

**Situation de la
communauté ichthyologique
du lac Saint-Joseph
et son habitat**

DIRECTION RÉGIONALE DE L'AMÉNAGEMENT DE LA FAUNE

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE
Direction générale de la Capitale-Nationale
et de la Chaudière-Appalaches

**SITUATION DE LA COMMUNAUTÉ ICHTYOLOGIQUE DU LAC
SAINT-JOSEPH ET DE SON HABITAT**

Par
Martin Arvisais

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et
de la Chaudière-Appalaches
Québec, octobre 2007

Référence à citer :

Arvisais, M. 2007. Situation de la communauté ichtyologique du lac Saint-Joseph et de son habitat. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches. Québec. 69 p. + annexe.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2008

ISBN : 978-2-550-52147-1 (version imprimée)

ISBN : 978-2-550-52148-8 (PDF)

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Pages</i>
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES.....	vii
ÉQUIPE DE RÉALISATION	ix
INTRODUCTION.....	1
DESCRIPTION DU MILIEU.....	2
LOCALISATION DU LAC SAINT-JOSEPH	2
CARACTÉRISTIQUES DU LAC ET DE SON BASSIN	2
<i>Bassin versant du lac Saint-Joseph.....</i>	<i>2</i>
<i>Lac Saint-Joseph.....</i>	<i>2</i>
<i>Villégiature</i>	<i>7</i>
<i>Faune ichthyenne présente</i>	<i>7</i>
MÉTHODOLOGIE.....	9
CARACTÉRISATION DE L'HABITAT	9
<i>Physico-chimie.....</i>	<i>9</i>
<i>Régime thermique de la rivière aux Pins.....</i>	<i>11</i>
<i>Évolution de la bathymétrie.....</i>	<i>11</i>
<i>État des sites de reproduction du touladi.....</i>	<i>11</i>
<i>Gestion du niveau d'eau du lac Saint-Joseph.....</i>	<i>12</i>
PÊCHE EXPÉRIMENTALE	12
<i>Touladi, grand corégone et cisco de lac.....</i>	<i>12</i>
<i>Autres espèces.....</i>	<i>12</i>
ANALYSE DES DONNÉES	13
RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	15
CARACTÉRISATION DE L'HABITAT	15
PHYSICO-CHIMIE	15
<i>Transparence</i>	<i>15</i>
<i>Conductivité et solides totaux dissous (STD).....</i>	<i>17</i>
<i>Le pH</i>	<i>17</i>
<i>Profil d'oxygène dissous et de température.....</i>	<i>17</i>
Bassin sud	17
Bassin nord.....	20
<i>Évolution du profil de température et d'oxygène dissous du lac Saint-Joseph.....</i>	<i>23</i>
<i>Concentration en phosphore total (µg/l)</i>	<i>23</i>
<i>Concentration en chlorophylle a (mg/m³).....</i>	<i>23</i>
<i>Indice d'état trophique (IET).....</i>	<i>24</i>
<i>Régime thermique de la rivière aux Pins.....</i>	<i>27</i>
<i>Évolution de la bathymétrie.....</i>	<i>29</i>
<i>État des sites de reproduction du touladi.....</i>	<i>31</i>

<i>Gestion du niveau d'eau du lac Saint-Joseph</i>	32
<i>État de l'habitat du lac Saint-Joseph</i>	36
INVENTAIRE ICHTYOLOGIQUE	38
SOMMAIRE DE LA PÊCHE EXPÉRIMENTALE.....	38
<i>Capture par unité d'effort (CPUE) et biomasse par unité d'effort (BPUE)</i>	38
DONNÉES BIOLOGIQUES.....	43
TOULADI	43
Longueur, masse et coefficient de conditions	43
Distribution des tailles et RSD	46
Âge.....	48
Croissance.....	48
Rapport des sexes et maturité sexuelle.....	50
Mortalité.....	50
État de la population	52
GRAND CORÉGONE	52
Longueur, masse et coefficient de conditions	52
Distribution des tailles et RSD	53
Âge.....	56
Croissance.....	57
Rapport des sexes et maturité sexuelle.....	57
Mortalité.....	58
État de la population	58
CISCO DE LAC	59
Longueur, masse et coefficient de conditions	59
Distribution des tailles et RSD	59
Rapport des sexes et maturité sexuelle.....	60
État de la population	60
<i>Rendement théorique</i>	61
<i>Contamination de la chair des poissons</i>	62
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	65
LISTE DES RÉFÉRENCES	67
ANNEXE 1	71

LISTE DES TABLEAUX

	<i>Pages</i>
TABLEAU 1. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES MORPHOMÉTRIQUES DES DEUX BASSINS DU LAC SAINT-JOSEPH	7
TABLEAU 2. LISTE DES ESPÈCES HISTORIQUEMENT PRÉSENTES AU LAC SAINT-JOSEPH ET RÈGLEMENT DE PÊCHE	9
TABLEAU 3. CLASSE DE RSD SELON L'INTERVALLE DE TAILLE POUR LE TOULADI ET LE GRAND CORÉGONE	14
TABLEAU 4. ÉVOLUTION TEMPORELLE DE LA TRANSPARENCE POUR LES DEUX BASSINS DU LAC SAINT-JOSEPH	17
TABLEAU 5. ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE A POUR LES DEUX BASSINS DU LAC SAINT-JOSEPH	24
TABLEAU 6. INDICES D'ÉTAT TROPHIQUE DES DEUX BASSINS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	24
TABLEAU 7. ÉVOLUTION DES VOLUMES D'EAU DES DEUX BASSINS DU LAC SAINT-JOSEPH ENTRE 1973 ET 2006	29
TABLEAU 9. RÉSULTATS SOMMAIRES DES CAPTURES EFFECTUÉES AU LAC SAINT-JOSEPH ENTRE LE 28 ET LE 31 AOÛT 2006.	40
TABLEAU 10. COMPARAISON DES RÉSULTATS DE PÊCHES EXPÉRIMENTALES DE LACS À TOULADI RÉALISÉES AU QUÉBEC ENTRE 2000 ET 2006	41
TABLEAU 11. RÉSULTATS SOMMAIRES DES PARAMÈTRES MORPHOMÉTRIQUES DES SALMONIDÉS CAPTURÉS AU LAC SAINT-JOSEPH ENTRE LE 28 ET LE 31 AOÛT 2006.	45
TABLEAU 13. RENDEMENT THÉORIQUE DU LAC SAINT-JOSEPH	62
TABLEAU 14. GUIDE DE CONSOMMATION DES POISSONS DU LAC SAINT-JOSEPH EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE MERCURE	64

LISTE DES FIGURES

	<i>Pages</i>
FIGURE 1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU LAC SAINT-JOSEPH	
FIGURE 2. SITUATION DU BASSIN DE LA RIVIÈRE ONTARIZI.....	4
FIGURE 2. SITUATION DU BASSIN DE LA RIVIÈRE ONTARIZI.....	5
FIGURE 3. PORTRAIT DU LAC SAINT-JOSEPH	6
FIGURE 4. LIMITE DE LA MER DE CHAMPLAIN DANS LE SECTEUR DU LAC SAINT-JOSEPH	8
FIGURE 5. LOCALISATION DES STATIONS DE PÊCHE, DE PHYSICO-CHIMIE, DES THERMOGRAPHES ET DES LIGNES DE BATHYMÉTRIE	10
FIGURE 6. RÉSULTATS DES MESURES DE TRANSPARENCE EFFECTUÉES SUR LE LAC SAINT-JOSEPH EN 2006..	16
FIGURE 7. STRATIFICATION THERMIQUE DU BASSIN SUD DU LAC SAINT-JOSEPH À DIFFÉRENTES PÉRIODES DE L'ÉTÉ 2006	18
FIGURE 8. PROFIL D'OXYGÈNE DISSOUS DU BASSIN SUD DU LAC SAINT-JOSEPH À DIFFÉRENTES PÉRIODES DE L'ÉTÉ 2006	19
FIGURE 9. STRATIFICATION THERMIQUE DU BASSIN NORD DU LAC SAINT-JOSEPH À DIFFÉRENTES PÉRIODES DE L'ÉTÉ 2006	21
FIGURE 10. PROFIL D'OXYGÈNE DISSOUS DU BASSIN NORD DU LAC SAINT-JOSEPH À DIFFÉRENTES PÉRIODES DE L'ÉTÉ 2006	22
FIGURE 11. ÉVOLUTION DU PROFIL DE TEMPÉRATURE DU BASSIN SUD DU LAC SAINT-JOSEPH.....	25
FIGURE 12. ÉVOLUTION DU PROFIL DE TEMPÉRATURE DU BASSIN NORD DU LAC SAINT-JOSEPH	25
FIGURE 13. ÉVOLUTION DU PROFIL D'OXYGÈNE DISSOUS DU BASSIN SUD DU LAC SAINT-JOSEPH	26
FIGURE 14. ÉVOLUTION DU PROFIL D'OXYGÈNE DISSOUS DU BASSIN NORD DU LAC SAINT-JOSEPH	26
FIGURE 15. ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE LA RIVIÈRE AUX PINS DANS SA PORTION AVAL AU COURS DE LA SAISON 2006.....	28
FIGURE 16. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES ZONES DE SÉDIMENTATION DU LAC SAINT-JOSEPH	30
FIGURE 17. PROPORTION DE LA COMPOSANTE GRANULOMÉTRIQUE GROSSIÈRE DES BERGES DU LAC SAINT-JOSEPH.....	34
FIGURE 18. ÉVOLUTION ANNUELLE DU NIVEAU D'EAU DU LAC SAINT-JOSEPH DE 1997 À 2005.....	37
FIGURE 19. CLASSEMENT DU NIVEAU TROPHIQUE DES DEUX BASSINS DU LAC SAINT-JOSEPH.....	37
FIGURE 20. RELATION ENTRE LA MASSE ET LA LONGUEUR TOTALE DES TOULADIS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	43
FIGURE 21. DISTRIBUTION DE TAILLE (MM) DU TOULADI DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	46
FIGURE 22. COMPARAISON DE LA STRUCTURE DE TAILLES (RSD) DES TOULADIS DU LAC SAINT-JOSEPH À CELLE DES LACS À TOULADIS DE LA PROVINCE INVENTORIÉS DEPUIS 2000.....	47
FIGURE 23. DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES D'ÂGE DES TOULADIS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	48
FIGURE 24. COURBE DE CROISSANCE DE VON BERTALANFFY DES TOULADIS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	49
FIGURE 25. COURBE DES CAPTURES DE TOULADIS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006.....	51
FIGURE 26 : ÉTAT DE LA POPULATION DE TOULADIS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	52
FIGURE 27. RELATION MASSE-LONGUEUR DES GRANDS CORÉGONES DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006.....	53
FIGURE 28. DISTRIBUTION DE TAILLE (MM) DES GRANDS CORÉGONES DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	54
FIGURE 29. DISTRIBUTION DES FRÉQUENCES D'ÂGE DES GRANDS CORÉGONES DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	56
FIGURE 30. COURBE DE CROISSANCE DE VON BERTALANFFY DES GRANDS CORÉGONES DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	57
FIGURE 31. COURBE DES CAPTURES DES GRANDS CORÉGONES DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	58
FIGURE 32. RELATION MASSE-LONGUEUR DES CISCOS DE LAC DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	59
FIGURE 33. DISTRIBUTION DE TAILLE (MM) DES CISCOS DE LAC DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006	60
FIGURE 34. CONCENTRATION DE MERCURE RETROUVÉ DANS LA CHAIR DE DIFFÉRENTES ESPÈCES DE POISSONS DU LAC SAINT-JOSEPH EN 2006.	64

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Auteur	Martin Arvisais
Révision des textes	Henri Fournier Michel Legault Daniel Nadeau
Cartographie	Martin Arvisais
Traitement et l'analyse des données	Martin Arvisais
Campagne de terrain	Martin Arvisais Jean-Guy Frenette Alain Vallières
Traitement de laboratoire	M.-H. Ouellet D'Amour Caroline Anderson Cécile Auclair Jean-Guy Frenette Alain Vallières
Lecture d'âge	Cécile Auclair René Perreault Patrice Perreault
Révision linguistique et mise en forme	Isabelle Garneau Linda Croteau
Montage du document	Julie Andrews

INTRODUCTION

Le lac Saint-Joseph est l'un des plans d'eau les plus importants de la région de la Capitale-Nationale tant en ce qui a trait à sa surface qu'à son importance écologique. En effet, ce lac est l'un des 38 lacs de la région possédant une population de touladi (*Salvelinus namaycush*) et l'un des seuls lacs à abriter une population de grands corégonés (*Coregonus clupeaformis*) et de ciscos de lac (*Coregonus artedii*), trois espèces sensibles aux modifications des conditions de leur habitat (eutrophisation). Ce lac, situé à proximité de la ville de Québec, est une source d'approvisionnement majeure en eau potable pour une municipalité et un centre important en ce qui a trait à la villégiature.

Ce plan d'eau a longtemps été considéré comme étant un lac typiquement oligotrophe présentant un habitat exceptionnel pour le touladi. Cependant, aujourd'hui, il subit de considérables pressions écologiques en raison de l'imposant développement de ses rives et de son bassin versant de sorte que des signes avant-coureurs de vieillissement prématuré du lac ont attiré l'attention de la Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) en 2004. En effet, les résultats de l'info-lacs de l'année 2003 du ministère de l'Environnement classaient les deux bassins du lac Saint-Joseph dans la catégorie des lacs oligo-mésotrophes.

En réponse à ces constats, la Direction de l'aménagement de la faune a procédé en 2006 à l'inventaire ichtyologique du lac Saint-Joseph.

Les objectifs de l'étude étaient :

- déterminer la composition et l'état des populations de poissons;
- évaluer la qualité de l'habitat du poisson;
- caractériser l'évolution temporelle de la qualité de l'habitat du poisson.

Entre-temps, une mortalité massive de ciscos de lac est survenue dans le bassin sud du lac Saint-Joseph les 5 et 6 août 2006. La température de l'eau trop chaude dans les six premiers mètres (24°C) combinée à l'anoxie de l'hypolimnion ont été identifiées comme étant les causes de la mortalité de milliers de ciscos. L'anoxie de l'hypolimnion est une conséquence directe de l'eutrophisation du plan d'eau.

Ce rapport présente les résultats et les conclusions découlant de l'inventaire des populations de poissons et de leur habitat ayant été effectué par la Direction de l'aménagement de la faune de la Capitale-Nationale entre le 28 août et le 31 septembre 2006.

DESCRIPTION DU MILIEU

Localisation du lac Saint-Joseph

Situé dans la région de la Capitale-Nationale à environ 40 km de Québec, dans la municipalité régionale de comté (MRC) La Jacques-Cartier, les eaux du lac Saint-Joseph (46°54' 36,0'' N et 71°38' 24,0'' O) baignent dans les municipalités de Lac Saint-Joseph, Fossambault-sur-le-Lac et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Ce lac se trouve dans la zone de chasse et de pêche 27 et dans la zone piscicole 15.

Le lac Saint-Joseph est bordé en grande partie par la forêt d'enseignement de Duchesnay qui est sous la gestion de la Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ) alors que le reste du pourtour est constitué de terres privées (figure 1).

Caractéristiques du lac et de son bassin

Bassin versant du lac Saint-Joseph

Le lac Saint-Joseph fait partie du bassin de la rivière Jacques-Cartier qui draine quelque 2 515 km² de territoire et du sous-bassin versant de la rivière Ontarizi qui fait 228 km² (Figure 2). Il est situé dans la province naturelle des Laurentides méridionales dans l'étage bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune. Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 1 305 mm alors que la température moyenne est de 3,3°C. Le bassin de la rivière Ontarizi est constitué à 77,1 % de forêts dont 39,5 % de forêts feuillues, 30,8 % de forêts mélangées et seulement 7,3 % de forêts résineuses (Figure 2). Le reste du bassin (23,1 %) est constitué principalement d'eau (7,8 %), de milieux urbains et de milieux humides.

Lac Saint-Joseph

D'une superficie de 1 130 ha, le lac Saint-Joseph est le deuxième plus grand plan d'eau de la région de la Capitale-Nationale, le plus grand étant le lac Jacques-Cartier avec 1 234 ha. Il est alimenté par sept tributaires permanents et six cours d'eau intermittents. Les tributaires principaux sont la rivière aux Pins située dans la portion centrale du lac et le ruisseau Maher situé à l'extrémité nord (figure 3). Le niveau d'eau du lac Saint-Joseph est maintenu artificiellement par un barrage se trouvant à la décharge du lac, sur la rivière Ontarizi. Le barrage actuel, qui a une retenue de 3,1 m, appartient au Gouvernement du Québec et il est sous la responsabilité du Centre d'expertise hydrique du Québec. Il a été construit en 1975. Cependant, un barrage était présent à cet endroit dès 1907 pour faciliter le flottage du bois. Malgré la reconstruction du barrage en 1934, cette activité a cessé en 1938.

Le lac Saint-Joseph est composé de deux bassins soit le bassin nord et le bassin sud. Ces deux bassins présentent des caractéristiques morphométriques fort différentes, de sorte qu'on peut pratiquement considérer que ces deux bassins constituent, au niveau écologique, deux lacs différents. Les caractéristiques de ces deux bassins sont présentées

au tableau 1. On constate que le bassin sud a une surface deux fois plus petite que le bassin nord, mais un volume 7,5 fois plus petit en raison de sa faible profondeur moyenne. La portion médiane du lac, séparant les deux bassins, est peu profonde et elle s'est considérablement ensablée au cours des dernières décennies.

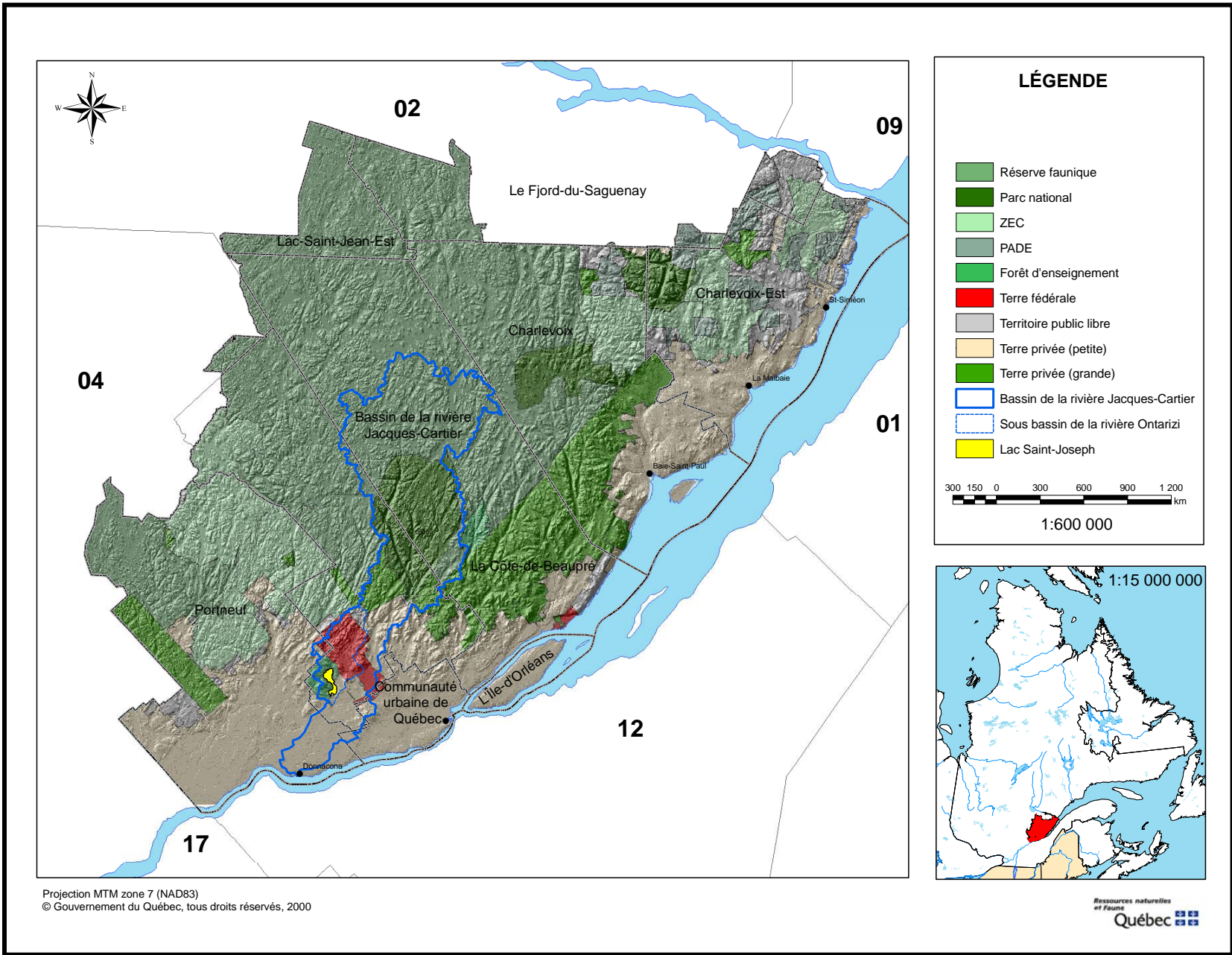
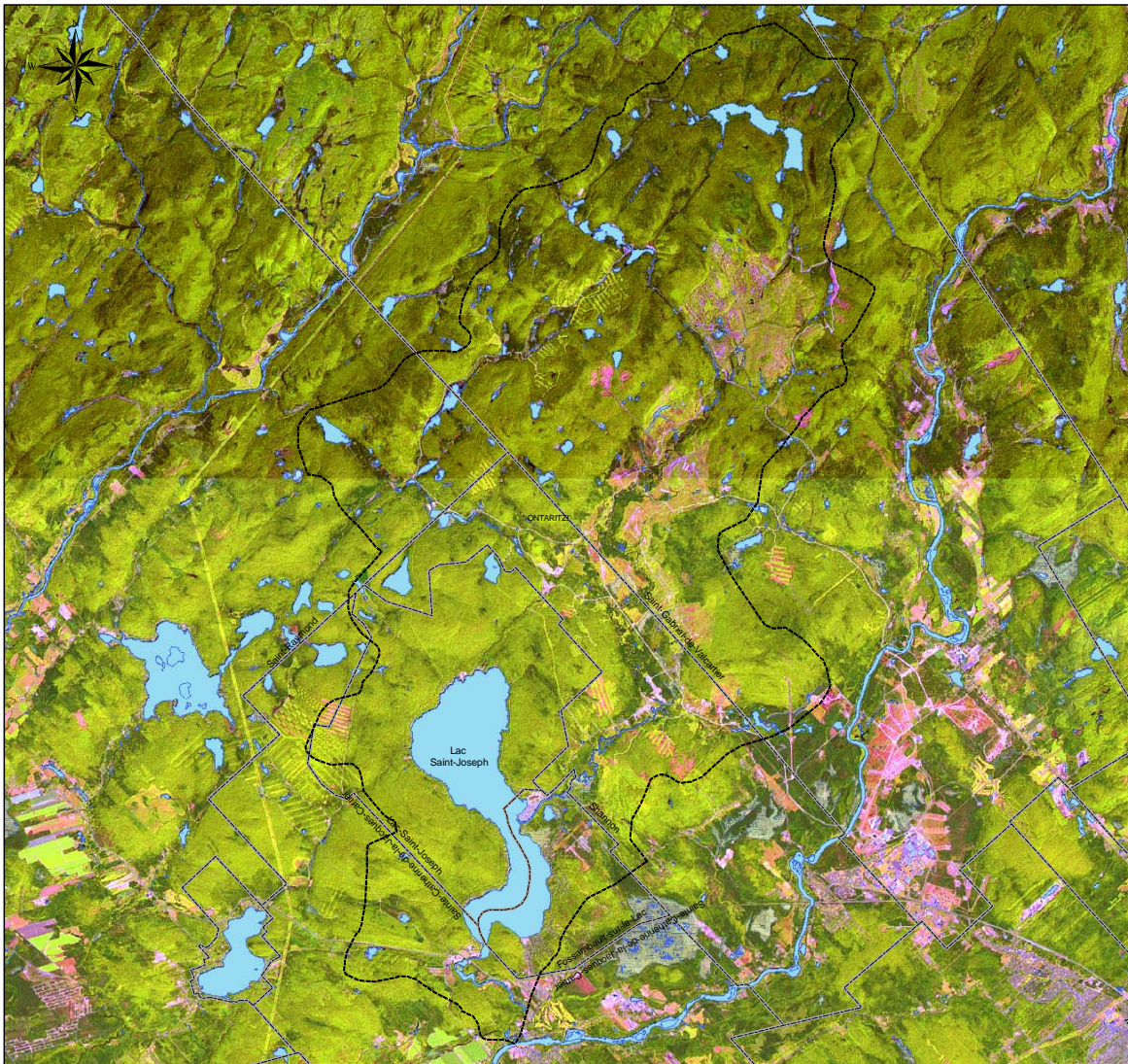




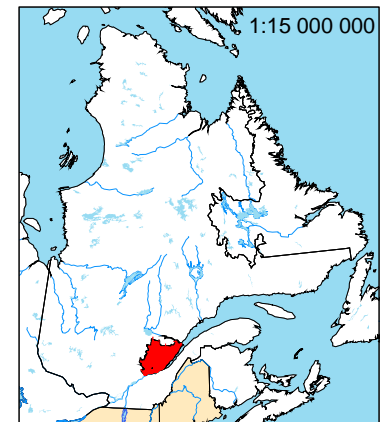
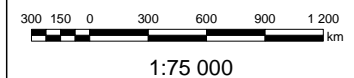
Figure 1. Situation géographique du lac Saint-Joseph



Projection MTM zone 7 (NAD83)
 © Gouvernement du Québec, tous droits réservés, 2000

LÉGENDE

-  Sous bassin de la rivière Ontarizi
-  Limite des municipalités



Ressources naturelles
 et Forêts
Québec

Figure 2. Situation du bassin de la rivière Ontarizi

Tableau 1. Principales caractéristiques morphométriques des deux bassins du lac Saint-Joseph

Paramètre	Lac Saint-Joseph	Bassin nord	Bassin sud
Altitude (m)	160	160	160
Superficie (ha)	1 130	747	383
Périmètre (km)	26,5	15,1	11,4
Profondeur moyenne (m)	12,1	16,7	4,7
Profondeur maximale (m)	36	36	12
Volume (millions de m ³)	176,0	155,6	20,4
Débit théorique (m ³ /s)	9,6	-	-
Taux de renouvellement (jours)	212	-	-
Nombre d'îles	1	1	0
Longueur maximale (km)	7,2	4,3	2,9
Habitation (zone tampon de 100 m)	599	286	313
Indice de développement (hab./100 m)	2,26	1,89	2,75

Villégiature

Le lac Saint-Joseph est un important centre de villégiature de la région de la Capitale-Nationale. On y retrouve plus de 1 000 habitations dans les 500 premiers mètres bordant le lac alors qu'il y en a environ 600 dans les 100 premiers mètres, zone la plus susceptible d'impacter directement le lac. On y retrouve également deux marinas, quatre plages, deux terrains de camping, un centre nautique et une station touristique. De plus, le nombre d'embarcations ayant résidence au lac Saint-Joseph a augmenté de façon considérable au fil des ans. Il est passé de 347 en 1971 à 790 en 2004, 931 en 2005 et finalement 987 en 2006. On y pratique la voile, la planche à voile, le ski nautique, le wake board, la navigation de plaisance, la plongée sous-marine, la baignade, la pêche sportive et la pêche blanche. Il y a présence de trois prises d'eau potable et trois mises à l'eau publique (figure 3). La densité d'habitations du bassin sud du lac Saint-Joseph est très élevée avec 2,75 bâtiments par 100 m de berge alors que celle du bassin nord-est de 1,89.

Faune ichthyenne présente

Nos données d'inventaires antérieurs font état de la présence de onze espèces de poissons dont sept sont d'intérêt sportif. Le tableau 2 présente les espèces historiquement présentes au lac Saint-Joseph de même qu'une synthèse de la réglementation de la pêche sportive s'y rattachant. Il est difficile de dire quelles espèces ont été introduites par la main de l'homme. En effet, le lac Saint-Joseph, se trouvait à l'intérieur des limites de la mer de Champlain et à faible altitude, ce qui a certainement favorisé une colonisation hâtive par des espèces d'eau froide ayant une certaine tolérance à la salinité, et ce, peu de temps après le retrait des glaciers et d'une colonisation plus tardive par des espèces d'eau chaude (figure 4).

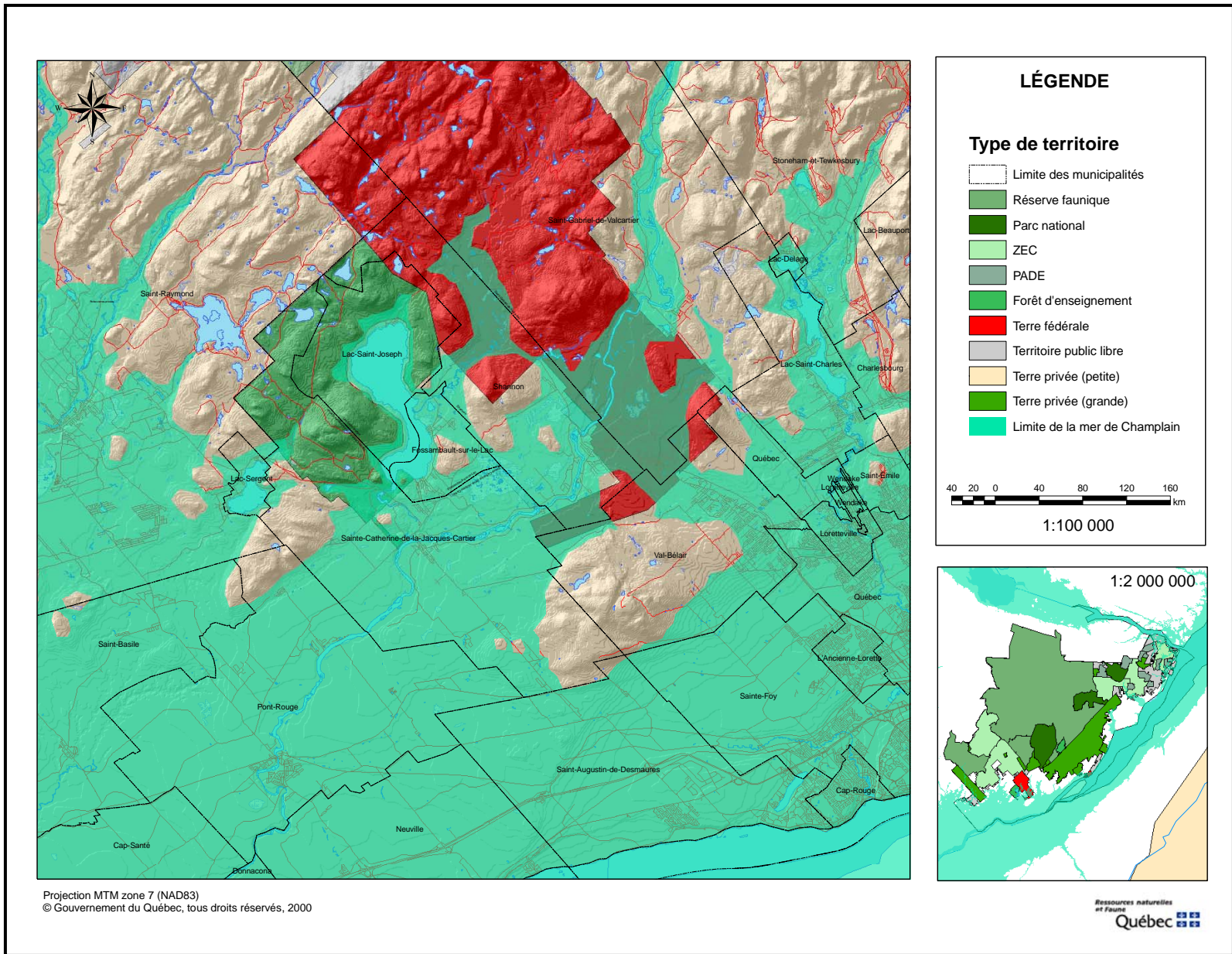


Figure 4. Limite de la mer de Champlain dans le secteur du lac Saint-Joseph

Tableau 2. Liste des espèces historiquement présentes au lac Saint-Joseph et règlement de pêche

Famille	Espèce	Période de pêche 2006-2007	Limite de prise	Limite de taille
Salmonidés				
	Touladi	01-07 au 10-09	2	50 cm
	Omble de fontaine ¹	28-04 au 10-09	15	-
	Cisco de lac ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
	Grand corégone ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
Centrarchidés				
	Achigan à petite bouche	24-06 au 30-11	6	-
Anguillidés				
	Anguille d'Amérique ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
Catostomidés				
	Meunier noir ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
	Meunier rouge ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
Cyprinidés				
	Mené à nageoires rouges ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
Ictaluridés				
	Barbotte brune ¹	28-04 au 30-11	Aucune limite	-
Percidés				
	Perchaude	28-04 au 30-11	50	

¹Il est possible de pêcher ces espèces dans la Baie de Duchesnay entre le 20 décembre et le 31 mars

MÉTHODOLOGIE

Caractérisation de l'habitat

Physico-chimie

Les paramètres physico-chimiques de base soit la transparence, la conductivité, le pH et le profil de température et d'oxygène dissous ont été mesurés lors de notre campagne d'inventaire ainsi que durant les semaines précédant l'inventaire. Ces paramètres ont été mesurés de façon standard à plusieurs reprises au cours de la saison, soit par une équipe du MRNF, soit par des représentants du ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) ou de la Corporation de Bassin de la rivière Jacques-Cartier (CBJC) ou par des bénévoles dans le cadre du réseau de surveillance volontaire (RSV) des lacs de villégiature du MDDEP. Les mesures que nous avons effectuées ont été faites en suivant le guide de normalisation des méthodes utilisées en faune aquatique au ministère de l'Environnement et de la Faune (1994) au point le plus profond des deux bassins du lac Saint-Joseph (figure 5).

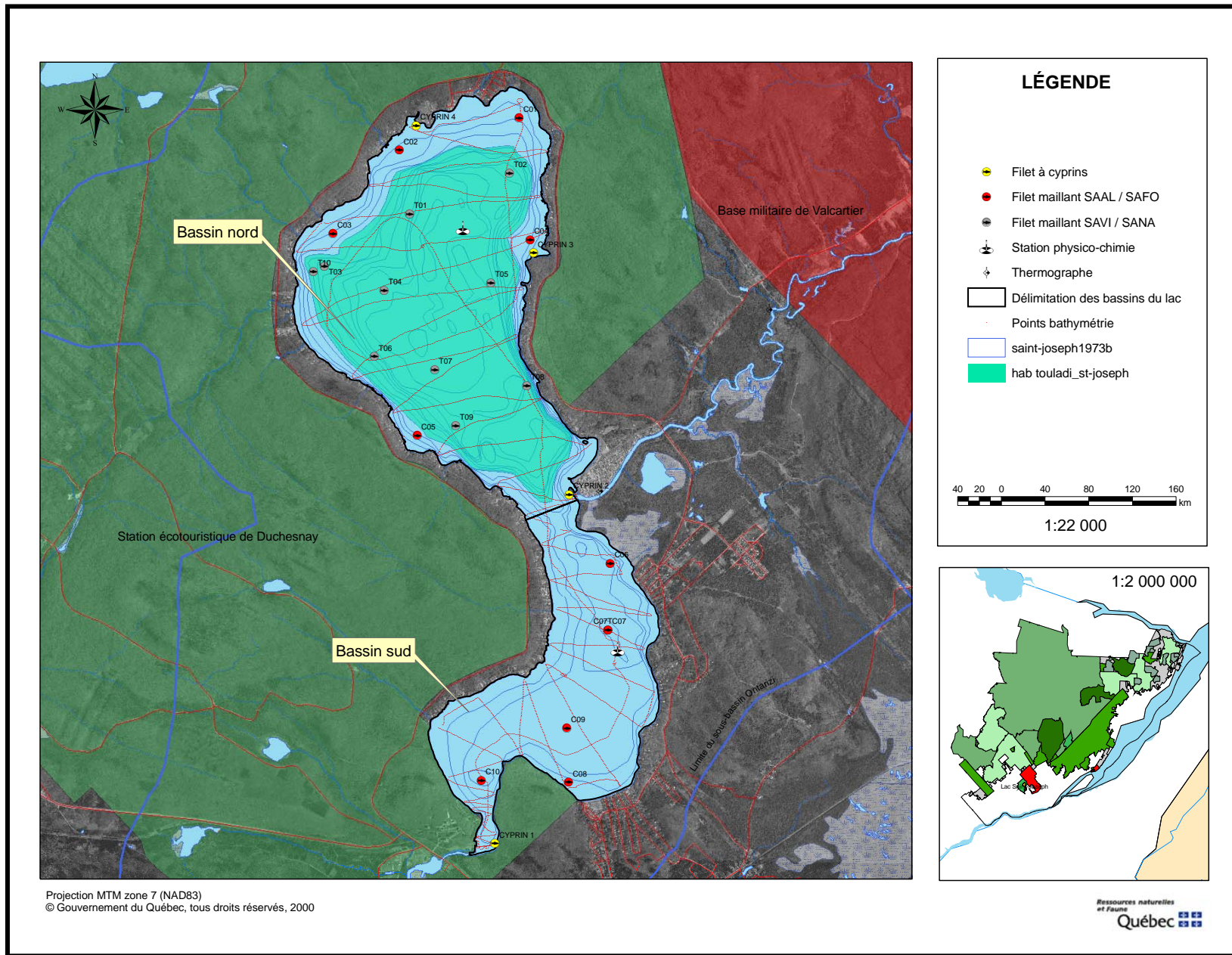


Figure 5. Localisation des stations de pêche, de physico-chimie, des thermographe et des lignes de bathymétrie

Régime thermique de la rivière aux Pins

Afin de documenter le régime thermique de la rivière aux Pins, nous avons installé deux thermographes. Un premier appareil a été installé dans la portion amont de la rivière, à la limite de la base militaire de Valcartier. Le second appareil a été installé dans la portion en aval de la rivière, au centre du développement résidentiel (figure 5). Les thermographes ont été programmés pour enregistrer une donnée de température toutes les heures entre le 3 mai et le 17 octobre 2006.

Évolution de la bathymétrie

Une bathymétrie complète du lac Saint-Joseph a été effectuée en 1973 par le ministère des Richesses naturelles (MRN). Cependant, des observations effectuées sur le lac au début du mois d'août 2006 ont permis de constater que la bathymétrie du lac avait changé de façon importante par endroits, principalement à la sortie de la rivière aux Pins. Une bathymétrie complète du lac a donc été refaite le 17 août 2006 par une équipe du MRNF afin de documenter l'évolution de la bathymétrie au cours des 33 dernières années. La bathymétrie a été effectuée au moyen d'un échosondeur 178C de Garmin qui prenait une lecture de profondeur à tous les 10 mètres le long de 55 km de transept (Figure 5). Ainsi, un peu plus de 6 800 points de profondeur ont été enregistrés et utilisés pour générer une carte bathymétrique au moyen de ArcGIS et de l'extension Spatial analyst. Les deux bathymétries ont été comparées en utilisant Spatial Analyst et 3D analyst de ArcGIS 9,1.

État des sites de reproduction du touladi

Un inventaire des sites de reproduction du touladi a été effectué par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec (MLCP) en 1991 (Boivin 1992). Cet inventaire a permis de localiser treize frayères utilisées et quinze frayères potentielles. Les critères qui étaient retenus afin de localiser des sites de reproduction potentiels étaient :

- présence de roches ou de galets dépourvus de végétation et de particules fines dans un diamètre de 5 à 25 cm;
- sites près d'une berge abrupte à proximité de zones profondes;
- sites exposés aux vents dominants.

Une caractérisation sommaire du substrat du lac a été effectuée par la CBJC au cours de l'été 2006. La caractérisation des berges s'est effectuée en utilisant un protocole développé par la Direction du suivi de l'État de l'Environnement du MDDEP dans le cadre du Réseau de suivi volontaire des plans d'eau public (MDDEP 2005). À partir de la base de données résultant de cette caractérisation, nous avons été en mesure de déterminer si les sites de reproduction localisés en 1991 répondaient toujours aux critères d'habitat de base.

Gestion du niveau d'eau du lac Saint-Joseph

La gestion du niveau d'eau du lac Saint-Joseph devrait théoriquement faire l'objet d'une gestion particulière afin d'éviter que des fluctuations du niveau d'eau n'exondent les œufs de touladi après la période de reproduction. Une telle gestion n'a été appliquée qu'une seule fois en 1997 (annexe 1) afin que les riverains puissent effectuer des travaux en rive. Le niveau du lac Saint-Joseph a alors été abaissé de 30 cm à partir du 15 septembre de la même année. Le niveau ainsi obtenu devait être maintenu jusqu'au 27 octobre pour être ensuite rehaussé à la cote 158,7. Lors de cette période, le niveau d'eau pouvait subir des fluctuations dépendamment des crues. Cependant, aucune entente formelle de gestion à long terme du niveau d'eau du barrage n'a été conclue en ce qui concerne le réservoir du lac Saint-Joseph.

Nous avons procédé à l'analyse des données de niveau d'eau du lac Saint-Joseph de 1996 à 2005 de la station Ontarizi (050805) du MDDEP installée au barrage de Duchesnay afin de déterminer si la gestion du niveau d'eau est susceptible d'affecter le recrutement en touladi.

Pêche expérimentale

Les stations d'échantillonnage ont été distribuées de façon aléatoire systématique en utilisant l'extension Random point pour Arcview 3,2. L'inventaire ichtyologique du lac Saint-Joseph, qui s'est déroulé entre le 28 et le 31 août 2006, se divisait en deux volets soit : l'inventaire des salmonidés (touladi, grand corégone, cisco de lac) et l'inventaire des autres espèces présentes. Un effort total de 25 filets-nuits a été réalisé dans le cadre de cette campagne d'échantillonnage (figure 5).

À chaque filet, tous les poissons capturés ont été identifiés, dénombrés, mesurés (longueur totale maximale) et pesés à l'exception des grands corégones et des ciscos de lac qui ont respectivement fait l'objet d'un sous-échantillonnage de 144 et 130 individus. Les otolithes ont été prélevés et interprétés pour les touladis et les sous-échantillons des grands corégones. L'utilisation des otolithes pour déterminer l'âge est considérée comme étant fiable pour les grands corégones (Howland *et al.* 2004) et le touladi (Dubois 1967).

Touladi, grand corégone et cisco de lac

L'inventaire ciblant le touladi, le grand corégone et le cisco de lac a été réalisé selon les normes décrites dans le Guide des méthodes utilisées en faune aquatique au MEF (Ministère de l'Environnement et de la Faune 1994). Un effort de dix filets-nuits (T01 à T10) a été déployé dans la strate de profondeur comprise entre 9 et 34 mètres (figure 5). Les filets utilisés sont composés de huit panneaux de 7,6 m de longueur et 1,8 m de hauteur disposés en ordre croissant de grandeur de maille étirée: 25, 38, 51, 64, 76, 102, 127 et 152 mm. Le maillage, monté à 50 %, est constitué d'un monofilament de nylon transparent.

Autres espèces

Pour l'inventaire de communauté, nous avons utilisé un effort de dix filets-nuits (C01 à C10) au moyen de filets expérimentaux multifilaments composés de six panneaux de 3,8 m de longueur et 1,8 m de hauteur et disposés en ordre croissant de grandeur de

mailles étirées de 25, 32, 38, 51, 64 et 76 mm. Ces filets ont été installés à des profondeurs variant entre 4 et 10 mètres.

De plus, nous avons déployé quatre filets à cyprins (CYPRIN 1 à 4) dans la zone comprise entre un et deux mètres afin de détecter la présence d'espèces non répertoriées jusqu'à présent. Ces filets en monofilaments clairs mesurent quatre mètres de longueur et un mètre de hauteur. Ils sont composés de deux panneaux de deux mètres de longueur d'une grandeur de maille étirée de 13 et 25 mm ayant respectivement un diamètre du brin de 0,13 et 0,19 mm. Ces filets, montés à 50 %, ont une ralingue supérieure flottante et une ralingue inférieure lestée.

Analyse des données

Les descripteurs biologiques utilisés dans le cadre des analyses sont les suivants.

La **capture par unité d'effort (CPUE)** est le nombre moyen d'individus capturés par une unité définie d'effort. L'unité utilisée est le filet-nuit. Ce paramètre est un indice d'abondance relative qui permet, entre autres, de faire des comparaisons de CPUE inter-lac.

La **biomasse par unité d'effort (BPUE)** est la biomasse moyenne capturée par une unité définie d'effort. Cette unité est le filet-nuit.

La **relation longueur-masse** est une régression de la masse (W) en fonction de la longueur totale maximale (LT) écrite sous la forme : $W = a \cdot LT^b$.

Le **facteur de condition de Fulton** est la relation qui existe entre la masse et la longueur au cube (Ricker 1980). C'est une façon de comparer les poissons d'une même espèce et il est aussi indicateur de l'abondance de la nourriture disponible. Cette relation est définie par l'équation suivante :

$$Facteur\ K = \left[\frac{Masse\ (g) \times 10^5}{Longueur^3\ (mm)} \right]$$

Le facteur de condition varie selon l'espèce, la lignée, les conditions de l'environnement, l'alimentation (quantité et qualité), l'âge, la saison, la maturité sexuelle et la taille. Ce paramètre constitue un bon indice de la santé d'un poisson.

La **distribution des fréquences de taille** est le nombre d'individus capturés et échantillonnés par classe de taille.

La **distribution des fréquences d'âge** est le nombre d'individus capturés et échantillonnés par classe d'âge.

Le **relative stock density (RSD)** consiste à diviser chacun des histogrammes de fréquence de taille en cinq classes fixes selon la longueur totale du record mondial pour l'espèce visée. Le tableau 3 présente les classes RSD pour le touladi.

Tableau 3. Classe de RSD selon l'intervalle de taille pour les salmonidés du lac Saint-Joseph

Classe	Proportion du record mondial (%)	Intervalle de taille (mm)		
		Touladi	Grand corégone	Cisco de lac
Sous-stock		< 300	< 160	< 131
Stock	20 à 26	300 - 509	160 - 269	131 - 219
Qualité	36 et 41	510 - 659	270 - 339	220 - 285
Préférée	45 et 55	660 - 809	340 - 449	286 - 325
Mémorable	59 et 64	810 - 1019	450 - 559	326 - 440
Trophée	74 et 80	≥ 1020	≥ 560	≥ 441

Le **Proportional Size Structure (PSS)**, antérieurement le « Proportional Stock Density » (PSD), est calculé avec la formule suivante :

$$\text{PSS} = \frac{\text{Nombre de poissons} \geq \text{taille Préférée}}{\text{Nombre de poissons} \geq \text{taille Stock}} \times 100$$

L'**âge moyen à maturité sexuelle** est calculé selon l'équation suivante de Lysak (1980):

$$Z = \frac{A_1 K_1 + A_2 (K_2 - K_1) + A_3 (K_3 - K_2) + \dots + A_n (K_n - K_{n-1})}{K_1 + (K_2 - K_1) + (K_3 - K_2) + \dots + (K_n - K_{n-1})}$$

Où « Z » est l'âge moyen pondéré à la maturité, « A » est l'âge (années) et « K » le pourcentage d'individus matures dans le n^e groupe d'âge.

La **croissance** en longueur a été évaluée en représentant la relation longueur (L) – âge (t) et en appliquant le modèle de Von Bertalanffy (Ricker 1980) selon lequel :

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Le **taux de mortalité** a été évalué au moyen de la courbe de capture de Baranov (Ricker 1980). Pour ce faire, on calcule la régression linéaire du logarithme naturel des captures en fonction de l'âge. La pente de la régression donne directement le taux instantané de mortalité (Z).

Le **rendement théorique multispécifique de Schlesinger et Regier (1982)** permet d'estimer la productivité totale en poisson du lac Saint-Joseph. Le calcul de ce paramètre nécessite la conversion de la conductivité en solides totaux (STD) dissous suivant la formule suivante :

$$\text{STD (mg/L)} = 0,666 \times \text{Conductivité @ 25°C}$$

et le calcul de l'indice morphoédaphique de Ryder (1965) (IME_{Ryder}) suivant la formule suivante :

$$IME_{Ryder} = \frac{STD \text{ (mg/L)}}{\text{Profondeur moyenne (m)}}$$

Finalement, l'équation du rendement théorique multispécifique de Schlesinger et Regier (1982) prend la forme suivante :

$$\log_{10} \text{Rendement (kg/ha)} = ((0,044 \times \text{Temp. (}^\circ\text{C)}) + (0,482 \times \log_{10} IME_{Ryder}) + 0,021)$$

Les **indices d'état trophique (IET)** (Carlson 1977) sont le reflet de la biomasse algale produite par un plan d'eau et donc le reflet de son niveau trophique. Ces indices peuvent se calculer à partir de trois paramètres de base, à savoir la transparence (m) (IET (M)), la concentration en phosphore total ($\mu\text{g/l}$) (IET (PT)) et la concentration en chlorophylle *a* ($\mu\text{g/l}$) (IET (CHL)). Le calcul de ces indices se fait comme suit :

$$IET(T) = 60 - 14.41 \ln(SD)$$

$$IET(CHL) = 9.81 \ln(CHL) + 30.6$$

$$IET(PT) = 14.42 \ln(TP) + 4.15$$

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Caractérisation de l'habitat

Physico-chimie

Transparence

La transparence est une évaluation de la pénétration de la lumière dans le lac et se mesure au moyen d'un disque de Secchi. Plus l'eau d'un lac est enrichie organiquement, plus la transparence sera faible et inversement. En effet, un lac qui présente une transparence élevée possède en général une concentration en phosphore faible ($< 10 \mu\text{g/l}$). Le phosphore est un élément fertilisant clé qui stimule la croissance des plantes terrestres et aquatiques de même que celle des algues microscopiques (phytoplancton). En milieu naturel, les faibles concentrations de phosphore limitent la prolifération des plantes et des algues. Toutefois, lorsqu'un lac est bien nourri en phosphore, il produit davantage d'algues qui restent en suspension dans la colonne d'eau en limitant ainsi la transparence.

Comme la transparence varie en fonction des matières en suspension et des algues, elle varie selon la période de l'année. Pour une valeur plus juste de la transparence, il faut faire la moyenne de lectures prises tout au long de la période d'eau libre, au moins de juin à octobre. Le MDDEP¹ recommande une lecture aux deux semaines durant cette période, ou au moins une par mois pendant toute la période d'eau libre.

¹ Réseau de suivi volontaire des lacs de villégiature québécois. Protocole à suivre pour la mesure de la transparence et l'échantillonnage de l'eau de votre lac. Contact : Louis Roy, Direction du suivi de l'état de l'environnement.

La transparence moyenne du bassin nord du lac Saint-Joseph était de 4,9 m alors qu'elle était de 4,2 m dans le bassin sud au cours de la saison 2006 (figure 6). Ces valeurs permettent de classer le niveau trophique de ces deux bassins comme étant oligo-mésotrophe. Cependant, la transparence du bassin sud affiche régulièrement une valeur se situant sous la barre des 4,0 m, limite supérieure d'un lac oligotrophe. Le bassin sud du lac Saint-Joseph semble donc tendre davantage vers la mésotrophie.

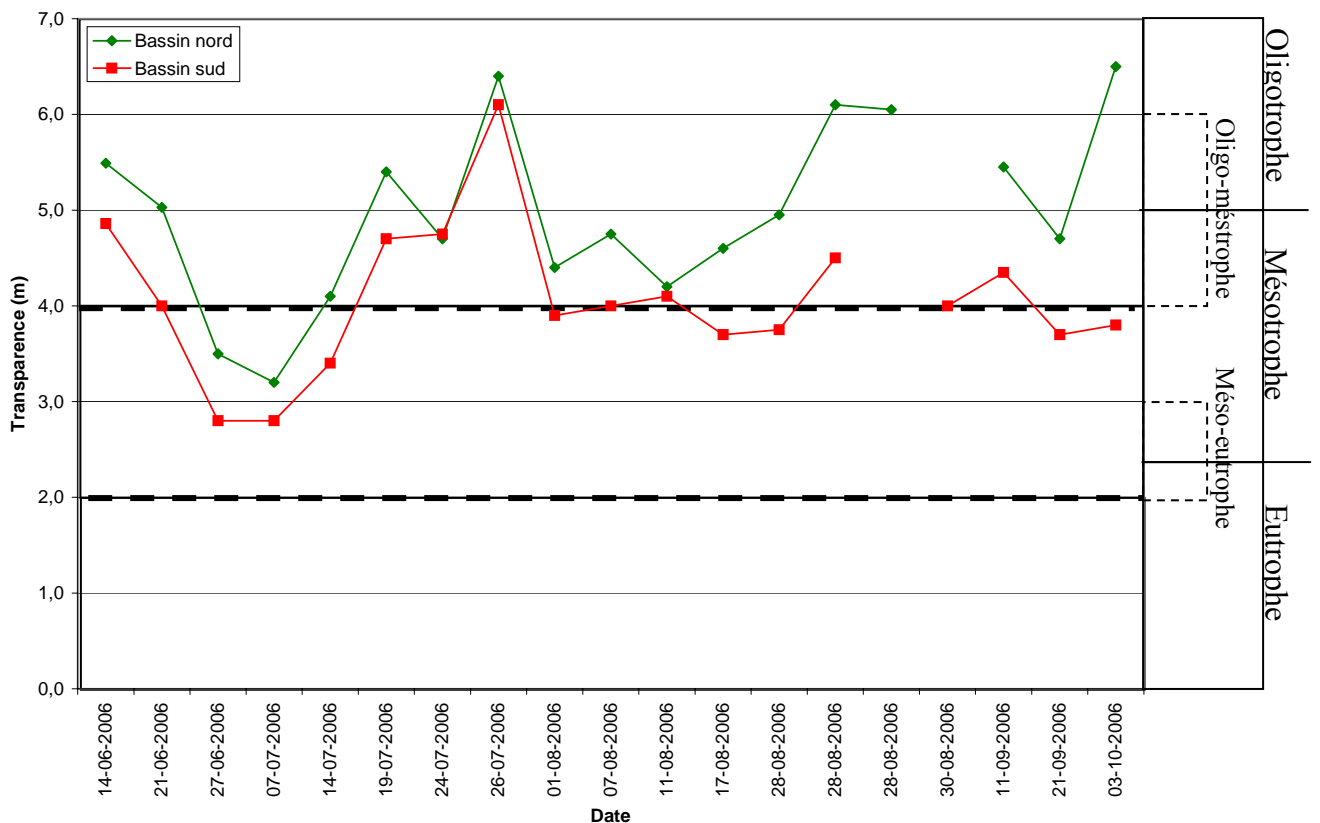


Figure 6. Résultats des mesures de transparence effectuées sur le lac Saint-Joseph en 2006

L'analyse des données historiques de transparence ne permet pas d'identifier une tendance dans l'évolution de ce paramètre. Le bassin nord semble toujours avoir eu une transparence supérieure au bassin sud de l'ordre d'environ 0,3 à 1,2 m selon les années.

Tableau 4. Évolution temporelle de la transparence pour les deux bassins du lac Saint-Joseph

Année	Transparence (m)			
	Bassin sud	N	Bassin nord	N
1971	4,0	N/D	5,1	N/D
1978			3,7	3
1979			5,2	1
2001	3,5	1	3,8	2
2002	4,2	5	3,6	6
2003	3,5	5	3,9	5
2004	3,0	3	3,6	2
2005	3,6	4	4,3	4
2006	4,2	18	4,9	18
Moyenne/somme	3,7	36	4,2	41

Conductivité et solides totaux dissous (STD)

La conductivité est la propriété qu'a une solution de transmettre le courant électrique. Ce paramètre est donc le reflet de la présence plus ou moins importante d'ions dans l'eau, et, conséquemment, de la minéralisation. La conductivité du lac Saint-Joseph a été mesurée à partir d'un échantillon d'eau intégrant les cinq premiers mètres du lac. Elle se chiffre à 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C dans le bassin sud et 21,7 dans le bassin nord. Les valeurs de STD sont de 22,6 pour le bassin sud et 14,5 pour le bassin nord. Ces valeurs sont considérées comme étant faibles et correspondent à la conductivité d'un lac oligotrophe.

Le pH

Le pH représente la concentration en ions d'hydrogène et se mesure à l'aide d'un pH mètre. L'échelle de mesure du pH varie de 0 à 14. Une valeur de 7 représente un pH neutre; lorsque la valeur est inférieure à 7, il s'agit d'un milieu acide et lorsqu'elle est supérieure à 7, il s'agit d'un milieu basique (alcalin). De façon générale, lorsque le pH se situe entre 5,5 et 9, il ne pose pas de problème au maintien des salmonidés. Le pH du lac Saint-Joseph a été mesuré à partir d'un échantillon d'eau intégrant les cinq premiers mètres du lac. Le pH est de 6,5 dans le bassin sud et de 7,1 dans le bassin nord.

Profil d'oxygène dissous et de température

Bassin sud

On constate que dès la fin du mois de juillet, l'eau du bassin sud présente une température limitante pour la survie des salmonidés sur les cinq premiers mètres (24°C) (figure 7). Les eaux se rafraîchissent avec l'apparition du début de la thermocline à six mètres (18,7 °C) et demeurent relativement chaudes jusqu'au fond du lac (12°C).

Cependant, bien que la température de l'eau soit favorable à la survie des salmonidés à partir de six mètres, on constate qu'il n'y a pratiquement plus d'oxygène dissous dès la fin du mois de juillet (figure 8). Cette situation critique pour la survie des salmonidés va se maintenir jusqu'à la mi-août. La courbe d'oxygène dissous est de type clinograde, ce qui est typique d'un lac mésotrophe ou eutrophe.

À mesure que la saison progresse, on constate que les eaux de surface se refroidissent et que le début de la thermocline et de la zone d'anoxie descendent, passant de six à dix mètres entre le 24 juillet et le 30 août.

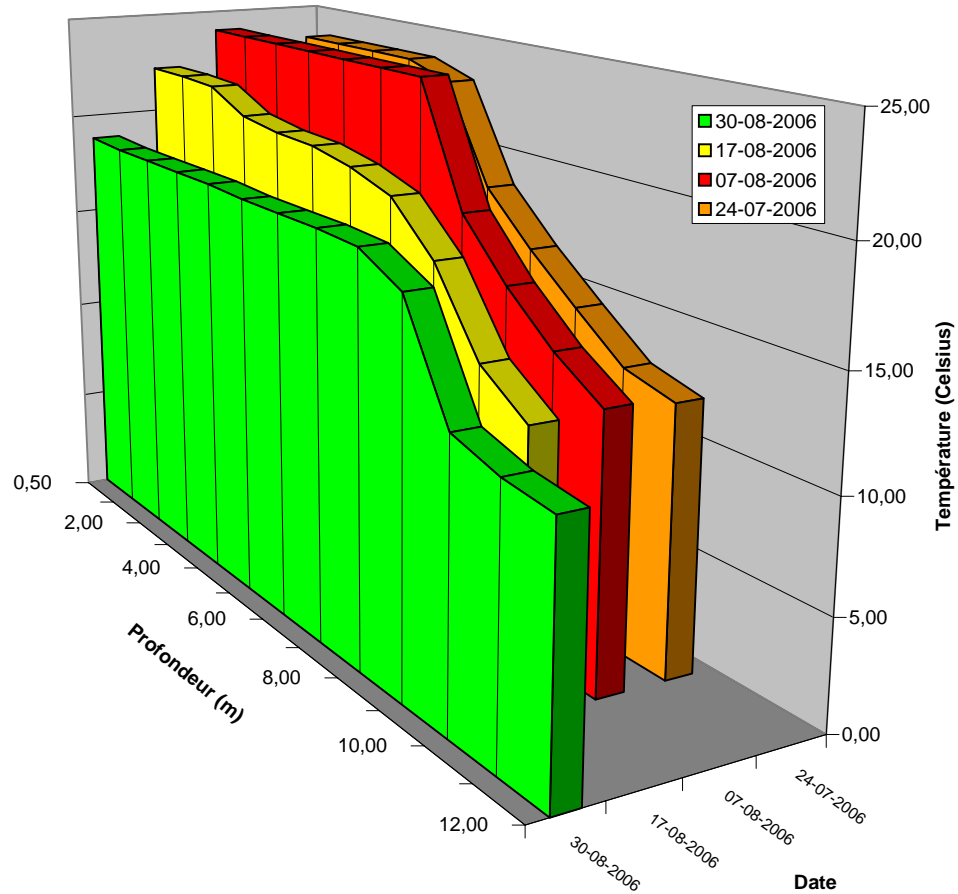


Figure 7. Stratification thermique du bassin sud du lac Saint-Joseph à différentes périodes de l'été 2006

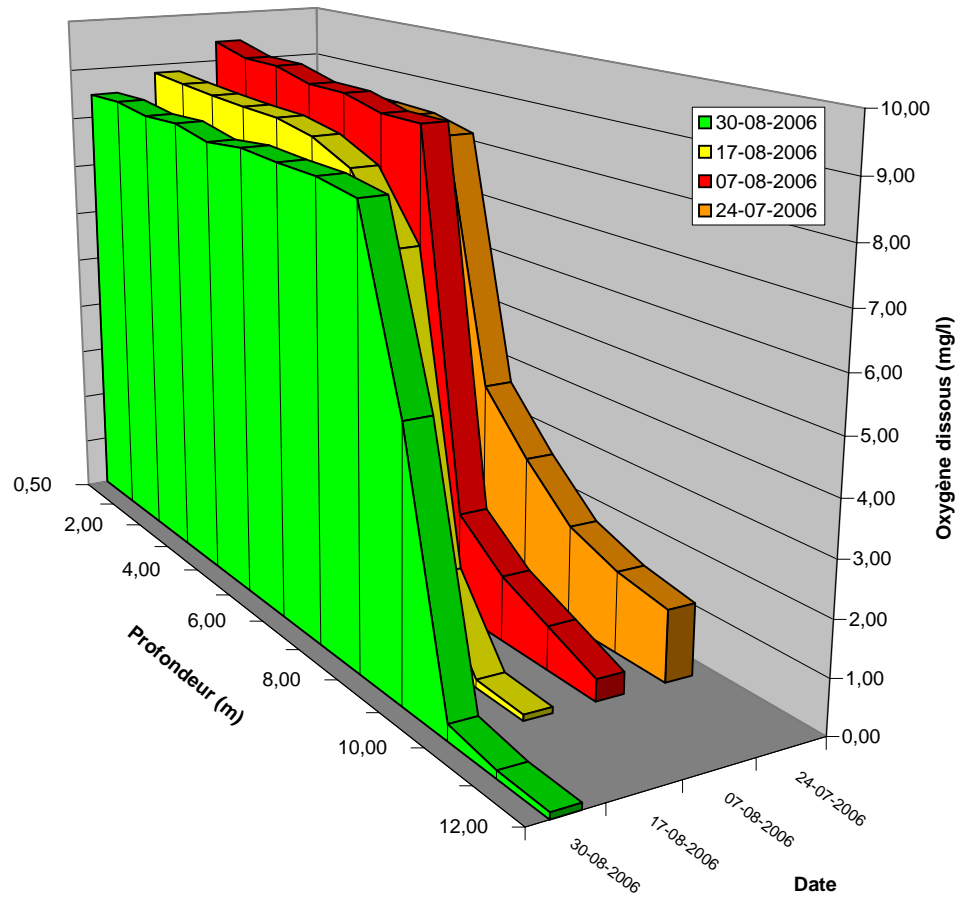


Figure 8. Profil d'oxygène dissous du bassin sud du lac Saint-Joseph à différentes périodes de l'été 2006

Lorsque les mortalités de ciscos de lac sont survenues, les 5 et 6 août 2006, les conditions de température et d'oxygène dissous du bassin sud du lac Saint-Joseph étaient à leur niveau le plus critique. La température létale du cisco de lac est de 26°C (Scott et Crossman 1974). Bien que cette température n'ait jamais été atteinte dans le bassin sud du lac Saint-Joseph, il n'en demeure pas moins que les conditions de température qui ont prévalu dans la zone oxygénée du bassin sud entre la fin juillet et la mi-août étaient limitantes pour la survie du cisco de lac. À mesure que la température de l'eau se réchauffe, les ciscos de lac ont tendance à migrer sous la thermocline et à y demeurer jusqu'à la fin de l'été. Cette habitude qu'ils ont d'émigrer en profondeur en été peut causer des mortalités catastrophiques s'il y a épuisement d'oxygène dans l'hypolimnion (Scott et Crossman 1974).

Ainsi, la température d'eau trop chaude en surface combinée à l'anoxie de l'hypolimnion ont été identifiés comme étant les facteurs responsables de la mortalité des ciscos de lacs en 2006. Les mortalités de poissons sont susceptibles de se reproduire lors des étés secs et chauds.

Bassin nord

Le bassin nord présente une stratification thermique bien définie. Les eaux de surface atteignent une température élevée sur les cinq premiers mètres au début du mois d'août, tout comme dans le bassin sud, mais se refroidissent assez rapidement avec l'apparition de la thermocline qui se trouvait entre six et dix mètres selon la période. L'habitat ne présente aucun problème en ce qui a trait à la survie des salmonidés puisque l'eau est bien oxygénée jusqu'à l'hypolimnion tout au long de la saison. La courbe d'oxygène dissous est de type orthograde, ce qui est typique d'un lac oligotrophe.

À mesure que la saison progresse, on constate que les eaux de surface se refroidissent et que le début de la thermocline descend passant de cinq à 8 mètres entre le 24 juillet et le 30 août.

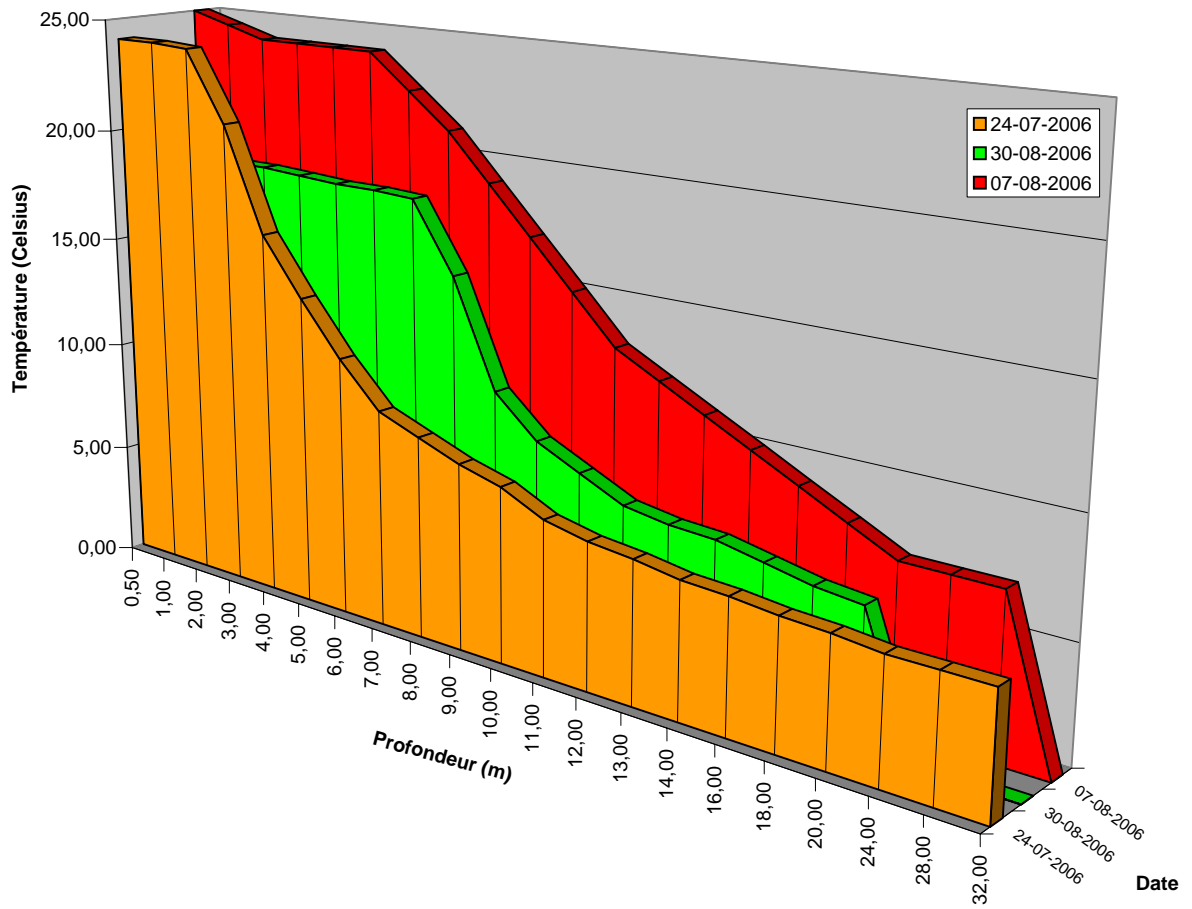


Figure 9. Stratification thermique du bassin nord du lac Saint-Joseph à différentes périodes de l'été 2006

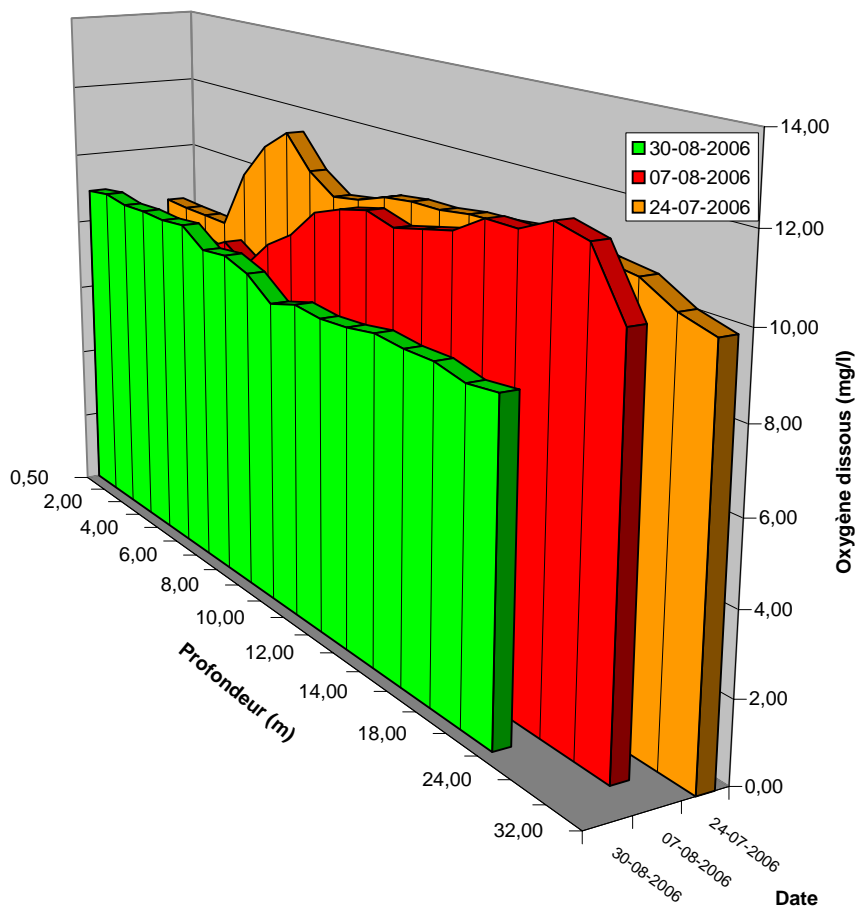


Figure 10. Profil d'oxygène dissous du bassin nord du lac Saint-Joseph à différentes périodes de l'été 2006

Évolution du profil de température et d'oxygène dissous du lac Saint-Joseph

Nous avons été en mesure de comparer les profils de température et d'oxygène dissous de 2006 à des profils antérieurs réalisés à des périodes comparables. On constate que, pour les deux bassins, il semble y avoir eu un réchauffement de l'eau sur les premiers mètres (3 à 4°C) (figure 11 et 12). Ce réchauffement est particulièrement critique pour le bassin sud dont l'habitat propice au maintien des salmonidés s'est réduit de façon considérable au fil des ans. En effet, déjà en 1971, il y avait anoxie de l'hypolimnion sur les trois derniers mètres (figure 13). Mais à cette époque, la température de l'eau de surface était propice au maintien des salmonidés durant toute la période sans glace (figure 11). Or, en 2006, la strate anoxique s'étendait sur six mètres (figure 13) et la température de l'eau de la strate oxygénée était critique pour le maintien des salmonidés (figure 12). Ces résultats tendent à démontrer que l'habitat du bassin sud s'est détérioré de façon significative au cours des 35 dernières années.

Les eaux du bassin nord semblent également s'être réchauffées jusqu'aux profondeurs du lac (2 à 3°C) (figure 12). Le réchauffement de l'eau vient affecter à la baisse la concentration d'oxygène dissous dans l'eau diminuant ainsi la qualité de l'habitat des salmonidés (figure 14). Les conditions de température et d'oxygène dissous du bassin nord demeurent toutefois propices à la survie et au maintien des activités du touladi (alimentation, reproduction, déplacement, évitement de prédateur, comportement agressif etc.) (Evans 2007). En effet, les conditions d'habitat permettent une forte survie des juvéniles et une performance optimale des adultes (Evans 2007).

Concentration en phosphore total ($\mu\text{g/l}$)

Des analyses effectuées en 2006 par la Direction du suivi de l'état de l'environnement du MDDEP ont permis de déterminer que la concentration moyenne en phosphore totale pour la période sans glace était de 5,0 $\mu\text{g/l}$ dans le bassin nord et de 6,9 $\mu\text{g/l}$ dans le bassin sud. Ces valeurs classent le bassin sud comme étant oligo-mésotrophe et le bassin nord comme étant oligotrophe. L'année 2006 est la seule année où l'on dispose de données de phosphore sur l'ensemble de la période sans glace. Il serait hasardeux de comparer la concentration en phosphore de 2006 à celle des années précédentes puisque les périodes d'échantillonnage et le nombre d'échantillons diffèrent entre les années.

Concentration en chlorophylle *a* ($\mu\text{g/l}$)

Des analyses effectuées en 2006 par la Direction du suivi de l'état de l'environnement du MDDEP ont permis de déterminer que la concentration moyenne en chlorophylle *a* pour la période sans glace était de 4,5 $\mu\text{g/l}$ dans le bassin nord et de 5,1 $\mu\text{g/l}$ dans le bassin sud. Ces valeurs classent les deux bassins du lac comme étant mésotrophes. Si on tient compte des échantillons qui ont été prélevés aux mêmes périodes au cours des années précédentes, on constate que la concentration en chlorophylle « *a* » a augmenté au cours des dernières années, et ce, dans les deux bassins (tableau 5). Ces résultats indiquent que la productivité primaire du lac Saint-Joseph est en progression.

Tableau 5. Évolution de la concentration en chlorophylle *a* pour les deux bassins du lac Saint-Joseph

Année	Chlorophylle <i>a</i> (µg/l)	
	Bassin sud	Bassin nord
2001	2,9	1,9
2003	5,1	3,0
2006	5,1	4,5

Indice d'état trophique (IET)

Le tableau 6 présente les résultats des calculs d'IET des deux bassins du lac Saint-Joseph. Bien que les résultats des trois indices présentent certaines discordances, nous sommes en mesure de statuer sur l'état trophique actuel des deux bassins. En effet, selon Carlson (1983), l'IET calculé à partir de la concentration de chlorophylle est l'indice le plus fiable pour prédire la productivité biologique d'un plan d'eau. Les deux autres indices, bien que moins fiables, permettent d'apporter des nuances. Ainsi, on constate que le bassin sud serait mésotrophe alors que le bassin nord serait oligo-mésotrophe.

Tableau 6. Indices d'état trophique des deux bassins du lac Saint-Joseph en 2006

Paramètre	Bassin	IET ^a		Niveau trophique	
		Sud	Nord	Sud	Nord
Transparence (m) IET (T)		40	37	Mésotrophe	Oligo-mésotrophe
Phosphore totale (µg/l) IET (PT)		32	27	Oligo-mésotrophe	Oligotrophe
Chlorophylle (µg/l) IET (CHL)		48	46	Mésotrophe	Mésotrophe

^a< 30 : Lac oligotrophe classique

30 – 40 : Les lacs profonds sont encore oligotrophes, mais les lacs peu profonds peuvent présenter une anoxie de l'hypolimnion en été

40 – 50 : Lac mésotrophe, augmentation de la probabilité d'anoxie de l'hypolimnion en été

50 – 60 : Limite inférieure des lacs eutrophes : diminution de la transparence, anoxie de l'hypolimnion en été, prolifération des macrophytes, prédominance d'espèces d'eau chaude

60 – 70 : Émergence d'algues bleu-vert, problème majeur de prolifération de macrophytes

70 – 80 : Problème majeur de prolifération d'algues, forte densité de macrophytes dont la distribution est limitée par la pénétration de la lumière, souvent classée comme étant hypereutrophe

> 80 : Mortalité estivale de poissons, dominance d'espèce de poissons résistante

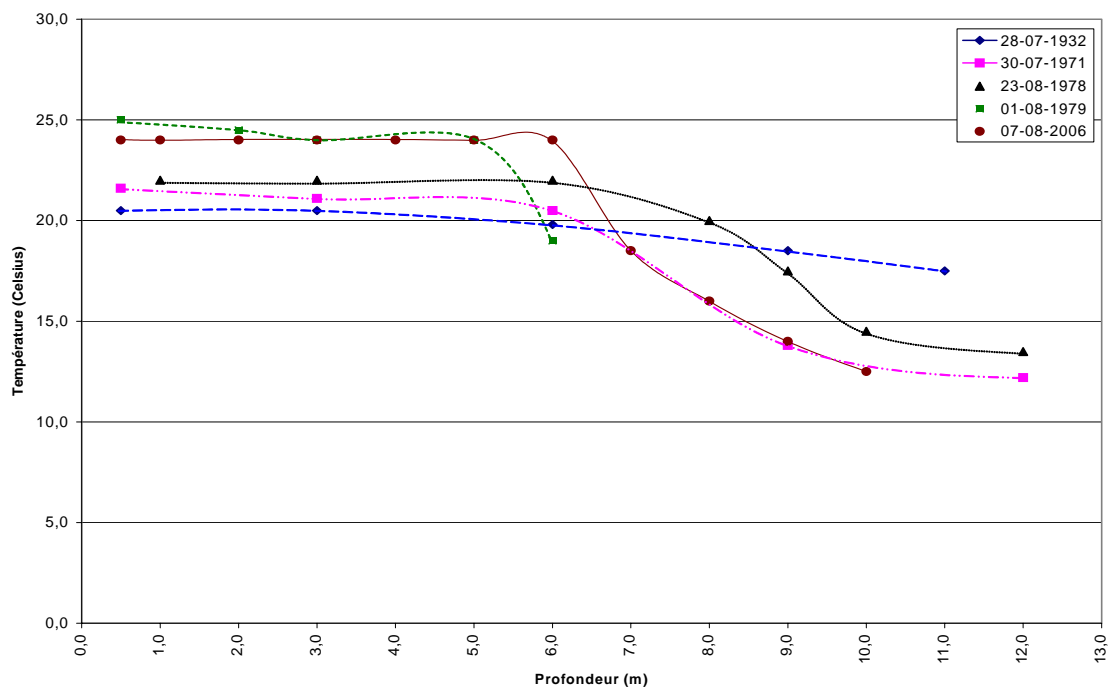


Figure 11. Évolution du profil de température du bassin sud du lac Saint-Joseph

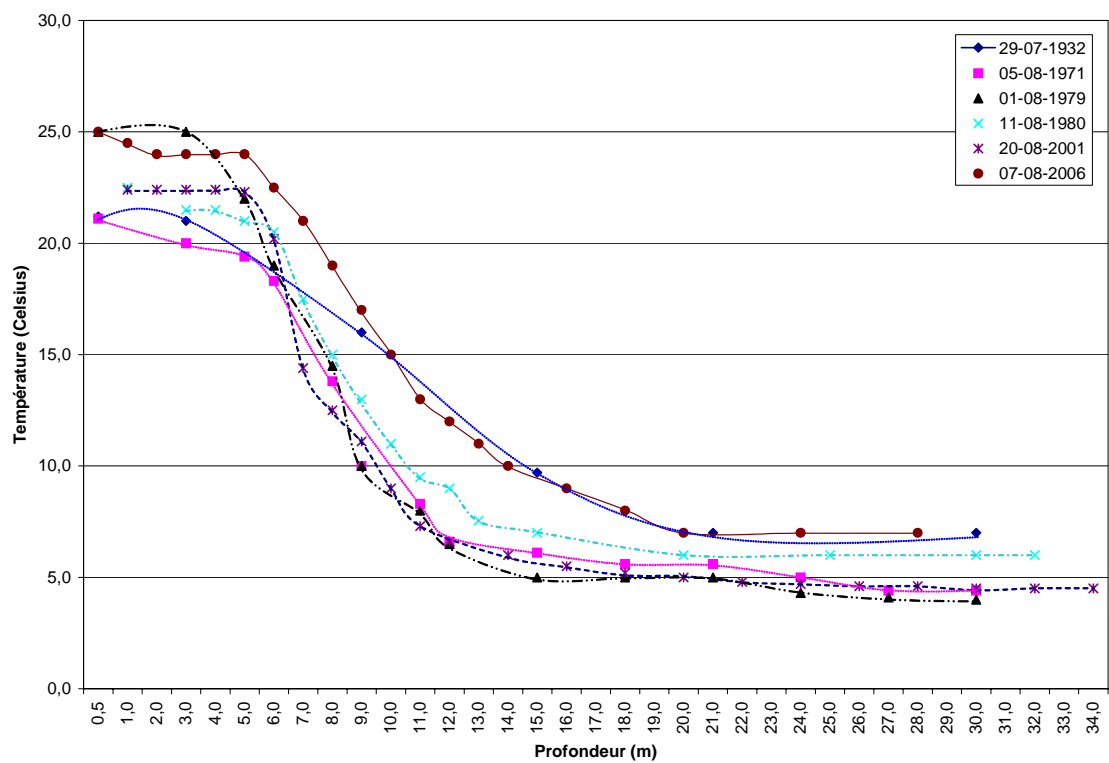


Figure 12. Évolution du profil de température du bassin nord du lac Saint-Joseph

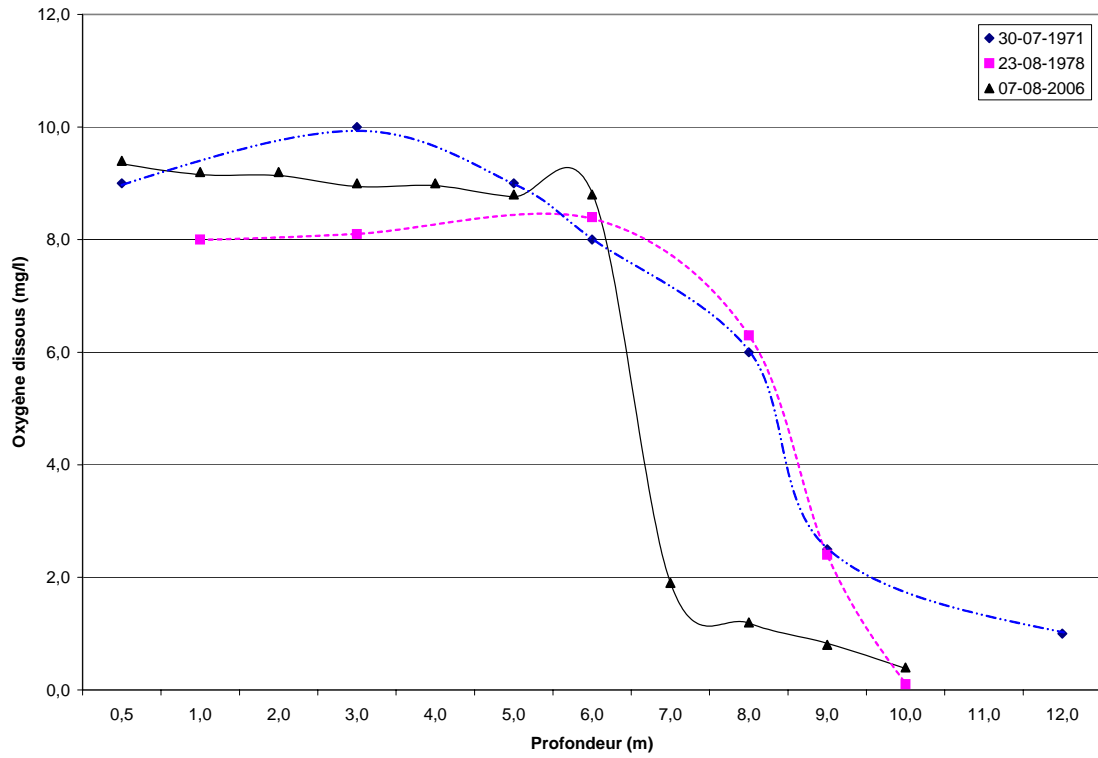


Figure 13. Évolution du profil d'oxygène dissous du bassin sud du lac Saint-Joseph

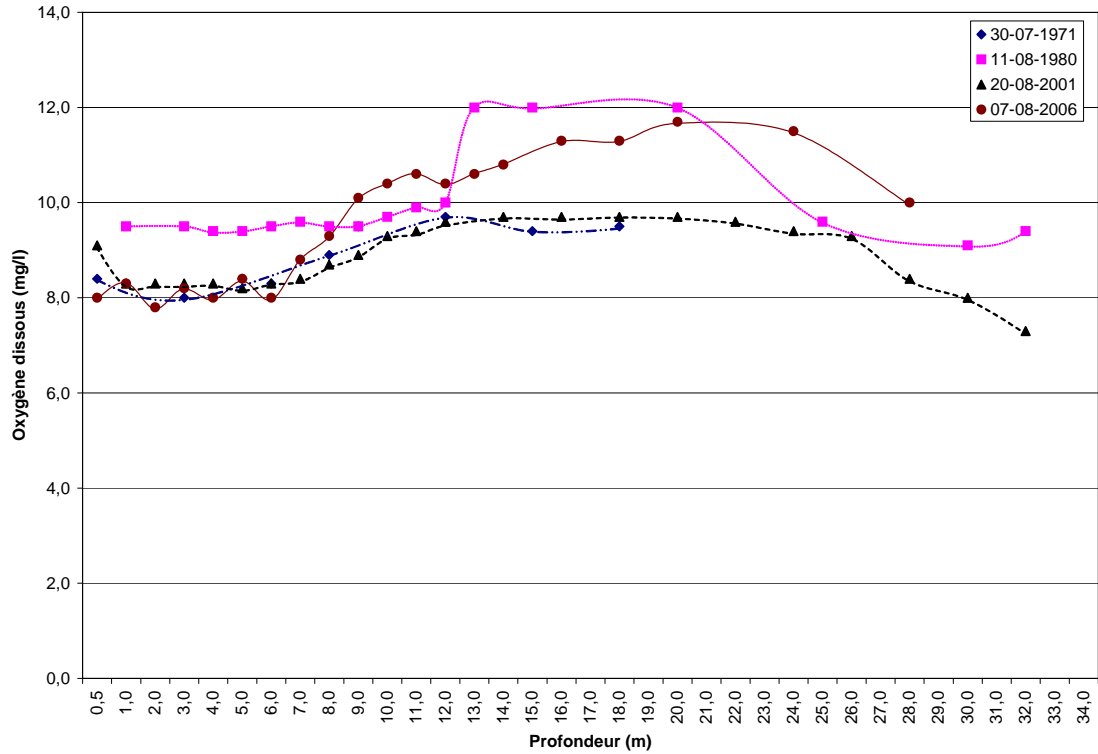


Figure 14. Évolution du profil d'oxygène dissous du bassin nord du lac Saint-Joseph

Régime thermique de la rivière aux Pins

Les thermographes ont enregistré plus de 8 000 données de température entre le 3 mai et le 17 octobre. La figure 15 illustre l'évolution de la température de l'eau de la rivière aux Pins durant cette période pour les stations amont et aval. On constate que dès la mi-juillet, la température de la rivière aux Pins atteint une valeur avoisinant 25°C, température critique pour la survie de la majorité des salmonidés.



Photographie 1 : développement riverain de la rivière aux Pins

La période critique de température sur la rivière aux Pins s'est étalée sur une période d'environ trois semaines (12 juillet au 8 août) en 2006 (figure 15). Période durant laquelle la température s'est maintenue au dessus de 20°C. La température s'est approchée de 25°C entre le 12 et le 20 juillet. Durant cette période, les apports d'eau de la rivière aux Pins ont contribué au réchauffement de l'eau du bassin sud du lac Saint-Joseph. Sans en être la cause, l'absence d'apport d'eau fraîche dans le bassin sud a probablement amplifié la problématique d'habitat que nous avons connue en août 2006.

La température de l'eau est significativement plus chaude d'en moyenne 0,4°C à la station aval qu'à la station amont entre le 3 mai et le 17 octobre ($t= 27,06$; $p< 0,0001$). Ce réchauffement, qui se produit sur une distance d'environ 4000 m, est probablement en partie attribuable au développement riverain de la portion aval de la rivière aux Pins (photographie 1).

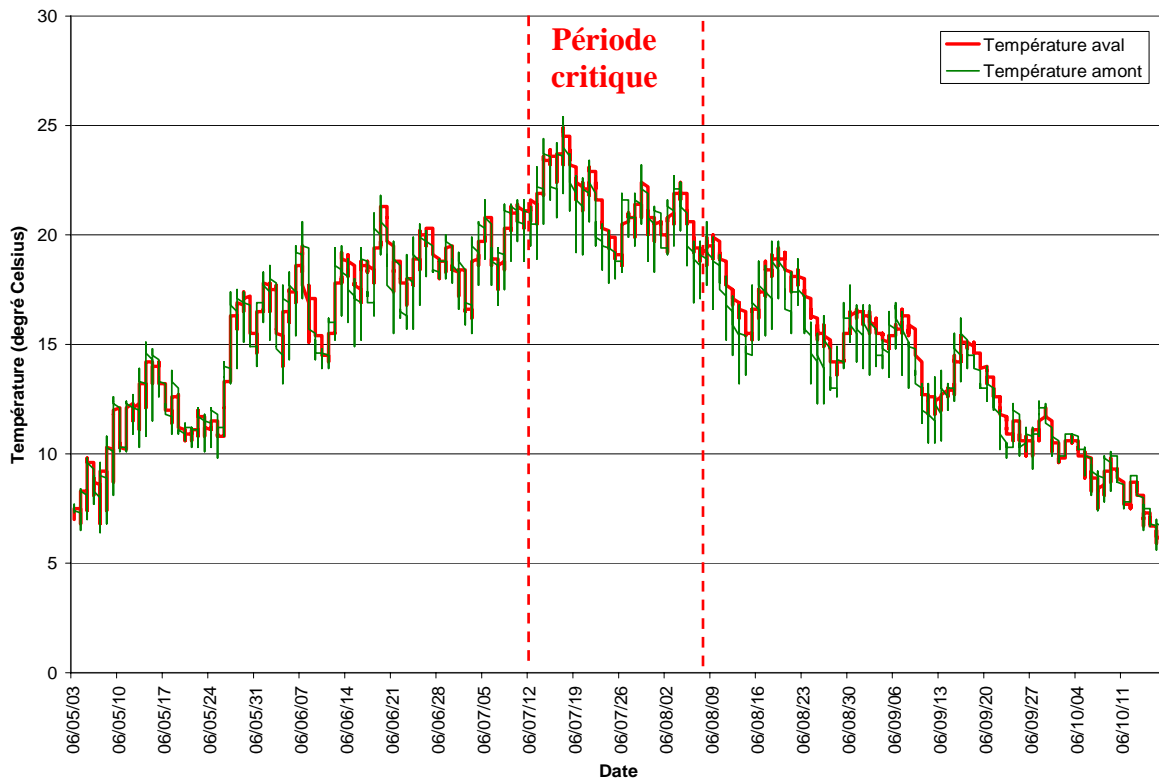


Figure 15. Évolution de la température de l'eau de la rivière aux Pins dans sa portion aval au cours de la saison 2006.

Évolution de la bathymétrie

Les méthodes d'acquisition et d'analyse des données de bathymétrie ont évolué de façon importante entre 1973 et 2006. Malgré cela, nous considérons que les cartes bathymétriques du lac Saint-Joseph de 1973 et de 2006 sont comparables. Bien que l'utilisation de méthodes différentes soit susceptible d'amener un certain biais dans les calculs de volume entre ces deux années, nous considérons que l'ordre de grandeur des volumes sera un indicateur relativement fiable pour documenter l'évolution de la bathymétrie du lac Saint-Joseph.

Le volume total du lac Saint-Joseph est passé de 182 350 000 à 175 980 000 m³ entre 1973 et 2006, ce qui représente une diminution de 6 370 000 m³ (tableau 7). Cette perte de volume est attribuable en partie au biais d'échantillonnage au niveau de l'acquisition et de l'analyse des données, mais cela ne suffit pas à expliquer l'écart. En effet, cette diminution de volume est équivalente au déversement d'environ 637 000 camions de 10 m³ (53 camions par jours pendant 33 ans) ou à une diminution de la profondeur de 60 cm sur l'ensemble du lac (1,8 cm par année). Même en assumant que nos calculs pourraient être surestimés de 50 %, on constate que les apports de sédiments qu'a connus le lac Saint-Joseph sont astronomiques!

Tableau 7. Évolution des volumes d'eau des deux bassins du lac Saint-Joseph entre 1973 et 2006

Plan d'eau	Volume (millions de m ³)				Nombre de camions (10 m ³)
	1973	2006	Différentiel	Perte (%)	
Bassin nord	159,7	155,6	-4,1	-2,5	404 000
Bassin sud	22,7	20,4	-2,3	-10,3	233 000
Lac Saint-Joseph	182,4	175,9	-6,5	-3,5	637 000

Le bassin sud semble avoir été affecté de façon plus importante par les apports de sédiments que le bassin nord puisqu'il a perdu 10,3 % de son volume de 1973 comparativement à 2,5 % pour le bassin nord. La rivière aux Pins est en grande partie responsable des apports de sédiments dans le bassin sud.

En soustrayant les valeurs bathymétriques de 2006 à celle de 1973, nous avons été en mesure d'identifier les principales zones de sédimentation (figure 16). On constate que plusieurs des zones de sédimentation correspondent à des embouchures de tributaires ou à des fossés de drainage. Une validation sur le terrain de l'existence de ces zones de sédimentation et une caractérisation de leur importance ainsi que de leurs apports permettraient d'avoir une meilleure connaissance de la dynamique sédimentaire du lac Saint-Joseph. Il serait par la suite plus facile d'intervenir afin de limiter au maximum les apports de sédiments au lac.

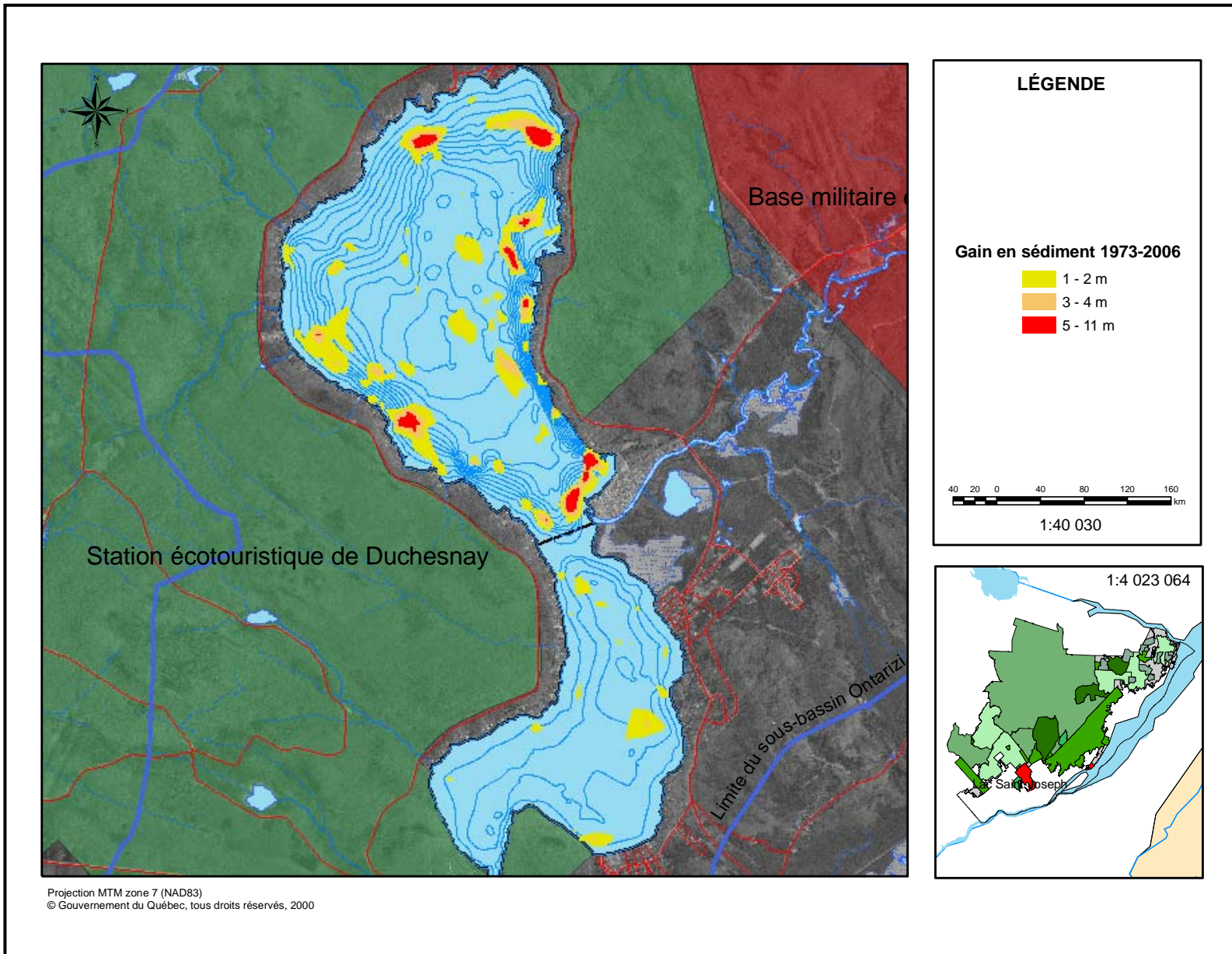


Figure 16. Identification des principales zones de sédimentation du lac Saint-Joseph

État des sites de reproduction du touladi

De façon générale, les sites de fraie utilisés par le touladi en 1991 présentent toujours les conditions granulométriques favorables à la reproduction de l'espèce (figure 17). En effet, dix des treize (76,9 %) sites présentent toujours un substrat composé majoritairement de blocs, de roches, de galets et de cailloux. Cependant, les sites 4, 7 et 8 présentent aujourd'hui une forte composante (45 % et plus) de matériaux fins (sable et vase) susceptibles de colmater le site de reproduction (tableau 8). En ce qui concerne les sites potentiels identifiés lors du même inventaire, seulement dix des quinze (66,7 %) sites identifiés présentent toujours un substrat favorable à la reproduction du touladi. C'est donc dire que 28,6 % des sites de reproduction du touladi identifiés, il y a 15 ans, se seraient dégradés. Les apports de sédiments provenant des tributaires et des fossés de drainage sont identifiés comme étant les principales causes expliquant la dégradation de ces habitats. Il serait intéressant de confirmer l'état des sites de reproduction via des inventaires. Il faudrait de plus envisager de restaurer les sites ayant subi une détérioration après avoir enrayé les sources d'apport de sédiments.

Tableau 8. Composition granulométrique de sites de reproduction du touladi en 2006.

Site	Proportion de la granulométrie (%)					
	Bloc /roche	Galet/caillou	Gravier	Sable	Vase	
Sites utilisés	1	95	0	0	5	0
	2	95	0	0	5	0
	3	95	0	0	5	0
	4	25	30	10	25	20
	5	60	30	10	0	0
	6	60	20	0	20	0
	7	35	15	0	50	0
	8	10	5	0	35	50
	9	60	25	0	5	10
	10	60	25	0	5	10
	11	60	25	0	5	10
	12	60	25	0	5	10
	13	60	25	0	5	10
Sites potentiels	14	20	15	0	65	0
	15	60	25	0	10	5
	16	25	20	0	30	20
	17	40	30	0	30	0
	18	95	0	0	5	0
	19	95	0	0	5	0
	20	30	15	0	20	35
	21	60	30	10	0	0
	22	60	20	0	20	0
	23	25	20	5	30	20
	24	30	30	5	15	20
	25	40	35	5	10	10
	26	50	20	5	20	5
	27	20	0	0	65	15
	28	60	25	0	5	10
Moyenne	53,0	18,2	1,8	17,9	9,3	

: Sites ayant subi une augmentation de la proportion de matériaux fins

Gestion du niveau d'eau du lac Saint-Joseph

De façon générale, entre 1997 et 2005, le niveau d'eau du lac Saint-Joseph était maintenu à la cote 158,9 entre la fin mai et le mois de décembre (figure 18). Le réservoir était ensuite progressivement abaissé à la cote 158,0 entre le début et la fin du mois de mars afin qu'il soit en mesure d'accueillir les eaux de fonte. Cet abaissement de 90 cm est susceptible d'exonder ou de faire geler les œufs de touladi qui auraient été pondus en faible profondeur au cours de l'automne précédent.

Bien qu'aucun œuf de touladi n'ait été découvert à moins d'un mètre de profondeur lors de l'inventaire des sites de fraie de 1991 (Boivin 1992), nous considérons tout de même que le niveau d'eau du lac Saint-Joseph devrait faire l'objet d'une gestion particulière. Ainsi, nous recommandons que le niveau d'eau du lac Saint-Joseph soit graduellement abaissé à la cote 158,4 entre le 15 septembre et le 1^{er} octobre et que cette cote soit maintenue jusqu'au 1^{er} novembre. Le niveau du lac pourra par la suite être graduellement

remonté à la cote 158,9. Le reste de l'année, le niveau d'eau pourra être géré de la même façon qu'au cours des dix dernières années.

Bien sûr, les modalités de gestion des eaux que nous proposons pour favoriser la reproduction du touladi devront s'harmoniser avec les autres usages et usagers du lac Saint-Joseph et recevoir l'approbation du milieu avant qu'elles ne soient mises en place.

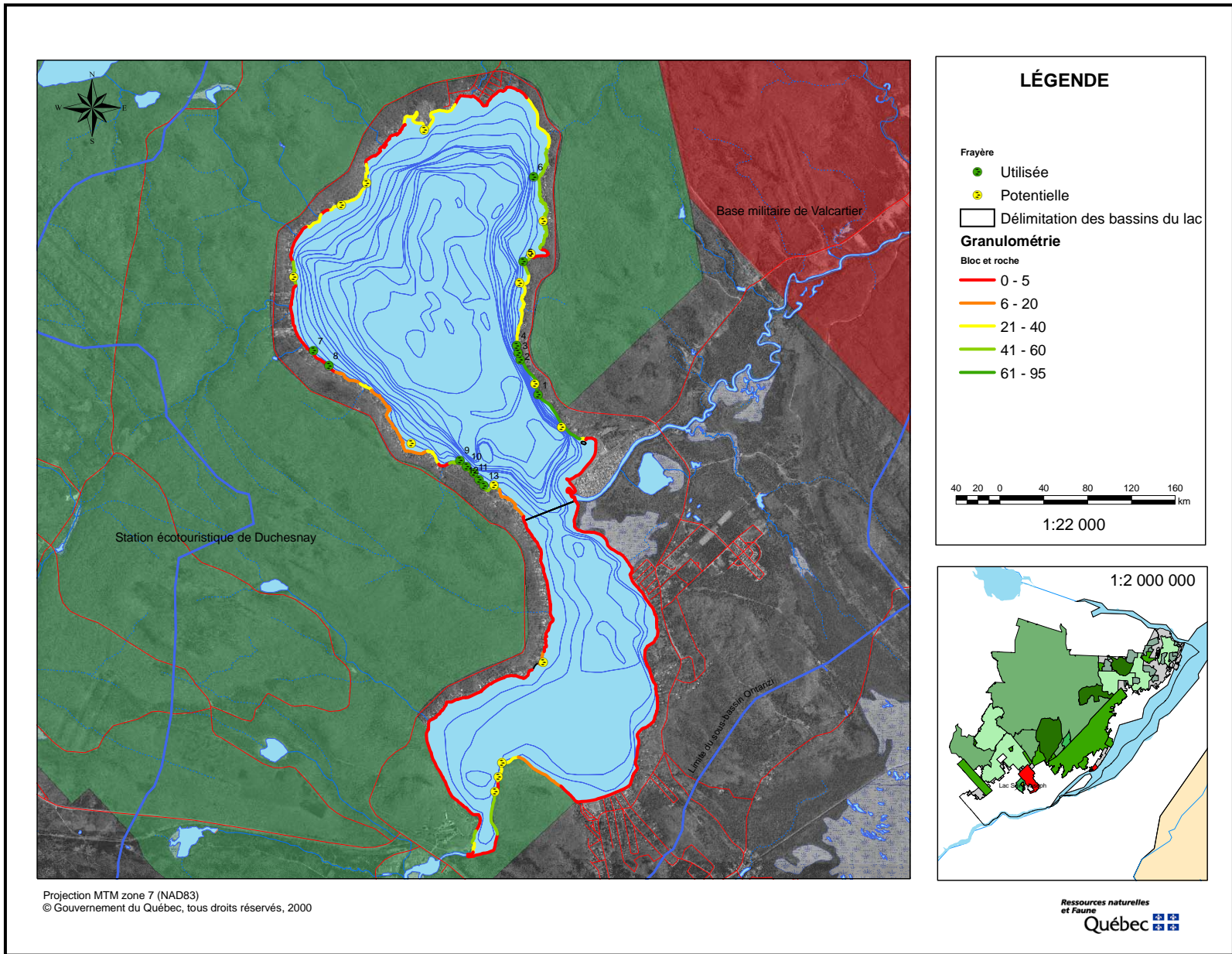


Figure 17. Proportion de la composante granulométrique grossière des berges du lac Saint-Joseph

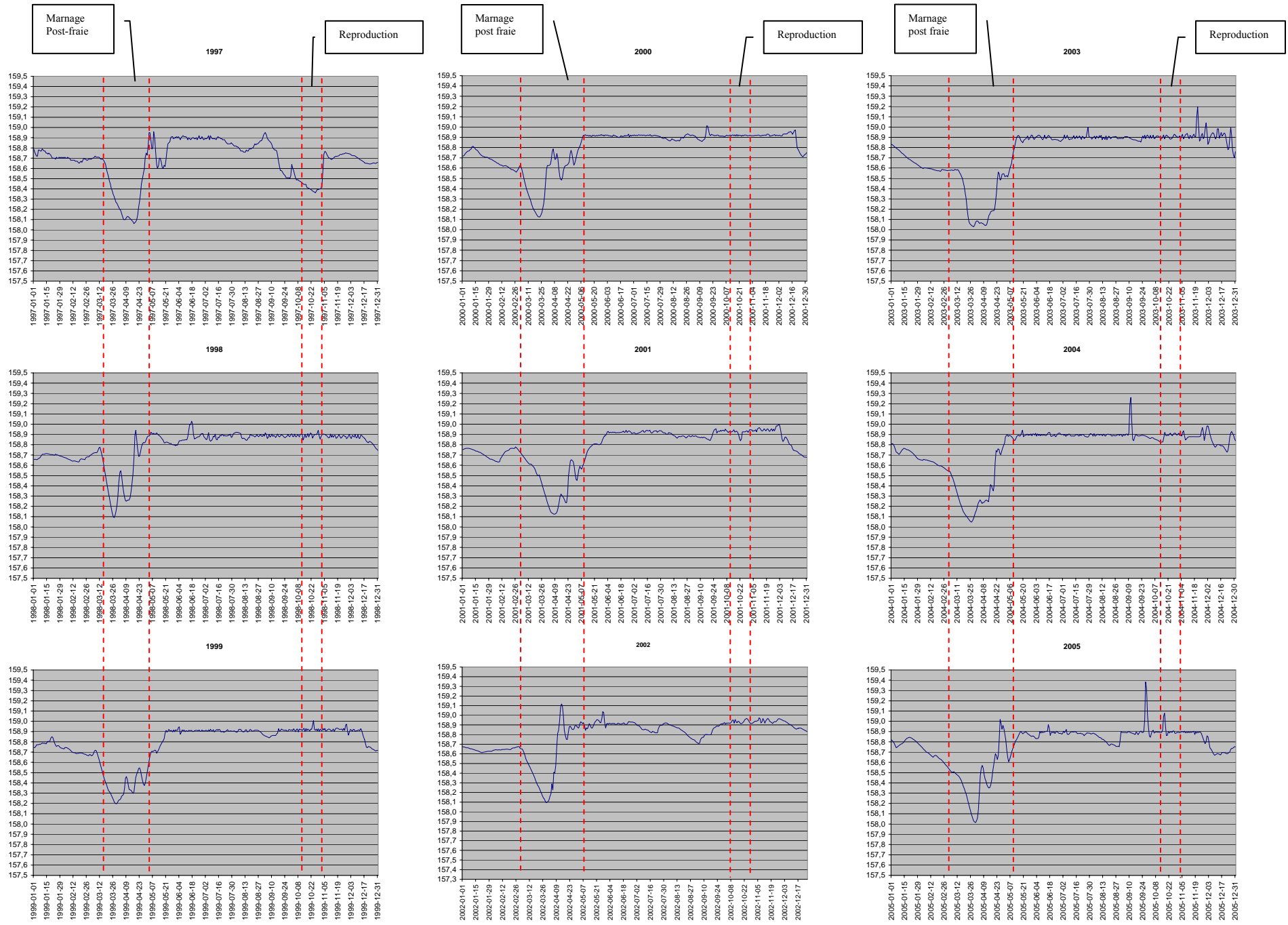


Figure 18. Évolution annuelle du niveau d'eau du lac Saint-Joseph de 1997 à 2005.

État de l'habitat du lac Saint-Joseph

L'analyse des données de physico-chimie et les observations de terrain nous amènent à conclure que le lac Saint-Joseph est en eutrophisation. On constate que les deux bassins du lac sont affectés par cette problématique, bien que les impacts soient plus évidents dans le bassin sud. De façon générale, nous considérons le bassin sud du lac Saint-Joseph comme étant *mésotrophe* et le bassin nord comme étant *oligo-mésotrophe* (figure 19). Une étude écologique du lac Saint-Joseph effectuée en 1971 classait le bassin sud comme étant mésotrophe et le bassin nord comme étant oligotrophe. C'est donc dire que la situation du lac se serait dégradée au cours des 35 dernières années.

Ainsi, les problèmes connus en 2006, principalement dans le bassin sud (mortalité de ciscos de lac, prolifération de cyanobactéries et anoxie de l'hypolimnion) sont tous des symptômes d'une même problématique : *l'eutrophisation* du lac.

Bien que le bassin nord présente toujours un habitat de grande qualité pour les salmonidés, ce dernier n'est pas pour autant à l'abri des problématiques du bassin sud. Pour le moment, les impacts au niveau de l'habitat et des populations de poissons sont limités par sa plus grande superficie et son important volume. Il est à noter cependant qu'une prolifération de cyanobactéries a été observée dans le bassin nord du lac Saint-Joseph en septembre 2006. Il est plus que probable que si les apports de matières nutritives ne diminuent pas de façon considérable au lac Saint-Joseph, le bassin nord connaîtra les mêmes problèmes que le bassin sud à long terme.

Les principaux effets négatifs de l'eutrophisation sur les usages de l'eau sont :

- L'augmentation de la croissance des plantes aquatiques;
- L'augmentation de la biomasse d'algues;
- La diminution de la transparence de l'eau;
- Le problème de goût, d'odeur et de traitement de l'eau;
- La diminution de la concentration d'oxygène dans l'eau;
- L'augmentation de l'incidence des mortalités chez les poissons;
- La perte de diversité biologique;
- La prolifération de cyanobactéries amenant de sévères restrictions de l'usage de l'eau;
- La diminution de la valeur esthétique des propriétés.

Conjugué à cela, on constate que la **température** de l'eau du lac s'est considérablement réchauffée dans les deux bassins (3 à 4°C) au cours des 35 dernières années. Le volume d'habitat favorable aux salmonidés s'en trouve ainsi réduit, particulièrement dans le bassin sud. Les changements climatiques, le déboisement et l'anthropisation des berges du lac et de la rivière aux Pins sont des facteurs qui contribuent au réchauffement de l'eau.

La dégradation présumée de 23 % des **sites de reproduction** utilisés par le touladi est également un phénomène préoccupant. Les apports sédimentaires provenant des tributaires intermittents et permanents et des fossés de drainage sont probablement à l'origine de ces pertes d'habitat. Il faudra éviter que d'autres frayères ne soient affectées par le développement des berges et, dans la mesure du possible, restaurer celles qui ont été dégradées.

De plus, la **gestion actuelle du niveau** d'eau du lac Saint-Joseph est susceptible d'exonder des nids de touladi après la fraie. Des modalités de gestions particulières devront être mises en place afin de minimiser les impacts du marnage du lac Saint-Joseph sur les populations de poissons.

Les **apports massifs de sable** au lac Saint-Joseph ont été d'une telle importance au cours des 33 dernières années que nous avons été en mesure d'observer des changements importants au niveau de la bathymétrie du lac. Le volume du lac Saint-Joseph a diminué d'environ 6 370 000 m³ en 33 ans. Ces apports de sable ont irrémédiablement détérioré ou détruit l'habitat du poisson à bien des endroits. Ils vont de plus bientôt poser problème à la navigation de plaisance dans la portion centrale du lac (photographie 2).

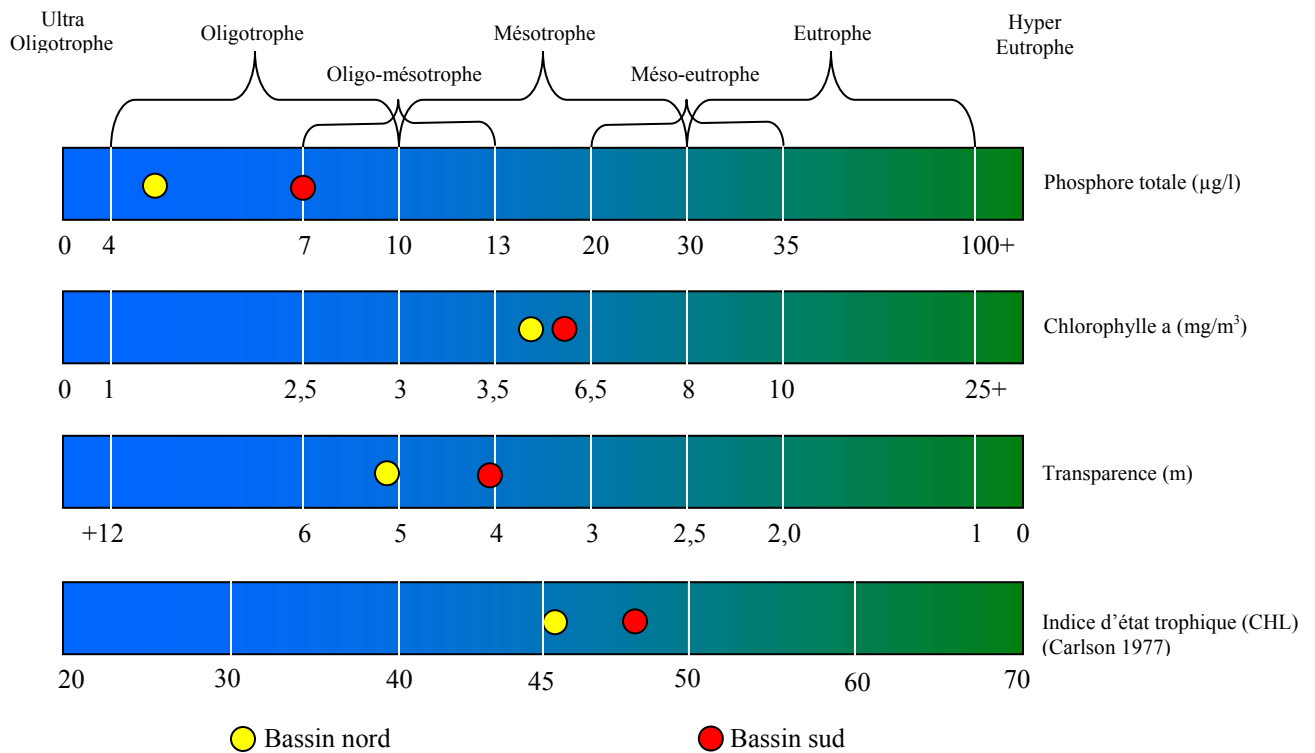


Figure 19. Classement du niveau trophique des deux bassins du lac Saint-Joseph

Inventaire ichtyologique

Sommaire de la pêche expérimentale

L'effort total de 25 filets-nuits a permis la capture d'un total de 665 poissons appartenant à huit espèces pour une biomasse totale de 248,9 kg (tableau 9). L'effort de pêche déployé dans le bassin nord (72 %) a été plus important que dans le bassin sud (28 %) en raison de l'absence d'habitat favorable au touladi dans le bassin sud et de la superficie plus importante du bassin nord. Malgré cela, un filet à touladi a été déployé dans l'une des fosses du bassin sud afin d'y confirmer l'absence de touladi. L'effort de pêche pour caractériser les espèces autres que le touladi, le grand corégone et le cisco de lac a été comparable entre le bassin nord (57,1 %) et le bassin sud (42,9 %).

L'importance et la nature des captures divergent de façon importante entre le bassin nord et le bassin sud du lac Saint-Joseph. En effet, 85,1 % des captures proviennent du bassin nord alors que l'effort de pêche correspond à 72 % de l'effort total. Les espèces les plus abondantes du bassin nord sont le grand corégone (32,8 %), le cisco de lac (28,0 %) et le touladi (13,1 %) alors que le meunier noir (7,4 %), le cisco de lac (3,6 %) et l'achigan à petite bouche dominant dans le bassin sud. Il est rassurant de constater que le cisco de lac est toujours présent dans le bassin sud du lac Saint-Joseph malgré les mortalités massives qu'a connue cette espèce au début du mois d'août 2006. Cependant, on constate que les espèces d'eau chaude dominent les captures du bassin sud (meuniers, achigan à petite bouche) puisqu'elles représentent 70 % des captures contrairement à seulement 9,5 % dans le bassin nord.

Fait étonnant, malgré l'ensemencement de milliers d'ombles de fontaine annuellement, aucun représentant de cette espèce n'a été capturé. Des analyses effectuées au cours de l'hiver 2007 ont démontré que la concentration en oxygène dissous était très faible en hiver dans la baie de Duchesnay. Il est probable que plusieurs ombles de fontaine dévalent la rivière Ontarizi durant l'hiver ou soient victimes de mortalité hivernale (winterkill).

Finalement, des données historiques rapportaient la présence de perchaude au lac Saint-Joseph alors qu'aucun représentant de cette espèce n'a été capturé en 2006. Il est probable qu'une erreur d'identification ou de saisie de données soit à l'origine de cette mention historique.

Capture par unité d'effort (CPUE) et biomasse par unité d'effort (BPUE)

Le CPUE moyen du lac Saint-Joseph est de 27,7 poissons/filet-nuit. Les CPUE sont 2,6 fois plus élevées dans le bassin nord (31,4 poissons/filet-nuit) que dans le bassin sud (17,0 poissons/filet-nuit) (tableau 9). La BPUE moyenne est de 10,4 kg/filet-nuit et elle est 3,1 fois plus élevée dans le bassin nord (12,5 kg/filet-nuit) que dans le bassin sud (4,1 kg/filet-nuit) (tableau 5).

L'espèce qui semble la plus abondante au lac Saint-Joseph est le grand corégone avec 11,1 poissons/filet-nuit, suivi du cisco de lac avec 10,5 poissons/filet-nuit et du touladi avec 8,7 poissons/filet-nuit. Le CPUE du grand corégone est comparable à celui de plusieurs lacs de la région de la Mauricie (Houde et Scrosati 2003). Les CPUE de touladi, sont relativement élevées au lac Saint-Joseph puisqu'il se classe 12^e sur les 57 lacs inventoriés entre 2000 et 2006 (tableau 10). Comme le CPUE est un bon indice de l'abondance des poissons, on peut présumer que le lac Saint-Joseph abrite une importante population de touladis qui se compare aux meilleurs lacs de la province.

L'abondance du cisco de lac est 7,8 fois plus élevée dans le bassin nord que dans le bassin sud alors que seulement trois corégones et aucun touladi n'ont été capturés dans le bassin sud. La faible qualité de l'habitat du bassin sud pour ces salmonidés, de même que les mortalités massives survenues en 2006, sont probablement responsables de ces résultats.

Au niveau de la biomasse, le touladi domine avec 13,2 kg/filet-nuit, suivi du corégone avec 4,0 kg/filet-nuit et du meunier noir avec 1,5 kg/filet-nuit.

Tableau 9. Résultats sommaires des captures effectuées au lac Saint-Joseph entre le 28 et le 31 août 2006

Espèce	Effort (filets-nuits)						Capture									Biomasse								
	Nombre			Proportion (%)			Nombre			Proportion (%)			CPUE (n/filet-nuit)			Biomasse (kg)			Proportion (%)			BPUE (kg/filet-nuit)		
	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total	Nord	Sud	Total
Touladi	10	1	11	40	4	44	87	0	87	13,1	0,0	13,1	8,7	0,0	8,7	131,6	0,0	131,6	52,9	0,0	52,9	13,2	0,0	13,2
Grand corégone	15	5	20	60	20	80	218	3	221	32,8	0,5	33,2	14,5	0,6	11,1	59,5	0,2	59,7	23,9	0,1	24,0	4,0	0,04	4,0
Cisco de lac	15	5	20	60	20	80	186	24	210	28,0	3,6	31,6	12,4	4,8	10,5	6,0	0,6	6,6	2,4	0,2	2,7	0,4	0,12	0,5
Achigan à petite bouche	15	5	20	60	20	80	17	13	30	2,6	2,0	4,5	1,1	2,6	1,5	4,6	4,6	9,2	1,8	1,8	3,7	0,3	0,9	1,2
Barbotte brune	15	5	20	60	20	80	3	0	3	0,5	0,0	0,5	0,2	0,0	0,2	0,4	0,0	0,4	0,2	0,0	0,2	0,03	0,0	0,03
Meunier noir	15	5	20	60	20	80	34	49	83	5,1	7,4	12,5	2,3	9,8	4,2	21,8	19,0	40,8	8,8	7,6	16,4	1,5	3,8	5,3
Meunier rouge	15	5	20	60	20	80	0	1	1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,04	0,04
Mené à nageoires rouges	3	1	4	12	4	16	21	9	30	3,2	1,4	4,5	1,4	1,8	7,5	0,32	0,01	0,33	0,1	0,0	0,1	0,02	0,0	0,02
TOTAL	18	7	25	72	28	100	566	99	665	85,1	14,9	100	31,4	16,5	27,7	224,2	24,6	248,8	90,1	9,9	100,0	12,5	4,1	10,4

Tableau 10. Comparaison des résultats de pêches expérimentales de lacs à touladi réalisées au Québec entre 2000 et 2006

Lac	Région	Année	Superficie (ha)	Effort (filets-jours)	Récolte	CPUE (n/filets-jours)	Rang
CARIGNAN	4	2003	520	10	167	16,70	1
DUVAL	7	2002	1 059	11	169	15,36	2
HICKEY	7	2000	231	4	52	13,00	3
ARGILE	7	2002	451	8	97	12,13	4
MATAPEDIA	1	2002	3 807	42	504	12,00	5
MC FEE	7	2001	93	4	47	11,75	6
MASSAWIPPI	5	2002	1 792	22	238	10,82	7
WACONICHI	10	2000	8 184	51	530	10,39	8
GORDON	8	2001	174	8	79	9,88	9
TRUITE, A LA	15	2002	70	5	49	9,80	10
GEORGE, GRAND	8	2001	238	10	88	8,80	11
SAINT-JOSEPH	3	2006	1 100	10	87	8,70	12
TREMBLANT	15	2002	945	15	114	7,60	13
MEMEWIN	8	2000	899	14	92	6,57	14
POPE	15	2002	267	7	42	6,00	15
CLAIR	14	2001	2 163	21	125	5,95	16
MARIN	8	2000	401	10	59	5,90	17
GOELANDS, AUX	4	2003	212	9	52	5,78	18
LOUISA	15	2002	440	10	57	5,70	19
MEMPHREMAGOG	5	2001	9 541	36	202	5,61	20
TEMISCOUATA	1	2001	6 682	37	206	5,57	21
PATTERSON	7	2000	109	4	20	5,00	22
OUAREAU	14	2000	1 492	15	72	4,80	23
CHASSEURS, DES	1	2000	243	10	46	4,60	24
SIMON	7	2002	2 849	28	128	4,57	25
MISSIONNAIRE NORD, DU	4	2003	426	10	44	4,40	26
RITA	4	2003	179	8	35	4,38	27
CEDRES, GRAND DES	7	2001	793	8	30	3,75	28
SAULT-AUX-COCHONS	9	2002	901	12	45	3,75	29
GAGNON	7	2002	1 857	18	64	3,56	30
CARDINAL, DU	7	2001	54	4	14	3,50	31
ARCHAMBAULT	14	2002	1 380	15	50	3,33	32
CEDRES, PETIT DES	7	2001	282	4	12	3,00	33
VERT	7	2001	176	4	12	3,00	34
PEMICHANGAN	7	2000	1 544	16	47	2,94	35
TRENTE ET UN MILLES, DES	7	2003	4 973	50	145	2,90	36
FORGES, DES	8	2000	572	8	22	2,75	37
DUMONT	7	2002	1 172	18	48	2,67	38
MEGANTIC	5	2002	2 642	20	51	2,55	39
TEE	8	2002	448	10	25	2,50	40
KIPAWA	8	2002	30 044	55	133	2,42	41
NOMININGUE	15	2001	2 198	22	53	2,41	42
SACACOMIE	4	2003	974	10	24	2,40	43
BONIN	4	2003	453	10	23	2,30	44
CHAUMONOT	4	2003	456	10	23	2,30	45
CACUSCANUS	9	2002	1 191	12	26	2,17	46
MONDONAC	4	2002	2 313	43	90	2,09	47
BLANC	3	2006	212	8	15	1,88	48
POHENEGAMOOK	1	2003	894	11	20	1,82	49
GALARNEAU	7	2001	637	7	12	1,71	50
DENAIN	8	2000	596	10	14	1,40	51
MATCHI-MANITOU	8	2002	3 781	29	40	1,38	52
MANITOU	15	2002	404	9	11	1,22	53
BOIS FRANC	8	2002	1 373	10	12	1,20	54
YSER	8	2001	1 147	11	12	1,09	55
CUILLERE-HOSWART	8	2002	262	12	12	1,00	56
NAMEGO	8	2001	122	8	8	1,00	57
MOYENNE			1932,3	15,5	78,8	5,12	

Données biologiques

Touladi

Longueur, masse et coefficient de conditions

Les touladis capturés lors de la pêche expérimentale de 2006 ont une longueur moyenne de 503,0 mm et une masse moyenne de 1 522,2 g (tableau 11). Ces valeurs sont supérieures à la moyenne provinciale (2000 à 2006) qui est de 455,1 mm et 1059,3 kg. Les femelles présentent une longueur (+12,8 %) et un poids (+32 %) significativement supérieurs aux mâles. Le facteur de condition moyen est de 0,94 alors qu'il est de 1,04 pour les femelles et de 0,90 pour les mâles. Le facteur de condition moyen provincial (2000 à 2006) est de 0,84.

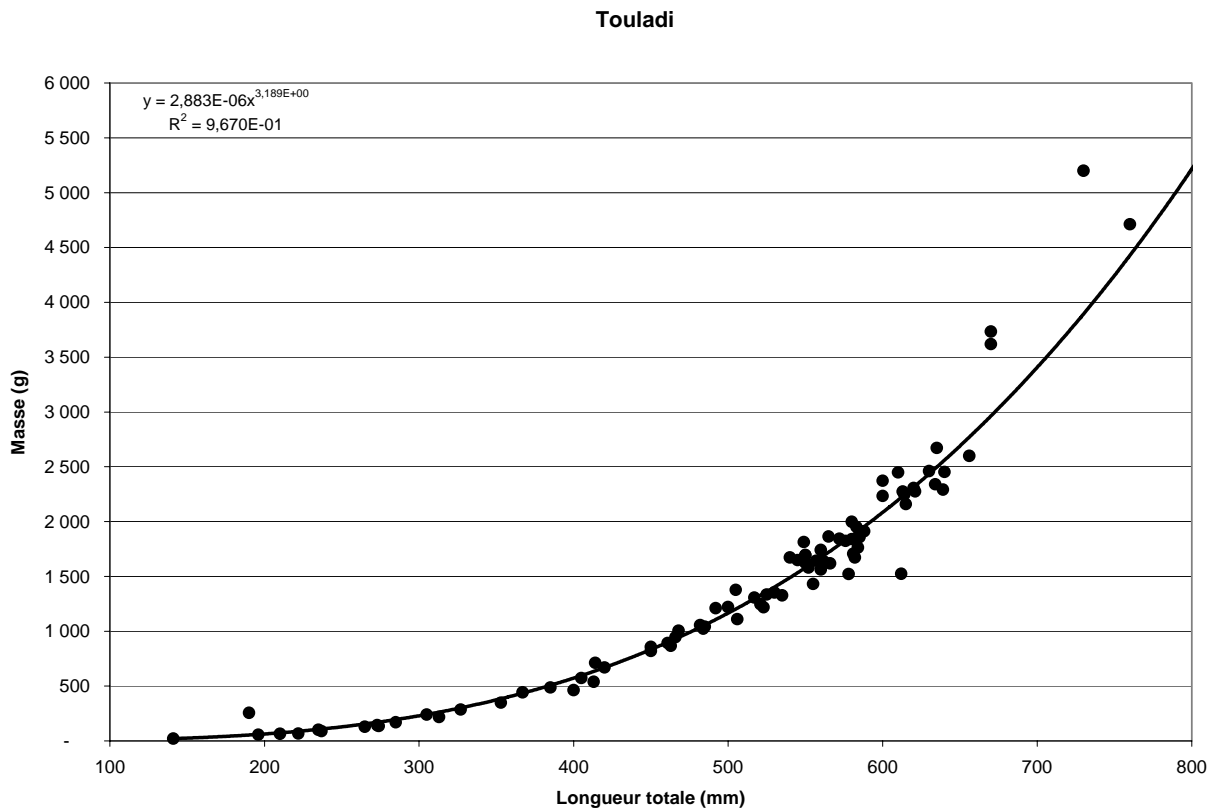


Figure 20. Relation entre la masse et la longueur totale des touladis du lac Saint-Joseph en 2006

La pente de la relation obtenue entre la masse et la longueur totale est de 3,19, ce qui est typique d'une croissance allométrique (figure 20). Cela signifie que les touladis deviennent plus trapus avec l'âge. Cette valeur de pente est comparable à la moyenne provinciale (2000 à 2006) qui s'établit à 3,22 ainsi qu'à celle du Michigan (3,18) (Schneider et al. 2000). La population de touladis du lac Saint-Joseph est considérée comme étant piscivore (croissance rapide).

Tableau 11. Résultats sommaires des paramètres morphométriques des salmonidés capturés au lac Saint-Joseph entre le 28 et le 31 août 2006

Paramètres	Touladi				Grand corégone				Cisco de lac			
	Moyenne	Min.	Max.	N	Moyenne	Min.	Max.	N	Moyenne	Min.	Max.	N
Longueur totale maximale (mm)												
Mâle	482,6	141,0	860,0	57	315,9	175,0	456,0	104	170,6	135,0	208,0	66
Femelle	553,5	190,0	638,0	29	331,2	156,0	445,0	51	169,9	133,0	206,0	64
Tous les individus	503,0	141,0	860,0	86	310,6	156,0	456,0	221	166,2	133,0	220,0	210
Masse (g)												
Mâle	1 389,7	20,7	8 150,0	57	284,4	40,8	699,0	104	32,3	14,6	50,1	66
Femelle	1 835,0	155,2	4 712,4	29	297,4	41,9	476,5	51	34,3	15,2	86,0	64
Tous les individus	1 522,8	20,7	8 150,0	87	269,4	26,7	788,4	221	31,7	14,6	86,0	210
Facteur de condition de Fulton												
Mâle	0,90	0,60	1,43	57	0,80	0,40	1,34	104	0,64	0,53	0,74	66
Femelle	1,04	0,14	3,71	29	0,78	0,42	0,93	51	0,69	0,56	0,86	64
Tous les individus	0,94	0,14	3,71	87	0,81	0,23	2,40	220	0,67	0,48	0,91	209

Distribution des tailles et RSD

La distribution de fréquence des classes de longueur des touladis est de type bimodale. Les classes dominantes sont 250 à 300 mm pour le premier mode et 550 à 600 mm pour le deuxième mode (figure 21). La sélectivité des engins de pêche en défaveur des poissons de petite taille amène une sous-représentativité des petits touladis.

On remarque qu'il y a une abondance d'individus se trouvant dans les classes 500 à 550 mm, 550 à 600 mm et 600 à 650 mm et une faible représentativité des individus dans la classe des 300 à 350, 350 à 400, 400 à 450 et 650 à 700 mm. La longueur moyenne de touladis capturés est de 503,0 mm alors que la moyenne provinciale depuis 2000 est de 455,1 mm.

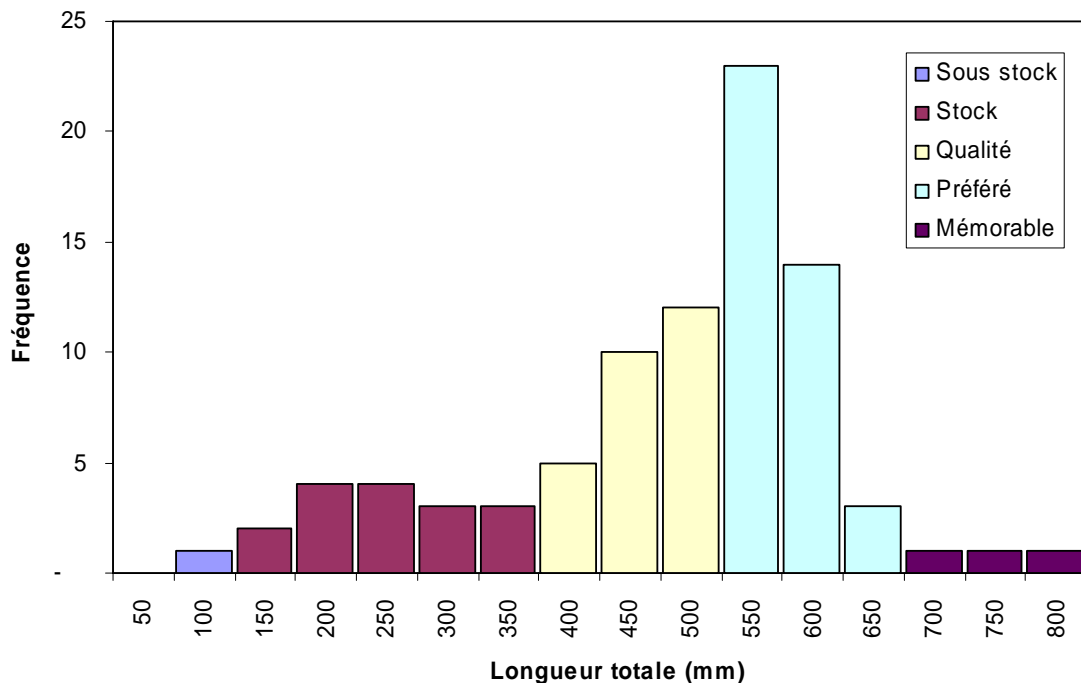


Figure 21. Distribution de taille (mm) du touladi du lac Saint-Joseph en 2006

La structure de taille dans les classes de qualité du RSD montre que la population de touladis présente une bonne proportion (59,7 %) de poissons de taille intéressante pour les pêcheurs (qualité ou plus) (figure 21). Cette proportion est deux fois plus élevée que la moyenne des lacs à touladi de la province ayant été inventoriés depuis 2000 (figure 22). Le PSS du touladi du lac Saint-Joseph est de 68, ce qui signifie que les spécimens de forte taille dominant la récolte.

Il est probable que la limite de taille fixée à 500 mm et la faible pression de pêche au touladi présumée sur le lac Saint-Joseph expliquent la forte proportion de touladis de bonne taille. En effet, lorsqu'une population est exploitée de façon non optimale, on observe une augmentation du nombre de poissons âgés (plus forte taille) (Johnson 2001).

Inversement, la proportion de touladis appartenant à la classe stock (300 -509 mm) est beaucoup plus faible pour le lac Saint-Joseph que pour la moyenne des lacs du Québec alors que cette gamme de taille est pleinement récoltée avec les engins de pêche utilisés. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce résultat.

D'abord, il est possible qu'on retrouve peu d'individus dans la classe stock en raison de la forte croissance des individus et de l'abondance des proies disponibles. Il est également probable que le lac ait connu des problèmes de recrutement au cours des dernières années en raison de la dégradation des sites de reproduction et du marnage des eaux du lac. Cependant, la structure d'âge de la population n'appuie pas cette hypothèse (figure 23). Finalement, l'abondance de touladis de forte taille est susceptible d'impacter l'abondance des juvéniles puisque ces derniers peuvent se nourrir de représentants de leur propre espèce (Scott et Crossman 1974). Finalement, la faible taille de notre échantillon fait possiblement en sorte que nous avons sous-estimé l'importance de ce segment de la population.

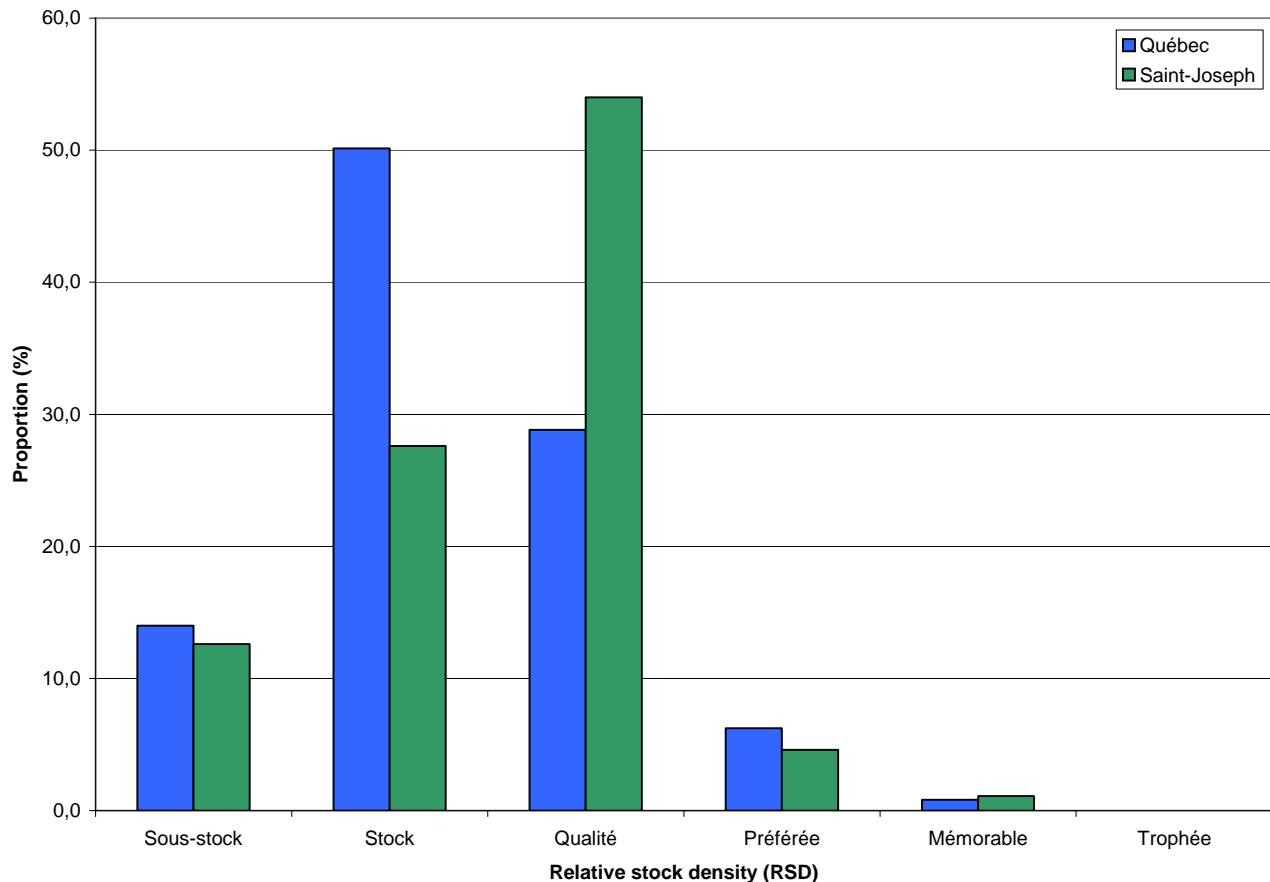


Figure 22. Comparaison de la structure de taille (RSD) des touladis du lac Saint-Joseph à celle des lacs à touladis de la province inventoriés depuis 2000

Âge

L'âge moyen des 86 touladis est de 9,3 ans, le plus jeune et le plus âgé ayant respectivement 4 et 13 ans (figure 23). On constate que les poissons de moins de 4 ans sont absents de notre échantillonnage probablement en raison de la sélectivité des engins de pêche en défaveur des poissons de petite taille (jeunes touladis). Il importe de préciser que nous avons connu des difficultés au niveau de la détermination de l'âge de certains spécimens au-delà de 7-8 ans malgré que les structures aient été interprétées à quatre reprises par trois lecteurs différents.

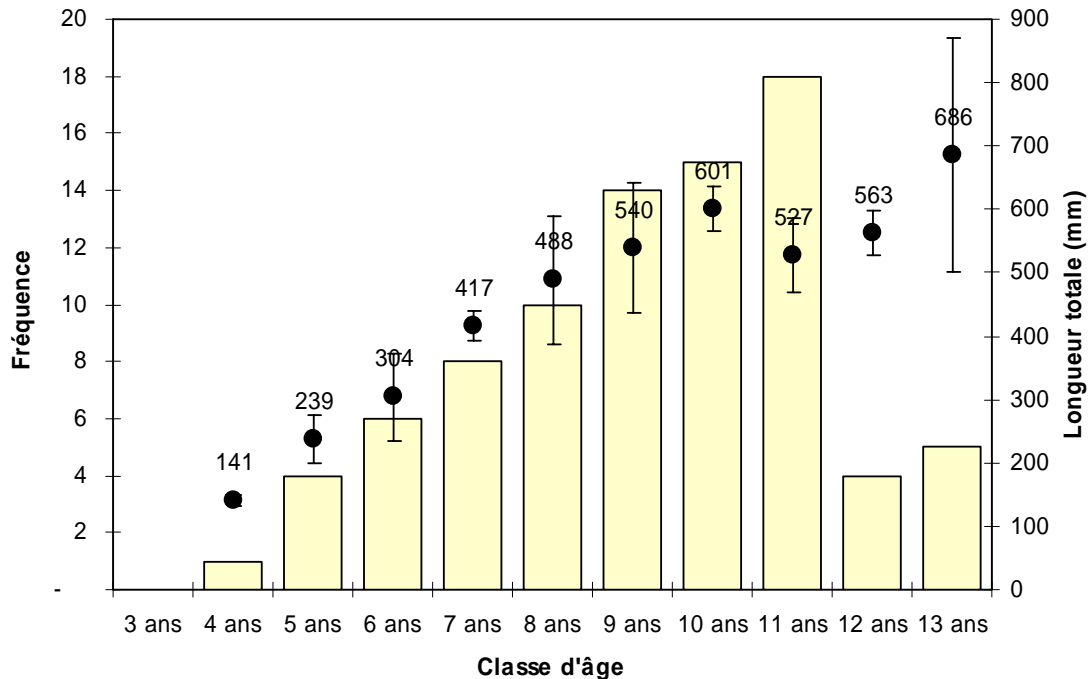


Figure 23. Distribution des fréquences d'âge des touladis du lac Saint-Joseph en 2006

On ne retrouve aucun individu âgé de plus de 13 ans, ce qui est surprenant considérant que le touladi peut vivre plus de 45 ans (Bernatchez et Giroux 1991) et que la population est considérée comme étant faiblement exploitée.

Croissance

La population de touladis du lac Saint-Joseph est considérée comme étant à croissance rapide, ce qui est typique des populations vivant en association avec le cisco de lac (figure 24). En effet, le cisco de lac est la proie favorite du touladi (Scott et Crossman 1974).

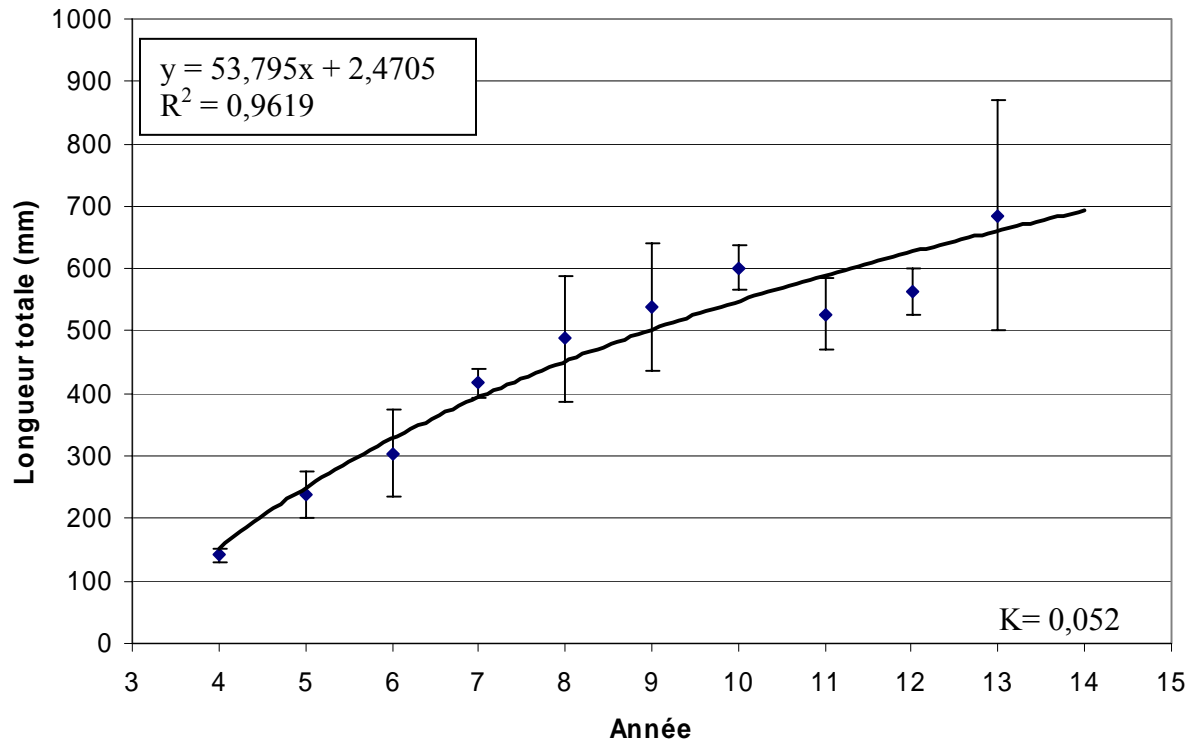


Figure 24. Courbe de croissance de Von Bertalanffy des touladis du lac Saint-Joseph en 2006

Rapport des sexes et maturité sexuelle

Le rapport des sexes est débalancé en faveur des mâles (66 %). De plus, toute proportion gardée, on retrouve plus de mâles (61 %) que de femelles à maturité (39 %). La taille moyenne pondérée à maturité sexuelle est de 446 mm ou de 8,25 ans pour les femelles et 529,7 mm de 9,8 ans pour les mâles. Presque tous les poissons sont matures à une taille de 525 mm. On peut donc assumer que l'imposition d'une taille minimale réglementaire de 500 mm (longueur à la fourche), spécifique au lac Saint-Joseph dans la zone de chasse et de pêche 27, est pleinement justifiée et doit être maintenue.

Mortalité

La mortalité totale instantanée est évaluée à 0,640, ce qui représente une mortalité relative annuelle de 47,3 % (Figure 25). La mortalité effective du lac Saint-Joseph est supérieure à la mortalité critique qui est évaluée à 37,6 %. L'âge d'extinction est évalué à 15,1 ans. Le taux de mortalité du touladi du lac Saint-Joseph est, par conséquent, considéré comme étant trop élevé. Il est possible que la pression de pêche et l'importance de la récolte soient plus importantes que ce que nous avons présumé.

Cependant, la faible taille de notre échantillon laisse planer un doute sur la validité des calculs de mortalités. Le faible nombre d'individus sur lequel se base le calcul de mortalités ($n= 27$) et le problème de recrutement ajoutent de l'incertitude en ce qui concerne les calculs de mortalités. Malgré tout, la disparition rapide des poissons âgés de plus de 11 ans vient appuyer l'hypothèse d'un fort taux de mortalités par la pêche. D'ailleurs, les populations de touladis des petits lacs à faible teneur en solides totaux dissous (STD), comme le lac Saint-Joseph, sont plus sensibles à la surexploitation que les populations de grands lacs à forte teneur en STD (Shuter *et al.* 1998).

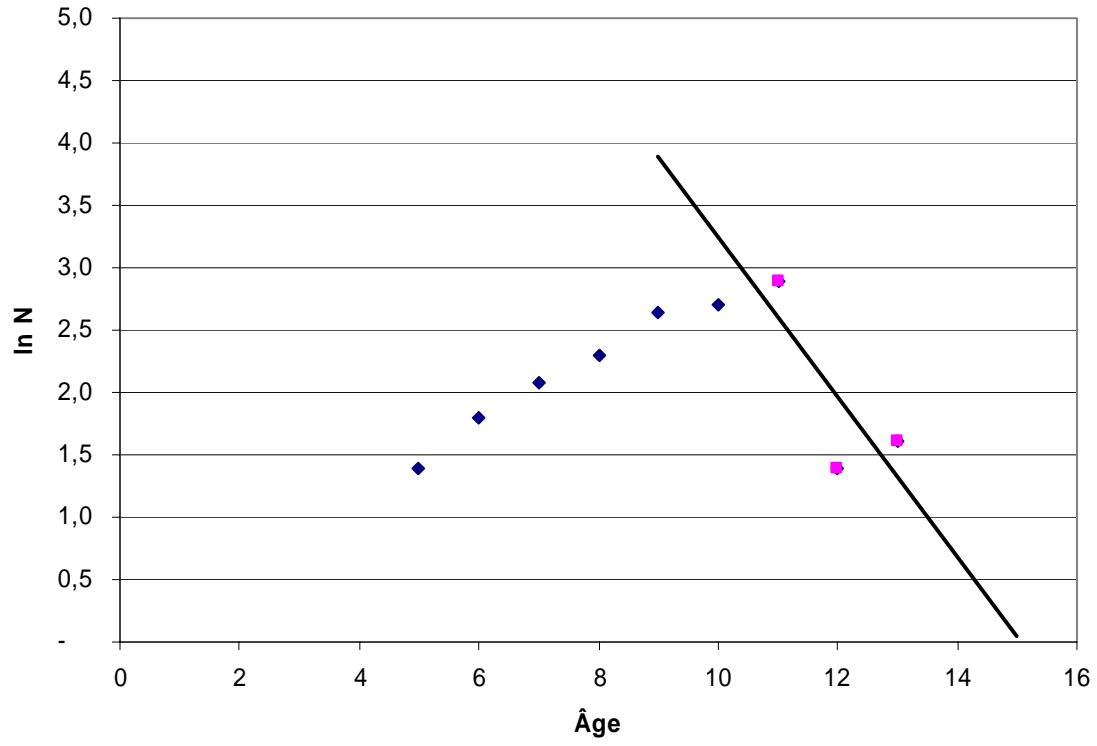
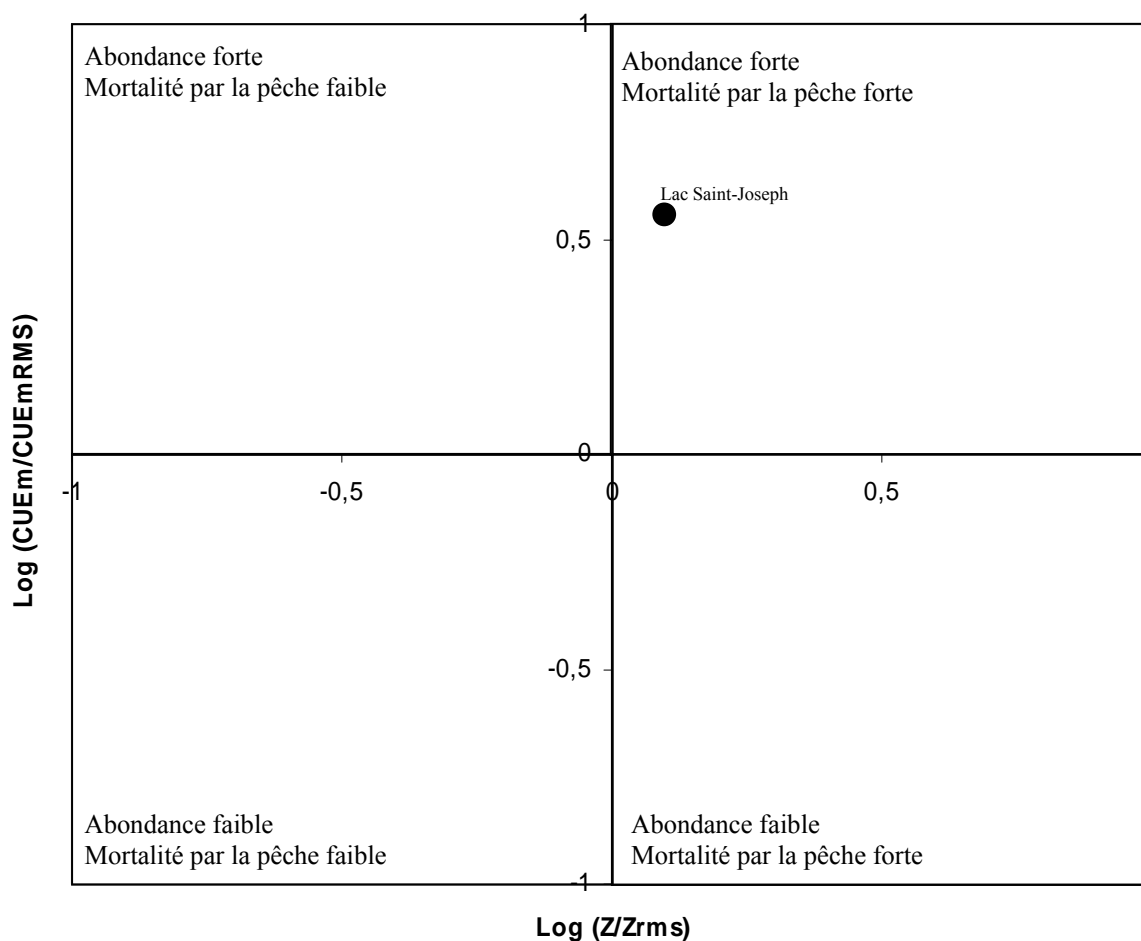


Figure 25. Courbe des captures de touladis du lac Saint-Joseph en 2006

État de la population

Bien que l'abondance du touladi dans le bassin nord du lac Saint-Joseph soit actuellement relativement élevée, on constate qu'il y a tout de même certaines irrégularités au niveau de la dynamique de la population. Premièrement, on retrouve peu de jeunes touladis dans notre échantillonnage, ce qui nous laisse croire à une **problématique de recrutement**. Deuxièmement, le **taux de mortalités serait trop élevé**, ce qui se traduit par une faible abondance d'individus plus âgés. Ces observations permettent de conclure que la population de touladis du lac Saint-Joseph, sans être menacée, est dans un état jugé préoccupant.

Selon la classification proposée par Lester *et al.* (2003), le lac Saint-Joseph est considéré comme étant nouvellement surexploité.



Grand corégone

Longueur, masse et coefficient de conditions

Les grands corégones capturés ont une longueur totale moyenne de 310,6 mm et une masse moyenne de 269,4 g (tableau 11). Le facteur de condition moyen est de 0,81. On

ne dénote pas de différence marquée entre les mâles et les femelles en ce qui a trait à l'ensemble de ces paramètres.

La pente de la relation obtenue entre la masse et la longueur totale est de 3,22 (figure 27). Cette valeur est comparable à la pente moyenne des grands corégones du Michigan (3,29) (Schneider et al. 2000). Une valeur de pente près de 3,0 signifie que les grands corégones conservent le même aspect peu importe la taille.

Distribution des tailles et RSD

La distribution de fréquence des classes de longueur des grands corégones est de type bimodale. Les classes dominantes sont 225–250 mm pour le premier mode et 325 à 350 mm pour le deuxième mode (figure 28). La sélectivité des engins de pêche en défaveur des poissons de petite taille amène une sous-représentativité des grands corégones de petite taille. Selon Benoit *et al.* (1997), les grands corégones seraient pleinement susceptibles aux engins de pêche normalisés dès qu'ils atteignent 270 mm de longueur totale.

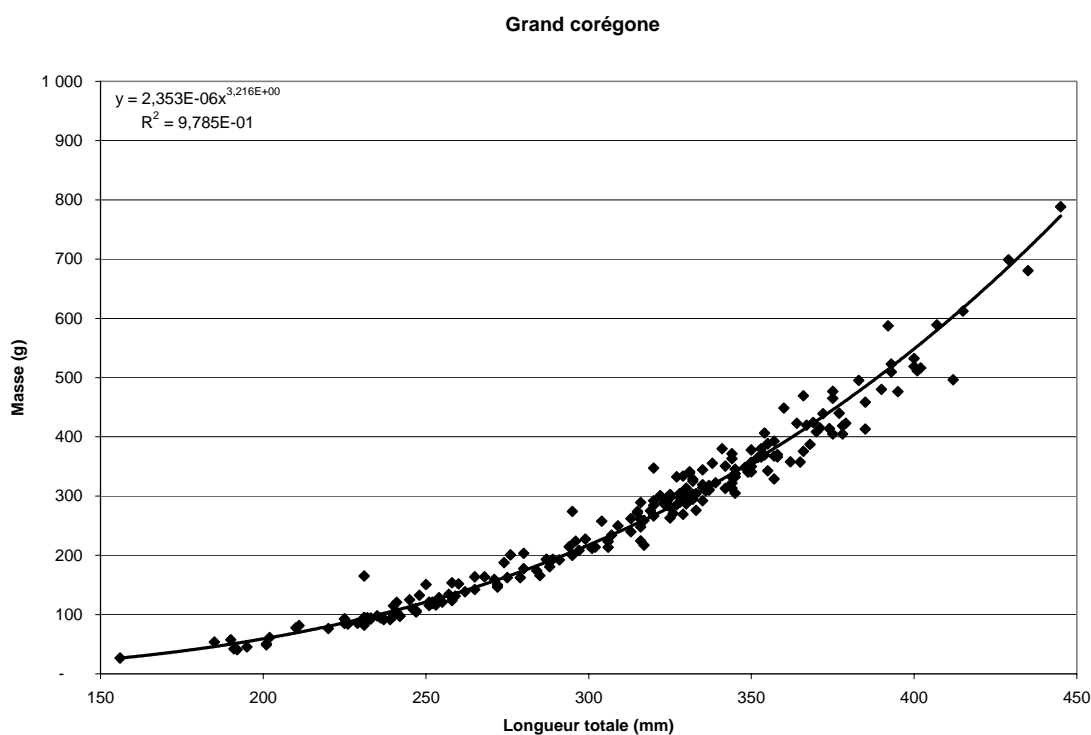


Figure 27. Relation masse-longueur des grands corégones du lac Saint-Joseph en 2006

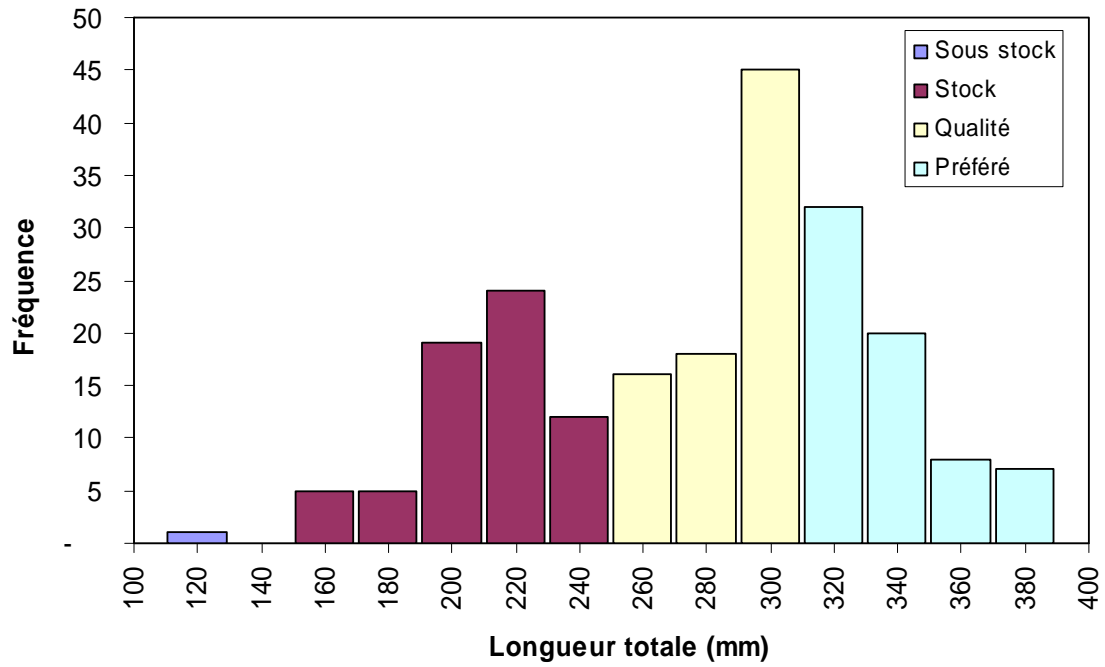


Figure 28. Distribution de taille (mm) des grands corégonides du lac Saint-Joseph en 2006

La bimodalité de la distribution de fréquence des longueurs des populations nordiques de grands corégones peut s'expliquer par une croissance rapide qui ralentit après la première maturité et demeure lente jusqu'à un âge très avancé. Parallèlement, la mortalité diminue rapidement au début et se stabilise à un très bas palier pendant la majeure partie de la vie. La combinaison de ces phénomènes produirait une population formée de nombreux jeunes et vieux individus, avec peu d'individus de tailles intermédiaires (Houde 2005). La longueur totale moyenne des grands corégones capturés est de 310 mm. Cette valeur se compare à celles obtenues dans différents plans d'eau de la Mauricie (tableau 12).

Tableau 12. Longueur totale moyenne des grands corégones capturés lors d'inventaires standardisés

Plan d'eau	Longueur totale moyenne (mm)
Lac Saint-Joseph	310
Réservoir Gouin	364
Réservoir Kempt	307
Réservoir Manouane	279
Moyenne	315

Âge

L'âge moyen des 144 grands corégones dont les otolithes ont été interprétés est de 4,0 ans, le plus jeune et le plus âgé ayant respectivement 1 et 11 ans (figure 29). On constate que les poissons de 3 ans sont sous-représentés, malgré que ces derniers soient pleinement recrutés par nos engins de pêche. On retrouve peu d'individus âgés de plus de 7 ans, ce qui est surprenant pour une population considérée comme étant faiblement exploitée.

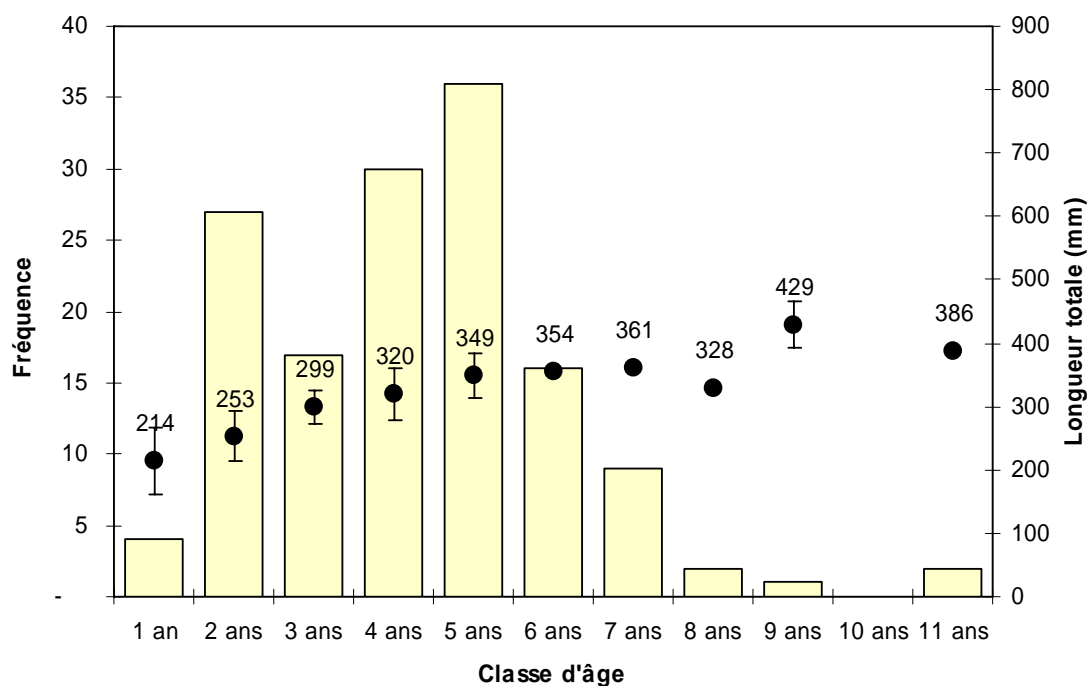


Figure 29. Distribution des fréquences d'âge des grands corégones du lac Saint-Joseph en 2006

Croissance

Les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy ($K= 0,269$ et $L_{inf}= 405$ mm) tendent à démontrer que la croissance des grands corégones du lac Saint-Joseph est relativement lente (figure 30). En effet, Houde (2005) a obtenu un « $K= 0,327$ » pour une longueur à l'infini de 416 mm au réservoir Gouin et Benoit *et al.* (1997) un « $K= 0,492$ » au lac Kempt et un « $K= 0,333$ » au lac Manouane pour des longueurs à l'infini respectives de 308 et 413 mm..

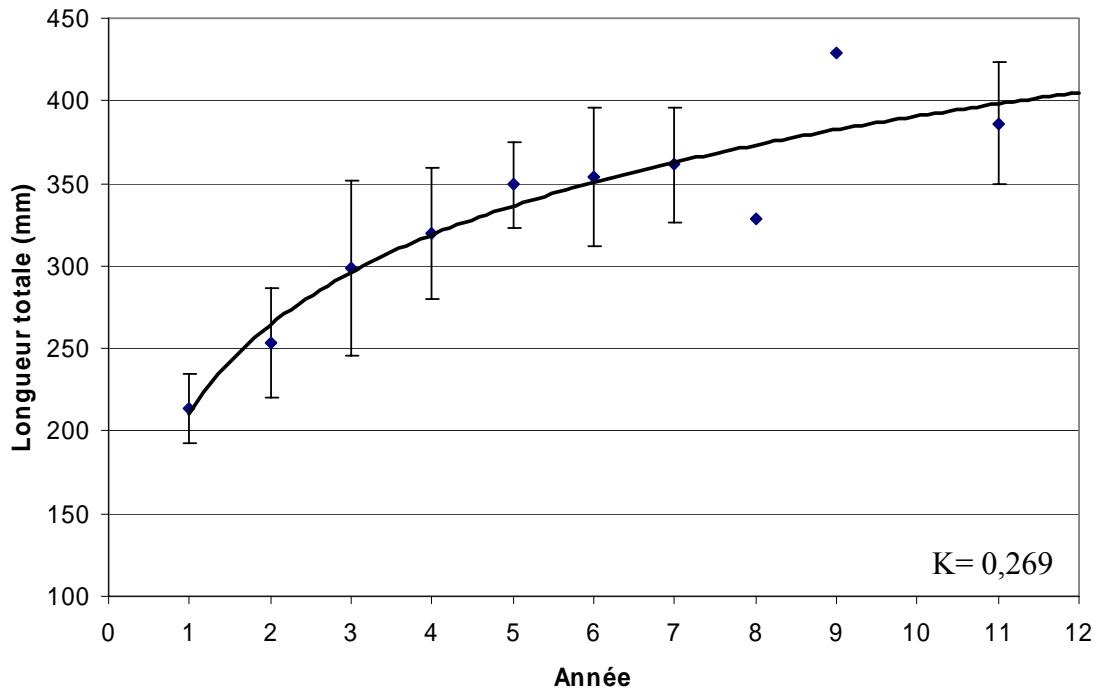


Figure 30. Courbe de croissance de Von Bertalanffy des grands corégones du lac Saint-Joseph en 2006

Rapport des sexes et maturité sexuelle

Le rapport des sexes est débalancé en faveur des mâles (66%). Par contre, toute proportion gardée, on retrouve plus de femelles (55 %) que de mâles à maturité (36 %). La taille moyenne pondérée à maturité sexuelle est de 310 mm ou de 3,6 ans. Tous les poissons sont matures à une taille de 437,5 mm.

Mortalité

La mortalité totale instantanée est évaluée à 0,469, ce qui représente une mortalité relative annuelle de 37,4 % (Figure 31). Cette valeur est plus élevée que celle obtenue par Houde 2005 au réservoir Gouin (14,5 %) mais plus faible que celle obtenue par Benoit *et al.* en 1997 aux lacs Kempt (54,0%) et Manouane (41,0%). L'âge d'extinction est évalué à 10,9 ans.

Healey (1975) a estimé à 49 % la mortalité moyenne observée pour treize populations de grands corégones non exploitées (18 à 74 %). La mortalité des grands corégones du lac Saint-Joseph peut donc être considérée comme étant relativement faible.

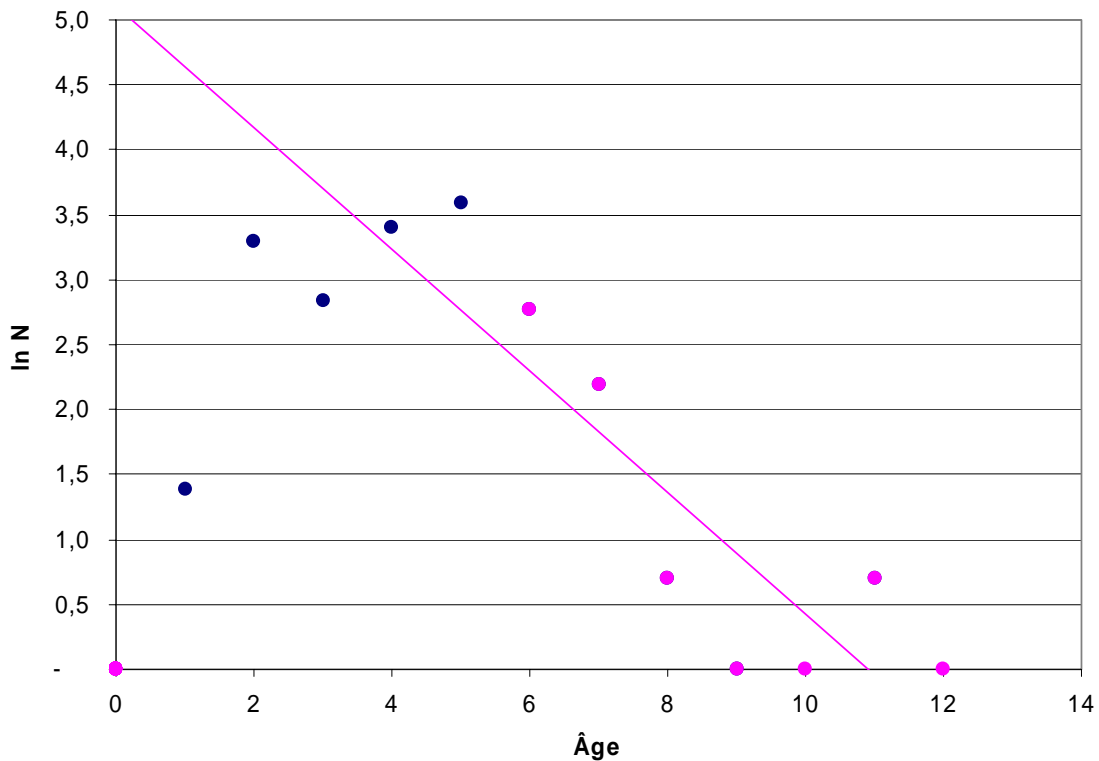


Figure 31. Courbe des captures des grands corégones du lac Saint-Joseph en 2006

État de la population

Les paramètres de dynamique de population calculés pour le grand corégone du lac Saint-Joseph tendent à démontrer que la population de cette espèce est en équilibre. En effet, le taux de mortalité totale instantanée est considéré comme étant modéré et il ne semble pas y avoir de problème de recrutement ou de surexploitation de la ressource.

Cisco de lac

Longueur, masse et coefficient de conditions

Les ciscos de lacs capturés lors de l'inventaire ont une longueur totale moyenne de 166,2 mm pour une masse moyenne de 31,7 g (tableau 11). Le facteur de condition moyen s'établit à 0,67. On ne dénote pas de différence marquée entre les mâles et les femelles en ce qui a trait à l'ensemble de ces paramètres.

La pente de la relation obtenue entre la masse et la longueur totale est de 2,63 (figure 32) ce qui signifie que les ciscos de lac gagnent plus en longueur qu'en masse. Cette valeur de pente est inférieure à la moyenne des ciscos de lac du Michigan (2,86) (Schneider *et al.* 2000).

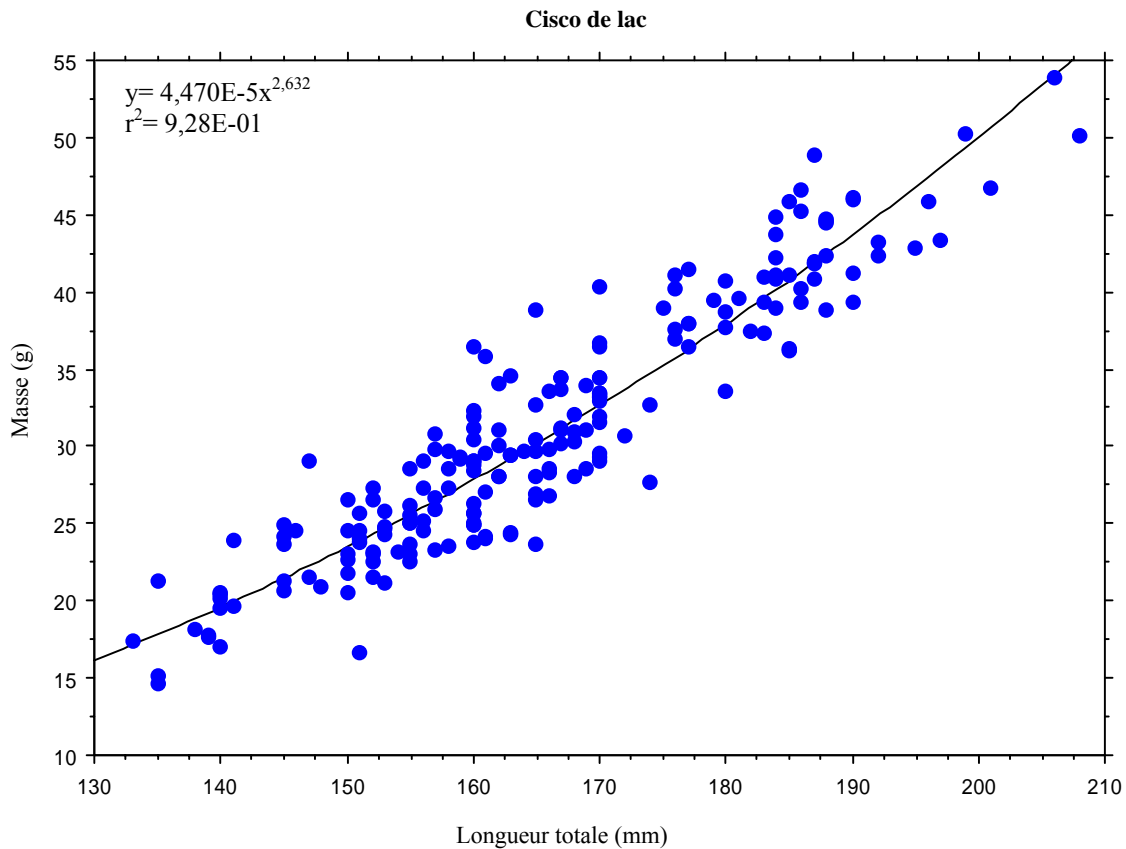


Figure 32. Relation masse-longueur des ciscos de lac du lac Saint-Joseph en 2006

Distribution des tailles et RSD

La distribution de fréquence des classes de longueur des ciscos de lac est de type unimodale (figure 33). La classe dominante est 160 à 170 mm. La sélectivité des engins de pêche en défaveur des poissons de petite taille amène une sous-représentativité des ciscos de lac de petite taille.

La longueur totale moyenne des ciscos capturés est de 166 mm, ce qui est relativement petit considérant la taille potentielle que peut atteindre cette espèce (plus de 400 mm) (Scott et Crossman 1974). La presque totalité des poissons capturés appartient à la classe stock, ce qui met en évidence l'absence de cisco de forte taille dans notre échantillon. D'ailleurs, lors de la mortalité massive des ciscos de lac survenue les 5 et 6 août 2007, des centaines de ciscos ayant une taille comparable à ceux prélevés par la pêche sportive ont été prélevés par le MRNF sans que l'on observe de ciscos de forte taille. Il est possible que peu de ciscos de lac atteignent une taille importante en raison de leur faible croissance qui serait occasionnée par une compétition interspécifique et intraspécifique ainsi que par la faible productivité du bassin nord du lac Saint-Joseph.

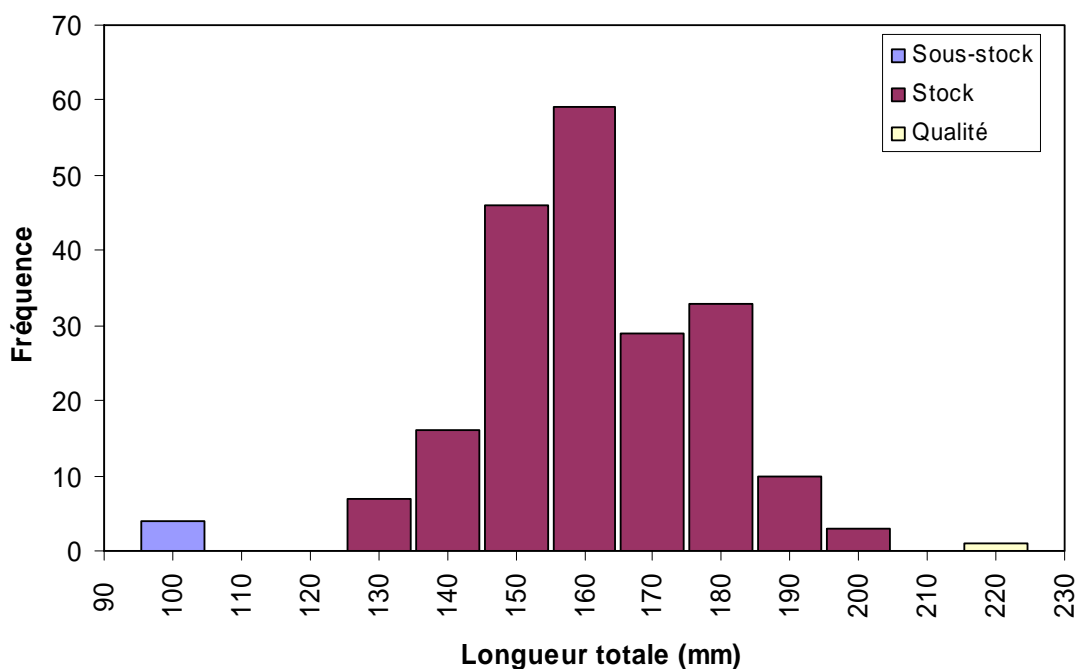


Figure 33. Distribution de taille (mm) des ciscos de lac du lac Saint-Joseph en 2006

Rapport des sexes et maturité sexuelle

Le rapport des sexes est équilibré (49,2 % de mâles, 47,8 % de femelles et 3 % de sexe indéterminé). Par contre, toute proportion gardée, on retrouve plus de femelles (58,7 %) que de mâles à maturité (41,3 %). La taille moyenne pondérée à maturité sexuelle est de 135 mm.

État de la population

Nous disposons de peu d'éléments pour statuer sur l'état de la population de ciscos de lac. Cependant, les éléments dont nous disposons laissent entrevoir que la population du bassin nord semble abondante et bien portante malgré la quasi-absence d'individus de plus de 200 mm.

Rendement théorique

Les rendements multispécifiques ont été estimés pour l'ensemble lac Saint-Joseph, le bassin nord et le bassin sud avec le modèle de Schlesinger et Regier (1982) qui intègre l'indice morphoédaphique de Ryder (1965) et la température moyenne annuelle de l'eau. Cette dernière a été fixée à 7 °C pour le lac Saint-Joseph, respectivement à 6 °C pour le bassin nord et 8 °C pour le bassin sud.

Le rendement théorique multispécifique annuel du lac Saint-Joseph est estimé à 2,6 kg/ha alors qu'il est de 5,0 kg/ha dans le bassin sud et de 1,8 kg/ha dans le bassin nord (tableau 13). En ce qui concerne spécifiquement le rendement en touladi du bassin nord du lac Saint-Joseph, ce dernier a été estimé au moyen de la méthode Shuter *et al.* 1998 à 0,96 kg/ha. Ce qui signifie que, de façon générale, le lac Saint-Joseph devrait être en mesure de fournir 717 kg de touladi annuellement ou de supporter une pression de pêche équivalente à 4,44 h/ha. Ce qui représente environ 341 touladis de plus de 500 mm (masse moyenne de 2,1 kg) ou un total de 3 317 heures de pêche.

Tableau 13. Rendement théorique du lac Saint-Joseph

Paramètre	Bassin nord	Bassin sud	Lac Saint-Joseph
Superficie (ha)	747,0	383,0	1130,0
Profondeur moyenne (m)	16,7	4,7	12,1
Conductivité	21,7	34,0	27,9
Solides totaux dissous	14,5	22,6	18,6
Indice morphoédaphique (IME)	0,9	4,8	1,5
Température moyenne annuelle	6,0	8,0	7,0
Rendement multispécifique (Schlesinger et Regier (1982))	1,8	5,0	2,6
Rendement en touladi (Shuter <i>et al.</i> 1998)	0,96	0,70	0,91

¹Schlesinger et Regier (1982)

Contamination de la chair des poissons

Selon la loi, les poissons capturés par des pêcheurs sportifs n'ont pas à être soumis au contrôle des contaminants, contrairement aux produits de la pêche commerciale qui sont réglementés au fédéral par la Loi sur les aliments et drogues et au provincial par la Loi sur les produits alimentaires.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), dans le cadre de la surveillance de la contamination du milieu aquatique, évalue le niveau des contaminants dans la chair des poissons d'eau douce. Nous avons soumis 36 échantillons de poissons (13 touladis, 13 achigans à petite bouche, 7 grands corégones et 3 meuniers noirs) au MDDEP afin de déterminer quelle était la concentration en mercure retrouvée dans la chair de ces différents spécimens.

Les règles de consommation des poissons sont basées sur les directives administratives édictées par Santé Canada pour la mise en marché des produits de la pêche. La directive dans le cas du mercure est fixée à 0,5 mg/kg. Par contre, les teneurs excèdent fréquemment la directive de 0,5 mg/kg pour plusieurs espèces de poissons, notamment dans le cas des poissons piscivores (www.mddep.gouv.qc.ca).

Le mercure susceptible de se retrouver au lac Saint-Joseph provient de plusieurs sources :

- le mercure est présent naturellement dans le roc, l'air et l'eau. Au contact des bactéries présentes dans le fond des lacs et des rivières, il peut se transformer en une substance assimilable appelée méthyl-mercure, (CH₃Hg⁺) qui présente un danger pour la santé humaine;
- le mercure peut provenir de certains rejets industriels majeurs;
- le mercure est disséminé dans l'environnement via une multitude de produits de consommation et par la combustion du pétrole, de l'huile, du charbon, etc.

De plus, la contamination des poissons varie en fonction de plusieurs facteurs :

- les espèces piscivores, c'est-à-dire celles qui se nourrissent d'autres poissons, tel le touladi, sont les plus contaminées;
- pour une même espèce, les gros spécimens contiennent généralement une plus grande concentration de mercure que les petits;
- la mise en eau de réservoirs crée une augmentation de la teneur en mercure dans les poissons. Or, le lac Saint-Joseph est un réservoir.

Cependant, le phénomène est lié à la phase de la mise en eau d'un réservoir. Il y a alors un apport plus important de mercure provenant des sols inondés. La concentration de mercure dans le système augmente rapidement pour revenir à la normale après 10 à 15 ans. Chez les poissons, la concentration de mercure dans la chair revient à la normale après une période variant de 15 à 25 ans pour les espèces planctophages et de 20 à 30 ans pour les espèces piscivores Shetagne et al. 1997.

Dans le cas du lac Saint-Joseph, sa mise en eau date de 100 ans, ce qui ne devrait plus influencer la concentration du mercure dans la chair des poissons. On peut donc présumer qu'il y a probablement des apports de mercure d'origine anthropique au lac Saint-Joseph.

La concentration de mercure retrouvée dans les poissons du lac Saint-Joseph varie beaucoup selon les espèces (figure 34). De façon générale, seulement les gros achigans à petite bouche et les touladis possèdent une concentration de mercure supérieure à la norme de 0,5 mg/kg. Il est possible de consommer sans danger les poissons du lac Saint-Joseph si on respecte les normes retrouvées dans le *Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce* du MDDEP (<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/guide/index.htm> et tableau 14).

Conclusions et recommandations

Les pressions exercées dans le bassin sud, combinées à un habitat naturellement limitant font en sorte que le cisco de lac et le grand corégone y sont pratiquement disparus. Le faible nombre de représentants de ces espèces capturées dans nos filets de même que la mortalité massive de ciscos de lac survenue en août 2006 et 2007 en témoignent. Le touladi serait absent dans le bassin sud.

En ce qui concerne le bassin nord, les populations de ciscos de lac et de grands corégonnes se portent relativement bien alors que la situation du touladi est jugée plus préoccupante. En effet, cette dernière présente une carence de recrutement et un taux de mortalité trop élevé. La dégradation des sites de reproduction et le marnage du lac sont les principales causes identifiées à ce jour pour expliquer les problèmes de recrutement du touladi. La forte mortalité ne peut s'expliquer que par la pêche sportive. Des mesures visant à limiter la mortalité et améliorer le succès reproducteur du touladi devront être entreprises si on veut maintenir une pêche sportive de qualité. Dans ce sens, il est recommandé de mettre en place les actions suivantes au cours de la prochaine année :

- améliorer la surveillance du lac Saint-Joseph afin d'assurer le respect de la réglementation en vigueur;
- ouvrir la pêche à toutes les espèces seulement à partir du 1^{er} juillet;
- procéder à la caractérisation des sites de reproduction du touladi afin d'évaluer leur état;
- évaluer la proportion des œufs qui sont déposés dans la zone affectée par le marnage;
- évaluer la pertinence et la faisabilité de restaurer certains sites de reproduction;
- mettre en place des mesures de gestion particulières du niveau d'eau du lac afin de favoriser la reproduction du touladi.

Parallèlement, des mesures visant à maintenir voire améliorer la qualité de l'habitat du poisson devront impérativement et prioritairement être mises en œuvre. En effet, l'eutrophisation d'un plan d'eau est difficilement réversible. Cependant, la mise en place de mesures visant à diminuer les apports de matières nutritives à court terme permettrait sans doute de ralentir le processus. Les intervenants du milieu (municipalités, associations de riverains, conseil de bassin) devraient se doter d'une planification stratégique prévoyant des actions préventives telles :

- encourager les citoyens à employer des savons à vaisselle et à lessive exempts de phosphates;
- régir l'épandage d'engrais pour l'entretien des pelouses;

- éviter d'artificialiser les rives et renaturaliser qui sont déboisés;
- encourager et promouvoir le reboisement des berges du lac et celles de ses principaux tributaires;
- identifier les sources responsables de l'ensablement du lac;
- mettre en place des mesures visant à limiter les apports de sédiments dans le lac et ses principaux tributaires;
- évaluer l'impact de la navigation de plaisance sur les écosystèmes.

Souhaitons maintenant que les autorités agissent rapidement avec rigueur pour restaurer le lac Saint-Joseph afin que les générations futures puissent pleinement jouir des splendeurs de ce plan d'eau.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Abrosof, V. N. 1969. Determination of commercial turnover in natural bodies of water. Problems of ichthyology 9 : 482-489.
- Benoit, J., J. Scrosati et D. Dumont. 1997. Situation du grand corégone (*Coregonus clupeaformis*) et du doré jaune (*Stizostedion vitreum*) des réservoirs Châteauvert, Kempt et Manouane. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale Mauricie-Bois-Francs, Trois-Rivières. Rapport technique. 86 p.
- Boivin, J. 1992. Inventaire des sites de fraie du touladi au lac Saint-Joseph, automne 1991. Ministère du loisir de la chasse et de la pêche. Direction régionale de Québec. 7 p. + annexes.
- Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. Limnology and oceanography. 22: 361-369.
- Carlson, R. E. 1983. Discussion on "Using differences among Carlson's trophic state index values in regional water quality assessment", by Richard A. Osgood. Water Resources Bulletin. 19:307-309.
- Dubois, A. 1967. Âge et croissance du touladi (*Salvelinus namaycush*) du lac Mistassini, Québec. Thèse de maîtrise, Université Laval. 66 p.
- Evans, D.O., 2005. Effects of hypoxia on scope-for-activity of lake trout: defining a new dissolved oxygen criterion for protection of lake trout habitat. Tech. Rep. 2005-01 Habitat and Fisheries Unit, ARDS, ARDB, Peterborough, Ontario. 18 p.
- Evans, D.O. 2007. Effects of hypoxia on scope-for-activity and power capacity of lake trout (*Salvelinus namaycush*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 64 : 345-361.
- Houde, L. et J. Scrosati. 2003. Pêche expérimentale au réservoir Gouin en 2002. (1) Composition et évolution de la communauté de poissons. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. Rapport technique. 31 p.
- Houde, L. 2005. Pêche expérimentale au réservoir Gouin en 2002. (2) Dynamique des populations de poissons. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Secteur Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. Rapport technique. 55 pages et annexes.
- Howland, K. L., M. Gendron, W.M. Tonn and R.F. Tallman. 2004. Age determination of a long lived coregonid from the Canadian north: comparaison of otoliths, fin rays and scales in Inconnu (*Stenodus leucichthys*). Annals Zoology Fennici 41:205-214.

- Johnson, P. 2001. Lake trout management plan. Department of inland fisheries and wildlife division of fisheries and hatcheries. 38 p.
- Lester, N. P., T.R. Marshall, K. Armstrong, W.I. Dunlop and B. Ritchie. 2003. A broadscale approach to management of Ontario's recreational fisheries. *North American Journal of Fisheries Management* 23: 1312-1328.
- Lysak, W. 1980. 1979 Lake Winnipeg fish stock assessment program. Man. Dep. Nat. Res. MS report no. 80-30. 118 p.
- Micheal H. J. K. J. Boyle et R. Bouchard. 1996. Water quality affects property prices : a case study of selected Maine lakes. University of Maine. 15 p. + annexes.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. 2005. Protocole de caractérisation du substrat de la zone littorale. Conseil régional de l'environnement des Laurentides. 11 p. + annexes.
- Ministère de l'environnement et de la faune. 1994. Guide de normalisation des méthodes utilisées en faune aquatique au MEF. Direction de la faune et des habitats. Directions régionales. Québec. 32 p. + annexes.
- Ontario Ministry of Natural Resources. 2007. Regulatory guidelines for managing the lake trout recreational fishery in Ontario. Fisheries section. 28 p.
- Ricker, W. E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191 F: 409 p.
- Rochon, G. 1971. Étude écologique du lac Saint-Joseph (comté de Portneuf). Centreau, Université Laval. Volume 1 à 3.
- Ryder, R. A. 1965. A Method for Estimating the Potential Fish Production of North-temperate Lakes. *Transactions of the American Fisheries Society* 94:214-218.
- Schlesinger, D. A. & Regier, H. A. 1982. Climatic and Morphoedaphic Indices of Fish Yields from Natural lakes. *Transactions of the American Fisheries Society* 111:141-150.
- Scott, W.B. et E.J. Crossman. 1974. Poissons d'eau douce du Canada. Ministère de l'Environnement. Ottawa. Bulletin 184. 1026 p.
- Shuter et al. 1998. A general, life history based model for regional management of fish stocks: the inland lake trout (*Salvelinus namaycush*) fisheries of Ontario. *Can. J. Fish. Aq. Sci.* 55: 2161-2177.
- Vézina, R. 1978. La profondeur moyenne : un outil pour évaluer le potentiel des plans d'eau à la truite mouchetée pour la pêche sportive. Ministère du Loisir, de la

Chasse et de la Pêche. Direction de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. 14 p.

ANNEXE 1

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Environnement
et de la Faune
Direction régionale de Québec

Charlesbourg, le 4 septembre 1997

Monsieur Armand Létourneau
Secrétaire-trésorier
Ville de Lac-Saint-Joseph
4417, des Lierres
Charlesbourg (Québec)
G1G 1S2

N/Réf. : 7430-03-01-22015-01

Objet : Abaissement du niveau du lac Saint-Joseph

Monsieur,

La présente fait suite à votre lettre du 19 août 1997 concernant une résolution du conseil de ville de Fossambault-sur-le-lac demandant au ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF) d'abaisser le niveau d'eau du lac Saint-Joseph afin de permettre à certains contribuables riverains d'effectuer des travaux de réfection à leurs installations.

Après discussion avec les responsables de la gestion du niveau d'eau du lac Saint-Joseph à la Direction de l'hydraulique et ceux de la gestion de la faune aquatique de notre direction régionale, nous nous sommes entendus pour procéder à l'abaissement du niveau d'eau de 30 cm à partir du 15 septembre courant. Le niveau ainsi obtenu sera maintenu jusqu'au 27 octobre prochain et, par la suite, sera rehaussé à la cote 158,7. Lors de cette période, le niveau d'eau pourra subir des fluctuations dépendamment des crues plus ou moins importantes.

Le ministère de l'Environnement et de la Faune ne se porte pas garant de tous les dommages et réclamations pouvant résulter de l'abaissement du niveau d'eau.

9530, rue de la Faune
C.P. 7200
Charlesbourg, Qc
G1G 5H9

Téléphone (418) 644-8844
Télécopieur (418) 622-3014

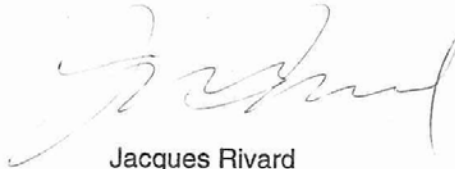


Ce papier contient un minimum de 20% de fibres recyclées de post-consommation

Nous vous demandons d'expédier à vos contribuables, si ce n'est pas déjà fait, un communiqué les informant de cette activité et de la nécessité de demander un permis soit de votre municipalité ou du MEF, le cas échéant, avant de procéder à tout travail.

Veillez agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

Le directeur régional
de Québec,



Jacques Rivard

JR/DJT/mg

c.c. : - monsieur Yvon Gosselin, Direction de l'hydraulique
- Ville de Fossambault-sur-le-lac

