



Suivi de l'état de santé du lac Saint-Joseph

Analyses de la qualité de l'eau au lac Saint-Joseph (RSVL) – 2016



Rapport présenté aux municipalités de :

Fossambault-sur-le-Lac

Lac-Saint-Joseph

Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier



Réalisé par :

Corporation du bassin de la Jacques-Cartier

Mars 2017

SUIVI DE L'ÉTAT DE SANTÉ DU LAC SAINT-JOSEPH

Analyses de la qualité de l'eau
au lac Saint-Joseph (RSVL)

2016



Corporation du bassin de la Jacques-Cartier

5090, Route Fossambault | Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (Québec) G3N 1V4
Téléphone : 418 875-1120 Télécopieur : 418 875-0899 Ligne sans frais : 1 888 875-1120

Info@cbjc.org www.cbjc.org

Équipe de travail

Coordination :	Antoine Rivierre, directeur des projets, biologiste
Équipe de terrain :	Antoine Rivierre, directeur des projets, biologiste Cynthia Guay, directrice du PDE, biologiste Maxime Vigneault, biologiste Gabrielle Gosselin, biologiste Maude Sévigny, biologiste
Rédaction et analyse :	Jade Boulanger Pelletier, biologiste
Révision :	Cynthia Guay, directrice du PDE, biologiste
Montage et mise en forme :	Isabelle Bédard, adjointe exécutive
Collaborateur :	Luc Mailloux, riverain bénévole
Laboratoire d'analyse :	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)

Résumé

Afin de poursuivre le suivi de l'état de santé du lac Saint-Joseph, les analyses de la qualité de l'eau ont été poursuivies en 2016. Au total, six sorties ont été réalisées sur le lac et des échantillons d'eau ont été prélevés à cinq reprises au cours de la saison estivale. La sixième sortie, sans échantillonnage d'eau, a permis de réaliser un profil vertical lors du brassage automnal. Les résultats témoignent que le lac présente un stade de vieillissement oligo-mésotrophe et une anoxie dans la couche profonde du bassin sud en août et septembre.

Référence à citer :

CBJC. 2017. *Suivi de l'état de santé du lac Saint-Joseph – Analyses de la qualité de l'eau au lac Saint-Joseph (RSVL) - 2016*. 26 pages et 4 annexes

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	1
2. MÉTHODOLOGIE	1
2.1. STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE	1
2.2. PROTOCOLE DE SUIVI	3
2.3. CONTEXTES DE MESURE	3
2.4. ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU DU LAC.....	4
2.5. ÉVALUATION DE L'ÉTAT TROPHIQUE D'UN LAC	5
2.6. STRATIFICATION THERMIQUE.....	8
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION	9
3.1. PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX	9
3.1.1. TEMPÉRATURE DE L'AIR	9
3.1.2. PRÉCIPITATIONS	10
3.2. STRATIFICATION THERMIQUE DE L'EAU	10
3.2.1. TEMPÉRATURE	10
3.2.2. OXYGÈNE DISSOUS.....	12
3.3. ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES	15
3.3.1. PHOSPHORE TOTAL-TRACE.....	15
3.3.2. CHLOROPHYLLE A	15
3.3.3. CARBONE ORGANIQUE DISSOUS (COD)	16
3.3.4. TRANSPARENCE DE L'EAU	17
3.4. CYANOBACTÉRIES	18
3.5. NIVEAU TROPHIQUE	19
3.6. ÉVOLUTION INTER ANNUELLE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES	20
4. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	23
RÉFÉRENCES	25

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: TABLEAU RÉCAPITULATIF DU SUIVI RÉALISÉ EN 2016.....	3
TABLEAU 2. SOMMAIRE DES MÉTHODES ANALYTIQUES UTILISÉES POUR L'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'EAU PRÉLEVÉS AU LAC SAINT-JOSEPH.	4
TABLEAU 3: CLASSEMENT DES NIVEAUX TROPHIQUES DES LACS.....	7
TABLEAU 4. CONCENTRATIONS DE PHOSPHORE TOTAL TRACE ($\mu\text{G/L}$) MESURÉES DURANT LA SAISON ESTIVALE 2016.	15
TABLEAU 5. CONCENTRATIONS DE CHLOROPHYLLE A ($\mu\text{G/L}$) MESURÉES EN SURFACE DURANT LA SAISON ESTIVALE 2016.....	16
TABLEAU 6. CONCENTRATIONS DE CARBONE ORGANIQUE DISSOUS (MG/L) MESURÉES EN SURFACE DURANT LA SAISON ESTIVALE 2016.....	17

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : BATHYMÉTRIE DU LAC SAINT-JOSEPH, POSITION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET AFFECTATION DU SOL AUTOUR DU LAC.	2
FIGURE 2 : MULTISONDE YSI 556.....	4
FIGURE 3. PROCESSUS NATUREL ET ANTHROPIQUE D'EUTROPHISATION (MDDELCC, 2016B).....	6
FIGURE 4: ILLUSTRATION DES DIFFÉRENTS PROFILS VERTICAUX D'OXYGÈNE SELON L'ÉTAT TROPHIQUE D'UN LAC.	8
FIGURE 5. SCHÉMA ILLUSTRANT LA STRATIFICATION THERMIQUE D'UN LAC ET LES TROIS COUCHES D'EAU DISTINCTES AINSI FORMÉES (LAROUSSE, 2015).....	8
FIGURE 6. ÉVOLUTION DES TEMPÉRATURES MOYENNES, MINIMALES ET MAXIMALES MESURÉES EN 2016 ET NORMALES MENSUELLES ÉVALUÉES À PARTIR DES DONNÉES D'ENVIRONNEMENT CANADA.	9
FIGURE 7. MOYENNES MENSUELLES DES PRÉCIPITATIONS ENREGISTRÉES EN 2016 À L'AÉROPORT DE QUÉBEC ET NORMALES MENSUELLES ÉVALUÉES À PARTIR DES DONNÉES D'ENVIRONNEMENT CANADA.	10
FIGURE 8. PROFILS VERTICAUX DE TEMPÉRATURE DE LA STATION 13-B (BASSIN SUD) EN 2016.	11
FIGURE 9. PROFILS VERTICAUX DE TEMPÉRATURE DE LA STATION 13-A (BASSIN NORD) EN 2016.	12
FIGURE 10 : PROFILS VERTICAUX D'OXYGÈNE DE LA STATION 13-B (BASSIN SUD) EN 2016.	13
FIGURE 11 : PROFILS VERTICAUX D'OXYGÈNE DE LA STATION 13-A (BASSIN NORD) EN 2016.....	14
FIGURE 12 : ÉVOLUTION SAISONNIÈRE DE LA TRANSPARENCE DE L'EAU DU LAC SAINT-JOSEPH MESURÉE EN 2016.....	18
FIGURE 13 : PHOTOGRAPHIES DE DEUX ÉPISODES DE FLEURS D'EAU AU LAC SAINT-JOSEPH À L'ÉTÉ 2016.....	19
FIGURE 14: NIVEAUX TROPHIQUES DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2016 ÉVALUÉS POUR LES DEUX BASSINS.	20
FIGURE 15. ÉVOLUTION INTERANNUELLE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES MESURÉS AU LAC SAINT-JOSEPH ENTRE 2006 ET 2016.	21
FIGURE 16. ÉVOLUTION INTERANNUELLE DE LA TRANSPARENCE DE L'EAU DU LAC SAINT-JOSEPH ENTRE 2006 ET 2016.	22

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1.** Brassage automnal et printanier
- Annexe 2.** Feuille de données des profils verticaux
- Annexe 3.** Feuille de données de la transparence de l'eau
- Annexe 4.** Données brutes du laboratoire

1. INTRODUCTION

Les enjeux reliés à la qualité de l'eau du lac Saint-Joseph sont nombreux et peuvent pour la plupart, avoir des conséquences économiques importantes pour les municipalités riveraines. Le lac Saint-Joseph représente un lieu de villégiature privilégié dans la grande région de Québec. Or, la pratique des activités récréatives liées à l'eau (nautisme, baignade, pêche) nécessite un environnement de bonne qualité afin de limiter les dangers pour la santé des baigneurs et autres plaisanciers. La valeur foncière des terrains aux pourtours du lac est aussi intimement liée à sa bonne qualité d'eau.

La Corporation du bassin de la Jacques-Cartier (CBJC) a été mandatée par les trois municipalités riveraines du lac Saint-Joseph, soit ville de Lac-Saint-Joseph, Fossambault-sur-le-Lac et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, afin de réaliser l'évaluation de l'état de santé du lac Saint-Joseph par des analyses de la qualité de l'eau.

Les écosystèmes lacustres sont d'une grande complexité et possèdent des temps de réponse généralement longs face aux modifications environnementales. Par conséquent, un suivi à long terme des différentes variables biologiques et physico-chimiques, réalisé de manière standardisée, est nécessaire afin de pouvoir émettre des conclusions solides sur l'évolution trophique du lac et sur la qualité de son eau.

Cette étude est menée, pour une onzième année consécutive dans le cadre du réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC).

1.1. Objectifs de l'étude

La poursuite des analyses de qualité de l'eau du lac Saint-Joseph a pour principaux objectifs :

- d'analyser la qualité de l'eau;
- d'évaluer l'état trophique actuel;
- de suivre l'évolution interannuelle des paramètres physicochimiques et de l'état trophique;
- de formuler des recommandations (si nécessaire);
- de diffuser les résultats obtenus aux municipalités.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1. Stations d'échantillonnage

Le lac Saint-Joseph est divisé en deux bassins (nord et sud) aux caractéristiques morphométriques très différentes. Deux stations de suivi de la qualité de l'eau sont échantillonnées annuellement entre les mois de mai et octobre. Elles se situent respectivement au-dessus des points les plus profonds du bassin sud (station 13-B) et du bassin nord du lac (station 13-A). La fosse dans le bassin nord est d'une profondeur de 34 mètres, alors que la fosse du bassin sud a une profondeur d'environ 12 mètres (figure 1).

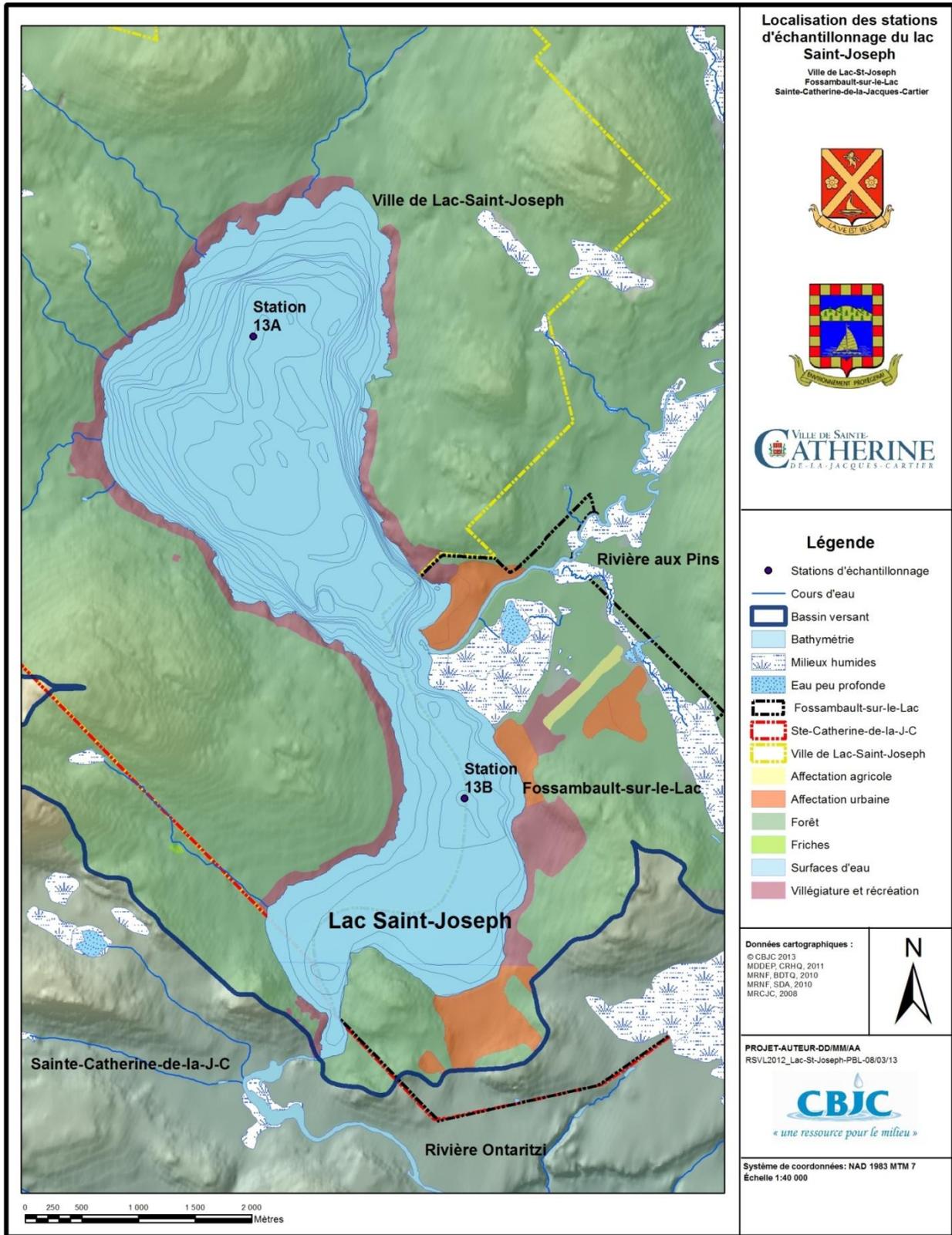


Figure 1 : Bathymétrie du lac Saint-Joseph, position des stations d'échantillonnage et affectation du sol autour du lac.

2.2. Protocole de suivi

En 2016, la CBJC a réalisé au total six sorties sur le lac afin de réaliser des profils verticaux (tableau 1). Parmi ces sorties, les cinq premières ont également permis d'échantillonner l'eau de surface aux fins d'analyse en laboratoire. Un suivi en mai a été ajouté en 2016 afin de mieux décrire le brassage d'eau qui a lieu au printemps (annexe 1). Le suivi d'octobre, lui, a encore été réalisé cette année afin de mieux décrire le brassage automnal.

Tableau 1: Tableau récapitulatif du suivi réalisé en 2016.

Date	18 mai	20 juin	19 juil	24 août	19 sept	4 oct
Profil vertical	x	x	x	x	x	x
Échantillonnage de l'eau de surface	x	x	x	x	x	

2.3. Contextes de mesure

L'analyse des données de la qualité de l'eau s'appuie sur le contexte environnemental lors de la journée de l'échantillonnage. Certains éléments contextuels permettent de décrire les conditions d'échantillonnage et peuvent influencer les résultats, par exemple :

- Date et heure;
- Appareils utilisés;
- Personnels échantillonneur;
- Température ambiante;
- Précipitations et ensoleillement;
- Vitesse et direction du vent (vagues);
- Présence d'algues et de particules en suspension.

2.4. Évaluation de la qualité de l'eau du lac

Les échantillons d'eau ont été prélevés à cinq reprises aux deux stations dans le cadre du RSVL du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC). Tous les prélèvements sont effectués à un mètre de profondeur avec des bouteilles contrôlées et fournies par le laboratoire Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) du MDDELCC. Les échantillons sont ensuite conservés au froid avant d'être expédiés au CEAEQ pour l'analyse des paramètres physicochimiques. Le tableau 2 présente les méthodes d'analyse utilisées, les limites de détection et les moyens de conservation des prélèvements pour les trois paramètres analysés.

Tableau 2. Sommaire des méthodes analytiques utilisées pour l'analyse des échantillons d'eau prélevés au lac Saint-Joseph.

Descripteurs	Méthode d'analyse	Limite de détection	Méthode de conservation des prélèvements	Délais d'analyse
Phosphore total trace (P-T-T)	Méthode par minéralisation au persulfate et dosage par colorimétrie automatisée adaptée pour les teneurs à l'état trace MA. 303 - P 5.0 Édition : 2008-04-08	0,6 µg/L	Bouteille de plastique (500 ml) avec quelques gouttes d'acide sulfurique ultra-pure	60 jours
Chlorophylle α (CHL)	Méthode par fluorimétrie MA. 800 - Clor. 1.0 Édition : 2003-02-21	0,02 µg/L	Bouteille de polypropylène opaque (250 ml)	48 heures
Carbone organique dissous (COD)	Méthode par détection à l'infrarouge MA. 300 - C 1.0 Édition : 2003-10-18	0,2 mg/L	Bouteille de plastique (125 ml) avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique	28 jours

(Source : MDDEP, 2006)

Les profils verticaux d'oxygène dissous et de température sont réalisés à l'aide d'une multisonde YSI 556 (figure 2) et les résultats sont notés sur une feuille terrain (annexe 2). Pour ce faire, une lecture est réalisée à 0,5 mètre, à 1 mètre, puis à chaque mètre de profondeur jusqu'au fond du lac. Il est important de préciser que la longueur du câble de la sonde limite la prise de mesure dans le bassin nord à 19 mètres de profondeur, alors que la fosse a 34 mètres de profondeur. L'interprétation de ces données permet de délimiter et d'identifier les différentes couches d'eau lors de la stratification estivale.



Figure 2 : Multisonde YSI 556

Pour finir, des mesures de la transparence de l'eau sont également réalisées à l'aide d'un disque de Secchi, selon la procédure décrite dans le programme du RSVL du MDDELCC (annexe 3). Au total, six mesures pour chaque bassin ont été effectuées par les employés de la CBJC. À ces données s'ajoutent les données recueillies par Monsieur Mailloux, riverain du lac Saint-Joseph, qui a procédé à la mesure de la transparence du lac à sept reprises au cours de l'été, selon la procédure du MDDELCC.

2.5. Évaluation de l'état trophique d'un lac

Les lacs, à l'instar des autres systèmes biologiques, vieillissent avec le temps. Ce phénomène naturel appelé **eutrophisation** se traduit en temps normal par une évolution des paramètres biologiques et physiques du plan d'eau sur une échelle de temps relativement longue. Il correspond à un enrichissement graduel des eaux en matières nutritives (phosphore et azote) qui provoque alors une augmentation de la production biologique.

Au fur et à mesure que les propriétés biologiques d'un lac vieillissent, le plan d'eau atteint alors différents états de croissance biologique appelés **états trophiques**. Ainsi, les jeunes lacs (oligotrophes) possèdent une productivité primaire faible, tandis que les lacs âgés (eutrophes) ont des niveaux élevés de productivité primaire. L'évolution d'un lac sur l'échelle des niveaux trophiques ne se fait pas brusquement. Il s'agit plutôt d'un processus de vieillissement qui est graduel et dont les changements se manifestent progressivement (figure 3).

Cependant, il est admis que les activités humaines qui ont lieu à l'intérieur du bassin versant contribuent au vieillissement prématuré des plans d'eau (APEL, 2014). Dans ce cas, l'eutrophisation accélérée par les activités anthropiques se produit généralement au fil de décennies (figure 3). Elle entraîne un développement excessif d'algues et de plantes, une diminution de la transparence du lac et une diminution des concentrations d'oxygène. Tous ces éléments peuvent avoir des répercussions sur la vie aquatique ainsi que sur l'utilisation et la jouissance du lac.

La détermination du niveau trophique d'un lac vise à positionner ce lac sur l'échelle trophique. Ceci s'effectue en mesurant la teneur de matières nutritives dans le lac et en évaluant les changements de la qualité de l'eau et des communautés biologiques. Les paramètres (descripteurs) les plus couramment utilisés sont :

- La concentration de **phosphore total** qui est normalement faible dans les milieux aquatiques, ce qui limite la croissance des végétaux. Ainsi, un milieu riche en phosphore favorisera la prolifération des plantes aquatiques, des algues et des cyanobactéries. Des concentrations élevées en phosphore sont donc généralement typiques d'un milieu eutrophe (vieillessement avancé).
- La concentration de **chlorophylle a** qui est un indicateur de la biomasse d'algues microscopiques (phytoplancton) en suspension dans l'eau. Plus les niveaux de chlorophylle a sont élevés, plus le système est considéré comme étant productif et eutrophe.

- La **transparence de l'eau** qui diminue avec l'augmentation de la quantité d'algues, mais aussi avec l'augmentation des autres matières en suspension et l'intensité de la couleur de l'eau. En général, les lacs eutrophes (c'est-à-dire très productifs) présentent une transparence faible.

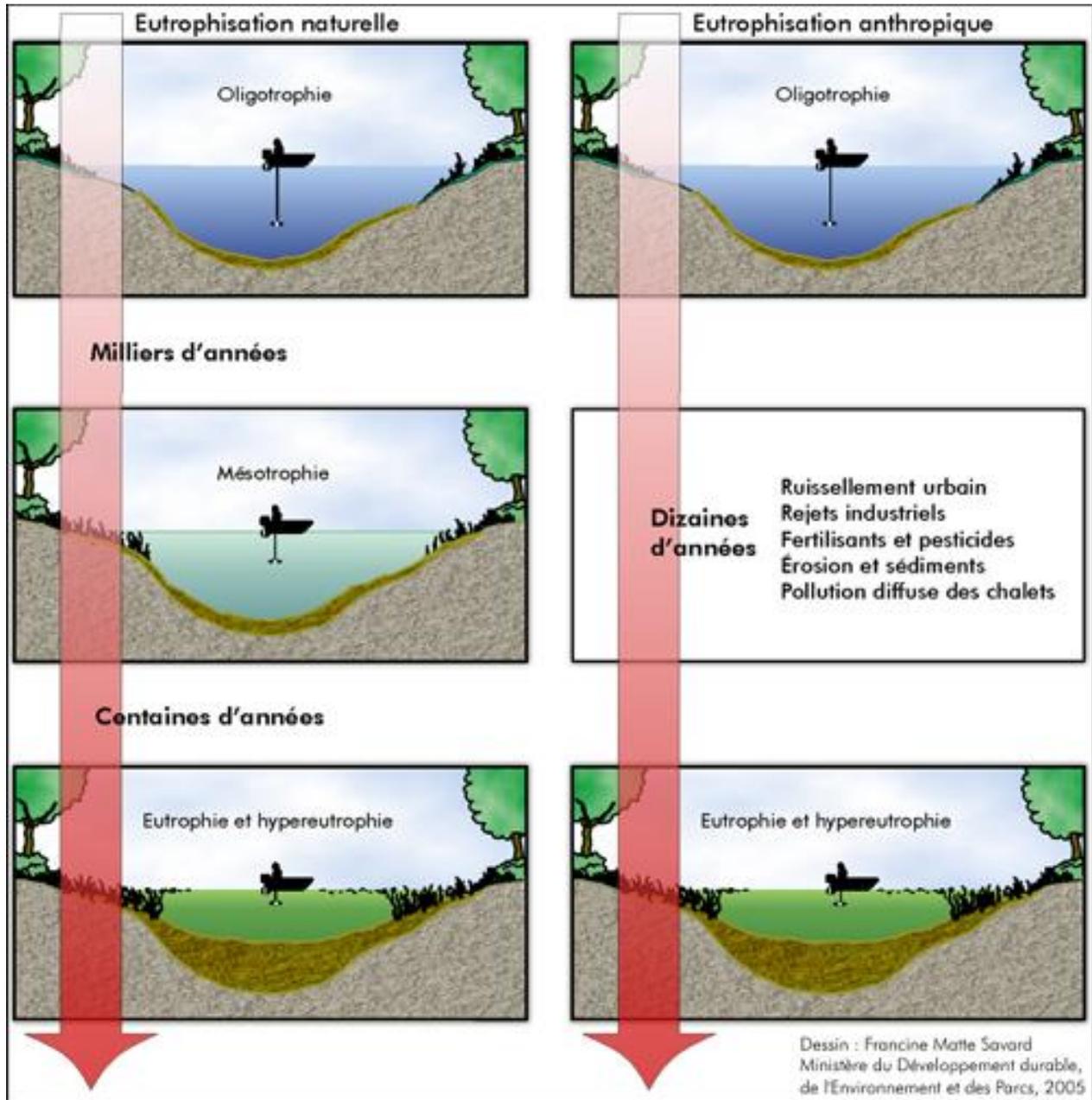


Figure 3. Processus naturel et anthropique d'eutrophisation (MDDELCC, 2016b)

Dans la présente étude, le classement du niveau trophique est réalisé en utilisant des valeurs de référence pour la concentration du phosphore, la concentration en chlorophylle *a* et la transparence de l'eau (tableau 3). Les valeurs de référence retenues pour les grandes classes trophiques (ultra-oligotrophe, oligotrophe, mésotrophe, eutrophe et hyper-eutrophe) correspondent aux limites les plus reconnues et utilisées (MDDELCC, 2016b).

Tableau 3: Classement des niveaux trophiques des lacs

Indicateur	Classes trophiques						
		Oligotrophe		Mésotrophe		Eutrophe	Hyper-eutrophe
Classe principale	Ultra-oligotrophe		Oligo-mésotrophe		Méso-eutrophe		
Phosphore total (µg/L)	<4	4-10	7-13	10-30	20-35	30-100	>100
Azote total (µg/L)		<350		350-650		651-1200	>1200
Chlorophylle <i>a</i> (µg/L)	<1	1-3	2.5-3.5	3-8	6.5-10	8-25	>25
Transparence (m)	>12	12-5	6-4	5-2.5	3-2	2.5-1	<1
Profil de l'oxygène		Orthograde			Clinograde		

D'autres paramètres et relations sont également considérés lors d'un suivi de l'état de santé d'un milieu lacustre. Par exemple, le **carbone organique dissous** (COD) sert à évaluer la présence des matières responsables de la coloration jaunâtre ou brunâtre de l'eau. Cet indicateur est mesuré afin de tenir compte de l'effet de coloration de l'eau sur la mesure de transparence. Ainsi, la transparence de l'eau diminue avec l'augmentation de la concentration en carbone organique dissous.

Les profils d'oxygène dissous mesurés dans la colonne d'eau fournissent également des indications sur le niveau d'activité biologique d'un lac (figure 4). Une faible concentration en **oxygène dissous** en profondeur peut éventuellement traduire une décomposition importante de la matière organique. Par conséquent, les lacs eutrophes montrent régulièrement un déficit d'oxygène dans la partie profonde en période de stratification thermique. De plus, une relation étroite existe entre la **température** et l'oxygène qui se dissout davantage dans une eau plus froide. D'autres facteurs peuvent affecter les concentrations d'oxygène. Par exemple, à un niveau de productivité comparable, un lac peu profond sera plus sujet à un déficit en oxygène qu'un lac de plus grande profondeur (Nürnberg, 1996; Carignan et coll., 2003; Wetzel, 2001).

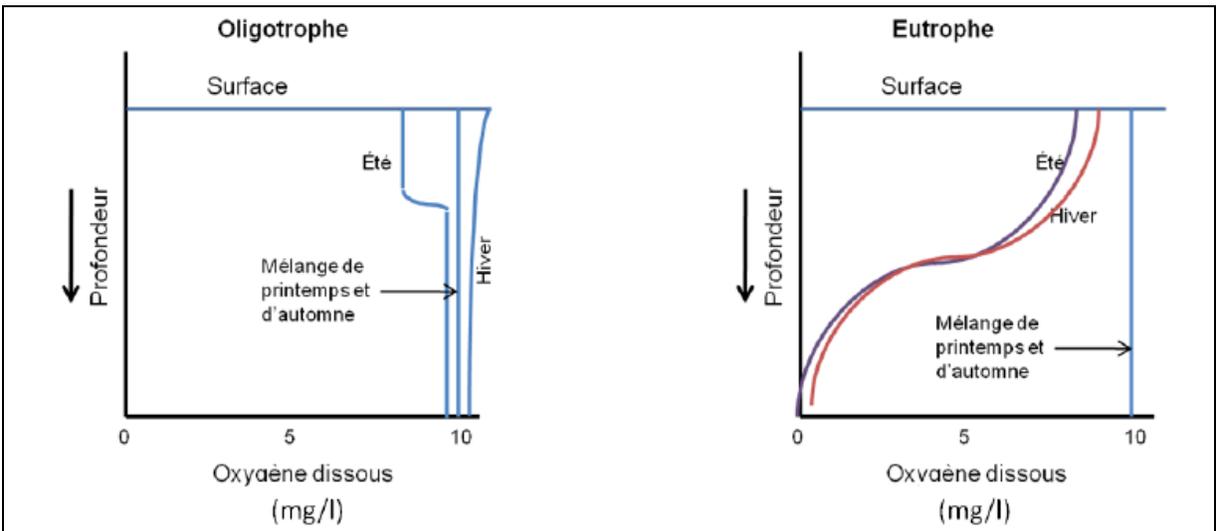


Figure 4: Illustration des différents profils verticaux d'oxygène selon l'état trophique d'un lac.

2.6. Stratification thermique

La stratification thermique est un phénomène physique naturel qui se produit dans la majorité des lacs du Québec. Elle se définit comme étant la formation de couches d'eau distinctes superposées les unes sur les autres (figure 5). Ce phénomène est dû à un gradient de température qui entraîne une différence de densité de l'eau. Trois couches, se mélangeant difficilement, se distinguent :

L'**épilimnion** est la couche d'eau de surface qui se définit par une température chaude et uniforme circulant librement par l'action du vent. Elle est de faible densité et repose donc sur les couches plus froides;

Le **métalimnion** est la couche centrale où se produit une diminution rapide de la température sur une faible profondeur. Cette zone agit comme une barrière physique qui empêche le mélange des eaux de fond et de surface;

L'**hypolimnion** est la couche d'eau froide et dense observée dans le fond des lacs. Elle est peu mélangée puisqu'elle n'est pas affectée par l'action du vent. Si la dégradation de la matière organique par les micro-organismes présents dans les sédiments est importante, il y aura alors une déficience en oxygène puisqu'il n'y a pas de mélange d'eau et donc pas de renouvellement d'oxygène.

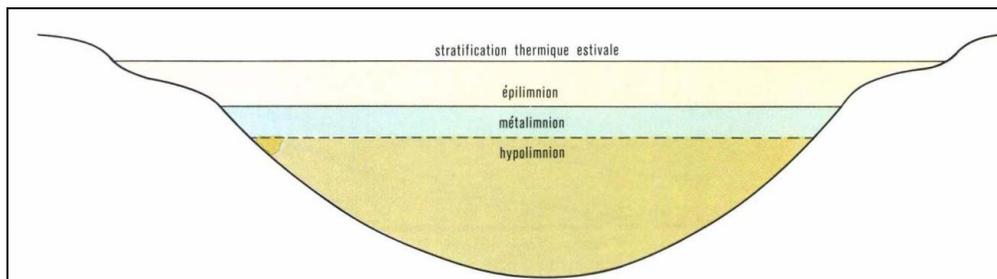


Figure 5. Schéma illustrant la stratification thermique d'un lac et les trois couches d'eau distinctes ainsi formées (Larousse, 2015).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Paramètres environnementaux

3.1.1. Température de l'air

À partir des données d'Environnement Canada (2017) mesurées à l'aéroport de Québec, on remarque que l'année 2016 est caractérisée par un hiver doux avec des températures au-dessus des normales mensuelles pour les mois de janvier, février et novembre (figure 6). Seul le mois d'avril a été nettement plus froid que les normales de saison.

Les mois de mai, juin et juillet sont caractérisés par des températures se situant à l'intérieur des normales de saison que ce soit pour les températures moyennes, maximales ou minimales. Tandis que les mois d'août, septembre et octobre ont des températures plus chaudes d'un ou deux degrés par rapport aux normales de saison.

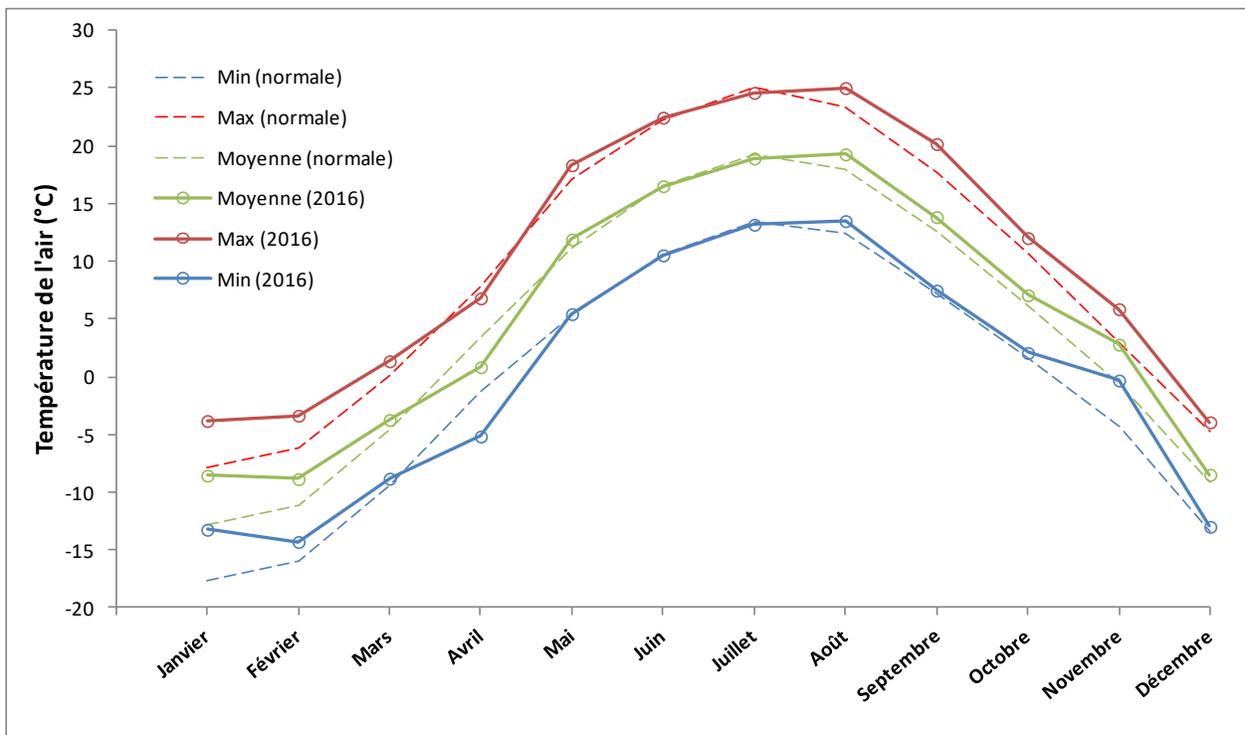


Figure 6. Évolution des températures moyennes, minimales et maximales mesurées en 2016 et normales mensuelles évaluées à partir des données d'Environnement Canada.

3.1.2. Précipitations

Les précipitations en 2016 se sont situées en dessous des normales de saison pour les mois de mai à septembre (figure 7) (Environnement Canada, 2017). Au contraire, les précipitations du mois d'octobre sont au-dessus des normales de saison. Considérant que les échantillons d'eau ont été prélevés de mai à septembre, les résultats des analyses physico-chimiques ne seront donc pas influencés par les précipitations importantes au mois d'octobre.

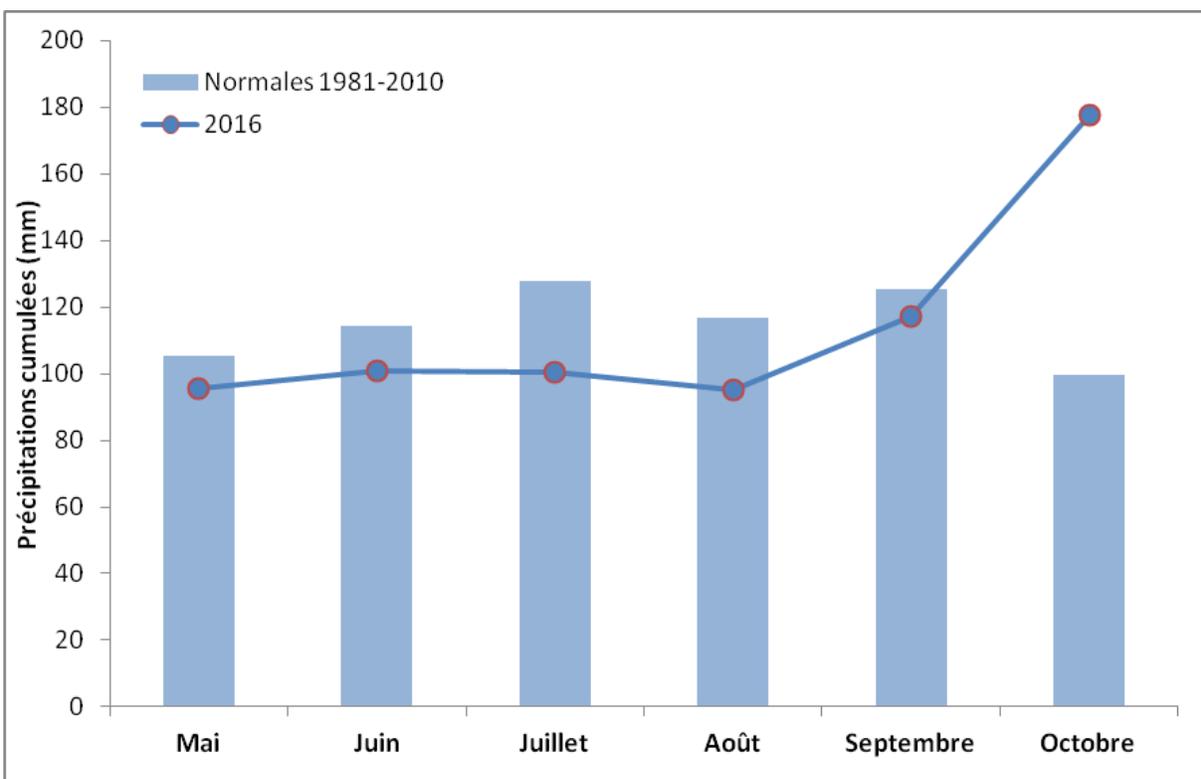


Figure 7. Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées en 2016 à l'aéroport de Québec et normales mensuelles évaluées à partir des données d'Environnement Canada.

3.2. Stratification thermique de l'eau

3.2.1. Température

La température influence la majorité des cycles physico-chimiques et des activités biologiques présentes dans un plan d'eau. Une augmentation de la température diminue la solubilité de l'oxygène qui devient moins disponible pour la respiration des organismes aquatiques. Une augmentation de température augmente aussi la solubilité de certains composés chimiques, ce qui peut ainsi modifier l'effet des polluants sur les communautés biologiques. La distribution verticale de la température varie beaucoup d'une saison à l'autre pour les lacs des régions tempérées. Une stratification thermique de la colonne d'eau s'établit généralement au cours de l'été et de l'hiver, ce qui induit une barrière physique qui limite le mélange des masses d'eau superposées. Ainsi, la

couche du fond évolue quasiment en circuit fermé, ce qui peut occasionner, dans certains cas, un déficit en oxygène dissous.

Dans le bassin sud, l'épilimnion (couche supérieure) varie de 4 mètres à 8 mètres de profondeur au mois de septembre (figure 8). La température de surface a atteint une valeur maximale de 21,88°C lors de l'échantillonnage du 24 août. La couche d'eau profonde (hypolimnion) a aussi varié durant la saison passant de 3 à 4 mètres d'épaisseur. Sa température a varié entre 9,21°C et 12,79°C entre les mois de juin à octobre. Il est intéressant de souligner que lors de l'échantillonnage du 18 mai, la stratification thermique du lac n'était pas encore établie. L'absence de stratification thermique se traduit par des profils de températures relativement rectilignes. Elle s'établit à partir de l'échantillonnage du 20 juin. Le profil de température du 4 octobre permet aussi de voir la disparition de la stratification thermique par le brassage d'eau automnal (annexe 1).

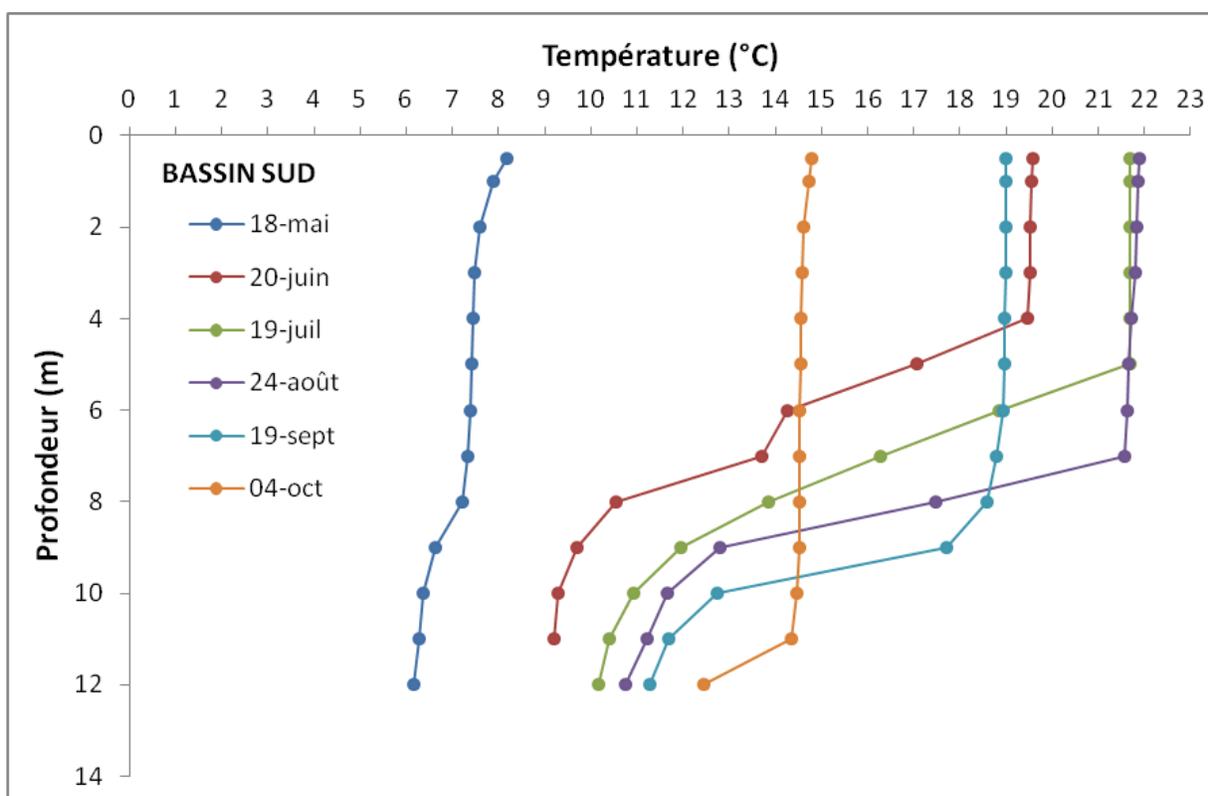


Figure 8. Profils verticaux de température de la station 13-B (bassin sud) en 2016.

Dans le bassin nord, l'épilimnion varie aussi entre 4 et 8 mètres de profondeur, mais atteint 8 mètres de profondeur en octobre (figure 9). Les températures de surface des deux bassins sont très semblables (maximum de 21,74°C en surface le 19 juillet dans le bassin nord). À partir de 15 mètres de profondeur dans le bassin nord, les profils de température sont très similaires et montrent une très faible variabilité temporelle. La température mesurée à 19 m de profondeur varie entre 4,57°C et 4,84°C. Ceci témoigne d'une grande stabilité de la couche d'eau profonde. La stratification du bassin sud a été observée à partir du 20 juin, alors que celle du bassin nord est observée

seulement à partir de l'échantillonnage du 19 juillet. La plus grande profondeur du bassin nord peut expliquer cette différence. Le profil du 4 octobre dans le bassin nord montre encore une stratification thermique, ce qui indique que le brassage complet des eaux se fait plus tard que dans le bassin sud. Cela peut être expliqué par la plus grande profondeur du bassin nord et par la différence de température entre l'épilimnion et l'hypolimnion qui est beaucoup plus grande que dans le bassin sud. Les couches d'eau sont donc plus stables et se mélangent moins facilement, ce qui retarde le brassage automnal.

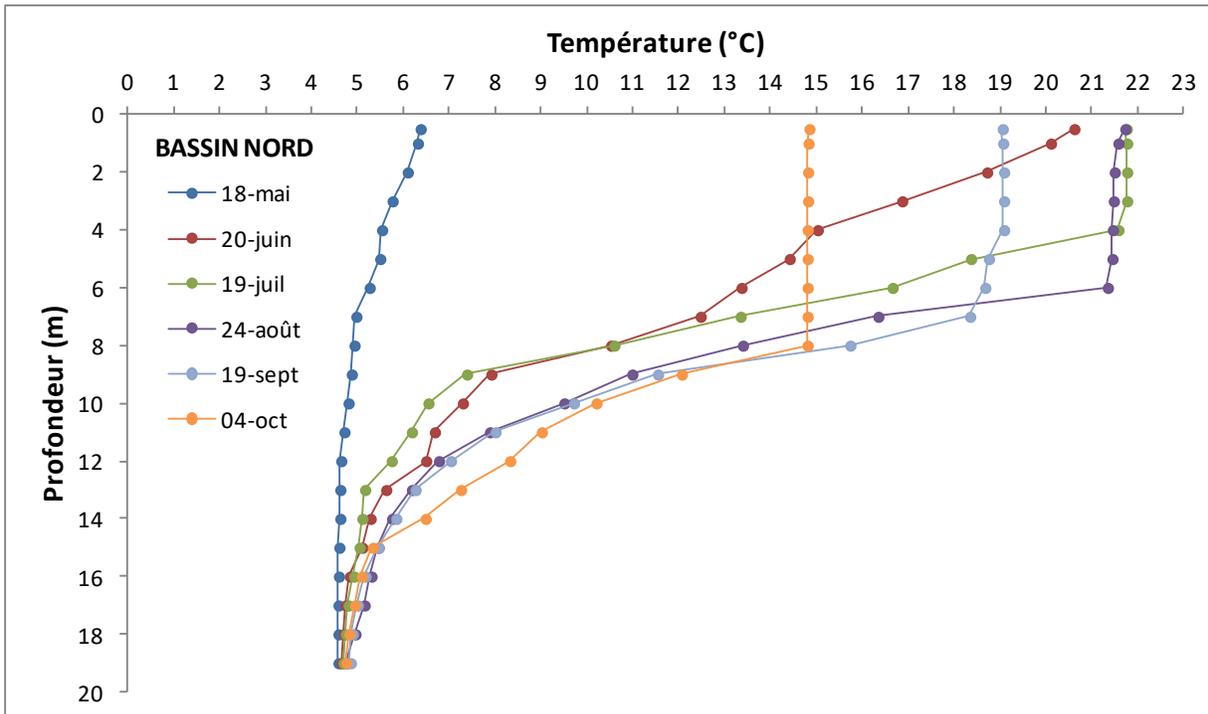


Figure 9. Profils verticaux de température de la station 13-A (bassin nord) en 2016.

3.2.2. Oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous est essentielle à la survie des organismes aquatiques. Les critères de protection du milieu aquatique indiquent qu'à 10 °C, la concentration ne devrait pas être inférieure à 6 mg/L pour la protection des organismes d'eau froide, et à 15°C elle ne devrait pas être inférieure à 5 mg/L pour la protection des organismes d'eau chaude (MDDELCC, 2016a). Une concentration inférieure à 2 mg/L d'oxygène dissous est considérée comme critique pour la survie des organismes aquatiques (Wetzel, 2001). Sous de tels niveaux, la vie aquatique ne peut pas subsister convenablement et des mortalités importantes peuvent alors survenir.

Les caractéristiques morphologiques très différentes des deux bassins du lac Saint-Joseph influencent la dynamique de l'oxygène dissous entre les deux stations d'échantillonnage. Dans le bassin sud, les profils d'oxygène montrent une distribution « clinograde » avec une diminution de la concentration d'oxygène en profondeur (figure 10). Même si la diminution observée est faible au mois de mai et juin, le gradient tend à s'accroître au cours de la saison estivale.

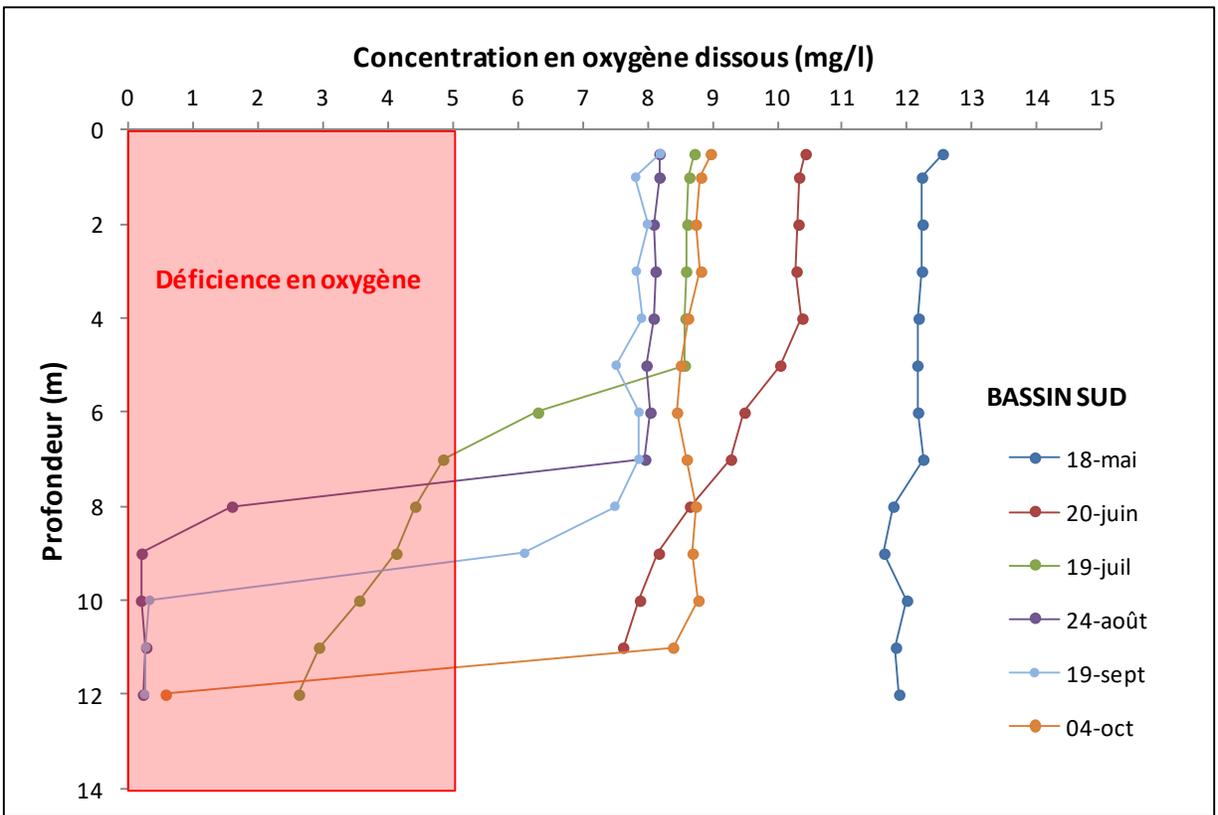


Figure 10 : Profils verticaux d'oxygène de la station 13-B (bassin sud) en 2016.

La présence de la stratification thermique à partir du mois de juin empêche les échanges chimiques et biologiques entre les masses d'eau. Ainsi, l'eau profonde de l'hypolimnion se retrouve isolée et il n'y a plus de renouvellement d'oxygène. De plus, l'oxygène est graduellement consommé par les organismes aquatiques et les bactéries qui décomposent la matière organique. Dès l'échantillonnage du 19 juillet, un déficit d'oxygène (concentration inférieure à 5 mg/L) est observé à 7 m de profondeur. Le 24 août, une anoxie (absence complète d'oxygène) est observée dans les 4 derniers mètres et dans les trois derniers mètres le 19 septembre.

Le déficit en oxygène observé près du fond dans le bassin sud est un phénomène naturel qui peut être relié, en partie, à la forme et à la profondeur du bassin (anoxie morphométrique). En effet, plusieurs études ont démontré que les lacs moins profonds et comportant un hypolimnion de faible volume sont plus sujets à présenter des déficits en oxygène (Nürnberg, 1996 ; Carignan *et coll.*, 2003 ; Wetzel, 2001). La quantité d'oxygène dissous qui y est emprisonnée est rapidement consommée lors de la décomposition de la matière organique. Une abondance excessive en éléments nutritifs, surtout en phosphore, des apports naturels importants en matières humiques en provenance du bassin versant et la réoxygénation printanière absente ou incomplète peuvent également causer une anoxie des eaux profondes (Carignan *et coll.*, 2003).

Les phénomènes de déficit en oxygène sont amplifiés dans les lacs où la production biologique est élevée principalement du fait de la décomposition de la matière organique par l'activité bactérienne (Wetzel, 2001). Rappelons que la forte production

biologique d'un lac est directement reliée aux quantités de nutriments disponibles. Par conséquent, plus les apports en nutriments seront importants, plus un lac sera productif et plus il sera sujet à un déficit important en oxygène. Ce phénomène, observé de manière récurrente depuis 2012, met en péril la pérennité des organismes aquatiques sensibles aux perturbations de leur habitat. Il est donc important de surveiller l'évolution pluriannuelle de ce phénomène afin de valider s'il ne prend pas de l'ampleur.

Dans le bassin nord, les profils d'oxygène dissous indiquent que les 19 premiers mètres de la colonne d'eau ne subissent pas de diminution marquée d'oxygène dissous avec la profondeur (figure 11). Ces profils sont de type « orthograde », c'est-à-dire que la concentration d'oxygène est principalement régulée par les paramètres physiques. Dans ce cas, la dissolution de l'oxygène augmente lorsque la température de l'eau diminue et donc, dans les couches plus profondes (Wetzel, 2001). Ceci est caractéristique des lacs oligotrophes (faibles apports de nutriments).

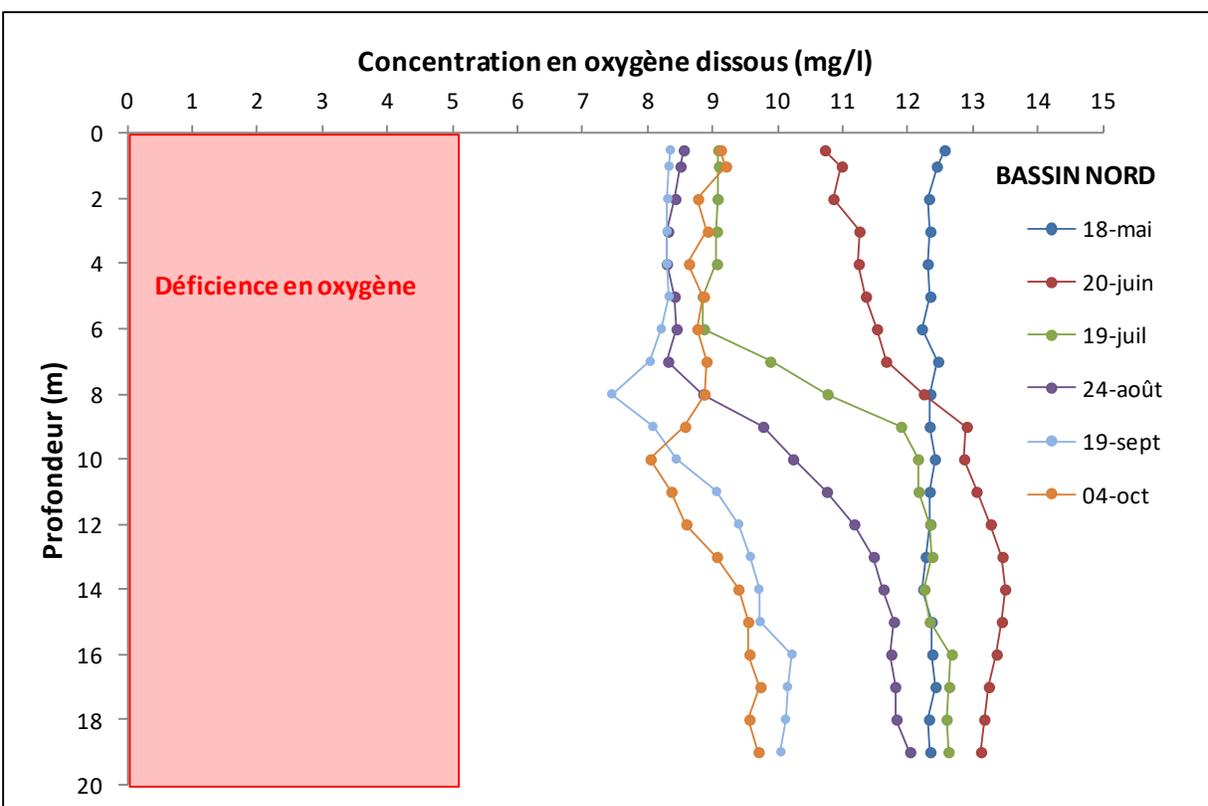


Figure 11 : Profils verticaux d'oxygène de la station 13-A (bassin Nord) en 2016.

Une diminution d'oxygène est observable entre 8 m et 10 m de profondeur en septembre et octobre (figure 11). Cette diminution se produit à la limite des couches de l'épilimnion et du métalimnion. Les eaux plus denses du métalimnion freinent la sédimentation des matières organiques en décomposition par des bactéries qui consomment de l'oxygène. Dans certains cas, la respiration d'organismes zooplanctoniques accumulés à l'interface épilimnion-métalimnion peut également provoquer une diminution des concentrations d'oxygène.

3.3. Analyses physicochimiques

Les données brutes des analyses physicochimiques sont présentées à l'annexe 4.

3.3.1. Phosphore Total-Trace

Les concentrations de phosphore total mesurées en surface dans le bassin sud ont varié entre 2,7 µg/L et 7,3 µg/L avec une moyenne estivale de 4,98 µg/L (tableau 4). Pour le bassin nord, les valeurs de phosphore ont varié entre 1,4 µg/L à 8,9 µg/L avec une moyenne estivale de 4,35 µg/L. Les moyennes estivales de concentration en phosphore sont similaires entre les bassins nord et sud, ce qui n'était pas le cas en 2015 (sud=5,9 µg/L et nord=3,3 µg/L). Le phosphore est naturellement présent dans les milieux aquatiques, mais en faible concentration. Les valeurs en phosphore des deux bassins sont toujours inférieures à 10 µg/L, soit la valeur du critère de la qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique établie par le MDDELCC (MDDELCC, 2016a). Ce critère vise à limiter l'eutrophisation et conséquemment, la prolifération des algues et plantes aquatiques.

Les valeurs de phosphore sont les plus élevées le 20 juin, et ce, dans les deux bassins. Ce résultat concorde avec les fortes valeurs de chlorophylle *a* à la même date (tableau 5). C'est donc dire que le phosphore est disponible en grande quantité grâce au brassage des eaux, ce qui favorise la croissance du phytoplancton en suspension dans l'eau. D'autre part, les valeurs de phosphore sont plus faibles dans le bassin nord, sauf pour le mois de juin. Cela est expliqué par le fait que le brassage printanier des eaux est encore présent dans le bassin nord, rendant le phosphore disponible. Alors que la stratification thermique est déjà en place dans le bassin sud.

Tableau 4. Concentrations de phosphore total trace (µg/L) mesurées durant la saison estivale 2016.

Date de prélèvement	Bassin sud	Bassin nord
18 mai	5,9	3,7
20 juin	7,3	8,9
19 juillet	4,2	-*
24 août	2,7	1,4
19 septembre	4,8	3,4
Moyenne estivale	4,98 (± 1,7)	4,35 (± 3,2)

*La concentration en phosphore de l'échantillonnage du bassin nord en juillet est manquante dû à un bris de l'équipement d'analyse au laboratoire.

3.3.2. Chlorophylle *a*

Les concentrations de chlorophylle *a* dans le bassin sud ont varié entre 2,41 µg/L et 6,52 µg/L avec une moyenne estivale de 3,61 µg/L (tableau 5). Dans le bassin nord, les valeurs de chlorophylle *a* varient entre 1,13 µg/L et 4,49 µg/L avec une moyenne de 2,67 µg/L. Il n'y a pas de critère de qualité de l'eau de surface établie par le MDDELCC pour ce paramètre.

Les valeurs de chlorophylle *a* sont les plus élevées le 20 juin, et ce, dans les deux bassins. Ce résultat concorde avec les fortes valeurs de phosphore à la même date (tableau 4). C'est donc dire que le phosphore est disponible en grande quantité grâce au brassage des eaux, ce qui favorise la croissance du phytoplancton en suspension dans l'eau.

Il faut toutefois demeurer prudent dans l'interprétation des résultats de chlorophylle *a*. La variabilité spatiale et temporelle de ce paramètre est en effet influencée par de nombreux facteurs et les concentrations mesurées peuvent varier de manière importante pendant la période estivale (Wetzel, 2001). La valeur de 31,2 µg/L mesurée le 20 juin dans le bassin nord est très élevée comparativement au bassin sud. Cet écart peut être expliqué par la forte présence d'algues et de particules en suspension à la surface de l'eau lors de l'échantillonnage, ce qui a pu influencer les résultats à la hausse. Puisque cette valeur est non-représentative de la concentration de chlorophylle *a* dans l'eau pour la saison 2016, elle n'a pas été prise en compte dans la moyenne estivale.

Tableau 5. Concentrations de chlorophylle *a* (µg/L) mesurées en surface durant la saison estivale 2016.

Date de prélèvement	Bassin sud	Bassin nord
18 mai	2,45	1,13
20 juin	6,52	31,20*
19 juillet	3,09	4,49
24 août	2,41	2,15
19 septembre	3,59	2,92
Moyenne estivale	3,61 (± 1,69)	2,67 (± 1,41)

*Donnée non incluse dans la moyenne

3.3.3. Carbone organique dissous (COD)

La plus grande partie du carbone organique dissous dans les cours d'eau est composée de substances humiques et de matériaux végétaux et animaux partiellement dégradés (MDDELCC, 2016b). Une forte concentration en carbone organique dissous peut réduire la transparence de l'eau en colorant celle-ci.

Au lac Saint-Joseph, les concentrations de COD sont généralement faibles et à l'intérieur de la plage de variation habituelle (2,3 mg/L à 11,2 mg/L) indiquée par le MDDELCC. Avec une moyenne de 3,12 mg/L, la coloration de l'eau dans le bassin nord est très semblable au bassin sud (3,02 mg/L) (tableau 6). Les valeurs de COD restent faibles et stables durant toute la saison d'échantillonnage.

Tableau 6. Concentrations de carbone organique dissous (mg/L) mesurées en surface durant la saison estivale 2016.

Date de prélèvement	Bassin Sud	Bassin Nord
18 mai	2,9	3,1
20 juin	3,3	3,5
19 juillet	3,1	3,1
24 août	2,9	2,9
19 septembre	2,9	3,0
Moyenne estivale	3,02 (\pm 0,18)	3,12 (\pm 0,23)

3.3.4. Transparence de l'eau

En 2016, la transparence de l'eau a été mesurée à la fois par une équipe de la CBJC (6 reprises) et par un riverain bénévole (7 reprises). Dans les deux cas, le protocole et le matériel utilisé étaient identiques. Les données ont ainsi pu être mises en commun. Dans le bassin nord, la transparence varie entre 1,8 m et 5,4 m de profondeur (figure 12). La transparence, dans le bassin sud, varie de 2,3 m à 4,6 m de profondeur. La valeur moyenne mesurée dans le bassin nord (4,3 m) est légèrement plus élevée que dans le bassin sud (3,8 m). Le disque de Secchi doit être visible à plus que 1,2 m de profondeur afin de respecter le critère de qualité de l'eau pour la protection des activités récréatives et de l'esthétique (MDDELCC, 2016a). Ce critère est respecté en tout temps au lac Saint-Joseph.

La différence de transparence entre les deux bassins s'explique par les concentrations plus importantes de chlorophylle *a* et de phosphore dans le bassin sud, diminuant ainsi la transparence de l'eau. Il est intéressant de noter que la transparence dans les deux bassins était à son plus faible le 20 juin. Cela coïncide avec les valeurs élevées de phosphore, de chlorophylle *a* (forte productivité de phytoplancton) et de COD.

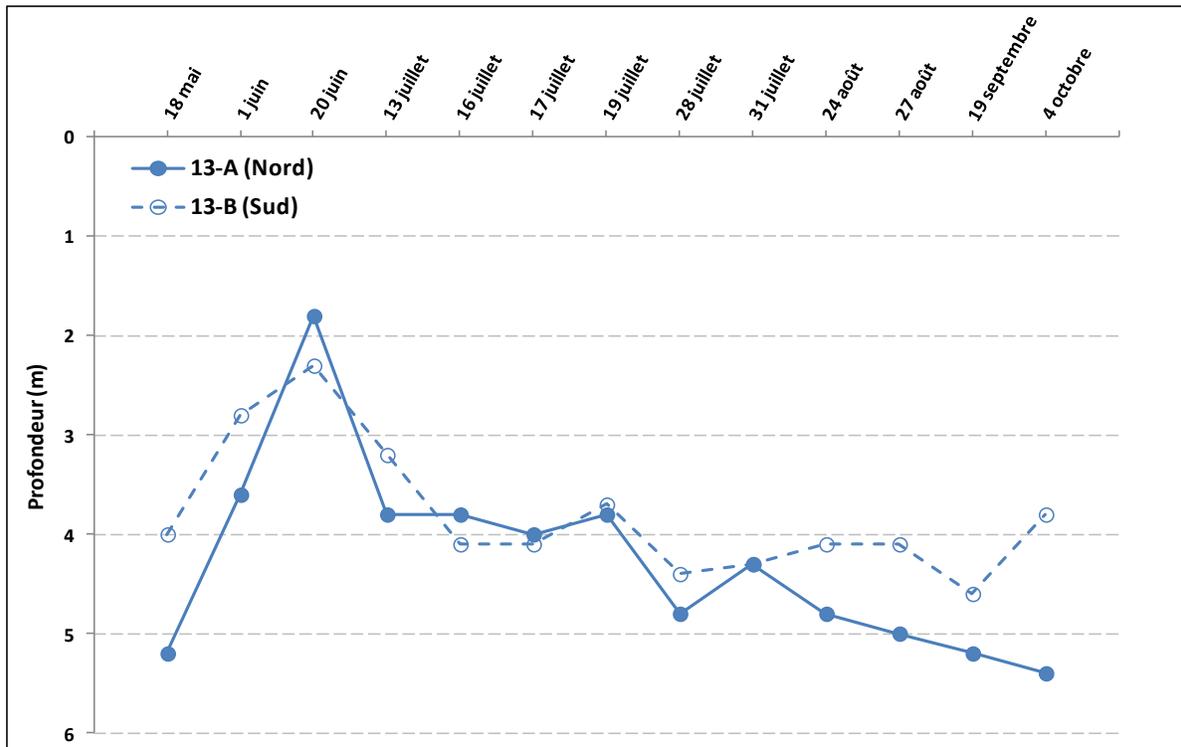


Figure 12 : Évolution saisonnière de la transparence de l'eau du lac Saint-Joseph mesurée en 2016

3.4. Cyanobactéries

Entre 2006 et 2015, la CBJC a été partie prenante de l'Opération bleu vert, financée par le MDDELCC. Ainsi, un réseau bien établi de surveillance volontaire des cyanobactéries par les riverains du lac Saint-Joseph permettait de répertorier et de réaliser un suivi des observations et des éclosions de fleur de cyanobactéries. Toutefois, suite à la coupure ministérielle, la CBJC n'a pas obtenu le financement pour réaliser ce projet en 2016. Ainsi, la gestion du réseau d'observation volontaire des cyanobactéries et le suivi sur le terrain n'ont pas été réalisés avec autant d'assiduité. Malgré cela, neuf signalements de cyanobactéries ont quand même été rapportés à la CBJC (figure 13) et certains ont été constatés par des membres de l'équipe lors des sorties d'échantillonnages.

Le phénomène est toujours d'actualité et l'apparition peut être soudaine. L'importance de la gestion d'un réseau d'observation volontaire est primordiale afin d'assurer un suivi de la présence et des éclosions de fleur de cyanobactéries sur le lac. Ce réseau permet d'agir rapidement auprès des différentes instances concernées (municipalités, ministères, etc.). Par exemple, si elles sont près de la prise d'eau potable de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier ou encore si elles nuisent à certaines activités nautiques.



Jacques Anger, 1^{er} juillet 2016



David Gameau, 13 juillet 2016

Figure 13 : Photographies de deux épisodes de fleurs d'eau au lac Saint-Joseph à l'été 2016.

3.5. Niveau trophique

Les dosages de phosphore total réalisés en 2016 avec des valeurs moyennes inférieures à 7 µg/L situent les deux bassins du lac Saint-Joseph à un stade oligotrophe (figure 14). Ces faibles valeurs estivales s'expliquent par le fait qu'une partie du phosphore est assimilé par les plantes aquatiques durant la saison estivale, alors que le reste se fixe dans les sédiments.

Les valeurs de chlorophylle *a* indiquent la croissance du phytoplancton en suspension dans l'eau. Avec des valeurs moyennes respectives de 3,61 µg/L et 2,67 µg/L dans les bassins sud et nord, ces données indiquent que le lac Saint-Joseph tend vers le stade mésotrophe (figure 14).

Les valeurs moyennes de transparence allant de 3,8 mètres dans le bassin sud à 4,3 mètres dans le bassin nord donnent une indication supplémentaire concernant l'état trophique du lac Saint-Joseph qui, selon ce paramètre, tend vers le stade mésotrophe (figure 14).

Par conséquent, en se basant sur les résultats 2016 de ces trois paramètres, on peut conclure que le lac Saint-Joseph se situe dans la zone de transition oligo-mésotrophe. Il présente donc certains signes de vieillissement.

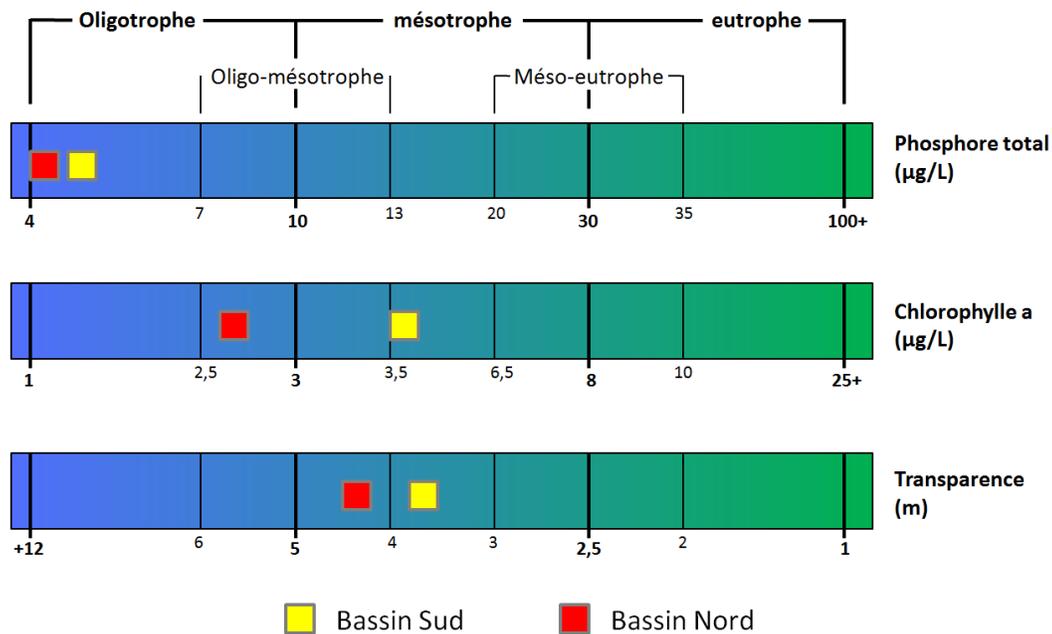


Figure 14: Niveaux trophiques du lac Saint-Joseph en 2016 évalués pour les deux bassins.

3.6. Évolution inter annuelle des paramètres physico-chimiques

Sur la base des concentrations moyennes calculées annuellement, il est possible de discerner plusieurs tendances concernant l'évolution interannuelle des paramètres physico-chimiques dans le lac Saint-Joseph.

Que ce soit dans le bassin nord ou dans le bassin sud, la tendance générale pour les concentrations de phosphore total est à la baisse entre 2006 et 2016 (figure 15). Dans le bassin sud en 2016, on observe une diminution de phosphore en comparaison avec les deux dernières années. Dans le bassin nord, il y a une augmentation de la concentration en phosphore par rapport aux quatre dernières années. Il est important de souligner que les conditions climatiques peuvent grandement influencer les concentrations en éléments minéraux. En effet, l'augmentation du ruissellement est une source importante de phosphore.

Les valeurs de chlorophylle *a* dans le bassin sud sont assez stables depuis 2007, mais connaissent une hausse plus marquée depuis 2014 (figure 15). La concentration de chlorophylle *a* dans le bassin nord est revenu à des valeurs similaires à 2013 et 2014 suite à une augmentation de la concentration en 2015.

En 2016, les concentrations de carbone organique dissous (COD) sont revenues à des valeurs moyennes comparativement à l'année 2015 où les valeurs mesurées avaient été les plus élevées depuis 2006 (figure 15).

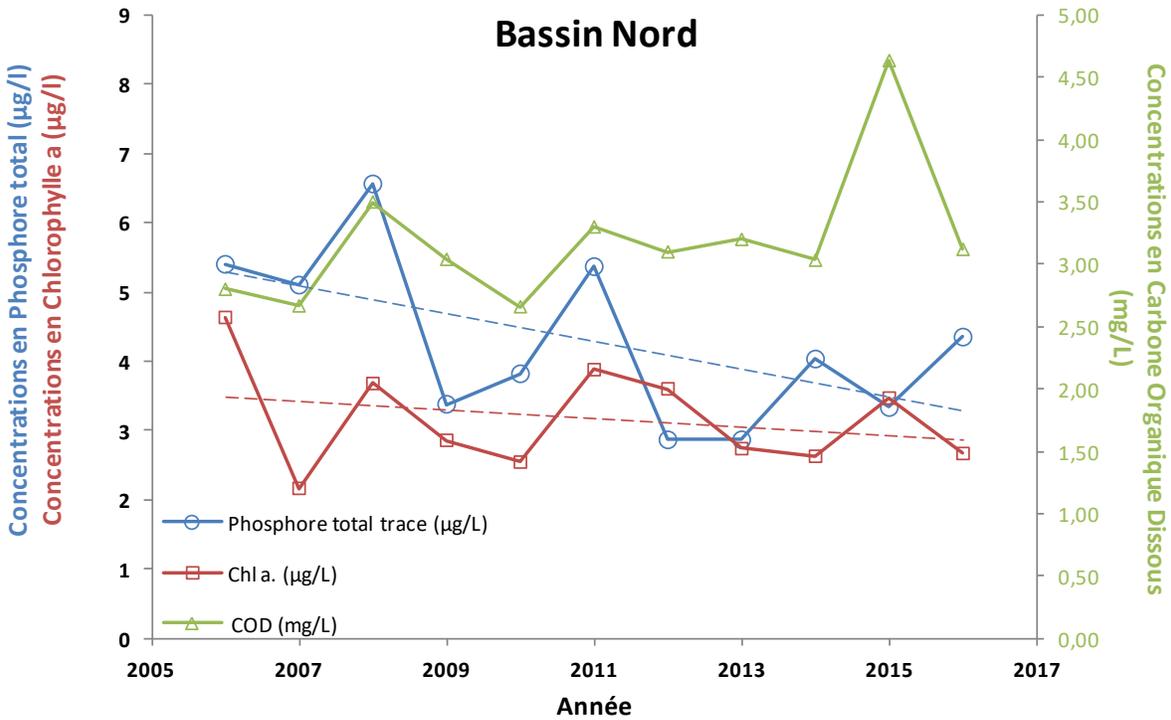
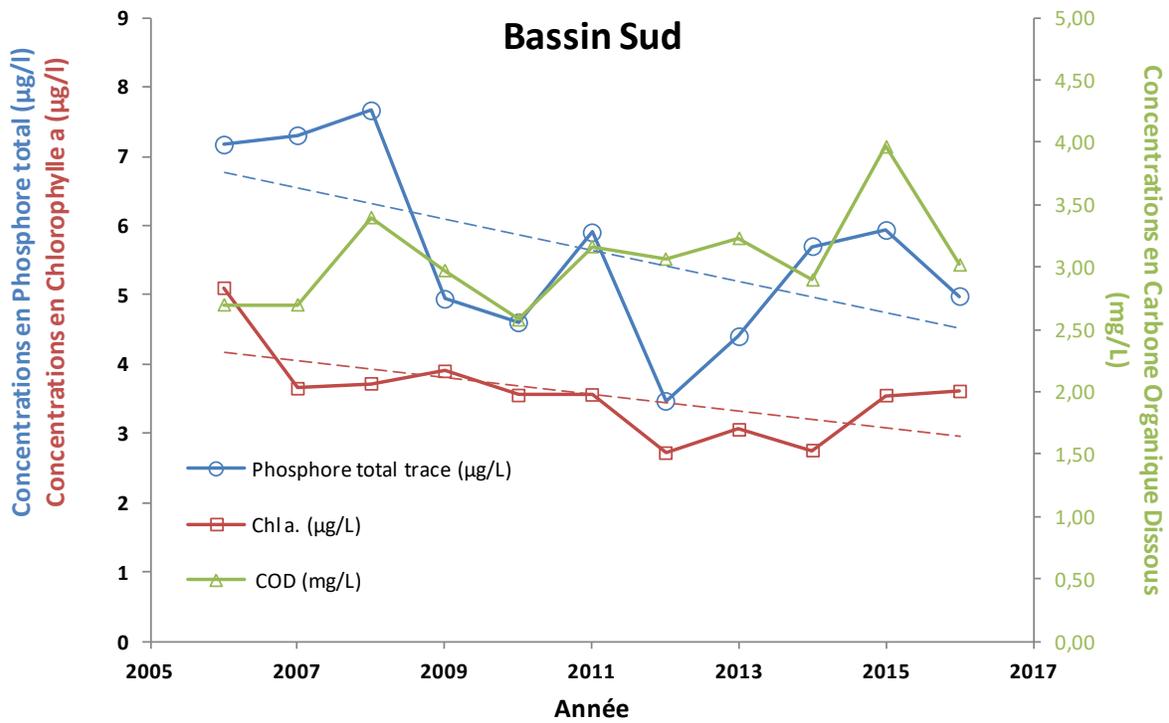


Figure 15. Évolution interannuelle des paramètres physico-chimiques mesurés au lac Saint-Joseph entre 2006 et 2016.

En 2016, les valeurs de transparence sont restées relativement stables par rapport aux autres années (figure 16). Depuis 2012, les valeurs de transparence dans le bassin nord sont stables à environ 4 mètres. Les valeurs de transparence dans le bassin sud ont tendance à augmenter depuis 2013. Les deux bassins présentent des valeurs de transparence assez similaires en 2015 et 2016. Précisons que la transparence de l'eau dépend beaucoup de la quantité de matière en suspension dans l'eau (sous forme de particule ou dissoute). Ces matières peuvent être d'origine minérale (limon, argile) ou organique (débris végétaux et animaux, microorganismes, algues, composés chimiques).

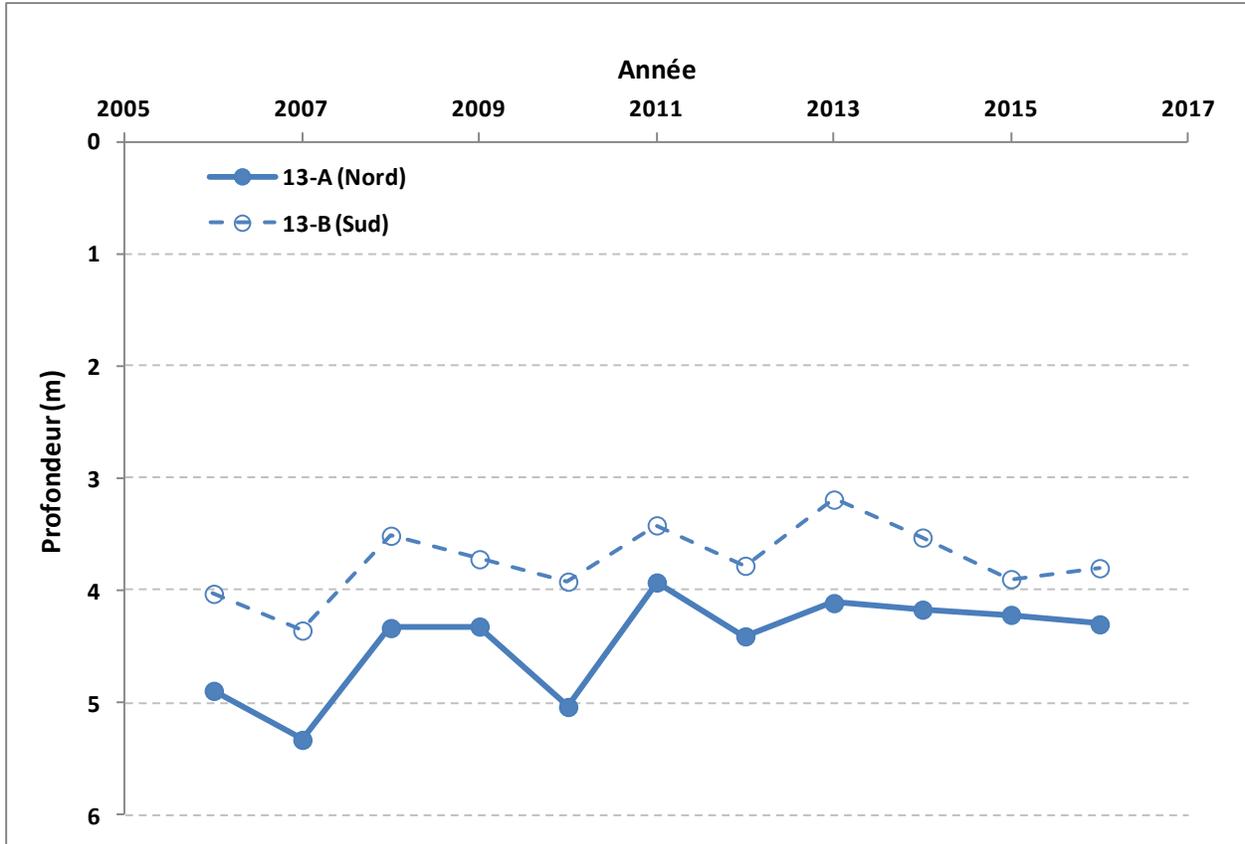


Figure 16. Évolution interannuelle de la transparence de l'eau du lac Saint-Joseph entre 2006 et 2016.

4. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

En 2016, six sorties sur le lac ont été effectuées par l'équipe de la CBJC afin de réaliser des profils verticaux. Cinq de ces sorties ont permis de prélever des échantillons d'eau aux deux stations d'échantillonnage qui sont suivies depuis maintenant 11 ans. Les milieux lacustres sont des écosystèmes très complexes et grandement influencés par les conditions météorologiques (ensoleillement, vent, pluie). De plus, leur dynamique génère une variabilité spatiale et temporelle importante des paramètres physico-chimiques mesurés. Par conséquent, le faible nombre d'échantillons permet uniquement d'obtenir un aperçu de l'état de santé du lac et de nombreuses précautions doivent être prises dans l'interprétation des données présentées dans ce rapport.

L'été 2016 représente une année typique en termes de température et de précipitations. Le suivi des paramètres physico-chimique au lac Saint-Joseph indique que les deux bassins présentent un stade de vieillissement oligo-mésotrophe. Les concentrations de phosphore et de chlorophylle *a* sont encore faibles et la transparence respecte le critère de qualité fixé par le MDDELCC. Le suivi des profils verticaux au cours de la saison a permis de mieux comprendre l'évolution de la stratification thermique et le brassage des eaux du printemps (mai) et de l'automne (octobre).

Néanmoins, plusieurs signes de vieillissement sont observés et nécessitent un suivi rigoureux. Par exemple :

- Des valeurs de chlorophylle *a* en hausse depuis 2014 dans le bassin sud;
- Des valeurs de phosphore plus élevées en 2016 depuis les quatre dernières années dans le bassin nord;
- La présence de cyanobactéries qui a été signalée à neuf reprises entre le 1er juillet et le 18 novembre 2016, et ce, malgré le fait qu'il n'y ait pas eu de gestion assidue du réseau d'observation volontaire des cyanobactéries. La remise en place du Réseau de surveillance volontaire des cyanobactéries au lac Saint-Joseph est primordiale afin de répertorier leur apparition et d'agir plus rapidement pour protéger la prise d'eau potable et les activités nautiques qui pourraient être affectées;
- La couche d'eau profonde du bassin sud qui a montré un déficit d'oxygène important avec une absence complète d'oxygène (anoxie) en août et septembre. Considérant la faible profondeur du bassin sud, il est donc plus à risque de montrer des signes d'eutrophisation que le bassin nord.

Compte tenu des nombreux biens et services écologiques que le lac Saint-Joseph fournit aux municipalités riveraines et à ses visiteurs, il constitue une richesse collective qu'il est primordial de conserver. Pour cela, la surveillance continue et rigoureuse de l'état de santé du lac est de mise afin de pouvoir détecter rapidement tous signes de dégradation éventuels.

Sur la base de ces observations, la CBJC recommande d'effectuer les actions suivantes :

- Maintenir la surveillance estivale de la qualité de l'eau du lac Saint-Joseph. Cette action est minimale afin d'assurer un suivi adéquat dans le temps.
- Remettre en place le suivi par la CBJC du Réseau de surveillance volontaire des cyanobactéries au lac Saint-Joseph afin de réaliser un suivi des apparitions permettant d'agir plus rapidement pour protéger la prise d'eau potable et les activités nautiques qui pourraient être affectées.
- Maintenir les sorties des mois de mai et d'octobre au lac Saint-Joseph afin de réaliser un suivi des brassages des eaux au printemps et à l'automne.
- Maintenir le nombre d'échantillonnages d'eau à 5 afin de pouvoir calculer des valeurs moyennes plus représentatives et évaluer plus précisément l'état trophique du lac.
- Prélever un échantillon d'eau supplémentaire en profondeur dans le bassin sud afin de mesurer l'impact de l'hypoxie sur les concentrations en phosphore.
- Réaliser au moins une fois par an un profil de température et d'oxygène sur la totalité de la colonne d'eau dans le bassin nord lors de la stratification complète, afin d'obtenir des données de la couche profonde.

RÉFÉRENCES

APEL. 2014. *Diagnose du lac Saint-Charles, rapport final*. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, 519 pages.

CARIGNAN, R., H. VAN LEEUWEN et C. CRAGO, 2003. *État des lacs de la municipalité de Saint-Hippolyte et de deux lacs de la municipalité de Prévost en 2001 et 2002*. Université de Montréal, Montréal.

Environnement Canada, 2017. Conditions météorologiques et climatiques passées. <http://climat.meteo.gc.ca> (page consultée le 1 février 2017)

LAROUSSE, 2015. *Lac et Limnologie*. La grande encyclopédie Éd. 1971-1976. <http://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/7747> (page consultée le 31 mars 2015)

MDDEP, 2006. *Le Réseau de surveillance volontaire des lacs de villégiature*. www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsv-lacs/methodes.htm (page consultée en octobre 2010).

MDDELCC, 2016a. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.asp (page consultée en janvier 2016).

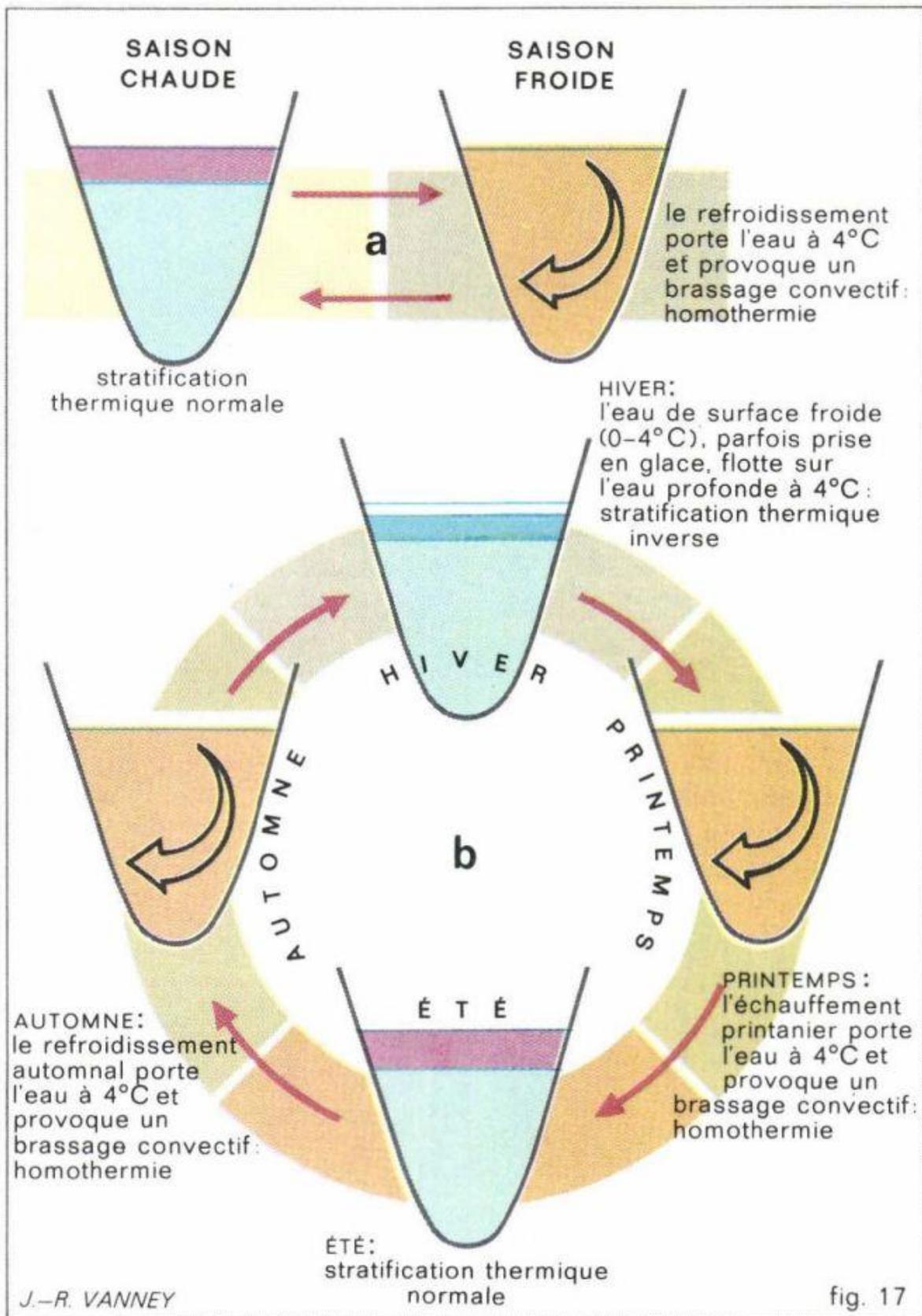
MDDELCC, 2016b. *Qu'est-ce que l'eutrophisation?* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm> (page consultée en janvier 2016).

NÜRNBERG, G.K., 1996. *Trophic state of clear and colored, soft- and hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish*. *Journal of Lake and Reservoir Management* 12: 432-447p.

WETZEL, R.G., 2001. *Limnology: lake and river ecosystems*. 3^e édition. Academic Press, Californie. 1006 pages.

Annexe 1

Brassage automnal et printanier



(Source : LAROUSSE, 2015)

Annexe 2

Feuille de données
des profils verticaux

Lac Saint Joseph

Bassin : _____ **Prélevé par :** _____

Date : _____

Météo :	T°C :	Vents :	Précipitation :	Nuage:
Profondeur (m)	T°C	Conductivité	DO %	DO mg/L
0,5				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Remarques :

Transparence = _____

Annexe 3

Feuille de données de la
transparence de l'eau

Annexe 4

Données brutes
du laboratoire
