produire des neurotoxines et affecter, voire tuer des poissons, oiseaux ou mammifères ou s'accumuler dans des mollusques, les rendant toxiques et dangereux pour les humains qui les consomment (Ministry of Environment, 2001). En eau douce, les dinophycées ne sont actuellement pas considérées comme dangereuses, quoi qu'elles aient été peu étudiées (Bowling, 2009).

3.1.1.4 Catégories visuelles de fleurs d'eau sur le terrain et fleurs d'eau confirmées par décomptes microscopiques

Seulement 13 % des « fleurs d'eau classées catégorie 1 » sur le terrain dépassent le décompte microscopique de 20 000 cel./ml de CYANO, soit le seuil minimal établi pour que le phénomène puisse être réellement appelé fleur d'eau de cyanobactéries. Aucune fleur d'eau de catégorie 1 n'a dépassé le seuil provisoire pour la protection des usages récréatifs de 100 000 cel./ml de CYANOTOT. Toutefois, près de 50 % et 100 % des fleurs d'eau de catégorie 2a et de catégorie 2b respectivement ont dépassé ce seuil.

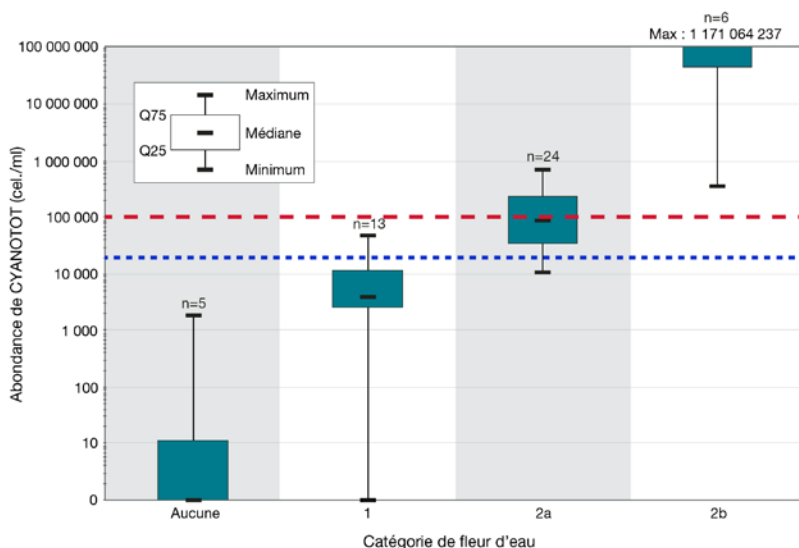


Figure 5 Distribution des abondances de CYANOTOT selon les différentes catégories visuelles de fleurs d'eau et dépassements des seuils de CYANOTOT établis pour une fleur d'eau (trait bleu) ou pour la protection des activités récréatives (trait rouge)

Ces constats découlent des résultats d'évaluations visuelles par une équipe technique expérimentée. Au moins pour la baie Missisquoi en 2014, ils ont concordé avec la recommandation québécoise pour les [exploitants de plage](#)

visant à ce que ceux-ci interdisent la baignade dans les sections de la plage touchées par des fleurs d'eau de catégories 2a ou 2b (MDDELCC, 2014).

3.1.2 Cyanobactéries et microcystines par rapport aux usages

3.1.2.1 Au large (stations a, b, d2 et d8)

CYANO

- Le 19 juin, aucune fleur d'eau n'a été observée lors des échantillonnages sur le terrain; il s'agissait donc d'une campagne régulière (R). Aucune cyanobactérie n'a ensuite été identifiée au laboratoire dans les échantillons, sauf à la station d2, mais en abondance très faible (figure 6).

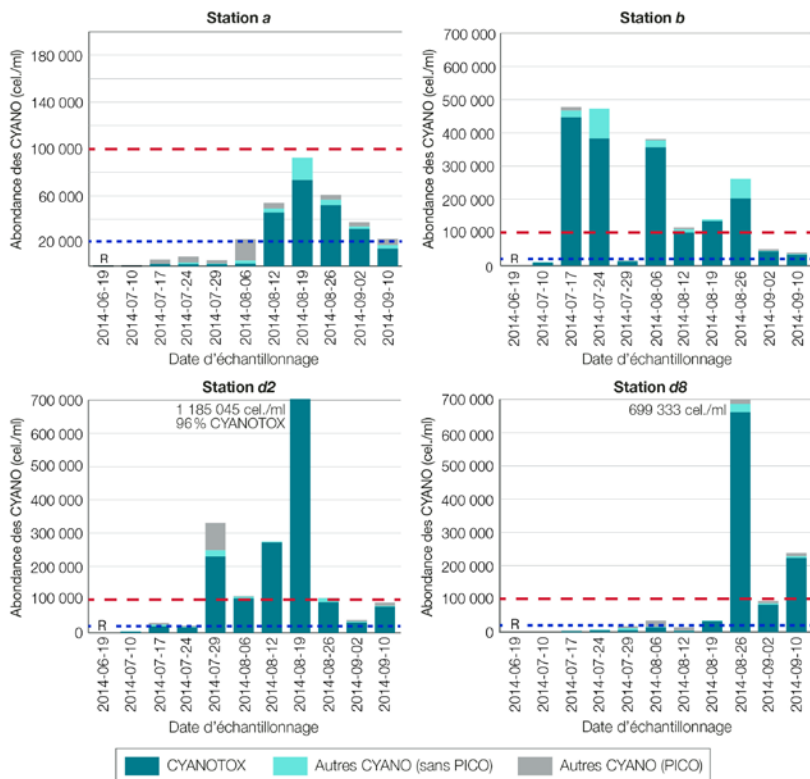


Figure 6 Variabilité des CYANO et dépassements des seuils de CYANOTOT établis pour une fleur d'eau (trait bleu) ou pour la protection des activités récréatives (trait rouge). Le « R » indique une campagne régulière

- Du 10 juillet au 10 septembre, soit de la deuxième à la dernière date d'échantillonnage aux quatre stations, les techniciens ont cru observer une fleur d'eau (campagne fleur d'eau). Toutefois, comme en 2000-2008 (Blais, 2014 et 2015), certains de ces constats visuels ne correspondent pas à la réalité puisqu'ils ne concordent pas avec les résultats d'analyses microscopiques. Ainsi, la présence d'une **fleur d'eau de CYANO** sur la base du seuil minimal de 20 000 cel./ml (excluant les PICO) a été confirmée seulement à partir des résultats de la troisième date d'échantillonnage, le 17 juillet, à la station d2 (24 700 cel./ml) et à la station b. Ce fut ensuite le cas à partir du 12 et du 19 août respectivement aux stations a et d8.
- Les fleurs d'eau de cyanobactéries ont été plus fréquentes aux stations b et d2 avec respectivement 73 % et 82 % des dates, comparativement à 36 % aux stations a et d8. *La partie est de la baie Missisquoi a donc été la plus fréquemment touchée comparativement au centre de ce plan d'eau et à la baie de Venise.*
- La **proportion de l'abondance** des CYANOTOX par rapport aux CYANOTOT (excluant les PICO) est de 75 % et plus pour 100 % des échantillons aux stations b et d2, ainsi que pour 80 % et 67 % de ceux des stations a et d8 respectivement (figure 6). Quant au pourcentage de **biomasse** des autres CYANO, il demeure négligeable par rapport aux CYANOTOX à toutes les stations et dates (figure 3).
- Le seuil provisoire de 100 000 cel./ml de CYANOTOT (excluant les PICO) pour la **protection des usages récréatifs** de contact avec l'eau a été dépassé dans environ 50 % des dates aux stations b et d2. La fréquence de dépassement n'a été que de 18 % à la station d8 et a été nulle à la station a. Les dépassements ont été très importants à certaines dates puisque les abondances maximales ont atteint près de 500 000, 700 000 et de 1 200 000 cel./ml respectivement aux stations b, d8 et d2.

Selon une [étude épidémiologique](#) réalisée du 27 juin au 21 août 2009 et 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 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. Lévesque et ses collaborateurs (2014) ont aussi fait ressortir un [risque accru de gastroentérites](#) lors d'activités de contact indirect avec l'eau (comme le nautisme léger et la pêche), probablement parce que les personnes qui s'adonnent à ces activités sont moins prudentes que les baigneurs en raison d'un contact plus limité avec les fleurs d'eau.

- Les dépassements du seuil provisoire en CYANOTOT établi pour la **protection des usages récréatifs** sont survenus en juillet et en août aux stations *b* et *d2*, et de la fin août jusqu'au 10 septembre à la station *d8* (figure 6).

MC-LR TEQ

- Le seuil provisoire de 16 µg/l de MC-LR TEQ établi pour la **protection des usages récréatifs** a été dépassé dans deux échantillons prélevés à la station *b* les 17 et 24 juillet avec des concentrations de 39,5 et de 26 µg/l respectivement (figure 7). Ces deux échantillons sont également ceux dans lesquels on a retrouvé les abondances maximales en CYANOTOT et en CYANOTOX à la station *b* (figure 6).

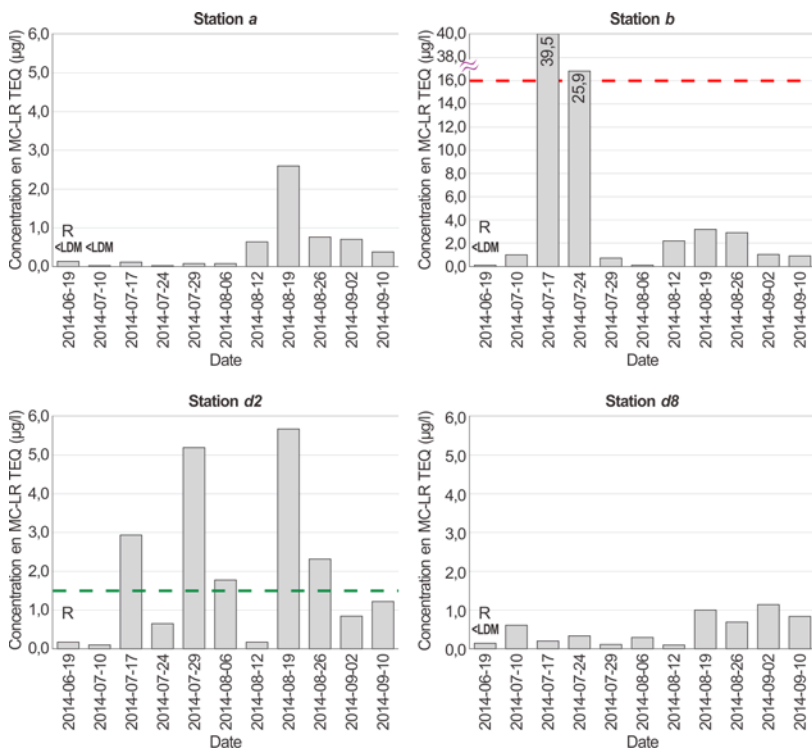


Figure 7 Variabilité de la MC-LR TEQ aux stations au large et dépassements de la norme pour l'eau potable au robinet (trait vert) à la station *d2* et du seuil pour la protection des eaux récréatives (trait rouge). (L'axe des y est plus élevé pour la station *b*).

Dépassements des seuils établis pour la protection des usages récréatifs dans les stations au large

Les dépassements sont plus importants et fréquents pour les CYANOTOT (13/44) que pour la MC-LR TEQ (2/44).

- Des facteurs de toxicité équivalente à la MC-LR sont disponibles seulement pour les MC-RR, MC-YR et MC-LA. Seules ces quatre variantes ont donc été considérées dans le calcul de la concentration de MC-LR TEQ. Les résultats de l'ensemble des variantes analysées se trouvent à la figure 9.
- Les résultats des variantes qui composent la MC-LR TEQ (MC-LR, MC-RR, MC-YR et MC-LA) se trouvaient sous la limite de détection de la méthode d'analyse (LDM) pour seulement 4 des 44 échantillons.
- À la station d2, près de la prise d'eau de la station de production d'eau potable de Bedford, au moins une variante de MC composant la MC-LR TEQ a été détectée dans la totalité des onze échantillons (figure 7), et ce, même dans ceux ayant de très faibles abondances de CYANOTOT et de CYANOTOX (figure 6).
- À titre indicatif, certains des échantillons d'eau prélevés dans la baie Missisquoi dépassaient la valeur de 1,5 µg/l en MC-LR TEQ, laquelle correspond à la [norme](#) applicable à l'eau potable au robinet (Gouvernement du Québec, 2015). Cela s'est produit à cinq dates sur onze à la station d2 (figure 7). Les dépassements ont été observés de la mi-juillet et jusqu'à la fin août. Rappelons que les échantillons de la station d2 correspondent au premier mètre de la colonne d'eau à partir de la surface. Quant à la prise d'eau de la station de production d'eau potable de Bedford, elle est située au fond, soit en moyenne à 3,5 m de profondeur selon le niveau de l'eau.

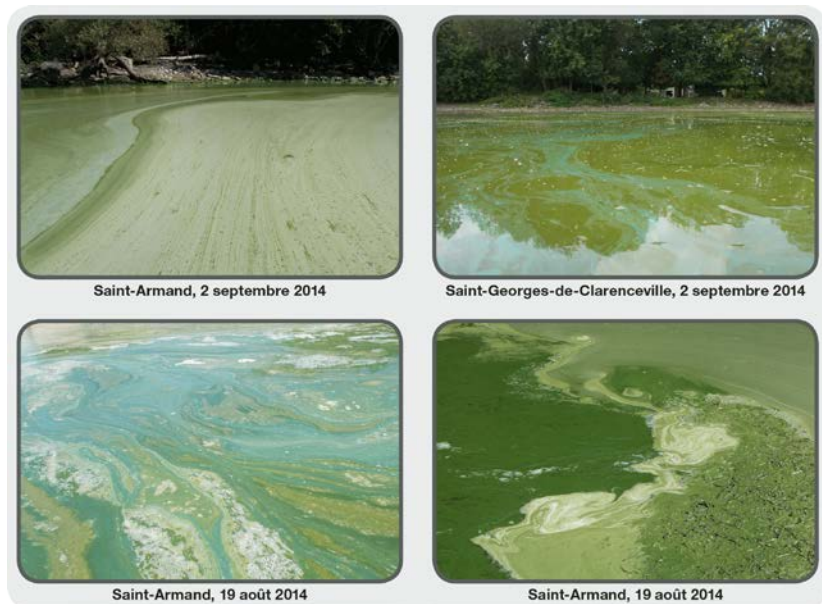
Dans le cadre du Plan de gestion des épisodes de fleurs d'eau de CYANO en 2014, cette [station de production d'eau potable a été suivie](#) du 16 juin au 20 octobre. Les vérifications réalisées aux eaux traitées n'ont pas révélé la présence de cyanotoxines dépassant la norme pour l'eau potable (MDDELCC, 2015).

3.1.2.2 Dans les écumes près du rivage (station d6 et autres)

Les écumes en bordure de rive sont principalement à risque pour la santé publique parce que, d'une part, ce sont les types de fleurs d'eau ayant les abondances en cyanobactéries et les concentrations de cyanotoxines les plus élevées et, d'autre part, ce sont à ces endroits que les usagers des plans d'eau se trouvent souvent en plus grand nombre. Lors des campagnes d'échantillonnage en 2014, la baie Missisquoi était visitée dans son

ensemble pour évaluer globalement l'étendue des fleurs d'eau et des écumes. De telles écumes ont été vues :

- Au large à deux reprises, soit le 19 août dans les secteurs est et centre de la baie Missisquoi, alors que les vents étaient nuls, ainsi que le 10 septembre dans la baie de Venise;
- Accumulées près des rives en raison des vents lors de huit des onze dates de terrain. Elles ont été vues le plus souvent dans le secteur est de la baie Missisquoi, moins fréquemment dans la baie de Venise et une seule fois à Saint-Georges-de-Clarenceville. Selon les journées d'observation, les écumes ont touché de quelques centaines de mètres à environ 18 kilomètres de rives (annexe 3).



Exemples d'écume à la baie Missisquoi en 2014

Photos : Mélanie Gilbert, MELCC

En 2014, ce n'est qu'à la station d6 que des écumes ont été échantillonnées (figure 8). Les concentrations en MC-LR TEQ ont varié de 32 à 1 432 µg/l, dépassant donc de 2 à 90 fois le seuil provisoire de 16 µg/l pour la protection des activités récréatives de contact avec l'eau.

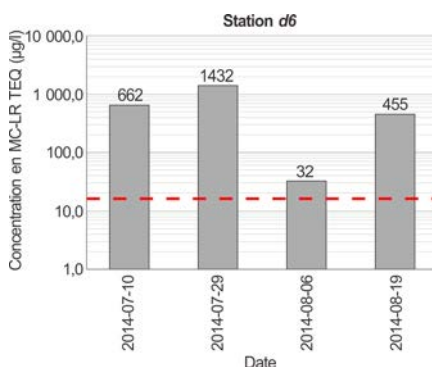


Figure 8 MC-LR TEQ dans des écumes de CYANO à la station d6 et dépassement du seuil pour les eaux récréatives (trait rouge)

Échantillon de la station d6, 29 juillet 2014. Photo adaptée de Mélanie Gilbert, MELCC

Dépassement du seuil provisoire de 16 µg/l de MC-LR TEQ

Ce seuil établi pour la protection des activités récréatives de contact avec l'eau a été dépassé dans :

- 5 % des échantillons prélevés au large (n=44) (figure 7);
- 100 % des échantillons prélevés dans des *écumes* près du rivage, zone où les usagers du plan d'eau se trouvent habituellement en plus grand nombre. Les dépassements sont de l'ordre de 2 à 90 fois le seuil (n=4) (figure 8).

3.1.3 Douze variantes de microcystines

Les douze variantes analysées représentent 13 % des variantes connues. La non-disponibilité des étalons de mesure pour les autres variantes explique pourquoi elles n'ont pas pu être analysées.

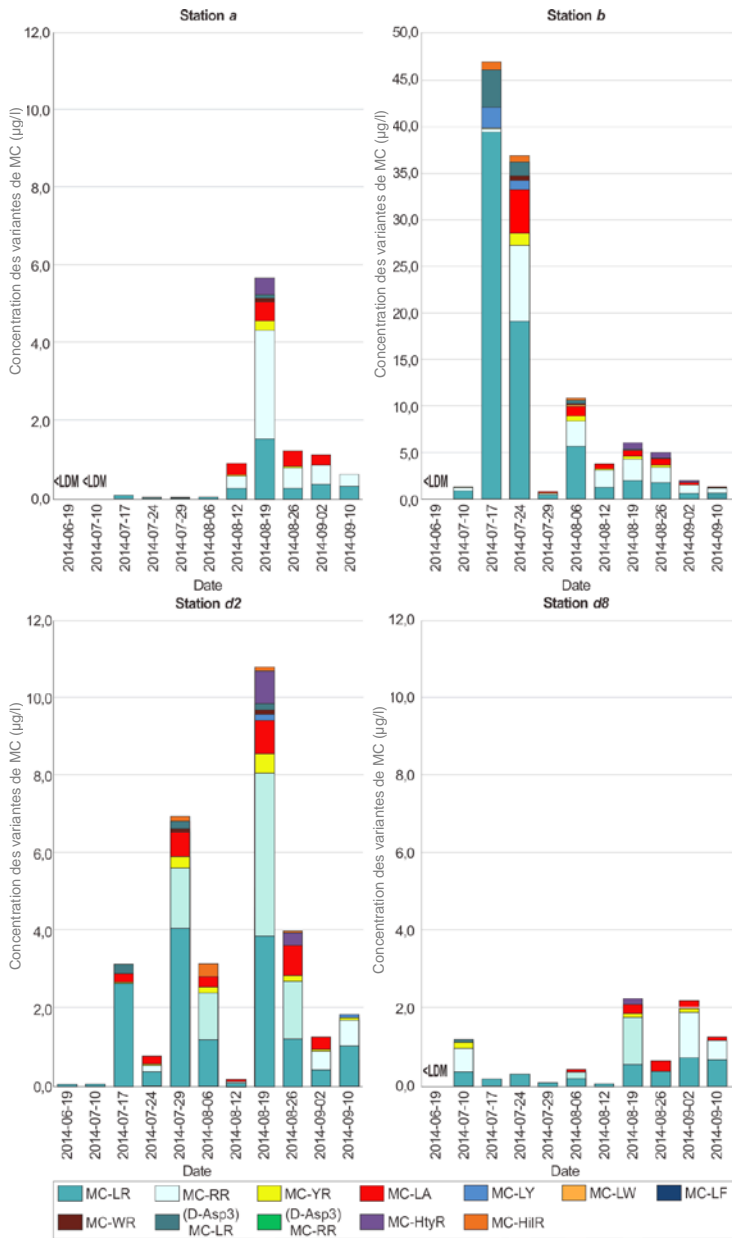


Figure 9 Concentration détectée des douze variantes analysées de MC aux quatre stations au large. (L'axe des y est quatre fois plus élevé à la station b.)

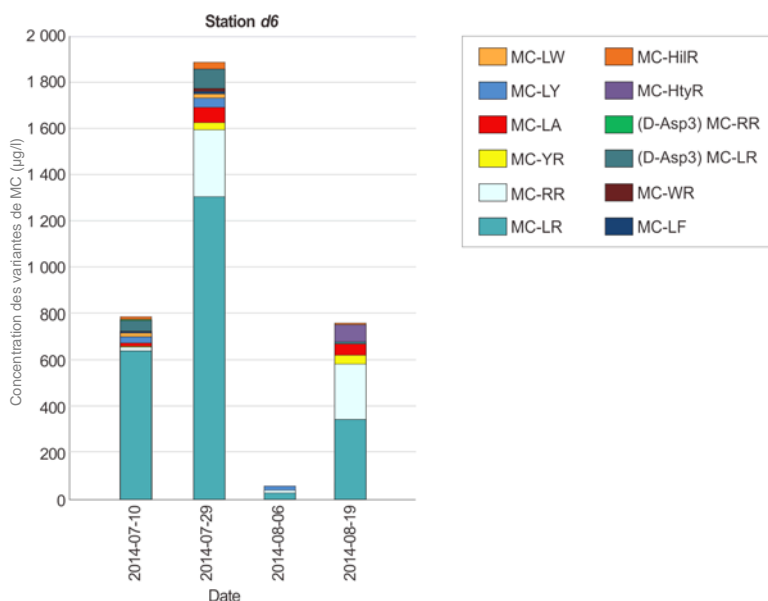


Figure 10 Concentration détectée des douze variantes analysées de MC dans des écumes de CYANO à la station d6

- La MC-LR a été détectée dans 94 % des 48 échantillons (figures 9 et 10);
- Pour l'ensemble des stations, ce sont les quatre variantes utilisées pour le calcul de la MC-LR TEQ (MC-LR, MC-RR, MC-YR et MC-LA) qui affichent les fréquences de détection les plus élevées, soit respectivement 92 %, 77 %, 58 % et 69 % (figures 9 et 10). De plus, pour la plupart des échantillons, au moins une ou deux de ces variantes, le plus souvent la MC-LR, affichent les plus hautes concentrations autant dans les échantillons prélevés dans les fleurs d'eau au large que dans ceux pris dans les écumes en bordure de la rive à la station d6. Les quatre autres variantes les plus fréquentes sont la D-Asp3 MC-LR (29 %), la MC-HiLR (27 %), la MC-WR (21 %) et la MC-HtyR (19 %).

3.1.4 Anatoxine-a et homoanatoxine-a

L'anatoxine-a et l'homoanatoxine-a n'ont pas été détectées en 2014 dans les 44 échantillons prélevés aux stations situées au large et dans les quatre échantillons d'écume prélevés à la station d6 du côté québécois. Du côté américain, l'anatoxine-a n'a pas été détectée dans la baie Missisquoi ni ailleurs dans le lac Champlain en 2014 (Shambaugh et collab., 2015), mais

elle l'avait été à quelques reprises durant des années antérieures. Au début des années 2000, des chiens sont morts en raison de l'exposition probable à l'anatoxine-a dans des fleurs d'eau (Rosen et collab., 2001; Boyer, 2007; Boyer, 2008) et plusieurs de ces chiens sont morts dans les heures après y avoir ingéré des CYANOTOX (Boyer, 2007). La dernière fois que l'anatoxine-a aurait été détectée dans le lac Champlain remonterait à 2012 (Shambaugh et collab., 2013).

Les deux hypothèses les plus plausibles pouvant expliquer l'absence de détection de l'anatoxine-a en 2014 sont les suivantes. L'anatoxine-a se dégraderait rapidement à la lumière et à pH élevé et ne persisterait alors pas longtemps dans le milieu (Osswald et collab., 2007; Boyer, 2010). D'ailleurs, à la baie Missisquoi, le pH tend à s'accroître à mesure que les abondances de CYANO augmentent (Blais, 2014). Les conditions environnementales nécessaires à l'expression du gène responsable de la production de l'anatoxine-a n'étaient peut-être pas réunies peu avant les campagnes d'échantillonnage ou lors de celles-ci.

3.2 SAISON 2014 COMPARÉE À CELLES DE 2004 À 2008

Les résultats de 2014 en CYANO, algues eucaryotes et MC-LR TEQ aux stations *a*, *b*, *d2* et *d8* ont été comparés avec ceux aux mêmes stations de 2004 à 2008. Cette comparaison a été faite avec réserve et nuances compte tenu du changement méthodologique entre la période 2004-2008 et la saison 2014, et donc de l'hétérogénéité des nombres annuels d'échantillons.

Figures 11, 12 et 13 Comparaison de l'objectif méthodologique de 2004-2008 à celui de 2014

Lorsque des fleurs d'eau étaient présentes dans la **baie Missisquoi** et la **baie de Venise**, les portraits aux **stations a, b, d2 et d8** au large correspondent :

- Aux **fleurs d'eau les plus intenses de 2004 à 2008** inclusivement. En effet, ces stations étaient échantillonnées seulement aux dates de visite durant lesquelles elles représentaient les lieux où les fleurs d'eau semblaient les plus denses (sinon les échantillons étaient prélevés ailleurs). Le nombre total d'échantillons par année aux stations a, b, d2 et d8 varie entre 16 et 18.
- À un **mélange de fleurs d'eau les plus intenses et d'autres moins intenses en 2014**. En fait, peu importe si des fleurs d'eau étaient plus intenses ou non ailleurs au large, c'est toujours à ces quatre stations seulement que les échantillons étaient prélevés (suivi temporel). Conséquemment, les 2 et 17 juillet ainsi que les 12 et 19 août, les fleurs d'eau échantillonnées à certaines de ces stations étaient de [catégorie 1](#), alors que des fleurs d'eau de [catégorie 2a](#) (MDDEFP, 2013), donc plus intenses, avaient été observées ailleurs au large sur le plan d'eau. Le nombre total d'échantillons à ces stations en 2014 est donc plus élevé, soit 44.

3.2.1 Biomasse du phytoplancton et des cyanobactéries

Les médianes interannuelles de la biomasse en phytoplancton total sont du même ordre toutes les années incluant 2014, sauf en 2007 où la médiane est deux fois plus faible. Les médianes de la biomasse en CYANOTOT sont aussi du même ordre toutes les années incluant 2014, sauf en 2007 et 2008 où elles étaient plus faibles (figure 11).

Le 75^e centile de 2014 en phytoplancton total dépasse celui de toutes les années antérieures et le 75^e centile de 2014 en CYANOTOT dépasse celui de toutes les années antérieures sauf celui de 2004 (figure 11).

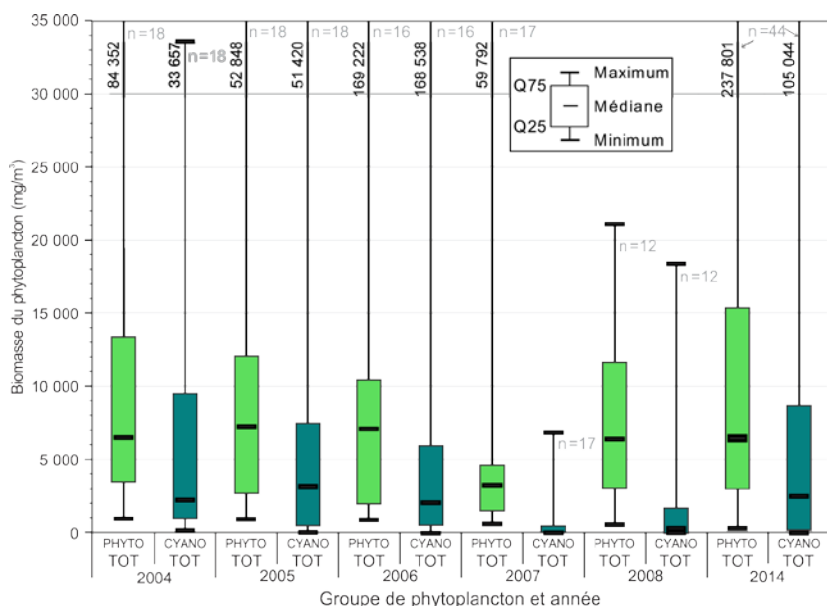


Figure 11 Variation interannuelle de la biomasse du phytoplancton total et des cyanobactéries totales aux stations a, b, d2 et d8 en campagnes régulières et de fleurs d'eau

3.2.2 Cyanobactéries et microcystines par rapport aux usages anthropiques

En campagnes *fleurs d'eau*, soit lorsque l'équipe sur le terrain pense y observer une fleur d'eau :

- La médiane des abondances en CYANOTOT et celle en CYANOTOX de 2014 dépassent celles de 2004, 2007 et 2008 (figure 12), mais elles sont inférieures à celles de 2005 et 2006;
- Le 75^e centile en abondances de CYANOTOT et celui de CYANOTOX de 2014 sont plus élevés que ceux des cinq années antérieures de suivi. Le 75^e centile en CYANOTOT de 2014 est le seul à dépasser de façon notable le seuil établi pour la protection des usages récréatifs.

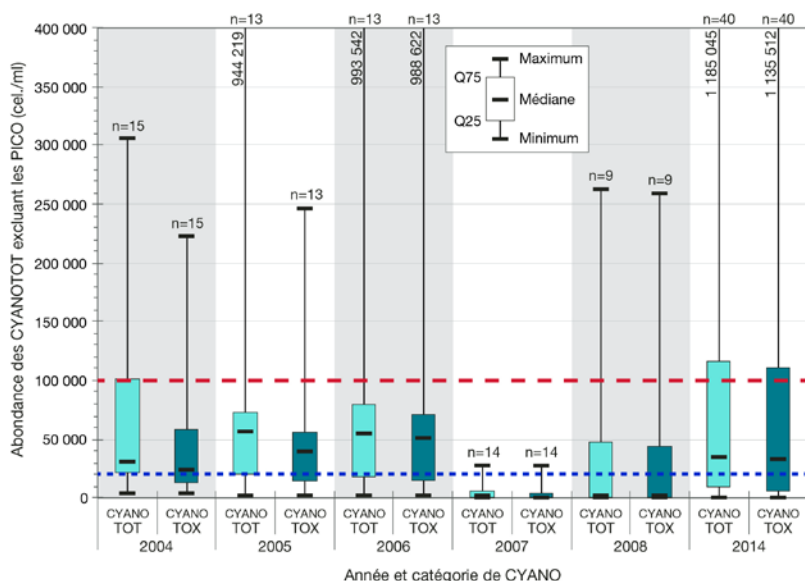


Figure 12 Abondance des CYANOTOT et des CYANOTOX en campagnes fleurs d'eau aux stations a, b, d2 et d8 en 2014 comparativement à celles de 2004 à 2008 (trait bleu : seuil fleur d'eau; trait rouge : seuil usages récréatifs)

En campagnes fleurs d'eau (FE), on note en 2014 pour la MC-LR TEQ que :

- La médiane est du même ordre que celle en 2004 et en 2005, mais qu'elle est plus élevée que la médiane de 2006 à 2008 (figure 13);
- Le 75^e centile dépasse légèrement celui de 2004, 2005, 2006 et 2008 et qu'il surpasse évidemment celui de 2007, année où aucune MC n'avait été détectée;
- Le maximum surpasse celui des années 2004 à 2008 et qu'il dépasse aussi le seuil provisoire pour la protection des eaux récréatives.

Tout comme pour les années 2004 à 2008, les concentrations de MC-LR TEQ en 2014 sont d'environ 100 à 1 000 fois plus élevées dans les écumes que dans les fleurs d'eau.

En campagnes écumes (EC), le nombre d'échantillons est très faible à chacune des années, ce qui rend les constats suivants de dépassements

plus incertains en ce qui a trait à la représentativité annuelle. En 2014, pour la MC-LR TEQ :

- La médiane dépasse les médianes des années 2004 et 2006 (aucune écume n'avait été observée en 2007);
- Le 75^e centile de 2014 dépasse celui de toutes les années antérieures, sauf l'unique échantillon de 2005;
- La valeur maximale dépasse celle des années antérieures, bien que le dépassement soit minime par rapport au seul échantillon d'écume de 2005.

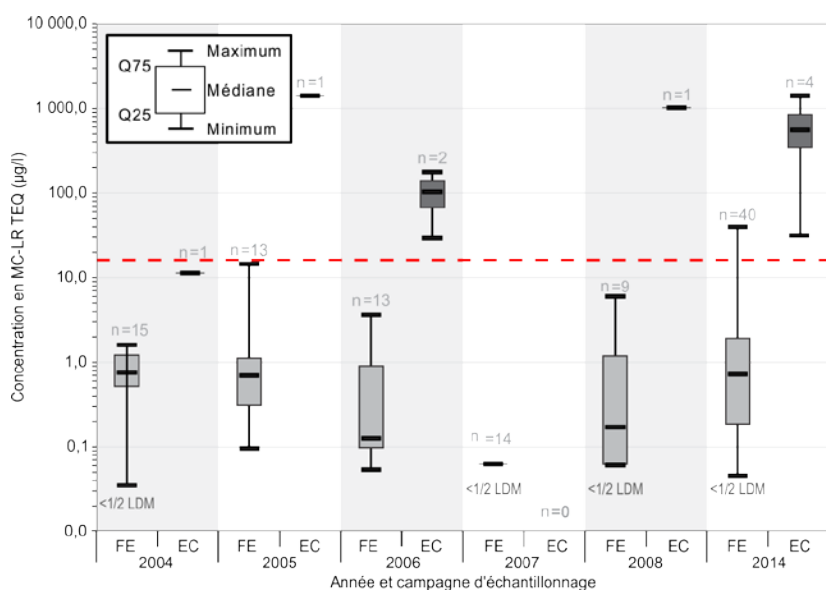


Figure 13 Concentration en MC-LR TEQ aux stations a, b, d2 et d8 (fleur d'eau large – FE) et d6 (écume en bordure – EC) en 2014 comparativement à celle de 2004 à 2008 par rapport au seuil pour les eaux récréatives (trait rouge)

Figures 11, 12 et 13**Présomptions découlant du changement méthodologique sur les constats obtenus pour les stations a, b, d2 et d8**

Eu égard au changement de l'objectif méthodologique à la saison 2014 comparativement à celui de la période de 2004 à 2008 (encadré à la page 20) et dans l'hypothèse du maintien du niveau de problématique des fleurs d'eau de cyanobactéries dans le temps dans le plan d'eau, on aurait pu s'attendre à ce que :

- Les médianes de 2014 en biomasses du phytoplancton total et de CYANOTOT, en abondances de CYANO et en concentrations en MC-LR TEQ soient plus faibles que celles des années antérieures. Or, ce n'est pas le cas; les médianes interannuelles sont du même ordre de grandeur (figures 11, 12 et 13). Pour chacun des paramètres pris individuellement, les chevauchements interannuels entre les boîtes à moustache de la plupart des années laissent croire qu'il n'y aurait pas de différence entre les médianes des années concernées;
- Le nombre plus élevé d'échantillons en 2014 puisse favoriser l'obtention de plus de valeurs extrêmes. C'est ce que l'on observe avec les 75^e centiles plus élevés de façon notable pour la biomasse du phytoplancton et celle des CYANOTOT (figure 11) et les abondances de CYANOTOT et CYANOTOX (figure 13).

Bref, on peut présumer à tout le moins que le niveau de problématique des cyanobactéries en 2014 s'est maintenu par rapport à celui des années antérieures, et ce, malgré la baisse des apports en phosphore en provenance du bassin versant de la rivière aux Brochets (Smeltzer et Simoneau, 2008).

3.2.3 Cyanobactéries potentiellement responsables de la production de microcystines

En 2014, on compte un échantillon monospécifique dont les toxines détectées étaient seulement intracellulaires. Il avait été prélevé en absence de fleur d'eau le 19 juin 2014 à la station d2. Les CYANOTOT se limitaient à seulement 11 cel./ml de *Dolichospermum crassum* (figure 6). Bien que ce soit une espèce de cyanobactéries sans potentiel toxique connu, les 0,05 µg/l détectés de MC-LR se trouvaient seulement à l'intérieur des cellules (LDM = 0,04 µg/l). Ce

constat, qui semble discordant, pourrait s'expliquer par les deux hypothèses suivantes : une espèce de cyanobactérie toxique était présente, mais très peu abondante, dans l'échantillon et n'était pas incluse dans les champs microscopiques observés au laboratoire, ou *Dolichospermum crassum* serait une espèce pouvant produire des MC dans la baie Missisquoi.

Par ailleurs, les échantillons qui présentent les concentrations en MC totales les plus élevées et ayant dépassé le seuil de 16 µg/l en MC-LR TEQ sont les quatre échantillons d'écume de la station *d6* et deux des échantillons de la station *b* (tableau 1). Les taxons dominants en biomasse sont *Dolichospermum flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* et *Microcystis* sp.

Ces taxons avaient aussi été pointés en ce sens antérieurement. *Dolichospermum flos-aquae*, en 2003, et *Microcystis*, également en 2003, avaient été reconnus responsables de la production de MC parce qu'ils se trouvaient dans des échantillons monospécifiques dont les concentrations de MC détectées étaient limitées à la fraction intracellulaire, et ce, tout comme *Gloeotrichia echinulata*, en 2004 (Blais, 2014). Sur l'ensemble des données de 2000 à 2008, l'espèce *M. aeruginosa* est corrélée avec chacune des variantes de MC (LR, RR et YR) et les MC totales, en plus d'afficher les coefficients de corrélation les plus élevés (Bowling et collab., 2014).

Quant à *Aphanizomenon flos-aquae*, il serait susceptible de produire de l'anatoxine, mais pas de MC, du moins selon les connaissances actuelles.

Tableau 3 Concentration de MC totale et pourcentage de biomasse des CYANOTOX dominantes aux stations *d6* et *b* en 2014 pour les échantillons ayant dépassé le seuil de 16 µg/l en MC-LR TEQ

Date (station)	MC détectées totales (µg/l)	Biomasse (%)						
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Microcystis flos-aquae</i>	<i>Microcystis wessenbergii</i>	<i>Microcystis</i> sp.
Station d6								
2014-07-10	786			1*	99			
2014-07-29	1888				77	9		14
2014-08-06	55				2	1		97
2014-08-19	761		95		2			3

Date (station)	MC détectées totales (µg/l)	Biomasse (%)						
		<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Microcystis flos-aquae</i>	<i>Microcystis wessenbergii</i>	<i>Microcystis</i> sp.
Station b								
2014-07-17	47		0,1		99,9			
2014-07-24	37	12	16		13		1	58

* *Gloeotrichia echinulata*: abondance de 5 029 263 cel./ml malgré sa biomasse représentant 1 % de celle de l'ensemble des CYANOTOX.

3.2.4 Diversité du phytoplancton

En 2014, bien qu'un moins grand nombre de stations aient été étudiées par rapport aux années 2004 à 2008 :

- On enregistre une plus grande biodiversité de taxons de CYANOTOX, d'autres CYANO et d'algues eucaryotes;
- Les genres ou espèces de CYANO suivants ont été identifiés pour la première fois : *Radiocystis* sp. (à potentiel toxique), *Anathece minutissima*, *Aphanocapsa incerta*, *Geitlerinema* sp., *Jaaginema* sp., *Komvophoron groenlandicum*, *Pseudanabaena woronichinii* et *Spirulina* sp. (annexe 1).

4 CONCLUSION

Conformément aux objectifs poursuivis, la présente étude a permis de dresser un portrait de la situation des cyanobactéries, des cyanotoxines et des algues eucaryotes en 2014 à quatre stations au large et à une station en bordure et de comparer ensuite les résultats avec ceux documentés jusqu'à dix années plus tôt (2004-2008). Les résultats en cyanobactéries et en cyanotoxines ont pu aussi être comparés aux seuils provisoires pour la protection des usages récréatifs de contact avec l'eau.

À partir de la mi-juillet ou de la mi-août 2014, d'importantes fleurs d'eau de cyanobactéries ont commencé à apparaître dans la baie Missisquoi à différents endroits. Les cyanobactéries à potentiel toxique (CYANOTOX) dominent alors en abondance et en biomasse la communauté des cyanobactéries. Elles dominent également la communauté phytoplanctonique.

En 2014, les dépassements des seuils établis pour la protection des usages récréatifs au large de la baie Missisquoi (stations *a*, *b*, *d2* et *d8*) demeurent plus fréquents pour les abondances de CYANOTOT (13/44) que pour les concentrations de MC-LR TEQ (2/44). Dans les écumes à la station *d6*, le seuil en MC-LR TEQ est toujours dépassé; les dépassements vont de 2 à 90 fois le seuil établi. Ces tendances ont été observées aussi durant les années antérieures.

Pour ces mêmes stations, la comparaison entre les biomasses du phytoplancton total et des CYANOTOT de 2014 et celles de 2004-2008 permet de présumer à tout le moins que le niveau de la problématique d'eutrophisation s'est maintenu dans la baie Missisquoi.

Enfin, 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 nécessaire. Ces efforts sont d'autant plus essentiels que des facteurs favorables à la prolifération des CYANO, telle la hausse des températures et des pics de précipitations favorisant le ruissellement du phosphore, risquent d'être plus fréquents avec les changements climatiques.

5 BIBLIOGRAPHIE

- 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.
- 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.
- BLAIS, Sylvie, et Marc SINOTTE, 2008. *Fiche : Cyanobactéries à potentiel toxique*. Document non publié, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 14 p.
- BOYER, Gregory L., 2010. "The Photochemistry of Anatoxin-a; Are we missing significant levels of free toxin in the water column?". P. 8, dans The 8th International Conference on Toxic Cyanobacteria, *Official Program and Abstract Book*.
- BOYER, Gregory L., 2008. "Cyanobacterial Toxins in New York and the Lower Great Lakes Ecosystems". P. 153-165 (vol. 619, chapter 7) dans Hudnell, H. K. (éd.), *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs. Advances in Experimental Medicine and Biologie*.
- BOYER, Gregory L., 2007. "The occurrence of cyanobacterial toxins in New York lakes: Lessons from the MERHAB-Lower Great Lakes program". *Lake and Reservoir Management*, vol. 23, n° 2, p. 53-160.
- BOWLING, Lee, Sylvie BLAIS et Marc SINOTTE, 2015. "[Heterogeneous spatial and temporal cyanobacterial distributions in Missisquoi Bay, Lake Champlain : An analysis of a 9 year data set](#)". *Journal of Great Lakes Research*, vol. 41, n° 1, p. 164-179.
- BOWLING, Lee, Sylvie BLAIS et Marc SINOTTE, 2014. [An analysis of cyanobacterial bloom occurrence in Missisquoi Bay \(Québec, Canada\) between 2000 and 2008, and possible environmental factors underlying them](#). New South Wales, Australia, NSW Government, Department of Primary Industries, Office of Water, 102 p.

- BOWLING, Lee, 2009. "Freshwater phytoplankton : diversity and biology". P. 115-140 (Chapter 5) dans Suthers, I. M., et D. Rissik (éd.), *Plankton – A guide to their ecology and monitoring for water quality*.
- CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec), 2012a. [Identification, dénombrement et estimation du biovolume des cyanobactéries et des algues](#). MA. 800 – Cya.alg 1.0, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 22 p.
- CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec), 2012b. [Dépistage des cyanobactéries](#). MA. 800 – Cya.dep 1.0, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 16 p.
- KOMÁREK, Jiří, Jan KAŠTOVSKÝ et Jitka JEZBEROVÁ, 2011. "Phylogenetic and taxonomic delimitation of the cyanobacterial genus *Aphanothece* and description of *Anathece* gen. Nov." *European Journal of Phycology*, vol. 46, n° 3, p. 315-326.
- LCBP (Lake Champlain Basin Program), 2015a. [State of the Lake 2015 and Ecosystem Indicators Report](#). 40 p.
- LCBP (Lake Champlain Basin Program), 2015b. ["Climate Change Could Increase Harmful Algal Blooms"](#). *Casin' the Basin e-News*, The eNewsletter of the Lake Champlain Basin Program, August 2015.
- LÉVESQUE, Benoît, et collab., 2014. ["Prospective study of acute health effects in relation to exposure to cyanobacteria"](#). *Science of the Total Environment*, vol. 466-467, n° 1, p. 397-403.
- MDDEFP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs), 2013. [Catégories de fleurs d'eau d'algues bleu-vert](#). 2 p.
- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), 2015. [Bilan de la gestion des épisodes de fleurs d'eau d'algues bleu-vert en 2014 – Résultats pour les plans d'eau et les installations de production d'eau potable](#). Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-73189-4 (PDF), 15 p.
- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), 2014. [Guide sur les algues bleu-vert à l'intention des exploitants de plage, Québec](#). Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-70617-5 (PDF), 5 p. + 6 ann.

- MDDELCC (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques), 2012. *Données du Programme de surveillance du climat*. Direction du suivi de l'état de l'environnement.
- MINISTRY OF ENVIRONMENT, 2001. "[Aquatic pathogens algae](#)". Gouvernement de la Colombie-Britannique (page consultée le 19 novembre 2015).
- MSSS (Ministère de la Santé et des Services sociaux), 2015. « [Précautions à prendre en présence d'algues bleu-vert](#) ». Dans *Québec.ca* (page consultée le 3 décembre 2015).
- Québec, 2015. [Règlement sur la qualité de l'eau potable](#). Chapitre Q-2, r. 40, à jour au 1^{er} novembre 2015. Québec, Éditeur officiel du Québec.
- ROSEN, Barry H., et collab., 2001. [Evaluation of Potential Blue-Green Algal Toxins In Lake Champlain, Summer 2000](#). Technical Report No. 39, Lake Champlain Basin Program and the Centers for Disease Control and Prevention, Vermont, États-Unis, 26 p.
- SHAMBAUGH, Angela, Andy CHEVREFILS et Mike WINSLOW, 2015. [Cyanobacteria Monitoring on Lake Champlain, Summer 2014](#). Final Report for the Lake Champlain Basin Program, Vermont Agency of Natural Resources, Vermont Department of Health, Lake Champlain Committee. 131 p.
- SHAMBAUGH, Angela, Andy CHEVREFILS, Mike WINSLOW et Mary WATZIN, 2013. [Cyanobacteria Monitoring on Lake Champlain, Summer 2012](#). Final Report for the Lake Champlain Basin Program, Vermont Agency of Natural Resources, Vermont Department of Health, Lake Champlain Committee, North Carolina State University, 84 p.
- SMELTZER, Eric, et Marc SIMONEAU, 2008. [Apport de phosphore vers la baie Missisquoi en provenance des sous-bassins du Vermont et du Québec, 2002 à 2005](#). Vermont Agency of Natural Resources et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, préparé pour le Comité directeur du lac Champlain, 24 p.
- WACKLIN, Pirjo, Lucien HOFFMANN et Jiří KOMÁREK, 2009. "[Nomenclatural validation of the genetically revised cyanobacterial genus *Dolichospermum* \(RALFS ex BORNET et FLAHAULT\) comb. nova](#)". *Fottea*, vol. 9, n° 1, p. 59-64.

Annexe 1 Cyanobactéries à la baie Missisquoi pour l'ensemble des stations et des campagnes en 2014 comparativement à 2004-2008

A) Cyanobactéries à potentiel toxique

Taxon	Année					
	n échantillons					
	2004	2005	2006	2007	2008	2014
	28	21	29	19	13	48
Cyanobactéries dont le potentiel toxique avait été confirmé^(1, 2)						
1. <i>Dolichospermum flos-aquae</i> ^(1, 2)	√	√	√	√	√	√
2. <i>Gloeotrichia echinulata</i> ^(1, 2)	√	√	√			√
3. <i>Microcystis aeruginosa</i> ^(1, 2, 3)		√	√		√	√
4. <i>Microcystis</i> sp. ^(1, 2, 3)	√ ⁽³⁾	√	√	√	√	√
Autres cyanobactéries à potentiel toxique⁽¹⁾						
5. <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	√	√	√	√	√	√
6. <i>Aphanizomenon</i> sp.						√
7. <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>				√		
8. <i>Dolichospermum circinalis</i>		√				
9. <i>Dolichospermum planctonicum</i>	√		√	√		
10. <i>Dolichospermum spiroides</i>	√	√	√	√	√	
11. <i>Dolichospermum</i> sp.				√	√	√
12. <i>Gomphosphaeria lacustris</i>		√				
13. <i>Microcystis flos-aquae</i> ⁽³⁾		√			√	√
14. <i>Microcystis viridis</i>	√	√				
15. <i>Microcystis wesenbergii</i>			√			√
16. <i>Planktothrix agardhii</i> ⁽⁴⁾						
17. <i>Planktothrix</i> sp.						√
18. <i>Radiocystis</i> sp.						√
19. <i>Woronichinia</i> sp.						√
Total des taxons⁽¹⁾	7	10	8	7	7	12

⁽¹⁾ En 2014, dans le cadre de ce projet, on compte 12 taxons de cyanobactéries à potentiel toxique (CYANOTOX) qui se résument à 7 genres et à au moins 9 espèces (en présumant, d'une part, que *Aphanizomenon* sp., *Dolichospermum* sp. et *Microcystis* sp. seraient inclus dans les espèces déjà identifiées en 2014 pour ces genres si l'identification avait pu être plus poussée et, d'autre part, que les genres qui n'ont aucunement été identifiés à l'espèce correspondent à une espèce).

⁽²⁾ Le potentiel de ces cyanobactéries à produire des microcystines dans la baie Missisquoi est appuyé par Blais (2014).

⁽³⁾ En 2004, les espèces *M. aeruginosa* et *M. flos-aquae* ont été considérées comme le genre *Microcystis* sp.

⁽⁴⁾ *Planktothrix agardhii* avait été identifié à la baie Missisquoi avant 2004.

Annexe 1 Cyanobactéries à la baie Missisquoi pour l'ensemble des stations et des campagnes en 2014 comparativement à 2004-2008 (suite)

B) Autres cyanobactéries (sans potentiel toxique connu)

Taxon	Année					
	n échantillons					
	2004	2005	2006	2007	2008	2014
	28	21	29	19	13	48
1. <i>Anathece bachmannii</i> ⁽¹⁾	√		√	√	√	
2. <i>Anathece clathrata</i> ⁽¹⁾					√	
3. <i>Anathece minutissima</i> ⁽¹⁾						√ ⁽²⁾
4. <i>Anathece smithii</i>				√		
5. <i>Aphanizomenon gracile</i>					√	
6. <i>Aphanocapsa delicatissima</i> ⁽¹⁾	√	√	√	√	√	
7. <i>Aphanocapsa elachista</i>	√	√		√		
8. <i>Aphanocapsa incerta</i> ⁽¹⁾						√
9. <i>Aphanocapsa planctonica</i> ⁽¹⁾	√					
10. <i>Aphanocapsa</i> sp. ⁽¹⁾		√				√
11. <i>Aphanothece microspora</i>					√	
12. <i>Aphanothece</i> sp. ⁽¹⁾						√
13. <i>Chroococcus dispersus</i>	√	√		√	√	√
14. <i>Chroococcus dispersus</i> var. <i>minor</i>	√	√				
15. <i>Chroococcus limneticus</i>	√	√		√	√	
16. <i>Chroococcus minutus</i>		√	√			
17. <i>Chroococcus</i> sp.			√			√
18. <i>Coelomorion</i> sp.					√	
19. <i>Dolichospermum crassum</i>		√	√		√	√
20. <i>Geitlerinema</i> sp.						√
21. <i>Jaaginema</i> sp.						√
22. <i>Komvophoron groenlandicum</i>						√
23. <i>Limnothrix</i> sp.						⁽³⁾
24. <i>Lyngbya mucicola</i>		√				
25. <i>Merismopedia glauca</i>	√					
26. <i>Merismopedia minima</i>			√			
27. <i>Merismopedia punctata</i>	√	√		√	√	√
28. <i>Merismopedia tenuissima</i> ⁽¹⁾		√		√	√	
29. <i>Merismopedia</i> sp. ⁽¹⁾						√
30. <i>Oscillatoria limnetica</i>	√		√			
31. <i>Oscillatoria tenuis</i>		√	√		√	
32. <i>Oscillatoria lauterbornii</i>		√				
33. <i>Oscillatoria utermoeihlii</i>	√					
34. <i>Oscillatoria</i> sp.						√
35. <i>Planktolyngbya limnetica</i>	√					⁽³⁾
36. <i>Planktolyngbya</i> sp.					√	√
37. <i>Pseudanabaena limnetica</i>				√	√	√
38. <i>Pseudanabaena mucicola</i>	√	√	√		√	√

Taxon	Année					
	n échantillons					
	2004	2005	2006	2007	2008	2014
	28	21	29	19	13	48
39. <i>Pseudanabaena woronichinii</i>						√
40. <i>Pseudanabaena</i> sp.					√	√
41. <i>Rhabdoderma lineare</i>			√			
42. <i>Spirulina</i> sp. ⁽²⁾						√
Total des autres cyanobactéries ⁽³⁾	13	14	10	9	16	19 ⁽³⁾
Total de tous les taxons de cyanobactéries (tableaux A et B)	20	24	18	16	23	31

⁽¹⁾ Taxons considérés comme des picocyanobactéries avec moins de 2 µm de diamètre pour les cellules sphériques (CEAEQ, 2012b). Le document CEAEQ (2012a) est ici utilisé pour classer les taxons selon les biovolumes moyens.

⁽²⁾ Dans la littérature connue (Blais et Sinotte, 2008, et brève vérification sur le Web en juillet 2016), seule une espèce de *Spirulina*, soit *S. subsalsa*, a déjà été reconnue toxique sans que la toxine ait pu être identifiée. Cette cyanobactérie se retrouve en milieu salé et n'a jamais à notre connaissance été détectée au Québec. Pour cette raison, *Spirulina* sp. est classée ici dans les cyanobactéries non toxiques.

⁽³⁾ En 2014, on compte 19 taxons d'autres cyanobactéries qui se résument à 13 genres et à environ 15 espèces (en présumant que *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus* sp., *Merismopedia* sp., *Planktolyngbya* sp. et *Pseudanabaena* sp. seraient inclus dans les espèces du même genre répertoriées dans « autres cyanobactéries » si leur identification avait pu être plus poussée). De plus, si on incluait les résultats du Plan de gestion des épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries de 2014, un autre genre (*Limnothrix* sp.) et une autre espèce (*Planktolyngbya limnetica*) devraient être ajoutés (données du MELCC non publiées), ce qui porterait le décompte total à 21 taxons d'autres cyanobactéries.

Annexe 2 Classes d'algues eucaryotes à la baie Missisquoi pour l'ensemble des stations et des campagnes en 2014 comparativement à 2004-2008

Classe	Année					
	n échantillons					
	2004	2005	2006	2007	2008	2014
	28	21	29	19	13	44
Bacillariophycée	√	√	√	√	√	√
Chlorophycée	√	√	√	√	√	√
Chrysophycée	√	√	√	√	√	√
Cryptophycée	√	√	√	√	√	√
Dinophycée			√	√	√	√
Euglenophycée	√	√	√	√	√	√
Nombre de genres d'algues eucaryotes	30	39	37	38	43	66

Annexe 3 Écume observée en 2014 dans les trois secteurs de la baie Missisquoi en bordure de rive ou au large

Date	Secteur ⁽²⁾	Sous-secteur ⁽³⁾	Longueur de l'écume (km)
2014-07-10 ⁽¹⁾	BME, (Ri)	De la rampe de mise à l'eau du quai fédéral en allant vers le nord (incluant la station d6)	< 0,5
2014-07-17	BME, (Ri)	De la station d3 vers le nord, mais au sud de la station d21	≈ 0,5
2014-07-29 ⁽¹⁾	BV, (Ri)	Côté est de la baie de Venise de la station d13 jusqu'à la pointe Jameson	> 2
	BME, (Ri)	Du quai fédéral vers le nord en bordure de toute la rive longée par le chemin	≈ 2
2014-08-06 ⁽¹⁾	BME, (Ri)	Environ de 0,7 km à l'ouest de l'embouchure de la rivière aux Brochets jusqu'à 1 km au sud du quai fédéral	> 5
2014-08-12	BME, (Ri)	Embouchure de la rivière aux Brochets	< 0,5
2014-08-19 ⁽¹⁾	BV, (Ri)	Tout le tour de la baie de Venise	≈ 8
	BME, (Ri)	Environ de 1,6 km à l'ouest de l'embouchure de la rivière aux Brochets jusqu'à la frontière avec le Vermont	≈ 9
	BME, (L)	À l'est de la station d16	≈ 1
	BMC, (L)	Trois zones en périphérie de la station a, mais sans y toucher	≈ 4 (total)
2014-09-02	BMO, (Ri)	Pointe McFee	≈ 0,4
2014-09-10	BV, (Ri)	Tout le long de la rive de la station d18 jusqu'à la pointe Jameson	≈ 5
	BV, (L)	Environ 40 % de la superficie de la BV, de la station d18 jusqu'à la pointe Jameson	≈ 3

⁽¹⁾ Dates durant lesquelles un échantillon a été prélevé, mais seulement à la station d6.

⁽²⁾ BV : baie de Venise. BMC, BME et BMO : baie Missisquoi au centre, du côté est (de la pointe Jameson y compris Saint-Armand) et du côté ouest (Saint-Georges-de-Clarenceville). (Ri) : en bordure de rive; (L) : au large.

⁽³⁾ Les stations qui n'ont pas été échantillonnées en 2014 sont localisées sur la [carte de 2000-2008](#) dans Blais (2014).

**Environnement
et Lutte contre
les changements
climatiques**

Québec

