RIO TINTO ALCAN

PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

DEUXIÈME SÉRIE DE RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

JUILLET 2016

WSP

PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

DEUXIÈME SÉRIE DE RÉPONSES AUX QUESTIONS ET COMMENTAIRES DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Rio Tinto Alcan

Version finale

Projet n^{o} : 141-21260-00
Date : Juillet 2016

Rio Tinto Alcan

WSP Canada Inc.
125, rue Racine Est
Saguenay (Québec) G7H 1R5

Téléphone : +1 418-698-4488
Télécopieur : +1 418-698-6677
www.wspgroup.com

WSP

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR

Luc Bouchard, biologist, M.Sc.
Chargé de projet

RÉVISÉ PAR

Martin Larose, biologiste
Directeur de projet

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO, ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Directeur	Jean Pedneault – Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean
Chargée de projet	Caroline Jolette, ingénieure
Consultant technique	Raymond Larouche
Conseiller en relation avec les riverains	Richard Dallaire
Consultant en gestion hydrique	Bruno Larouche

WSP CANADA INC.

Directeur de projet	Martin Larose, biologiste
Chargé de projet	Luc Bouchard, biologiste M.Sc.
Collaborateurs de projet	Dominic Gauthier, biologiste Jérôme Plourde, biologiste, M.Sc. Jean Lavoie, géomorphologue
Cartographe	Paul-André Biron
Révision texte et édition	Nancy Imbeault Lucie Bellerive

Référence à citer :

WSP. 2016. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026, Étude d'impact sur l'environnement - Deuxième série de réponses aux questions et commentaires du MDDELCC.* Rapport produit pour Rio Tinto Alcan. 27 p. et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1

2 QUESTIONS ET COMMENTAIRES 5

ANNEXES

Annexe QC-2-3 André Marsan et Associés Lavalin (AMAL). 1983. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social, Annexe 5, Qualité des eaux littorales*.

Annexe QC2-15: Carte QC-50 (révisée) : Milieu humain – Occupation et utilisation du territoire (6 feuillets).

1. INTRODUCTION

Le présent document comprend des questions et des commentaires adressés à Rio Tinto Alcan dans le cadre de l'analyse de recevabilité de l'étude d'impact sur l'environnement pour le programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) sur le territoire des MRC Maria-Chapdelaine, Lac-Saint-Jean-Est et le Domaine-du-Roy.

Ce document découle de l'analyse réalisée par la Direction de l'évaluation environnementale des projets hydriques et industriels en collaboration avec les unités administratives concernées du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) ainsi que de certains autres ministères et organismes. Cette analyse a permis de vérifier si les exigences de la directive du ministre et du Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement (chapitre Q-2, r. 23) ont été traitées de façon satisfaisante par l'initiateur de projet.

Avant de rendre l'étude d'impact publique, le ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques doit s'assurer qu'elle contient les éléments nécessaires à la prise de décision. Il importe donc que les renseignements demandés dans ce document soient fournis au Ministère afin qu'il puisse juger de la recevabilité de l'étude d'impact et, le cas échéant, recommander au ministre de la rendre publique.

Les questions et commentaires du MDDELCC sont intégrés dans ce document, tels qu'ils ont été transmis à Rio Tinto Alcan. Les réponses suivent après chaque question ou commentaire. Les annexes sont présentées sur un CD.

Préambule

À ce stade-ci de la démarche entreprise au regard du renouvellement du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean pour la période 2017-2026, l'initiateur désire préciser certains éléments qui s'avèrent particuliers à ce type de projet.

Portée du projet

L'objet du projet porte sur la réalisation des travaux permettant de lutter efficacement contre l'érosion pour la période 2017-2026.

L'inclusion du mode de gestion du niveau du lac Saint-Jean au projet est justifiée par le fait que le niveau du lac a une incidence sur l'érosion. Puisque les prédécesseurs de Rio Tinto Alcan ont procédé à l'acquisition du droit d'emmagasiner de l'eau jusqu'au niveau 17,5 pieds (du gouvernement du Québec en 1922), il s'avère nécessaire pour le gouvernement du Québec de conclure une entente avec Rio Tinto Alcan pour limiter temporairement (le temps du décret) ses limites d'opération.

Ainsi parce que la gestion du lac a un certain impact sur l'érosion et sur les préoccupations des différentes parties prenantes qui utilisent le lac, Rio Tinto Alcan a accepté d'encadrer sa façon de le gérer par la signature d'une entente avec le Gouvernement du Québec en 1986. Rio Tinto Alcan est à la recherche du scénario qui représente le meilleur compromis d'usage qui sera utilisé pour permettre une nouvelle entente entre Rio Tinto Alcan et le Gouvernement du Québec.

Lors des consultations citoyennes tenues en 2014 et lors des travaux du comité technique de suivi de l'Étude d'impact sur l'environnement, les divergences de niveau idéal sont apparues clairement et se sont

avérées représentatives des désaccords observés lors de nos discussions habituelles avec les utilisateurs du lac Saint-Jean en général.

Nous tenons à vous souligner qu'en aucun cas le rehaussement des eaux du lac Saint-Jean en 1926 et le harnachement de la rivière Péribonka réalisé en 1943 ne font partie du projet de stabilisation des berges du lac Saint-Jean pour lequel une étude d'impact a été réalisée selon la directive émise par la Direction générale de l'évaluation environnementale et stratégique du MDDELCC.

Pour ces raisons, dans le cadre de la présente série de questions, l'initiateur n'a pas jugé pertinent d'étudier en profondeur ou de fournir des réponses détaillées aux questions traitant de sujets qui ne sont pas couverts par la portée du projet de stabilisation des berges du lac Saint-Jean telle que précisée dans l'avis de projet déposé au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques en juin 2014.

Le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) dans son ensemble

La réalisation de travaux de lutte contre l'érosion ne nécessite pas d'avoir un programme comme le PSBLSJ. L'intérêt d'avoir un programme est de fournir un encadrement légal qui permet de réaliser rapidement les travaux requis suite à l'évolution récente de l'érosion, laquelle est très largement influencée par le nombre et la force des tempêtes survenues. Un programme permet donc une meilleure adaptabilité et une plus grande rapidité d'intervention.

Après trente années de vie, le PSBLSJ a livré des résultats. La largeur des plages, mesurée à chaque année depuis 29 ans aux mêmes endroits et de la même façon montre, qu'en moyenne, les 45 km de plage définies par le décret ont gagné 8,3m (60% de plus!) par rapport à la largeur de 1986.

Du côté des berges, autres que les plages, un gain significatif a été réalisé. L'ancien recul généralisé et important des berges du lac Saint-Jean est aujourd'hui, à toutes fins pratiques, éliminé. Principalement suite aux travaux du PSBLSJ. Les figures 1 et 2 présentent l'expression graphique de ces améliorations.

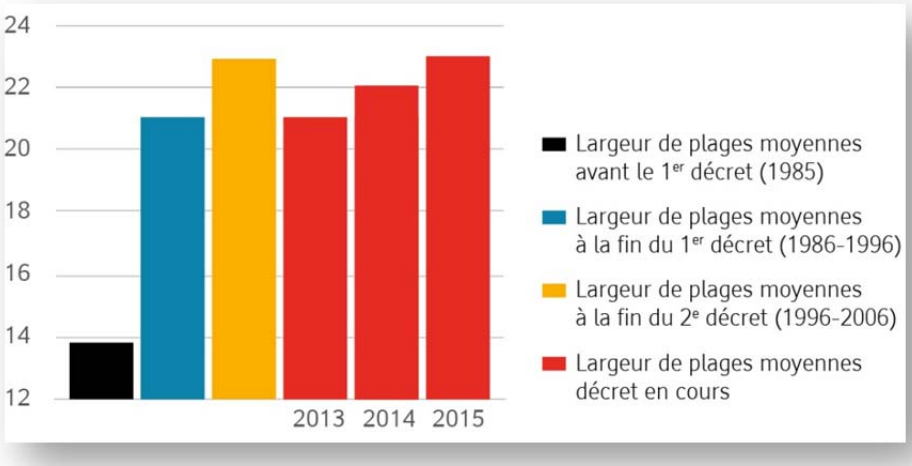


Figure 1 : Évolution des largeurs de plage

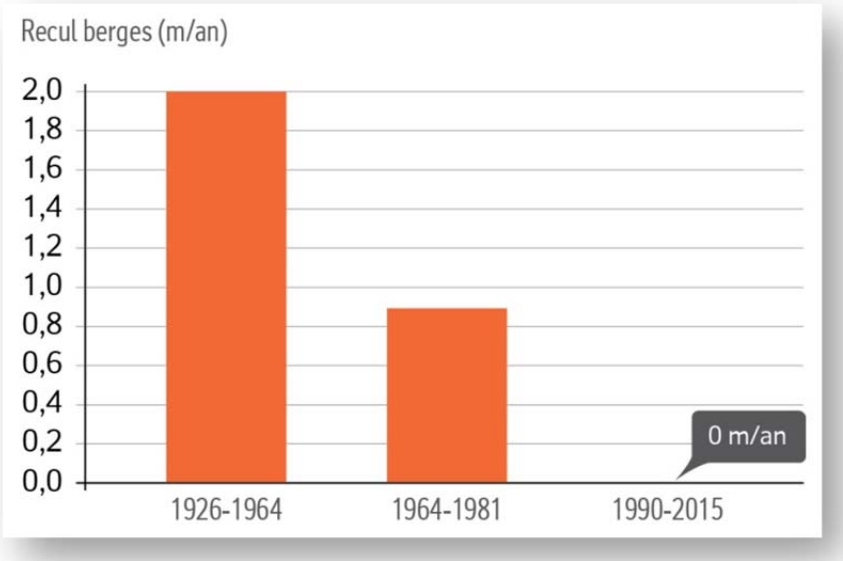


Figure 2 : Évolution du recul des berges

Il n'en demeure pas moins que l'érosion continuera à se produire, toujours influencée par les événements météorologiques qui se produiront. C'est pour continuer à préserver ces améliorations que Rio Tinto Alcan soumet sa demande de prolonger le PSBLSJ de 2017 à 2026. Sans en connaître les détails de ce qui sera requis, années après années, Rio Tinto Alcan est en mesure d'envisager globalement ce qui devrait être fait dans la prochaine décennie. C'est dans cet esprit qu'a été préparé le PSBLSJ 2017-2026.

Mesure de compensation

Tel que précisé dans l'avis de projet, « Le rehaussement des eaux du lac Saint-Jean, en 1926, (…) a modifié l'érosion des berges qui pouvait alors être observée. »

En vertu de la Loi sur le régime des eaux, (c.R13), qui encadre les droits et obligations des parties de chacun lors de l'aménagement d'ouvrages hydroélectriques, les prédécesseurs de Rio Tinto Alcan ont procédé à l'achat des terrains des propriétaires riverains qui souhaitaient vendre. Pour ceux qui désiraient conserver leur terrain, la compagnie a acquis des servitudes de baignade comme mesure de compensation pour la perte engendrée par une éventuelle érosion de leur terrain. En vertu de ce qui précède, Rio Tinto Alcan n'a actuellement aucune obligation pour procéder à la réalisation de travaux afin de contrer l'érosion pouvant survenir sur ces propriétés.

Malgré cela, Rio Tinto Alcan s'est historiquement impliquée dans la lutte contre le recul des berges du lac Saint-Jean. Et de façon plus structurée depuis 1985, avec la naissance du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean tel qu'on le connaît aujourd'hui.

Ce programme, et le projet de prolonger celui-ci pour une autre période de 10 ans, constitue en soi une imposante mesure de compensation volontaire de la part de l'entreprise pour l'utilisation du lac Saint-Jean comme réservoir à des fins de production hydroélectrique. L'imposition de mesures de compensation additionnelles sur une mesure de compensation de cet ordre nous apparaît inappropriée dans le cas du PSBLSJ.

2. QUESTIONS ET COMMENTAIRES

1. DESCRIPTION DU PROJET

QC2-1 Réponse à la QC-16

À la QC-16, l'initiateur doit localiser, sur une carte, les nouveaux secteurs (5 km) de plage prévus au PSBLSJ 2017-2026 afin de pouvoir les situer.

RÉP.

La carte QC2-1 présente cette information.

QC2-2 Réponse à la QC-19

L'initiateur doit détailler les impacts sur la qualité de l'eau des travaux de rechargement de plage qui ont lieu l'automne, lorsque le niveau du lac est relativement élevé.

RÉP.

Le rechargement des plages s'effectue généralement à l'automne, à un moment où le niveau du lac Saint-Jean peut être relativement élevé. Tel que mentionné à la RQC-19 de la première série de questions et commentaires, cette période correspond à un moment de faible productivité et d'utilisation de la zone des travaux par les poissons et la faune benthique y a une productivité réduite. L'utilisation des plages par les usagers est également réduite à cette période de l'année.

La contamination possible de la qualité de l'eau peut avoir diverses origines comme la matière organique, les fertilisants, les contaminants divers, etc. (voir aussi la réponse plus détaillée à la question QC2-4). Or, les matériaux utilisés pour le rechargement des plages et les travaux de stabilisation de berges sont exempts de ces types de contaminants. Les travaux réalisés dans le cadre du PSBLSJ, notamment les rechargements, n'entraîneront aucune contamination de la qualité de l'eau, directement ou indirectement. Les impacts appréhendés sur la qualité de l'eau occasionnés par le PSBLSJ concernent ainsi les déversements accidentels de produits pétroliers potentiels et l'augmentation locale de la turbidité de l'eau au moment des travaux et de manière intermittente pour une certaine période de temps par la suite.

Le détail sur les risques de déversements accidentels d'hydrocarbures a déjà été traité abondamment dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement. Les risques de déversements accidentels seront minimisés par l'application de nombreuses mesures d'atténuation appropriées et par un important programme de prévention et de surveillance environnementale axé sur le contrôle régulier des équipements et la disponibilité de dispositifs d'urgence permettant d'intervenir rapidement en cas d'accident, tel que prévu dans le plan d'urgence.

En ce qui concerne les matières en suspension et la turbidité de l'eau, les travaux de rechargement et la présence des matériaux granulaires sur les plages occasionneront des épisodes temporaires et localisés de turbidité dans le lac pendant et après les travaux. Sous l'action des courants et des vagues, les matériaux grossiers demeurent dans la zone littorale alors que les sédiments fins sont remis en suspension et sont redéposés aux endroits où l'énergie des vagues est plus faible, soit généralement vers des secteurs plus profonds. Pour le rechargement des plages, Rio Tinto Alcan favorise l'utilisation de matériaux

granulaires présentant le moins de particules fines possibles. Par ailleurs, rappelons que depuis la mise en place du PSBLSJ en 1986, les quantités de sable utilisées pour la stabilisation et la protection des secteurs de plage ont diminué considérablement. D'un autre côté, des plages plus stables résultant des travaux du PSBLSJ contribuent à atténuer le brassage naturel des eaux sur les plages qui affecte déjà le niveau de matières en suspension à plusieurs endroits dans le lac. De plus, il est important de rappeler la charge sédimentaire naturelle importante provenant des tributaires du lac Saint-Jean qui affecte également la charge en matières en suspension lors de fortes pluies et en période de crues (printemps et automne). Finalement, l'utilisation de matériaux similaires à ceux en place sur les plages du lac Saint-Jean contribue à minimiser les impacts sur la faune aquatique.

2. DESCRIPTION DU MILIEU

QC2-3 Réponse à la QC-28

Afin de compléter la réponse de la QC-28, l'initiateur doit décrire quelles sont les analyses qui ont été réalisées en 1983 sur la qualité de l'eau. Sachant que chaque intervention ponctuelle ne semble pas avoir un impact significatif sur la qualité de l'eau (selon les résultats de 1983), l'initiateur doit aussi élaborer sur la possibilité, 30 ans plus tard, d'un effet cumulatif des interventions du programme de stabilisation (notamment les rechargements de plage) sur la qualité de l'eau du lac Saint-Jean.

RÉP.

a) Qualité de l'eau et impacts cumulatifs

Les eaux du lac Saint-Jean se renouvellent rapidement en raison de la présence d'un bassin versant important de plus de 72 500 km^2. La moyenne journalière des débits sortant du lac s'établit à 1 470 m^3/s et son débit peut monter à plus de 6 000 m^3/s en période de crue printanière. En conséquence, la fréquence de renouvellement des eaux du lac représente quatre à cinq changements d'eau, dont deux fois au printemps. Pour cette raison, le lac est susceptible de réagir rapidement à des changements de certains paramètres pouvant affecter la qualité d'eau (p. ex. charge en élément nutritif). En fait les caractéristiques hydrodynamiques de ce plan d'eau font en sorte qu'il ressemble plus à une grosse rivière qu'à un lac.

De façon générale, on peut affirmer que le PSBLSJ n'affecte pas la qualité de l'eau et ses différents usages par la faune aquatique, la faune terrestre piscivore et les utilisateurs du lac Saint-Jean (activités récréatives et aspects esthétiques). Tel que signalé à la réponse de la QC2-2 la contamination possible de la qualité de l'eau peut avoir diverses origines (Réseau-rivières[1]). Les principales origines sont expliquées ci-après et les effets cumulatifs potentiels en regard du PSBLSJ sont ensuite abordés.

La pollution par la matière organique est causée par la surabondance, dans l'eau, de matière organique d'origines humaine, animale ou végétale. La décomposition de cette matière par des bactéries qui consomment de l'oxygène peut entraîner une diminution marquée de l'oxygène dissous dans l'eau, en plus d'être à l'origine d'odeurs nauséabondes. Les rejets domestiques, de même que les activités agricoles et industrielles, peuvent constituer une source importante de matière organique.

Les travaux reliés au PSBLSJ ne présentent aucune source de matière organique, que ce soit lors des travaux d'aménagement de structure de protection et de stabilisation, les rechargements, les accès à l'eau ou les travaux connexes à l'embouchure des rivières. Ils n'ont par conséquent aucun impact d'origine organique à court terme lors des travaux ou à long terme, donc pas d'effets cumulatifs.

[1] Le Réseau-rivières : suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/reseau-riv/reseau-rivieres.pdf.

RioTintoAlcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement
Réponses aux questions et commentaires du MDDELCC (2e série)

Nouveaux secteurs de plage prévus au PSBLSJ 2017-2026

Sources : *BNDT, 1 : 250 000*
Données d'intervention : Rio Tinto Alcan
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010

Échelle : 1 : 225 000
0 2,25 4,5 km
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte QC-2-1

Juillet 2016

GROUPE CONSEIL Nutshimit-Nippour

WSP

141-21260-00_cQC2-1_wspT135_Plage_160712.mxd

Secteurs de plage du PSBLSJ 1986-2016
Nouveaux secteurs de plage prévus au PSBLSJ 2017-2026

Limites
Zone d'étude restreinte
Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)
Municipalité

Infrastructures
Route principale
Route secondaire ou chemin
Voie ferrée

Dolbeau-Mistassini
Péribonka
Rivière Mistassini
Rivière Péribonka
Maria-Chapdelaine (MRC)
Passes-Dangereuses, TNO
Le Domaine-du-Roy (MRC)
Normandin, V
Saint-Félicien, V
Rivière Ticouapé
Rivière Ashuapmushuan
Saint-Félicien
Lac-Ashuapmushuan (NO)
Saint-Augustin, P
Péribonka, M
Sainte-Monique
Saint-Henri-de-Taillon
L'Ascension-de-Notre-Seigneur, P
Alma, V
Rivière Mistouk
Labrecque, M
Saint-Nazaire, M
Lac Saint-Jean
Lac-Saint-Jean-Est (MRC)
La Grande Décharge
Île d'Alma
Saint-Prime
Mashteuiatsh
Rivière Ouiatchouaniche
Roberval
Roberval, V
Sainte-Hedwidge, M
Chambord
Rivière Ouiatchouan
Rivière Métabetchouane
Desbiens
Métabetchouan Lac-à-la-Croix
Alma
Rivière Saguenay
Saint-Gédéon
Alma, V
Saint-Bruno, M
Larouche, M
Saguenay, V
La Belle Rivière
Hébertville-Station, VL
Hébertville, M
72°30'0"
72°15'0"
72°0'0"
71°45'0"
71°30'0"
48°45'0"
48°30'0"

La pollution par les fertilisants apparaît lorsque des nutriments comme l'azote et le phosphore se trouvent en trop grande quantité dans l'eau. La surabondance de ces substances nutritives favorise la croissance de plantes aquatiques et d'algues qui peuvent nuire aux organismes aquatiques en modifiant leur habitat et limiter les activités récréatives. Les rejets domestiques, les activités agricoles et l'entretien des pelouses peuvent constituer d'importantes sources de fertilisants.

Les travaux reliés au PSBLSJ ne présentent aucune source de fertilisants. Ils n'ont par conséquent aucun impact relié aux fertilisants à court terme lors des travaux ou à long terme, donc pas d'effets cumulatifs.

La pollution par contaminant ou toxique provient surtout des activités industrielles (métaux lourds, BPC, etc.), mais également des secteurs agricole (pesticides, hormones et antibiotiques), domestique et récréatif (pesticides, antibiotiques, nettoyants, solvants, etc.). Les substances toxiques représentent un danger potentiel pour l'homme et la faune aquatique puisqu'elles peuvent contaminer l'eau et les sédiments et s'accumuler à l'intérieur des organismes aquatiques.

Une évaluation récente de la qualité des sédiments dans le secteur de l'embouchure de la Belle Rivière réalisée en mai 2016 afin de préparer le projet de relocalisation de l'embouchure de la rivière a confirmé l'absence de contamination des sédiments du lac dans des secteurs ayant fait l'objet d'interventions multiples du PSBLSJ. Les résultats des analyses physicochimiques obtenus se situent tous sous le seuil de la concentration d'effet rare (CER), indiquant ainsi de très faibles probabilités de mesurer des effets biologiques néfastes advenant une disposition des déblais en milieu aquatique. À la lumière des résultats de cette caractérisation, les sédiments étudiés ne présentent pas de préoccupation en termes de contamination, pour leur revalorisation en milieu aquatique. L'utilisation de matériel granulaire minéral non contaminé pour les travaux n'a pas d'incidence sur la qualité du lac.

En somme, les travaux reliés au PSBLSJ ne présentent aucune source de pollution par des contaminants lors des travaux ou à long terme, donc pas d'effet cumulatif.

La pollution microbienne découle de la présence dans l'eau de bactéries ou de virus issus le plus souvent des déjections humaines ou animales. Le milieu devient alors insalubre et propice à la propagation de maladies, ce qui limite la pratique des activités nautiques et contraint à désinfecter l'eau destinée à la consommation.

Tel que mentionné à la RQC-28 de la première série de questions et commentaires, des suivis réalisés spécifiquement à la présence de structures de protection et de stabilisation des berges et des plages (épis et brise-lames) n'avaient aucun impact sur la qualité de l'eau d'un point de vue bactériologique même en présence de sources de contamination localisées à proximité.

Les travaux reliés au PSBLSJ ne présentent aucune source de pollution microbienne. Ils n'ont par conséquent aucun impact relié à des sources microbiennes à court terme lors des travaux ou à long terme, donc pas d'effets cumulatifs.

La pollution thermique consiste en une modification de la température de l'eau dans une section de rivière, en raison de la présence d'un effluent industriel de température plus élevée que le milieu récepteur (eaux de refroidissement d'usines, de centrales thermiques, etc.). Le déboisement des rives contribue également au réchauffement de l'eau. Même de faibles changements de température peuvent avoir des effets sur la faune aquatique, dont notamment sur des espèces plus sensibles comme la truite.

Tel que mentionné à la RQC-28 de la première série de questions et commentaires, des suivis réalisés spécifiquement à la présence de structures de protection et de stabilisation des berges et des plages (épis et brise-lames) n'avaient aucun impact sur la température de l'eau dans le secteur des aménagements.

Les travaux reliés au PSBLSJ ne présentent aucune source de pollution thermique. Ils n'ont par conséquent aucun impact relié à une modification de la température à court terme lors des travaux ou à long terme, donc pas d'effets cumulatifs.

Plus spécifiquement, **les matières en suspension**[2] réfèrent aux particules organiques ou inorganiques non dissoutes présentes dans l'eau, notamment à la suite d'apports de sédiments provenant de l'érosion des terres adjacentes et des berges des cours d'eau. Ces particules peuvent être composées de silt, d'argile, de sable, de matières organiques et de plancton. Si elles sont trop abondantes, elles contribuent à rendre l'eau turbide ou trouble. Une eau fortement chargée de matières en suspension réduit notamment la pénétration de la lumière dans le milieu aquatique et peut avoir un effet sur les poissons et leurs habitats par l'abrasion des branchies, le colmatage des frayères ou des habitats occupés par la faune benthique. Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques. Les matières en suspension peuvent affecter la qualité esthétique de l'eau (pollution visuelle) ainsi que son potentiel récréatif.

Tel que souligné à la réponse à la question QC2-3, les travaux de rechargement et la présence des matériaux granulaires occasionneront des épisodes temporaires de turbidité dans le lac pendant et après les travaux. Il ne s'agit toutefois pas d'un effet cumulatif. De plus, mentionnons que les matériaux utilisés (sable) sont présents de façon naturelle dans le lac Saint-Jean. Donc, la mise en suspension et la déposition des particules fines ne viennent pas modifier la granulométrie du substrat. Par surcroît, la déposition des particules fines provenant des travaux est progressive et ne vient pas ensevelir les organismes benthiques sous une couche épaisse de sédiments. Finalement, soulignons qu'un des objectifs du PSBLSJ est de réduire l'érosion, donc de diminuer la mise en suspension des sols et sédiments dans l'eau. Rio Tinto Alcan est consciente que le PSBLSJ ne peut être réalisé sans impact, c'est donc pour cette raison qu'une attention est portée à la réduction des interventions, notamment les rechargements de plages.

b) Rapport sur la qualité de l'eau de 1983

En complément à la réponse de la QC-28 de la première série de questions et commentaires, le rapport d'André Marsan et Associés Lavalin (AMAL). 1983. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social, Annexe 5, Qualité des eaux littorales*, se retrouve à l'annexe QC-2-3.

La présente section présente **un extrait** de la description des analyses réalisées en 1983 sur la qualité de l'eau et des principales conclusions.

« MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Échantillonnage et analyse des paramètres

Les échantillons de la qualité des eaux ont été prélevés du 11 septembre au 18 septembre 1981 dans les six zones du lac suivantes : 1) Desbiens; 2) Saint-Henri-de-Taillon; 3) Saint-Gédéon; 4) Pointe-Saint-Méthode; 5) Chambord; et 6) Péribonka

[2] http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/rapportsurleau/Etat-eau-ecosysteme-aquatique-qualite-eau-Quelle-situation_Rivieres-Fleuve.htm

Dans chacune de ces six zones, l'échantillonnage a porté sur une série de 18 stations correspondant à 6 traverses; 9 stations (3 traverses) étaient localisées devant un secteur de berge avec structure de protection et les 9 autres (3 traverses) se trouvaient devant un secteur de berge sans structure de protection.

L'emplacement des stations d'échantillonnage le long des traverses correspond à des profondeurs respectives d'un, trois et cinq mètres pour un niveau de lac de 100,55 à 100,58 mètres (13,26 à 13,36 pieds).

Le prélèvement des échantillons s'est fait à la surface aux stations correspondant à une profondeur d'un mètre. Aux stations correspondant à des profondeurs de trois mètres, l'échantillonnage a été effectué à la surface et à une profondeur de 2,5 mètres. Enfin, à la station correspondant à une profondeur de 5 mètres, les échantillons ont été prélevés à la surface, et à des profondeurs de 2,5 à 5 mètres.

La température, l'oxygène dissous, la conductivité et le pH de l'eau ont été mesurés sur le terrain au moyen d'un Hydro Lab 4000. La transparence a été mesurée par un disque Secchi. Le contenu en nitrates, phosphates, la concentration en carbone organique et inorganique, les pigments chlorophylle a et phaéophytine a et la concentration de matières en suspension ont été mesurés au laboratoire de la Compagnie Nationale de Forage et de Sondage de Montréal.

Toutes les analyses ont été effectuées selon les méthodes décrites dans APHA (American Public Health Association, 1975, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater).

Les échantillons analysés pour le contenu en nitrates et en phosphates ont été congelés au moment du prélèvement. Le contenu en nitrates a été mesuré selon la méthode de brucine et par spectrophotomètre, tandis que les tenures en phosphates ont été mesurées selon la méthode à acide ascorbique. Les échantillons servant à mesurer le contenu en chlorophylle a active et la teneur en phaéophytine a ont été filtrés avec un filtre de fibre de verre de 0,45 micron et ensuite congelés jusqu'au moment de l'analyse. Les concentrations en pigment ont été déterminées par spectrophotomètre.

Les échantillons de carbone organique et inorganique ont été également congelés avant l'analyse, et ensuite mesurés selon la méthode de combustion infrarouge, au moyen de l'analyseur de carbone Bausch and Lomb. Les échantillons n'ont pas été filtrés avant l'analyse.

Les échantillons servant à mesurer le total des solides en suspension ont été filtrés au moyen d'une membrane de 1,2 micron. La différence de poids des sédiments avant et après séchage pendant une heure à 103° - 105 ° C sert de mesure.

Le traitement numérique des paramètres de qualité de l'eau a été effectué selon le même mode d'analyse qui a été appliqué aux données d'abondance des organismes benthiques (Annexe 8 de l'ÉIE de 1983). Aucune transformation normalisatrice n'a été appliquée aux données. Elles ont été traitées par une analyse de variance et une analyse factorielle, de même que par une analyse de corrélation. »

Extrait de l'annexe 8 de l'ÉIE de 1983

« L'objectif d'une étude d'impact est de prédire les effets d'un ouvrage sur les conditions du milieu récepteur telles qu'elles peuvent être définies par des paramètres de nature environnementale ou biologique. Dans le cas présent, la question qui se pose est de savoir si les structures de protection des berges proposées dans le cadre d'un programme de stabilisation peuvent influencer les conditions du

milieu. Étant donné que toute prédiction, même établie au moyen de techniques éprouvées, comporte un certain degré d'incertitude, on doit toujours avoir d'abord recours à l'observation directe lorsque cela est possible, plutôt qu'à des prédictions purement théoriques. En d'autres termes, une prédiction sera toujours plus fiable si elle s'appuie sur l'observation des effets réels se produisant dans un cas semblable.

Dans le cadre du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, cette démarche est possible, puisque des structures, de natures diverses, y ont été mises en place dans le passé. L'observation des effets de ces structures sur la qualité du milieu aquatique, telle que déterminée par des indicateurs biologiques (benthos, macrophythes, poissons, etc.) ou par des facteurs physiques (nature des sédiments, paramètres de la qualité de l'eau), peut servir de base à l'évaluation des effets des structures dont on projette la construction dans le futur.

Cependant, il est important de noter que la qualité du milieu aquatique peut être affectée par de nombreux facteurs autres que ceux dont on désire établir les effets. Ces facteurs relèvent principalement des variations naturelles ou provoquées, dans le temps et dans l'espace, du substrat, de la température, du niveau de l'eau, etc. Si une méthode ainsi que des indicateurs appropriés ne sont pas choisis, il existe un danger réel d'attribuer aux ouvrages des effets dont ils ne sont pas la cause. Donc, si on désire évaluer l'effet des ouvrages de protection des berges avec un certain degré de confiance, il faut pouvoir distinguer leurs effets réels des variations causées par d'autres facteurs du milieu et de celles qui sont introduites par les erreurs d'échantillonnage et d'analyse.

Pour ces raisons, un plan d'échantillonnage a été établi pour évaluer les relations entre le benthos et les divers facteurs du milieu susceptibles de l'influencer. Les facteurs retenus dans l'analyse statistique sont : la localisation, pour établir par exemple l'effet des rivières; la granulométrie des sédiments; la présence éventuelle et le type d'aménagement, pour évaluer les effets des aménagements et pour différencier l'effet des perrés de celui des apports de gravier et de sable; la profondeur, pour mesurer l'effet du marnage. Enfin, pour chaque zone et chaque situation, plusieurs transects et plusieurs échantillons ont été prélevés pour obtenir une mesure de l'erreur expérimentale. Bien entendu, pour évaluer les effets de la présence éventuelle d'ouvrages, on a fait des mesures à des sites de « contrôle » où aucun aménagement n'a été réalisé.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Selon les mesures obtenues à l'automne 1981 et l'analyse statistique qui en a été faite, les structures existantes n'ont pas d'effet significatif sur les paramètres de la productivité primaire et ceux de la qualité de l'eau, et ce, malgré un ensemble de corrélations très fortes associant ces variables entre elles. L'influence principale sur ces paramètres provient de l'effet des affluents majeurs comme la rivière Péribonka, le Ticouapé et l'Ashuapmushuan. Les différences qu'on observe dans les paramètres de qualité de l'eau dans la zone littorale du lac Saint-Jean sont imputables à l'apport des rivières plutôt qu'à toute autre cause, du moins pour ce qui concerne l'inventaire de l'automne 1981.

Cependant, comme on l'explique dans le rapport d'étude portant sur l'effet des structures sur les organismes benthiques (Annexe 8 de l'ÉIE de 1983), les structures de gravier et de perrés ont certainement des effets globaux que l'étude n'a pas pu détecter. En effet, il est certain, comme le montre la mesure du recul historique des berges, que ces structures ont réduit l'érosion dans les secteurs où elles sont installées. On doit en déduire que les valeurs de paramètres comme les solides en suspension, et peut-être certains oligo-éléments (phosphore) doivent être de ce fait réduits dans la zone littorale.

Donc, même si cette partie de l'étude n'apporte pas d'indication ferme à ce sujet, la logique veut que les structures en place aient un effet positif sur la qualité de l'eau, dont le degré dépend de leur efficacité à lutter contre l'érosion. Comme le montre les résultats de l'analyse présentée dans la Partie II, les apports en phosphates, en nitrates et en solides en suspension qui sont imputables à l'érosion des berges présentent toutefois des quantités minimes.

En accord avec Visser et al. (1981), les affluents des rivières soutiennent une productivité aquatique plus élevée, reflétant des conditions plus favorables au plan biologique. Ces conditions se répercutent dans le lac en zones d'influence de ces rivières.

Il est remarquable que l'analyse factorielle multivariée ne révèle que l'association des nitrates avec la productivité primaire. La saturation étant positive, cette analyse des données indique qu'à l'époque de la campagne d'échantillonnage, les nitrates constituaient un facteur limitatif. Bien que l'analyse factorielle réalisée par Visser et al. (1981) ait été conduite sur des données recueillies à différentes époques de l'année, les forces de corrélations sont moins serrées. Il est également remarquable de noter qu'aucune corrélation n'ait été observée entre la productivité primaire et les variables de la qualité de l'eau.

CONCLUSIONS

L'étude de la qualité des eaux littorales permet d'identifier les conclusions suivantes :

- *Dans l'ensemble la qualité des eaux peu profondes du lac est peu dégradée; toutefois, on observe des conditions locales de productivité accrue; notamment au confluent de rivières et sous l'influence des activités humaines.*
- *Quant à l'effet des structures sur la qualité des eaux, aucun effet significatif n'a été détecté à la fois pour les perrés et pour les graviers recouverts de sable.*
- *Dans certains secteurs, les paramètres de qualité de l'eau indiquent un niveau de productivité primaire plus élevé, notamment aux stations de Pointe-Saint-Méthode et à Chambord. Également, des valeurs de pH plus bas et des eaux plus froides sont enregistrées à l'embouchure de la Péribonka. Ces variations témoignent de l'influence des affluents, surtout ceux du nord, sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux du lac Saint-Jean. »*

QC2-4 Réponse à la QC-31

À la QC-31, l'initiateur a déterminé les types de milieux humides. Selon le document « Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional », l'analyse de photographie aérienne et la consultation de la cartographie disponible doivent être complétées par un inventaire terrain pour déterminer le type de milieu humide. Sachant que l'initiateur a procédé à des inventaires terrain, celui-ci doit indiquer si les inventaires corroborent les résultats de l'analyse cartographique et photographique.

RÉP.

Au total, 76 stations d'inventaire ont été réalisées dans l'ensemble des 22 secteurs de milieux humides. La localisation de chacune de ces stations a été comparée à la localisation des milieux humides photo-interprétés. L'analyse réalisée montre que pour la majorité des stations, soit pour 58 des 76 stations, les résultats des inventaires sur le terrain concordent avec les résultats de la photo-interprétation.

Pour les 18 autres stations (24 % du total) où les résultats sur le terrain ne concordent pas avec la photo-interprétation, il s'agit principalement d'erreur de type de milieu humide comme, par exemple, que celui-ci a été identifié comme un marais sur la photo-interprétation, mais que les inventaires ont identifié un

marécage ou une tourbière. Toutefois, il reste que c'est un milieu humide et que basé sur cet élément, la photo-interprétation concorde avec les résultats d'inventaire. Cependant, 4 des 76 stations ont identifié un milieu terrestre alors que l'on retrouve un milieu humide dans la photo-interprétation. Il s'agit des stations EI1-1, GM1-1, MG3-1 et RP3-1.

Pour conclure, l'analyse montre que les résultats de la photo-interprétation présentent un bon niveau de précision avec 76 % des stations concordant avec la photo-interprétation. Une erreur d'identification du type de milieu humide a été notée pour 19 % des stations. Seulement 5 % des stations (4 stations) ont identifié un milieu terrestre alors que la photo-interprétation avait identifié une parcelle de milieu humide à cet endroit.

QC2-5 Réponse aux questions QC-32 et QC-33

Aux QC-32 et 33, l'initiateur doit préciser quelle était l'évolution des strates ligneuses avant 1991 afin d'évaluer l'impact de l'abaissement du niveau du lac versus l'évolution naturelle des milieux humides.

RÉP.

Une analyse sommaire de l'évolution de la végétation entre 1987 et 1991 a été réalisée dans six habitats par le CELSJ (1991). Dans cette étude, il est démontré qu'avant l'abaissement du niveau du lac, une évolution naturelle de la végétation a été observée entre 1987 et 1990 dans chaque milieu. Cette évolution était différente pour chacun des milieux. Par exemple, pour le ruisseau Pacaud et l'étang des Îles, une augmentation de la végétation terrestre au détriment de la végétation aquatique a été observée.

Au contraire, pour la tourbière de Saint-Prime, une augmentation de la végétation aquatique a été observée. Pour le marais du Golf de Saint-Prime et le Petit marais de Saint-Gédéon, une augmentation de la végétation aquatique a été observée pour certains secteurs alors que pour d'autres, une augmentation de la végétation terrestre a été notée. Des changements dans la végétation de la pointe aux Pins ont aussi été notés au cours de cette période, mais aucune tendance n'a été observée.

Ces analyses montrent que même avant l'abaissement du lac Saint-Jean, la végétation présente dans ces milieux évoluait déjà naturellement. Cette évolution est différente pour chacun des milieux et dépend de plusieurs facteurs comme, par exemple, le type d'habitat (habitats à accrétion ou tourbières) et la fluctuation du niveau de l'eau au cours de l'année.

Compte tenu de la période d'analyse de courte durée (4 ans), aucune différence significative n'a été observée dans les strates ligneuses, soit la strate arbustive et la strate arborescente. En effet, les espèces ligneuses sont généralement plus résistantes aux changements que les espèces aquatiques. La végétation aquatique submergée ou à feuilles flottantes, les plantes annuelles et les plantes émergentes peuvent démontrer des modifications dans un délai relativement court, c'est-à-dire l'année même où surviennent les changements (Gratton 1996). Il est donc difficile de préciser quelle était l'évolution des strates ligneuses avant 1991, car il n'y a eu aucun autre suivi de l'évolution de la végétation avant 1987.

Tel que spécifié dans l'étude d'impact, l'augmentation de la strate ligneuse depuis 1987 serait un signe de l'assèchement des parties les plus hautes des milieux humides, laquelle serait reliée à l'abaissement du niveau maximum du lac Saint-Jean en 1991. Ce constat est logique considérant que ces espèces, tolérant mal l'excès d'eau, ont pu être en mesure de coloniser les zones exondées qui étaient auparavant inondées et donc inaccessibles pour ces espèces.

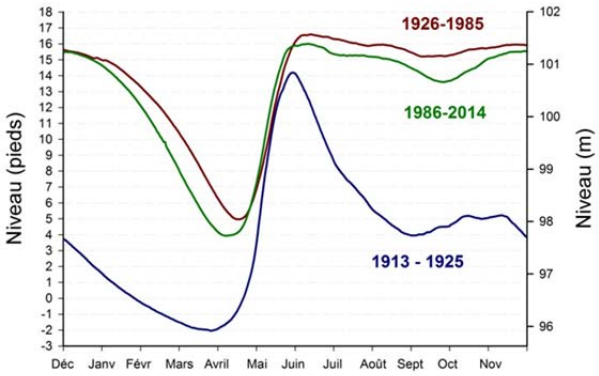
Références :

- GRATTON. 1996. *Analyse de l'évolution de la végétation de 18 habitats humides riverains du lac Saint-Jean.* Rapport présenté à la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 55 p. + annexes.
- CENTRE ÉCOLOGIQUE DU LAC SAINT-JEAN (CELSJ). 1991. *Suivi biophysique 1991 - Suivi des habitats : Toposéquence végétale.* Rapport présenté à la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée, Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean. 25 p. + annexes.

QC2-6 Réponse aux questions QC-32 et QC-33

*Les **milieux humides riverains** sont un habitat de reproduction essentiel pour plusieurs espèces faunique terrestre et aquatique, dont plusieurs espèces de poissons-fourrages et piscivores. Les espèces qui s'y reproduisent tôt le printemps et qui utilisent aussi les zones inondées comme habitat de reproduction, soit la perchaude (mi-avril au début mai) et le grand brochet (dès la fonte de la glace), sont susceptibles d'être impactées par une modification du régime hydrique. La gestion du niveau de l'eau (crue printanière et niveau d'été) influence donc la qualité des milieux humides ainsi que la chronologie entre l'accessibilité par les poissons et la température de fraie optimale du milieu humide. De plus, en général, pour le développement des habitats humides riverains, il est favorable d'avoir une bonne crue printanière et un niveau plus faible en période estivale, donc une amplitude de crue élevée.*

Au lac Saint-Jean, selon les données de RTA, le niveau moyen journalier a évolué selon trois modes de gestion de 1913 à 1925, de 1926 à 1985 et de 1986 à 2014. On observe une diminution énorme de l'amplitude de la crue à la suite de la mise en place du barrage à Ile Maligne (1926), puis une autre, mais plus faible en 1991.

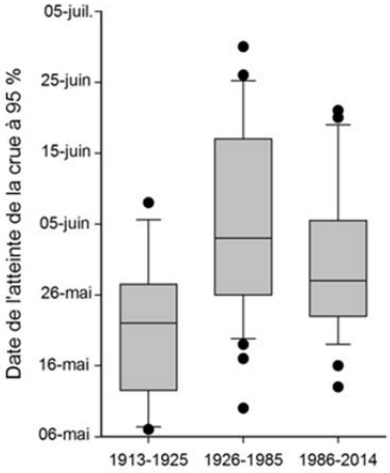


Gestion	Niveau_max. printemps	Niveau_moy. estival	Amplitude de la crue
1913-1925	15,64	5,14	10,51
1926-1990	17,29	15,58	1,71
1991-2014	16,23	14,69	1,54

Cette réduction de l'amplitude de la crue explique probablement en partie la diminution de la superficie des milieux humides précisée dans la réponse de l'initiateur à la question 33.

*Le tableau et le graphique qui suivent permettent de comparer la crue printanière entre les différents modes de gestion. La crue maximale est considérée comme le plus haut niveau atteint entre les mois d'avril, mai et juin. Les dates inscrites sont les dates pour lesquelles le niveau atteint pour la première fois de la saison la hauteur maximale, 95 % de la hauteur de la crue (niveau moyen estival + 0,95*amplitude de la crue), 90 %, 80 % et 50 %.*

Gestion	Évolution de la crue printanière				
	50 % crue	80 % crue	90 % crue	95 % crue	Crue maximale
1913-1925	11-mai	18-mai	20-mai	21-mai	24-mai
1926-1985	28-mai	02-juin	04-juin	06-juin	09-juin
1986-2014	24-mai	27-mai	29-mai	30-mai	04-juin



De façon générale, la crue a été décalée de 2 semaines entre 1926 et 1985 par rapport aux variations naturelles du lac. Ce retardement a été réduit à environ 1,5 semaine pour la période suivante, de 1986-2014.

RÉP.

L'essentiel de cette question porte sur l'impact du rehaussement du lac Saint-Jean et, dans une moindre mesure, de l'impact du harnachement de la Péribonka. Tel que mentionné au préambule, nous considérons que la question est externe à l'objet du projet.

Nous désirons cependant porter à l'attention du MDDELCC que nous ne sommes pas d'accord avec la conclusion que « la crue a été retardée de deux semaines entre 1926 et 1985 ». Il y a dans l'analyse qui sous-tend cette affirmation des interrogations importantes qu'il y a lieu d'élucider.

Bien que cette question ne soit pas reliée au PSBL 2017-2026, nous croyons qu'une rencontre sur le sujet est essentielle pour permettre que Rio Tinto, autant que les experts du gouvernement du Québec, véhiculent une version commune.

Dans ce contexte :

a) *L'initiateur doit expliquer si ce délai est celui nécessaire au remplissage des réservoirs amont?*

RÉP.

Aucune réponse requise.

b) *Les analyses préliminaires du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) indiquent que lorsque la température des habitats atteint celle recherchée par la perchaude et le brochet pour la fraie, le niveau de l'eau est trop bas pour que les habitats soient pleinement accessibles. Dans certains cas, les habitats sont pleinement accessibles seulement deux semaines plus tard.*

L'initiateur doit expliquer de quelle façon la crue décalée a eu un impact sur la fraie de ces communautés de poissons.

RÉP.

Aucune réponse requise.

c) *Le brochet fraye au départ des glaces dans des zones végétales denses et submergées et la perchaude fraye dans les zones végétales broussailleuses submergées. Selon la théorie présentée ci-haut, ces milieux seraient peut-être moins accessibles. L'initiateur doit élaborer sur la possibilité que la perchaude et le brochet utilisent des sites de fraie alternatifs, donc possiblement moins productifs.*

RÉP.

Une étude exhaustive réalisée en 1997 a conclu que les milieux humides observés étaient accessibles à temps pour la reproduction de ces espèces de poisson.

d) *Considérant ces informations, est-ce que les suivis réalisés par l'initiateur concernant l'accessibilité aux milieux humides par les poissons sont réalisés au temps opportun pour le brochet et la perchaude?*

RÉP.

Considérant ces informations, nous confirmons que ces suivis ont été réalisés en temps opportun.

QC2-7 Réponse à la QC-83

L'analyse présentée est correcte et il semble effectivement que le succès de nidification des canards ne soit pas relié au niveau d'eau. Toutefois, en vérifiant certains éléments dans la littérature, il apparaît que la gestion des niveaux d'eau est reliée au succès reproducteur des canards barboteurs dans d'autres régions.

C'est l'importance et la vitesse de la hausse du niveau d'eau durant la période de ponte qui est importante. Par exemple, pour les secteurs du lac Saint-Louis et du lac Saint-Pierre du Saint-Laurent, une augmentation rapide de plus de 50 cm sur 1 à 3 jours durant la période d'incubation a des impacts directs et indirects sur la nidification (Lehoux et al., 2002). Une courte période de montée des eaux ne permet pas aux canards de s'ajuster.

Une analyse des occurrences d'augmentation rapide du niveau du lac Saint-Jean durant la période de ponte et de nidification des canards, en fonction des espèces hâtives ou tardives, en lien avec les inventaires aviaires doit être effectuée par l'initiateur afin d'évaluer l'impact de ce facteur.

Référence : Lehoux, D, Dauphin, D, Leclerc, J. et Grenier, C. 2002. Impact des fluctuations des niveaux d'eau sur la sauvagine, en reproduction dans le tronçon, lac Saint-Louis/lac Saint-Pierre, Rapport final. Environnement Canada, Service canadien de la faune, 53 p et annexes. http://www.eng.buffalo.edu/glp/IJC/Documents/Bird%20Reports/ENV-09-Yr1-Lehoux_Sauvagine.pdf.

RÉP.

La vitesse de remontée printanière du niveau du lac n'est pas affectée par aucun des scénarios concernant la gestion actuelle du lac Saint-Jean proposée dans le PSBLSJ 2017-2016. En fait, les deux seuls événements historiques significatifs ayant pu avoir une influence sur la vitesse de remontée sont l'augmentation de capacité de la sortie du lac (en 1926) et le harnachement de la rivière Péribonka vers 1943. Et ces deux événements n'ont pas eu pour effet d'accélérer la vitesse de remontée du niveau du lac Saint-Jean.

Malgré que cette question ne soit donc pas reliée au présent projet, nous fournirons la réponse suivante :

L’étude de référence précitée dans la question fait ressortir les éléments suivants pouvant s’avérer problématiques précisément dans le contexte de la zone d’étude, soit le tronçon fluvial retrouvé entre le lac Saint-Louis et le lac Saint-Pierre qui s’étend sur près de 125 km : « Les régimes hydrologiques qui sembleraient les plus problématiques seraient ceux qui privilégieraient des remontées importantes et continuelles du niveau des eaux durant une ou plusieurs journées, et ce, principalement durant la période d’incubation ».

Il est important de mentionner que la zone d’étude mentionnée plus haut est très différente de celle du lac Saint-Jean. Dans le tronçon fluvial retrouvé entre le lac Saint-Louis et le lac Saint-Pierre, la sauvagine utilise intensément les grandes îles pour la nidification ou bien la bordure des terres agricoles. Fait à noter, la plaine inondable de ce secteur du Saint-Laurent est beaucoup plus importante que celle du lac Saint-Jean. En effet, en période de crue, de grandes surfaces de zones avec végétation terrestre peuvent être inondées. Dans ce contexte, la variation brusque de niveau d’eau peut avoir une incidence sur le succès de nidification de la sauvagine. Au pourtour du lac Saint-Jean, la crue n’inonde pas de végétation terrestre, mais plutôt la végétation émergente, ainsi la plaine inondable est de petite superficie. La sauvagine n’utilise pas les zones à végétation aquatique ou émergente pour la nidification de sorte que la crue des eaux n’a pas d’effet significatif sur le succès de nidification.

QC2-8 Réponse à la QC-94

Les variantes pour le secteur de l'embouchure de la Belle Rivière sont toutes considérées par l'initiateur comme n'ayant pas d'impact au final sur les habitats. L'évaluation présentée n'est toutefois pas chiffrée selon le type d'habitat. Si l'initiateur a ces chiffres, il doit les présenter.

RÉP.

Le tableau QC2-8 présente les superficies d'empiètement des différentes variantes d'aménagement localisées dans un habitat de type lacustre avec substrat de sable.

Tableau QC2-8 : Superficie des empiètements des aménagements sur le fond du lac

Variante n° :	Structure	Superficie d'empiètement mètre carré
1	Épi de 80 mètres	482
	Épi de 200 mètres	1 156
	Total	1 638
2	Épi de 80 mètres	482
	Épi de 200 mètres	1 156
	8 épis en T de 60 mètres	4 602
	Total	6 240
3	Épi de 80 mètres	482
	Épi de 1 200 mètres	1 156
	Total	1 638
4	Épi de 80 mètres	482
	3 épis de 60 mètres	379
	Épi de 100 mètres	29
	Total	890
Variante retenue	Épi de 60 mètres	272
	Épi de 80 mètres	482
	Épi de 200 mètres	1 156
	Total	1 910

QC2-9 Phénomènes de glissements de terrain sur les rives du lac Saint-Jean

L'initiateur doit faire état de ses connaissances sur les phénomènes de glissements de terrain sur le pourtour du lac et expliquer comment cet aspect est traité dans le programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean.

RÉP.

À notre connaissance, un seul secteur est principalement à risque de glissement de terrain sur le pourtour du lac Saint-Jean, soit celui des falaises d'argile de Desbiens et de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix. En effet,

cette zone située entre la rivière Métabetchouane et le lot 7, rang A du canton de Métabetchouan, a fait l'objet de plusieurs glissements de terrain au fil des années dont un au cours du mois de mai 2016 en période de fonte des neiges alors que le niveau du lac était inférieur à 10 pieds (99,6 mètres). Rappelons que cette zone a été protégée par un perré au pied du talus avant le PSBLSJ ainsi que dans le cadre du PSBLSJ.

Selon le tome 2 du rapport synthèse de l'étude d'impact du PSBLSJ de 1983 qui encadrent le décret actuel, ce secteur est lié à la zone homogène n^{o} 4 et est décrit comme suit :

- la zone homogène est formée par une berge haute d'argile dont la pente est soit faible, soit forte selon le stade d'évolution;
- 56 % du littoral de cette zone est protégé par des perrés construits par ALCAN (maintenant Rio Tinto Alcan);
- l'érosion des falaises d'argile de la zone homogène résulte principalement de deux facteurs : l'instabilité intrinsèque de l'argile et les vagues;
- en raison de l'instabilité intrinsèque des argiles qui se manifeste surtout quand leur teneur en eau est maximale, au printemps, les falaises sont affectées par des glissements parfois très importants;
- les falaises d'argile étaient déjà actives avant le début de l'utilisation du lac comme réservoir. Il n'est donc qu'en partie responsable de l'érosion;
- le programme d'intervention proposé par Alcan est limité à la pose de perrés au pied des falaises ce qui peut ralentir considérablement l'érosion due à la houle;
- cependant, il serait souhaitable que les ministères concernés réalisent simultanément les travaux complémentaires comme l'adoucissement de la pente et la revégétalisation afin d'obtenir une protection complète.

Tel que convenu en 1983, les travaux d'aménagement de perrés et de réfection de perrés existant dans cette zone ont été réalisés dans la première, la deuxième et la troisième décennie du PSBLSJ ce qui a fait en sorte de réduire les risques de glissements de terrain. Enfin, à notre connaissance, les travaux d'adoucissement de la pente et la revégétalisation de talus n'ont pas été réalisés.

À notre connaissance et selon l'étude d'impact de 1983, aucun indice de ravinement ou de glissement important n'a été décelé dans la portion littorale des autres zones homogènes présentent sur le pourtour du lac Saint-Jean.

Toutefois, bien que ce ne soit pas le phénomène de glissement de terrain qui est en cause, il apparaît pertinent d'aborder un secteur situé dans la Grande-Décharge à Alma. En effet, une zone de berges hautes (sous-zone n^{o} 142), en pente forte, formée d'argile, était soumise à des phénomènes intenses de ravinement selon l'étude d'impact de 1983. Sommairement, à partir de ce document qui encadrent le décret actuel, on retient que :

- dans la sous-zone n^{o} 142 qui fait partie de la zone homogène n^{o} 140, les berges qui sont en pente forte sont formées d'argile. Elles sont actives et soumises à des phénomènes de ravinement;

- il faut cependant remarquer que, comme dans la sous-zone n^{o} 142, la plupart de ces terres agricoles appartiennent à Alcan;
- pour le secteur de la Grande-Décharge, l'utilisation du lac comme réservoir est un facteur plus important dans l'érosion des berges d'argile que dans le cas des falaises d'argile de Desbiens;
- par conséquent, dans le secteur où les berges sont hautes, en plus de prévoir la construction d'un perré au pied du talus, il sera requis d'adoucir la pente de la berge et de revégétaliser le talus.

Tel que convenu en 1983, tous ces travaux de ce secteur ont été réalisés dans le cadre de la première décennie du PSBLSJ, soit en 1987 et en 1995. Selon nos connaissances, les talus de ce secteur sont maintenant stables depuis une vingtaine d'années.

QC2-10Documentation appuyant les demandes de CA

L'initiateur doit dresser la liste des documents qu'il fournira lorsqu'il soumettra une demande de certificat d'autorisation au MDDELCC (voir QC 13, 20, 30, 37, etc.).

RÉP.

Rio Tinto Alcan continuera de fournir les documents suivants lors d'une demande de certificat d'autorisation au MDDELCC :

→ lettre de dépôt de la demande de certificat d'autorisation au MDDELCC intégrant la liste des sites de travaux et au besoin la liste des travaux d'entretien mineurs à réaliser au printemps suivant;

→ formulaire de demande d'autorisation et de certificat d'autorisation dûment complété présentant notamment la description des impacts des activités projetées sur les milieux physique, biologique et humain (QC-20);

→ tous les documents à joindre au formulaire de la demande d'autorisation et de certificat d'autorisation, comme par exemple :

- photographies du site des travaux;
- plans et devis signés et scellés;
- désignation cadastrale;
- copies des lettres d'entente avec les propriétaires où sont prévus les travaux;
- certificat de non-contravention de la municipalité;
- certificat de non-contravention de la municipalité régionale de comté (MRC);
- procuration;
- déclaration du demandeur ou du titulaire;
- chèque pour couvrir les frais admissibles.

→ Rapport des inventaires préalables aux sites des travaux contenant les informations sur les éléments sensibles des secteurs ainsi que les mesures d'atténuation prévues (QC-30, QC-37);

→ tel que spécifié à la réponse de la QC-13 de la 1re série, un avis technique pourrait être fourni pour justifier un rechargement de plage ne répondant pas au critère du décret, soit moins de 8 mètres de largeur de plage sur plus de 30 % de sa longueur ou sur plus de 100 mètres selon le moindre des deux.

3. COMMENTAIRES

QC2-11Commentaire à la QC-40

Dans l'objectif de préparer l'étape d'analyse environnementale, le MDDELCC tient à transmettre le commentaire suivant du MFFP concernant la QC-40 :

« L'initiateur se questionne sur la justification d'un suivi des poissons-fourrages en zone littorale, il suggère que ce soit pour de la recherche fondamentale.

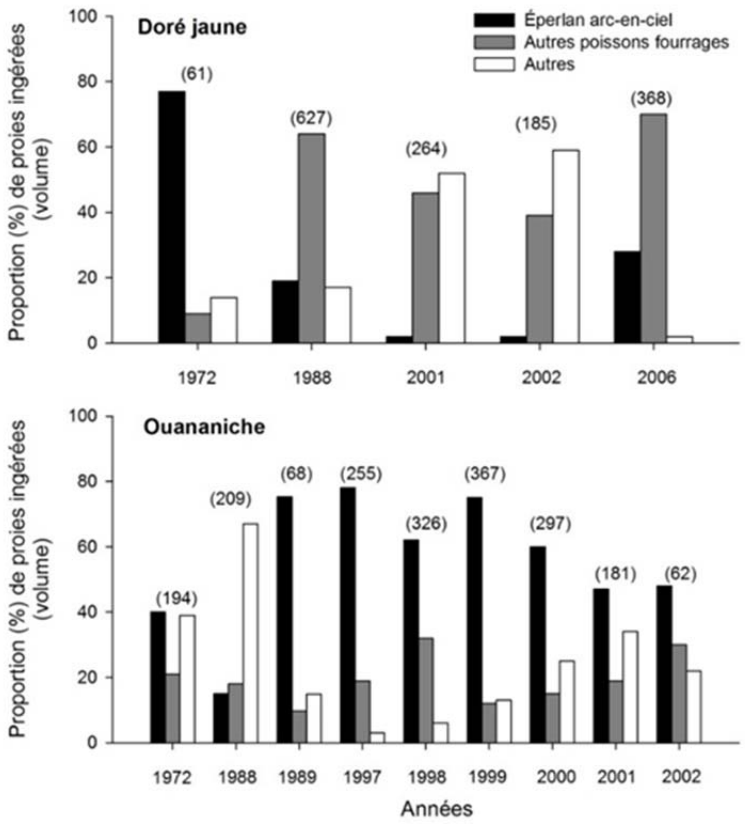
Rappelons que depuis le début des travaux de stabilisation des berges, le chapitre 3 de l'étude d'impact indique que les empierrements totalisent 114,7 km de rive, soit 50 % des 227,3 km de rive du lac, les rechargements par dragage entre 1966 et 1977 ont touché 60 km pour 26,4 % des rives du lac et les nouveaux rechargements depuis 1986 totalisent 34,7 km ou 15,3 %, ces derniers excluent les 45,7 km de rechargement d'entretien (chapitre 3 de l'étude d'impact). Pour un minimum de 174,7 km ou 77 % de rive du lac artificiellement aménagé; soit 114,7 km de perrés plus 60 km dragage en assumant que les 34,7 km de rechargement aient été faits sur des zones déjà draguées.

L'initiateur du projet ramène le débat sur les espèces sportives (doré jaune et ouananiche) et l'éperlan et sa contribution à celles-ci. Un éclaircissement est de mise ici : la ouananiche est effectivement étroitement liée à l'éperlan, mais ces deux espèces fréquentent majoritairement la zone pélagique du lac Saint-Jean. Tandis que la gestion du niveau et les aménagements du PSBLSJ perturbent l'habitat des espèces de la zone littorale ou riveraine. S'il y avait une diminution faible, mais constante des poissons-fourrages riverains, elle ne pourrait pas être détectée indirectement sur la ouananiche ou l'éperlan.

Pour le doré jaune, s'il y avait une diminution faible, mais constante des poissons-fourrages, on ne pourrait pas la détecter indirectement sur celui-ci, parce que les suivis de population sont trop récents pour nous donner une réponse (première campagne de pêche normalisée réalisée en 2005). Le MFFP gère la pêche selon le rendement actuel, et même si la récolte a été augmentée en 2011, nous ne connaissons pas la situation qui prévalait avant l'instauration du PSBLSJ.

Certaines études ont bien indiqué l'importance d'avoir des populations de poissons-fourrages abondantes. Selon les années, les poissons-fourrages de la zone littorale (catégorie autres espèces de poissons-fourrages dans le graphique ci-dessous) représentent entre 10 et 70 % ($\bar{x}$= 45 %) de l'alimentation du doré jaune et entre 10 et 30 % ($\bar{x}$ = 20 %) de celle de la ouananiche. (Plourde-Lavoie, P., et P. Sirois. 2016. Revue et synthèse de la littérature scientifique sur la reproduction et les habitats des poissons-fourrages de la zone littorale du lac Saint-Jean. Chaire de recherche sur les espèces aquatiques exploitées. Université du Québec à Chicoutimi. 122 p.)

Qu'en est-il des autres espèces sportives au lac Saint-Jean, lotte, brochet, perchaude, corégone? Pourquoi sont-elles moins abondantes? Est-ce que c'était semblable il y a 30 ans? Bien que peu d'information soit disponible, les données indiquent tout de même qu'ils s'alimentent de poissons-fourrages (Mahy, G. 1975. Étude comparée des régimes alimentaires de la ouananiche, du doré et du brochet. Centre Moyen-Nord, contribution à la biologie de la ouananiche, rapport miméographié).



Proportion de proies ingérées par la ouananiche et le doré jaune (données de la période entre juin et août, sauf pour 2006 dont la période est septembre).

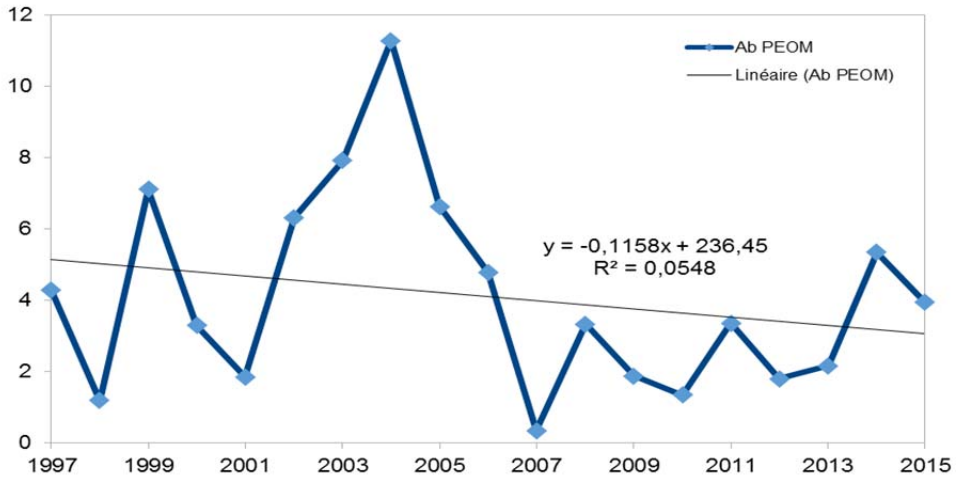
Considérant l'importance des autres poissons-fourrages et la catégorie autre (insectes et benthos) dans la diète du doré (graphique ci-dessus), nous estimons que tout impact résultant de la gestion du niveau de l'eau où des travaux de stabilisation des berges sur les poissons-fourrages et le benthos se répercutera sur l'état des stocks de doré, et possiblement sur les stocks des autres espèces d'intérêt sportif et au final sur la qualité de pêche. Nous croyons que l'effet sera imperceptible annuellement, mais à long terme l'initiateur doit donner des réponses.

Trente ans après le début officiel du PSBLSJ, on ne connait toujours par les impacts positifs ou négatifs des travaux de stabilisation (épis, perrés, brise-lames, rechargement, etc.), ni même ceux de la gestion du niveau de l'eau (retardement de la crue, diminution de l'amplitude de la crue, mortalité entraînée par la décrue), sur les poissons-fourrages et le benthos de la zone littorale du lac Saint-Jean.

Néanmoins, on sait que les principaux travaux de stabilisation des berges sont localisés dans les sites de reproduction préférentiels de quatre poissons-fourrages importants du lac Saint-Jean, soit le méné émeraude, le méné à tache noire, l'omisco et le fouille-roche zébré. Et c'est une zone d'alimentation importante en benthos. ***L'absence de données d'abondance temporelles fiables nous empêche de statuer sur les variations d'abondance des poissons-fourrages survenues depuis le début du PSBLSJ, alors que le suivi environnemental et faunique devait normalement « s'assurer que la qualité des ressources et des habitats essentiels de l'écosystème du lac Saint-Jean soit maintenue et, si possible, améliorée ».***

Comme l'explique l'initiateur, il est vrai qu'au lac Saint-Jean, les principales espèces de poissons exploitées font déjà l'objet de différents suivis. Notamment, le suivi de la montaison de la ouananiche en rivière, la dévalaison des saumoneaux, les pêches expérimentales quinquennales au doré jaune ainsi que le suivi de la pêche sportive à la ouananiche et au doré. Le poisson-fourrage qui occupe majoritairement le milieu pélagique est l'éperlan arc-en-ciel, et le MFFP l'échantillonne annuellement par chalutage. Son abondance fluctue énormément comme plusieurs espèces fourrages, mais généralement il n'y a pas de tendance qui s'en dégage.

L'initiateur énonce que le suivi de l'éperlan du MFFP ne révèle pas de baisse du poisson-fourrage. C'est le cas pour l'éperlan, mais comme mentionné précédemment, c'est une espèce pélagique et nos préoccupations pour le présent projet sont orientées vers les espèces littorales ou riveraines. L'échantillonnage de l'éperlan n'est pas élaboré pour ces dernières, mais un certain nombre est tout de même capturé. Le méné émeraude et le méné à tache noire représentent moins de 1 % des captures, le fouille-roche zébré environ 2 %, le naseux des rapides, la ouitouche et la perchaude sont quasi absents. Pour l'omisco, la tendance générale observée est à la baisse, quoiqu'elle n'est pas significative (graphique ci-dessous). Qu'en serait-il sur une période de 30 ans?



Abondance annuelle de l'omisco (nombre/1000m^3 d'eau) au lac Saint-Jean, données provenant de l'échantillonnage de l'éperlan du MFFP

Par ailleurs, contrairement à ce que mentionne l'initiateur du projet dans sa réponse (2e paragraphe, page 87), il n'y a actuellement aucun suivi des poissons-fourrages de la zone littorale, et il n'y en a pas eu au cours des 30 dernières années qui a donné des résultats satisfaisants. Les seules études ponctuelles, dont fait référence l'initiateur ont donné un portrait pour l'année d'échantillonnage : (Aquagénie 1988, très sommaire, du Centre Écologique du Lac-Saint-Jean inc. en 1989, 1990, 1991, 1995 et MRNFP 2005). D'ailleurs, cette dernière étude du MRNFP (2005) conclut que des 4 derniers inventaires, celui de 2004 a le plus faible rendement, qu'il y a une grande variabilité des résultats et l'auteur termine avec ceci : une révision en profondeur de la méthodologie s'impose donc en vue de limiter la variabilité de l'inventaire si on veut en faire un outil efficace pour suivre l'évolution de la communauté ichtyologique de la zone littorale du lac Saint-Jean.

Ces études concluent aussi que les poissons peuvent se déplacer facilement entre des zones modifiées et des zones naturelles. On ne peut donc pas simplement comparer l'abondance des poissons entre des sites perturbés et des sites « témoins ». ***Un suivi plus léger que les études précédentes, permettant de mesurer l'évolution des variations d'abondance des poissons-fourrages au fil des ans, est nécessaire pour juger si la gestion du niveau et les travaux de stabilisation ont un impact global à l'échelle du plan d'eau.***

Pour l'instant, le MFFP croit qu'un suivi des poissons littoraux à la seine de rivage devrait, si on le compare aux suivis de 1988 à 1991, 1995 et 2004, s'orchestrer comme suit afin d'augmenter le ratio coup de seine/puissance statistique : augmenter le nombre de stations et utiliser le moins possible de sous-stations (coup de seine par station) ou de période.

D'un point de vue statistique, si l'on veut comparer l'abondance d'année en année, on ne doit pas échantillonner les mêmes stations à plusieurs périodes ou faire plusieurs coups de seine par station. On doit échantillonner chaque station une seule fois dans l'année (un coup de seine seulement par station). On devrait également tenir compte seulement des adultes, sauf pour la perchaude (dénombrement les juvéniles et adultes). *La sélectivité de la seine de rivage sur les jeunes stades de vie (larves et jeunes) est souvent faible et ils sont plus difficiles à identifier. De plus, leur variabilité est plus importante que celle des adultes, ce qui vient réduire la puissance statistique et donc l'efficacité de l'échantillonnage.* ***Identifier et dénombrer seulement les poissons adultes directement sur le terrain et remettre la plupart à l'eau vivant par la suite diminueraient fortement l'impact du suivi sur les populations. »***

RÉP.

Rio Tinto Alcan a pris bonne note de ce commentaire.

QC2-12Commentaire sur la QC-66

Plusieurs espèces de poissons du lac Saint-Jean (incluant les poissons-fourrages) s'alimentent d'organismes benthiques.

Dans sa réponse, l'initiateur cite des éléments de l'étude de Valentine (1989), par contre, il a omis la principale conclusion de l'auteur : « pour la zone de marnage inférieure et en dehors de la zone de marnage, les densités de benthos sont plus fortes. De plus, en dehors de la zone de marnage, nous avons observé que les densités de benthos étaient significativement plus faibles aux endroits où des ouvrages de stabilisation furent exécutés durant l'une des trois dernières années. » De plus, l'auteur recommande d'investiguer davantage la problématique à même la banque de données de son étude, puisque certains aspects n'ont pas été traités. À notre connaissance, cette recommandation n'a jamais été réalisée et c'est la seule étude portant spécifiquement sur le benthos qui, rappelons-le, est à la base de la chaîne alimentaire des poissons-fourrages riverains.

Considérant que les travaux (rechargement de plage) risquent d'avoir un impact pendant au moins trois ans, et qu'aucune étude complète n'a été menée sur ce sujet par la suite, le MFFP juge non acceptable de la part de l'initiateur qu'il ne considère pas une étude sur le benthos. L'argument sur l'impossibilité d'avoir des stations témoins ne justifie pas de continuer à artificialiser les berges et le littoral sans en connaitre les impacts. Des secteurs aménagés il y a plusieurs années (20 ans par exemple) pourraient être comparés avant et après à des secteurs de travaux.

Le MFFP croit aussi que tous les types de travaux devraient faire l'objet de cette étude de suivi, puisque comme le mentionne l'initiateur dans sa réponse, les travaux qui empiètent sur la zone de marnage offrent de nouveaux habitats pour la faune benthique. Qu'en est-il réellement? Ces résultats permettraient de choisir les interventions de moindre impact adaptées à chaque secteur.

Une solution devra être trouvée à ce litige lors de l'étape d'analyse environnementale.

RÉP.

Rio Tinto Alcan a pris bonne note de ce commentaire.

QC2-13Passages concernant l'Entente de principe d'ordre général (EPOG)

a) À la page 189 du document de réponses, l'initiateur mentionne « L'EPOG, protégée par la Constitution canadienne, a pour objectif de définir les droits, les intérêts et les avantages des Premières Nations à l'égard des terres et des ressources et inclut également une partie sur l'autonomie gouvernementale. »

Cette phrase est une interprétation quelque peu inexacte de la portée et de l'objectif de l'EPOG. En effet, l'EPOG ne crée aucune obligation légale pour les parties et ne doit être interprétée d'aucune façon comme ayant l'effet d'une reconnaissance d'un droit ancestral, issu de traité ou d'une autre nature. C'est le futur traité, pour lequel l'EPOG sert de base de négociation, qui bénéficiera d'une protection constitutionnelle. Par ailleurs, l'EPOG a pour objectif de définir le cadre de négociation d'une entente finale et non de définir notamment des droits. Enfin, il est à noter que la terminologie au regard de ce qui doit être défini est plus ou moins appropriée au contexte. L'emploi des termes « intérêts » et « avantages » en est un exemple. L'initiateur du projet doit remplacer cette phrase par les suivantes :

« L'EPOG constitue le cadre qui oriente la poursuite de la négociation d'une entente finale comprenant un traité et des ententes complémentaires. La négociation vise à définir, avec les Premières Nations, leurs droits ancestraux et les modalités d'application ainsi que la nature et la façon dont elles participeront à la gestion du territoire et qu'elles exerceront leur autonomie gouvernementale. »;

b) Toujours à la page 189, l'affirmation selon laquelle l'EPOG « prévoit la reconnaissance, la confirmation et la continuation sur Nitassinan des droits ancestraux, y compris le titre aborigène, de chacune des Premières Nations de Mamuitun et de Nutakuan » est incomplète; l'article 3.3.1 de l'EPOG prévoit effectivement que les droits seront reconnus, confirmés et continués, mais aussi qu'ils seront « protégés par le Traité », en plus d'ajouter qu'ils « auront les effets et s'exerceront selon les modalités prévues par le Traité ».

RÉP.

Rio Tinto Alcan a pris bonne note de ce commentaire.

QC2-14Milieu Ilnu

a) Aux pages 186 et 196, deux passages distincts donnent des dates différentes de création de la réserve de Mashteuiatsh (1856 et 1850). La bonne date est 1856;

b) À la page 186, l'initiateur indique que la réserve de Mashteuiatsh a été « décrétée réserve selon la Loi sur les Indiens en 1856 ». La loi sur les Indiens date de 1876. L'initiateur doit modifier ce passage de la façon suivante : « décrétée réserve en 1856 »;

c) *à la page 195, la section « Histoire ancienne (XVII^e au XIX^e siècle) » contient de nombreux ethnonymes désignant des groupes dont la composition et la filiation ne sont pas claires (Ilnus, Algonquiens, Autochtones, Amérindiens, Kakouchaks et « nation kakouchak », Oukesestigouek, Outakouamiouek, Mistassinouek, Mouchaouauastirinouek, Ounaschkapiouek, Oupapinachiouek); afin d'éviter toute confusion et toute polémique n'ayant rien à voir avec la finalité de l'étude d'impact, il pourrait être suggéré de simplifier cette section en n'utilisant que des références générales aux « Ilnus », aux « Autochtones » ou aux « Amérindiens » présents dans la région;*

d) *à la page 196, l'initiateur indique que le monopole de la Compagnie de la Baie d'Hudson sur le Domaine du roi (ou Postes du roi) a pris fin en 1824. Le monopole a plutôt pris fin en 1842.*

RÉP.

Rio Tinto Alcan a pris bonne note de ce commentaire.

QC2-15Projet de parc Innu sur le territoire du parc national de la Pointe-Taillon

Dans son avis du 28 janvier 2016, le MFFP signalait une erreur dans l'étude d'impact à savoir qu'à la carte 5-33, on illustrait un parc Innu. En réponse, l'initiateur du projet mentionne que sur la carte de l'annexe QC-50, en légende de la carte, la référence à ce parc a été modifiée pour « Projet de parc Innu (EPOG) » et qu'à la nouvelle section 5.4.15, le nom de la section a aussi été modifié pour « Projet de parc Innu ».

Le MFFP invite l'initiateur du projet à prendre connaissance de la section 4.7 de l'Entente de principe d'ordre général (EPOG) signée avec certaines communautés innues, dont celle de Mashteuiatsh (http://www.versuntraite.com/documentation/telecharger.htm). Bien que l'EPOG fasse référence à l'établissement de parcs innus à l'article 4.7.1, l'article 4.7.2 stipule qu'« une formule différente s'appliquera à la partie visée du parc québécois de la Pointe-Taillon » (PNPT). D'ailleurs, à l'annexe 4.7 (Parcs Mashteuiatsh) de l'EPOG, une partie du territoire du PNPT est identifié « autre parc » dans les « affectations autochtones » et non pas sous l'appellation « parc Innu ». Ainsi, le MFFP réitère que la référence à un « projet de parc Innu » sur le territoire du PNPT doit être retirée de l'étude d'impact.

RÉP.

Rio Tinto Alcan a pris bonne note de ce commentaire. À la demande du MDDELCC, la carte QC-50 (6 feuillets, annexe QC2-15) a été modifiée comme suit :

- retrait de l'item « Projet de parc Ilnu (EdPOG)* » de la légende.
- retrait de la désignation du « Projet de parc Ilnu (EdPOG)* » sur la carte, feuillet 4 et feuillet 5.

Programme de stabilisation des Berges du Lac Saint-Jean

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social

Aluminium du Canada Ltée (ALCAN)

Annexe 5

Qualité des eaux littorales

ALCAN

Contrat 36008
Septembre 1983

André Marsan & Associés
Lavalin

Programme de stabilisation des Berges du Lac Saint-Jean

Étude d'impact sur l'environnement et le milieu social

Aluminium du Canada Ltée (ALCAN)

Annexe 5

Qualité des eaux littorales

ALCAN

Contrat 36008
Septembre 1983

André Marsan & Associés
Lavalin

Une édition préliminaire de ce rapport a été publiée en novembre 1982.

La présente édition comporte certains ajustements par rapport à cette édition antérieure. On en trouvera la liste à la suite.

L'essentiel des informations contenues dans ce document est repris dans le rapport de synthèse.

Modifications effectuées depuis l'édition préliminaire:

400 000 à 540 000 m^3 par an devait se lire 400 000 à 540 000 tonnes par an. Conséquemment, les valeurs suivantes ont été recalculées:

page 52, paragraphe 2: "(de l'ordre de 400 000 à 540 000 m^3 par an" remplacé par: "de l'ordre de 160 000 à 216 000 m^3 par an".

- page 57, tableau 21: à la colonne "apports tctaux provenant des matériaux d'érosion"; 26,45 kg/jr devient 10,57 kg/jr; 44,38 kg/jr devient 17,75 kg/jr; 2,7 kg/jr X 10^5 devient 1,26 kg/jr X 10^4.
- page 58, paragraphe 1, ligne 5: 540 000 m^3 devient 216 000 m^3.
- page 58, paragraphe 1, ligne 7: 0,235 mg/l devient 0,109 mg/l.

Les conclusions de cette analyse sont inchangées.

TABLE DES MATIERES

Page

PARTIE I: QUALITE DES EAUX ET ANALYSE DES EFFETS DES STRUCTURES DE PROTECTION

AVANT PROPOS 1

1.0 INTRODUCTION 2

2.0 LES PRINCIPALES SOURCES D'APPORTS AUX EAUX DU LAC SAINT-JEAN 3

3.0 MATERIEL ET METHODES 9
- 3.1 Echantillonnage et analyse des paramètres 9
- 3.2 Traitement numérique 11

4.0 RESULTATS 13
- 4.1 Paramètres de qualité de l'eau 13
  - 4.1.1 Conductivité 19
  - 4.1.2 Eléments nutritifs 20
    - 4.1.2.1 Nitrates 20
    - 4.1.2.2 Phosphore total 21
  - 4.1.3 Carbone organique et inorganique 21
  - 4.1.4 Productivité primaire 22
  - 4.1.5 Oxygène dissous 23
  - 4.1.6 pH 25
  - 4.1.7 Transparence et matières en suspension 26
  - 4.1.8 Qualité bactériologique des plages 28
- 4.2 Traitement numérique des données 29
  - 4.2.1 Analyse de variance 29
  - 4.2.2 Matrices des corrélations 33

Page

4.2.3 Analyse factorielle multivariée 40

4.2.3.1 Interprétation des composantes principales 40

4.3 Evaluation de l'état trophique des zones échantillonnées 43

4.3.1 Evaluation selon les résultats de la campagne de septembre 1981 43

4.3.2 Comparaison avec les résultats antérieurs 44

5.0 DISCUSSION DES RESULTATS 48

6.0 CONCLUSIONS 50

PARTIE II: EFFETS DE L'EROSION SUR LA QUALITE DES EAUX

7.0 INTRODUCTION 52

8.0 METHODES 53

8.1 Echantillonnage des sédiments 53

8.2 Analyse en laboratoire 53

9.0 RESULTATS ET DISCUSSION 54

10.0 REFERENCES CITEES 59

ANNEXE A 62

ANNEXE B 67

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU 1	Apports de substances nutritives au lac Saint-Jean	5
TABLEAU 2	Répartition des charges en azote et en phosphore dans les principaux tributaires	6
TABLEAU 3	Sommaire des résultats de l'échantillonnage de la qualité des eaux littorales du lac Saint-Jean - Septembre 1981 - (selon les valeurs minimales, maximales et moyennes)	14
TABLEAU 4	Sommaire des résultats de l'échantillonnage de la qualité des eaux littorales du lac Saint-Jean - Septembre 1981 - (selon les moyennes et les écarts types)	15
TABLEAU 5	Concentrations seuils utilisées dans la définition de la qualité des eaux du lac Saint-Jean	16
TABLEAU 6	Valeurs minimales, maximales et moyennes des paramètres de qualité de l'eau du lac Saint-Jean mesurés par l'INRS-Eau - Juin à septembre 1977	17
TABLEAU 7	Qualité des eaux - Sommaire des données prélevées dans les tributaires du lac Saint-Jean par Environnement Québec, 1978-1980	18
TABLEAU 8	Changements saisonniers de la concentration en chlorophylle *a* dans les tributaires du lac Saint-Jean (mg/m^3)	24
TABLEAU 9	Analyse de variance - Paramètres de la qualité de l'eau - Base: tous les échantillons	30

		Page
TABLEAU 10	Analyse de variance - Paramètres de la qualité de l'eau - Base: secteurs aménagés de gravier recouvert de sable	31
TABLEAU 11	Analyse de variance - Paramètres de la qualité de l'eau - Base: secteurs aménagés de perrés	32
TABLEAU 12	Matrice des corrélations-benthos et variables du milieu aquatique - Base: ensemble des données	35
TABLEAU 13	Matrice des corrélations-benthos et variables du milieu aquatique - Base: données des zones de perrés	36
TABLEAU 14	Matrice des corrélations-benthos et variables du milieu aquatique - Base: données des zones de gravier recouvert de sable	37
TABLEAU 15	Tableau comparatif des moyennes et des écarts types pour les zones aménagées en perrés et en gravier recouvert de sable	39
TABLEAU 16	Analyse factorielle des données de qualité de l'eau et de granulométrie des sédiments - Matrice factorielle - Solution avec rotation	41
TABLEAU 17	Indices de l'état trophique des eaux littorales du lac Saint-Jean calculés d'après la méthode de Carlson (1977) - Septembre 1981	45
TABLEAU 18	Niveau trophique des lacs (modifié par Carlson, 1977)	46

		Page
TABLEAU 19	Quantités de solides dissous, nitrates et phosphore total provenant des matériaux érodés	55
TABLEAU 20	Sommaire des concentrations d'apports des sédiments érodés (nitrates, phosphore, solides dissous) mg/kg	56
TABLEAU 21	Apports totaux de nitrates, phosphore total et solides dissous provenant des tributaires et de l'érosion des berges (kg/jr)	57

LISTE DES FIGURES

		Page
FIGURE 1	Sites d'échantillonnage - Qualité de l'eau (septembre 1981).	10

PARTIE I

QUALITE DES EAUX ET ANALYSE DES EFFETS DES STRUCTURES DE PROTECTION

AVANT PROPOS

Ce rapport contient deux parties. Premièrement, une description générale de la qualité des eaux du lac Saint-Jean ainsi que les résultats d'une campagne d'échantillonnage effectuée dans le cadre de l'étude des effets des structures de protection des berges sur les organismes benthiques.

Deuxièmement, on présente les résultats d'une analyse des concentrations en solides dissous totaux, en nitrate et en phosphore total provenant des sédiments littoraux; ces résultats permettent d'évaluer les effets des apports de matériaux érodés.

1.0 INTRODUCTION

1.0 INTRODUCTION

Dans le cadre des études d'environnement reliées au programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, une évaluation de la qualité des eaux littorales a été effectuée. L'échantillonnage a porté plus spécifiquement sur six secteurs d'érosion ayant fait l'objet de mesures de protection des berges. L'objet de ce programme de relevé du milieu aquatique était d'évaluer l'état initial de la qualité des eaux tant dans les endroits aménagés pour la protection des rives qu'à des endroits non aménagés. Compte tenu du fait que la qualité des eaux influence directement ou indirectement tous les organismes vivants du lac, l'échantillonnage de la qualité des eaux a fait l'objet d'un programme de relevé complémentaire à l'étude des organismes benthiques.

Les paramètres mesurés sont les suivants: la conductivité, le contenu en éléments nutritifs (carbone organique et inorganique, nitrates, phosphore total), la productivité primaire (chlorophylle a, phaéophytine a), l'oxygène dissous, le pH, la transparence et les matières en suspension; une évaluation de l'état trophique de chacune des six zones a également été réalisée.

Associés à l'information connue sur la qualité et la productivité des eaux du lac Saint-Jean (Jones et al, 1979; Bisson et al, 1978; Visser et al, 1981; Geoffrion et Michaud, 1979, Michaud et al, 1979; Sylvain, 1979), les résultats de la campagne fournissent l'essentiel des connaissances nécessaires à l'évaluation des répercussions des structures de protection des berges sur la qualité des eaux et sert à l'évaluation des effets de l'érosion.

2.0 LES PRINCIPALES SOURCES D'APPORTS AUX EAUX DU LAC SAINT-JEAN

2.0 LES PRINCIPALES SOURCES D'APPORTS AUX EAUX DU LAC SAINT-JEAN

Le lac Saint-Jean occupe une superficie d'environ 1000 km^2; son bassin versant a une superficie de 73 000 km^2. Il est drainé par de nombreuses rivières qui prennent leur source dans le Bouclier canadien.

La qualité des eaux du lac Saint-Jean intègre les apports en éléments nutritifs des différents tributaires. Ceux-ci proviennent principalement de la sédimentation des matériaux libérés par le ruissellement des eaux. La quantité d'apport dépend de l'utilisation du territoire et des caractéristiques physico-chimiques et géologiques au bassin des affluents.

Selon leurs caractéristiques, les quatre grands types de rivières suivants sont reconnus par l'INRS (Jones, 1979):

1) Les grandes rivières forestières du nord, dont le bassin versant s'étend presque entièrement sur le Bouclier: Péribonca, Mistassini, Ashuapmushuan et Petite Péribonca.

2) Les rivières agricoles du nord, qui coulent sur des plaines argileuses (argile non calcaire): Ticouapé, Mistouc et des Chicots.

3) Les rivières forestières du sud, dont le bassin s'étend principalement sur le Bouclier, mais qui sont influencées dans leur tronçon inférieur par la présence de roches sédimentaires de l'Ordovicien: Métabetchouane, Ouiatchouane et Ouiatchouaniche.

4) Les rivières agricoles du sud, dont le bassin s'étend principalement sur des plaines argileuses (argile calcaire): Belle Rivière, Couchepaganiche, Bédard, à l'Ours et aux Iroquois.

Les trois principaux tributaires: la Péribonca, la Mistassini et l'Ashuapmushuan drainent un territoire représentant 87% de la superficie du bassin versant.

Les apports sont répartis selon quatre types d'origine: naturel, agricole, domestique et industriel. Le Tableau 1 indique la répartition des apports de substances nutritives au lac Saint-Jean, établie d'après un modèle d'apport utilisé par le ministère des Richesses naturelles (Sylvain, 1979). Les apports de substances nutritives sont majoritairement d'origine naturelle: 91,3% pour l'azote et 74,2% pour le phosphore. Le reste est d'origine humaine et provient surtout de l'agriculture (5% des apports en azote et 17,3% des apports en phosphore).

Comme le montre le Tableau 2, ce sont les grandes rivières forestières du nord qui contribuent le plus aux apports de substances nutritives dans le lac Saint-Jean, soit 81,9% des apports totaux d'azote et 76% pour le phosphore. Ces apports sont majoritairement d'origine naturelle. La partie nord du lac est aussi influencée par la rivière Ticouapé apportant respectivement 2% et 5,2% de l'azote et du phosphore dont l'origine est surtout agricole, mais aussi industrielle et domestique. Les apports de la Mistassini ont aussi une composante mineure d'origine industrielle et ceux de la Chamouchouane d'origine agricole.

Les rivières forestières du sud contribuent beaucoup moins au total des apports (5,3% pour N et 6,9% pour P), mais les activités humaines contribuent plus aux origines de ces apports, en particulier, les activités industrielles dans la rivière Métabetchouane (42,4% pour le phosphore).

TABLEAU 1

APPORTS DE SUBSTANCES NUTRITIVES AU LAC SAINT-JEAN (1)

Substance nutritive	Apports totaux (kg/jour)	% d'origine naturelle	% d'origine agricole		% d'origine domestique		% d'origine industrielle
			Engrais	Animaux	Population avec égouts	Population sans égout	
Azote	31 728	91,3%	0,5%	4,5% (2)	2,2%	0,1%	1,4%
Phosphore	2 153	74,2%	3,6%	13,7% (2)	4,2%	0,2%	4,1%

(1) Ne tient pas compte de ce qui est apporté au niveau des décharges du lac.

(2) Dont ∿ 90% proviennent des bovins.

SOURCE: Sylvain, 1979

TABLEAU 2: RÉPARTITION DES CHARGES EN AZOTE ET EN PHOSPHORE DANS LES PRINCIPAUX TRIBUTAIRES

APPORTS D'AZOTE

Tributaire	Apports kg N/jour	Densité d'apports kg N/jour-km²	% des apports au lac Saint-Jean	% origine naturelle	% origine agricole	% origine domestique	% origine industrielle
Ticouapé	628	0,95	2,0%	34,5	54,0	10,7	0,8
Mistassini	8 813	0,40	27,8%	93,2	1,6	2,5	2,7
Ashuapmushuan	6 419	0,39	20,2%	93,6	4,8	1,6	-
Aux Iroquois	112	0,55	0,35%	65,8	33,5	0,7	-
À La Chasse	49	1,87	0,15%	17,2	82,0	0,8	-
Ouiatchouaniche	155	0,43	0,49%	83,7	11,5	4,8	-
Ouananiche	12	0,55	0,04%	63,7	32,8	3,5	-
Ouiatchouane	373	0,42	1,2%	86,5	5,4	8,1	-
Grignon	23	0,83	0,07%	41,8	57,3	0,9	-
Métabetchouane	1 134	0,48	3,6%	76,9	4,8	0,5	17,8
Couchepaganiche	95	0,97	0,30%	35,1	63,1	1,8	-
Belle Rivière	396	0,77	1,2%	49,9	48,0	2,1	-
Bédard	280	2,15	-	14,7	64,6	14,1	6,6
Grandmont	55	1,72	0,17%	16,3	82,6	1,1	-
Rouge	24	1,22	-	25,9	72,3	1,8	-
Mistouc	173	0,79	-	41,8	43,3	14,9	-
Des Harts	30	1,25	-	24,7	74,3	1,0	-
Des Chicots	46	1,06	-	30,0	68,8	1,2	-
Aux Cochons	37	0,82	0,12%	41,2	58,0	0,8	-
Péribonca	10 208	0,37	32,2%	99,4	0,4	0,2	-
Petite Péribonca	544	0,43	1,7%	83,3	13,8	2,9	-
Décharges	533	5,92	-	13,4	14,4	46,7(1)	25,5
Rives du lac	2 659	2,12	8,4%	84,3	6,2	9,5	-

Si on considère que 2/3 des eaux usées de la ville d'Alma se déversent en amont du point d'échantillonnage.

APPORTS DE PHOSPHORE

Tributaire	Apports kg P/jour	Densité d'apports kg P/jour-km²	% des apports au lac Saint-Jean	% origine naturelle	% origine agricole	% origine domestique	% origine industrielle
Ticouapé	111,4	0,169	5,2%	11,4	70,1	7,6	10,9
Mistassini	548,4	0,025	25,5%	83,1	6,2	5,2	5,5
Ashuapmushuan	426,9	0,026	19,8	80,0	16,8	3,2	-
Aux Iroquois	13,1	0,064	0,61%	31,7	67,6	0,7	-
À la Chasse	10,5	0,404	0,49%	4,7	94,9	0,4	-
Ouiatchouaniche	12,1	0,034	0,56%	59,8	32,5	7,7	-
Ouananiche	1,3	0,058	0,06%	30,0	66,5	3,5	-
Ouiatchouane	26,8	0,030	1,2%	69,8	15,9	14,3	-
Grignon	3,4	0,123	0,16%	15,8	83,6	0,6	-
Métabetchouane	110,2	0,047	5,1%	45,6	11,4	0,6	42,4
Couchepaganiche	16,8	0,172	0,78%	10,6	88,3	1,1	-
Belle Rivière	57,9	0,113	2,7%	17,1	81,3	1,6	-
Bédard	55,3	0,425	-	4,3	80,6	9,1	6,0
Grandmont	11,6	0,363	0,54%	3,8	95,7	0,5	-
Rouge	4,5	0,227	-	6,9	92,1	1,0	-
Mistouc	23,8	0,108	-	14,3	71,9	13,8	-
Des Harts	5,8	0,241	-	6,2	93,3	0,5	-
Des Chicots	8,2	0,191	-	10,1	89,2	0,7	-
Aux Cochons	5,6	0,124	0,26%	11,7	87,7	0,6	-
Péribonca	613,1	0,022	28,5%	97,8	1,7	0,5	-
Petite Péribonca	47,3	0,038	2,2%	52,8	43,0	4,2	-
Décharges	69,2	0,769	-	3,2	26,3	46,1(1)	24,4
Rives du lac	136,7	0,109	6,3%	49,3	26,9	23,8	-

(1) Si on considère que les 2/3 des eaux usées de la ville d'Alma se déversent en amont du point d'échantillonnage

SOURCE: Sylvain, 1979

Les densités d'apport, c'est-à-dire la quantité de substances nutritives par unité de surface, sont beaucoup plus élevées dans les rivières agricoles traduisant une plus forte densité d'utilisation humaine du territoire. Compte tenu de leur faible débit, ces rivières contribuent toutefois à des quantités moins élevées (Couture et al., 1980). Cela peut donner lieu à des conditions locales d'eutrophisation.

Selon l'évaluation du ministère des Richesses naturelles (Sylvain, 1979), les apports engendrés par la zone riveraine du lac sont responsables de 8,4% et de 6,3% des apports totaux en azote et en phosphore. Ils sont constitués des précipitations tombant sur le lac, ce qui explique en partie un apport d'azote d'origine naturelle élevée (84,3%). Le reste des apports naturels provient en partie de l'érosion des berges. Cet aspect est traité dans la Partie II "Effets de l'érosion sur la qualité des eaux".

Une contribution importante d'éléments nutritifs provient des municipalités et des chalets (23,8% du P). Les activités agricoles contribuent aussi au bilan du phosphore de façon importante (26,9%).

L'influence de ces apports peut se traduire par une augmentation des concentrations d'éléments nutritifs et une activité biologique plus intense dans les zones littorales, notamment au confluent des cours d'eau.

En effet, les parties littorales sont celles qui sont les plus fortement influencées par les diverses affectations humaines. Egalement, si l'érosion ou l'aménagement des berges a une influence sur la qualité des eaux, cet effet s'exercerait directement sur ces zones.

On peut donc considérer le lac Saint-Jean comme un système dynamique dont la qualité de l'eau est largement influencée par les divers tributaires. Couture et Visser (sous presse) ont mis en évidence deux régions littorales dont la qualité de l'eau se distingue de celle du reste du lac. Selon eux, "l'existence de ces deux régions dont la composition physico-chimique et biologique traduit un enrichissement des eaux par rapport au reste du lac met bien en évidence l'hétérogénéité du système". Une première région occupe une partie de la section ouest du lac et inclut les embouchures de la Mistassini et de l'Ashuapmushuan, deux rivières forestières et de la Ticouapé et aux Iroquois, deux rivières agricoles. La deuxième région englobe les rivières Couchepaganiche et la Belle Rivière, rivières agricoles, ainsi que l'embouchure de la Métabetchouane, rivière forestière.

3.0 MATERIEL ET METHODES

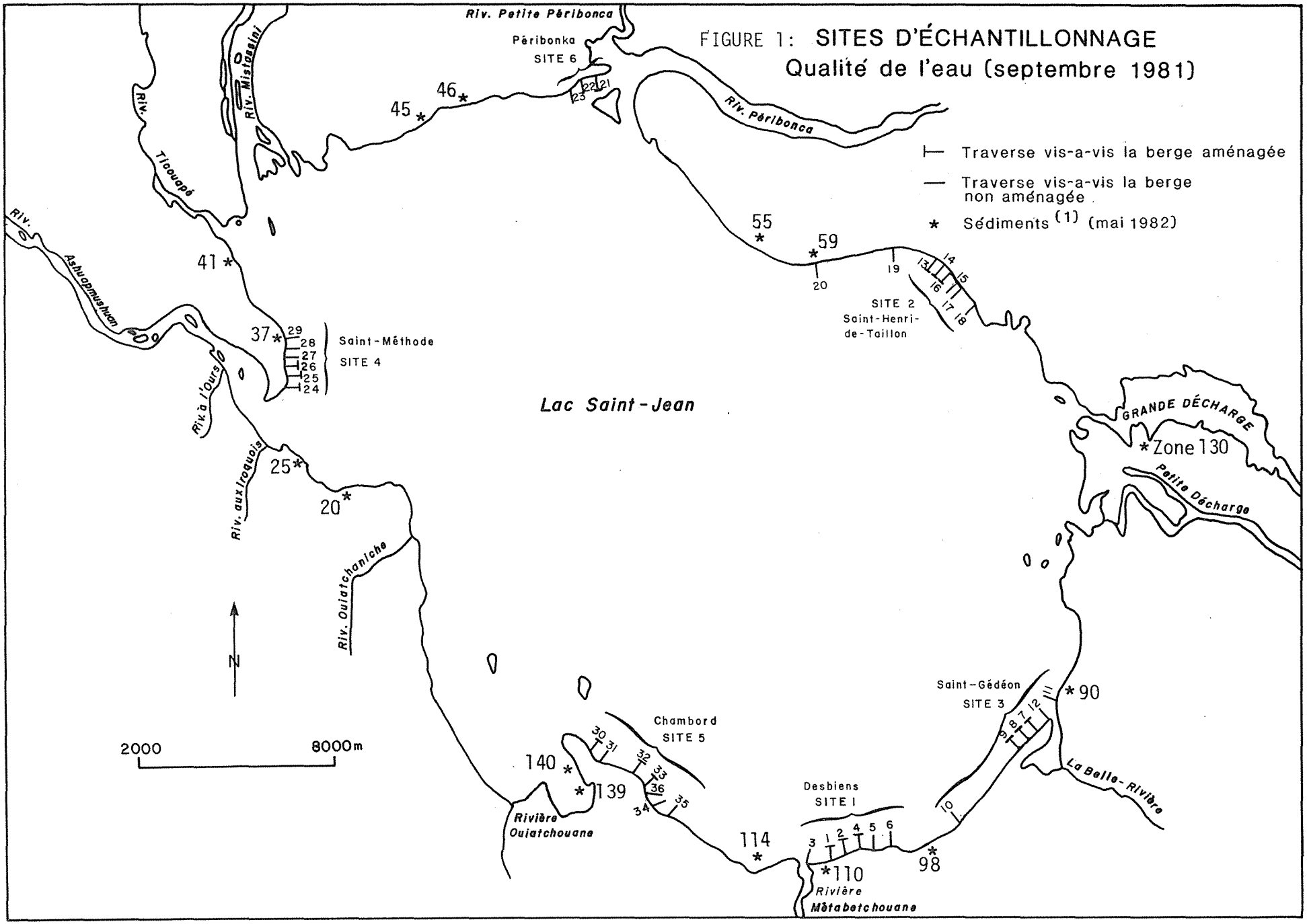
3.0 MATERIEL ET METHODES

3.1 Echantillonnage et analyse des paramètres

Les échantillons de la qualité des eaux ont été prélevés du 11 septembre au 18 septembre 1981 dans les six zones du lac suivantes: 1) Desbiens; 2) Saint-Henri-de-Taillon; 3) Saint-Gédéon; 4) Pointe Saint-Méthode; 5) Chambord; et 6) Péribonka (Figure 1).

Dans chacune de ces six zones, l'échantillonnage a porté sur une série de 18 stations correspondant à 6 traverses; 9 stations (3 traverses) étaient localisées devant un secteur de berge avec structure de protection et les 9 autres (3 traverses) se trouvaient devant un secteur de berge sans structure de protection. L'emplacement des stations d'échantillonnage le long des traverses correspond à des profondeurs respectives d'un, trois et cinq mètres pour un niveau de lac de 100,55 à 100,58 mètres (13,26 à 13,36 pieds). Le prélèvement des échantillons s'est fait à la surface aux stations correspondant à une profondeur d'un mètre. Aux stations correspondant à des profondeurs de trois mètres, l'échantillonnage a été effectué à la surface et à une profondeur de 2,5 mètres. Enfin, à la station correspondant à une profondeur de 5 mètres, les échantillons ont été prélevés à la surface, et à des profondeurs de 2,5 à 5 mètres.

La température, l'oxygène dissous, la conductivité et le pH de l'eau ont été mesurés sur le terrain au moyen d'un Hydro Lab 4000. La transparence a été mesurée à l'ordre par un disque Secchi. Le contenu en nitrates, phosphates, la concentration en carbone organique et inorganique, les pigments chlorophylle a et phaéophytine a, et la concentration de matières en suspension ont été mesurés au laboratoire de la Compagnie Nationale de Forage et de Sondage de Montréal.



(1) La numérotation des emplacements correspond à celle des segments du modèle mathématique de l'érosion (Annexe 13)

Toutes les analyses ont été effectuées selon les méthodes décrites dans APHA (American Public Health Association, 1975, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater").

Les échantillons analysés pour le contenu en nitrates et en phosphates ont été congelés au moment du prélèvement. Le contenu en nitrates a été mesuré selon la méthode de brucine et par spectophotomètre, tandis que les tenures en phosphates ont été mesurées selon la méthode à acide ascorbique. Les échantillons servant à mesurer le contenu en chlorophylle a active et la teneur en phaéophytine a ont été filtrés avec un filtre de fibre de verre de 0,45 µm et ensuite congelés jusqu'au moment de l'analyse. Les concentrations en pigment ont été déterminées par spectophotomètre.

Les échantillons de carbone organique et inorganique ont été également congelés avant l'analyse, et ensuite mesurés selon la méthode de combustion infra-rouge, au moyen de l'analyseur de carbone Bausch and Lomb. Les échantillons n'ont pas été filtrés avant l'analyse.

Les échantillons servant à mesurer le total des solides en suspension ont été filtrés au moyen d'une membrane de 1,2 µm. La différence de poids des sédiments avant et après séchage pendant une heure à 103^{o} - 105^{o}C sert de mesure.

3.2 Traitement numérique

La traitement numérique des paramètres de qualité de l'eau a été effectué selon le même mode d'analyse qui a été appliqué aux données d'abondance des organismes benthiques (voir Annexe 8). Aucune transformation normalisatrice n'a été appliquée aux données. Elles ont été traitées par une analyse de variance et une analyse factorielle, de même que par une analyse de corrélation.

Sommairement, suivant le programme d'échantillonnage fractionné (Split Plot Design; Steel and Torrie, 1960), l'analyse de variance a porté sur des groupes de traverses correspondant aux six zones d'échantillonnage (Saint-Gédéon, Saint-Henri-de-Taillon, Desbiens, Saint-Méthode, Chambord et Péribonka).

La variation de tous les paramètres de qualité de l'eau échantillonnés a été vérifiée en fonction de la localisation des traverses, de la présence de structures de protection des berges et de la profondeur, en tenant compte des interactions entre ces variables et des répétitions de traverses.

L'analyse a porté sur l'ensemble des 33 traverses. Afin de déceler les effets qui seraient dus à la nature des structures de protection des berges existantes, le traitement numérique a été également appliqué séparément aux groupes de traverses situées dans des zones aménagées avec perré et à celles situées dans des zones aménagées avec du gravier recouvert de sable.

Une matrice des corrélations entre les différents paramètres de qualité de l'eau, l'abondance des organismes benthiques et la granulométrie des sédiments a été établie. Ces données ont ensuite été soumises à une analyse factorielle de manière à extraire les composantes principales qui caractérisent la nature essentielle covariante des variables (Morrison, 1967). La technique des axes principaux avec rotation des facteurs équamax fut utilisée (Barr et al, 1976).

4.0 RESULTATS

4.0 RESULTATS

4.1 Paramètres de qualité de l'eau

Les valeurs moyennes, maximales et minimales des paramètres de qualité de l'eau mesurées dans le cadre du programme de relevé du milieu aquatique sont résumées au Tableau 3. Le Tableau 4 présente les moyennes obtenues et les écarts types en fonction de la présence ou non de structures de protection. Les données brutes recueillies à chacune des stations échantillonnées sont présentées aux Annexes A et B.

Les valeurs obtenues pour chacun des paramètres mesurés sont discutées dans les sections suivantes, en fonction des concentrations seuils établies par INRS-Eau dans la définition de la qualité des eaux du lac Saint-Jean (Visser et al, 1981; Bisson et al, 1978). Ces concentrations seuils sont montrées au Tableau 5.

Ces résultats sont ensuite comparés aux valeurs obtenues dans des travaux antérieurs, notamment ceux de l'INRS-Eau et du ministère de l'Environnement du Québec (Visser et al, 1981; Couture et Visser, 1981; Bisson et al, 1978).

Les valeurs minimales, maximales et moyennes des paramètres de qualité de l'eau mesurées par l'INRS-Eau (Visser et al, 1981) sont présentées au Tableau 6. Celles prélevées par Environnement Québec de 1978 à 1980 dans les tributaires du lac Saint-Jean sont résumées au Tableau 7.

TABLEAU 3

SOMMAIRE DES RESULTATS DE L'ECHANTILLONNAGE DE LA QUALITE DES EAUX LITTORALES DU LAC SAINT-JEAN

(SEPTEMBRE 1981)

(selon les valeurs minimales, maximales et moyennes)

	Desbiens			Saint-Henri-de-Taillon			Saint-Gédéon			Pointe Saint-Méthode			Chambord			Péribonka			Concentrations seuil utilisées (Visser et al. 1981)
Paramètre	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	
Conductivité (µmho/cm)	16	28	22	9	17	13	14	26	19	16	68	29	14	20	18	12	20	15	50
Nitrates (mg/l)	,06	,28	,12	,04	,23	,11	,07	,15	,11	,06	,28	,12	,01	,26	,11	,01	,30	,12	,07
Phosphore total (mg/l)	,011	,068	,030	,001	,148	,029	,001	,137	,027	,015	,045	,027	,007	,379	,068	,002	,055	,025	,02
Carbone organique (mg/l)	6,5	8,3	7,3	5,8	9,6	6,8	6,3	8,1	7,1	7,1	16,3	11,1	-	-	-	5,2	7,9	6,6	10
Carbone inorganique (mg/l)	1,1	2,4	1,5	,3	1,4	,6	,8	1,7	1,2	1,4	4,3	2,6	-	-	-	,8	2,0	1,4	3
Oxygène dissous (mg/l)	6,0	7,1	6,5	6,2	6,6	6,5	6,1	7,1	6,4	6,2	6,7	6,5	6,2	6,4	6,3	6,1	6,6	6,1	(1)
O_2 saturation (%)	60	73	66	64	65	64	63	73	68	58	67	62	62	64	-	64	65	64	(2)
PH	6,5	7,4	6,8	6,4	7,2	6,6	6,5	7,3	6,8	6,3	7,0	6,5	6,5	6,9	6,7	5,7	6,9	6,2	(3)
Solides en suspension (mg/l)	,4	9,6	4,3	2,5	9,4	5,1	,1	12,5	3	,6	14,4	6,2	1,3	7,4	4,3	4,2	7,1	5,7	
Transparence (secchi) (m)	,4	2,3	1,6	2,0	2,4	2,1	1,2	2,0	1,9	1,0	1,7	1,5	1,7	2,4	2,0	1,5	2,5	2,1	-
Chlorophylle a (mg/m^3)	,98	4,77	1,86	,98	2,77	1,67	1,10	2,80	1,88	1,04	10,19	3,31	,84	5,27	2,69	,38	3,75	1,54	1,50
Phaéophytine a (mg/m^3)	,75	2,15	1,08	,60	1,52	,91	,41	1,54	,87	,47	8,23	2,02	,15	4,22	1,73	,12	2,25	,75	1,20
Température (°C)	15,1	18,0	-	13,7	15,9	-	16,7	18,7	-	12,8	15,7	-	15,7	16,7	-	14,5	16,4	-	20

—— Valeurs dépassant les seuils utilisés.

(1) Les valeurs obtenues sont faibles malgré qu'elles soient au-dessus des limites inférieures recommandées pour la vie aquatique (3-4 mg/l) (Environnement Canada 1972).

(2) Sous les conditions de températures observées, niveau minimal nécessaire au maintien de la vie aquatique 57 à 59% (US EPA 1972)

(3) Valeur de PH entre 6 et 9 recommandée pour la protection de la vie aquatique (US EPA 1972).

\- Aucune valeur disponible

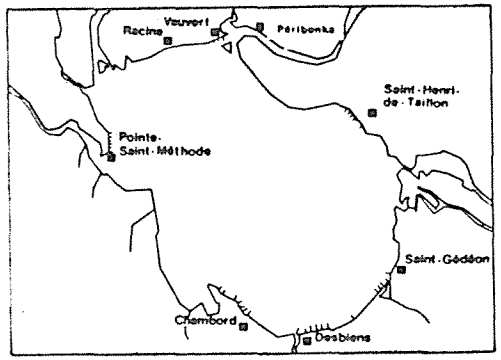


TABLEAU 4

SOMMAIRE DES RESULTATS DE L'ECHANTILLONNAGE DE LA QUALITE DES EAUX LITTORALES DU LAC SAINT-JEAN

(SEPTEMBRE 1981)

(selon les moyennes et les écarts types)

PARAMETRE	DESBIENS (SITE 1)						ST-HENRI DE TAILLON (SITE 2)						ST-GEDEON (SITE 3)					
	STRUCTURE (PERRE)			SANS STRUCTURE			STRUCTURE (GRAVIER)			SANS STRUCTURE			STRUCTURE (GRAVIER)			SANS STRUCTURE		
	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE
CONDUCTIVITE (µmho/cm)	9	21,6	2,80	9	22,5	2,83	9	13,1	2,00	15	13,76	2,25	9	18,2	2,77	9	19,14	1,17
NITRATE (mg/l)	9	0,14*	0,058	9	0,09*	0,04	9	0,10*	0,03	15	0,11*	0,05	9	0,11*	0,02	9	0,11*	0,04
PHOSPHORE TOTALE (mg/l)	9	0,09*	0,18	9	0,03*	0,02	9	0,007	0,009	15	0,04*	0,04	9	0,02*	0,01	9	0,03*	0,04
CARBONE ORGANIQUE (mg/l)	3	6,76	0,25	4	7,67	0,43	9	6,75	0,97	15	6,88	0,88	3	7,06	0,46	4	7,05	0,77
CARBONE INORGANIQUE (mg/l)	3	1,20	0,17	4	1,72	0,58	9	0,52	0,40	15	0,62	0,45	3	1,00	0,17	4	1,32	0,28
OXYGENE DISSOUS (mg/l)	9	6,8	0,10	9	6,2	0,05	9	6,46	0,09	15	6,5	0,07	9	6,65	0,30	9	6,21	0,05
O_2 SATURATION (%)		70			63			63			64			69			63	
pH	9	6,8	0,14	9	6,9	0,21	9	6,6	0,06	15	6,7	0,13	9	6,83	0,21	9	6,7	0,13
SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	9	4,37	3,52	9	4,22	1,35	9	5,48	1,80	15	4,88	1,84	9	4,25	3,96	8	3,08	1,58
TRANSPARENCE (SECCHI) (m)	6	1,6	0,86	7	1,57	0,07	5	2,0	0,00	7	2,14	0,21	6	1,78	0,34	6	2,0	0,00
CHLOROPHYLLE a (mg/m³)	9	1,59*	0,71	9	2,12*	1,10	8	1,42*	0,33	15	1,72*	0,56	9	1,75*	0,49	9	1,99*	0,53
PHAEOPHYTINE a (mg/m³)	9	0,89	0,56	9	-	0,63	8	0,76	0,16	15	0,98	0,30	9	0,85	0,34	9	0,89	0,42
TEMPERATURE (°C)	9	17,4	0,33	9	16,5	0,55	9	14,83	0,56	15	15,1	0,64	9	17,74	0,69	9	17,1	0,32

PARAMETRE	ST-METHODE (SITE 4)						CHAMBORD (SITE 5)						PERIBONKA (SITE 6)					
	STRUCTURE (GRAVIER)			SANS STRUCTURE			STRUCTURE (PERRE)			SANS STRUCTURE			STRUCTURE (PERRE)			SANS STRUCTURE		
	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE	(n)	moy.	ECART TYPE
CONDUCTIVITE (µmho/cm)	9	29,0	12,8	9	34,61	20,87	9	17,9	1,44	9	18,01	1,57	3	15,93	2,40	6	14,6	1,46
NITRATE (mg/l)	9	0,11*	0,06	9	0,12*	0,07	9	0,08*	0,06	9	0,12*	0,10	3	0,18*	0,10	6	0,09*	0,04
PHOSPHORE TOTALE (mg/l)	9	0,02*	0,01	8	0,02*	0,009	9	0,08*	0,12	9	0,04*	0,03	3	0,03*	0,02	6	0,02*	0,01
CARBONE ORGANIQUE (mg/l)	9	10,34*	2,01	9	11,92*	2,24	0	-	-	0	-	-	3	6,93	1,50	6	6,48	0,51
CARBONE INORGANIQUE (mg/l)	9	2,56	0,87	9	2,63	0,99	0	-	-	0	-	-	3	1,50	0,62	6	1,30	0,16
OXYGENE DISSOUS (mg/l)	9	6,48	0,16	9	6,48	0,17	9	6,24	0,04	9	6,2	0,04	3	6,36	0,11	6	6,17	0,04
O_2 SATURATION (%)		62			61			62			62			63			61	
pH	9	6,58	0,25	9	6,41	0,10	9	6,7	0,08	9	6,7	0,07	3	5,87	0,12	6	5,87	0,06
SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	9	5,68	1,27	9	6,62	3,97	9	4,92	2,09	9	3,62	1,02	3	6,5	0,56	6	5,33	1,02
TRANSPARENCE (SECCHI) (m)	6	1,45	0,12	5	1,48	0,28	6	2,1	0,29	6	1,96	0,28	2	2,35	0,21	4	2,00	0,40
CHLOROPHYLLE a (mg/m³)	9	2,81*	1,48	9	3,81*	2,78	8	3,07*	1,57	9	2,64*	1,13	3	2,41*	1,25	6	1,10*	0,96
PHAEOPHYTINE a (mg/m³)	9	1,59*	1,50	9	2,44*	2,38	8	2,04*	1,47	9	1,36*	1,07	3	1,13	0,60	6	0,56	0,83
TEMPERATURE (°C)	9	14,24	1,03	9	13,55	0,83	9	16,13	0,21	9	16,2	0,23	3	15,5	0,26	6	15,7	0,12

* Dépasse ou égale les concentrations seuil de Visser et al, 1981 (Voir Tableau 5)

TABLEAU 5: CONCENTRATIONS SEUILS UTILISEES DANS LA DEFINITION DE LA QUALITE DES EAUX DU LAC SAINT-JEAN

	Unité	*Seuil utilisé*	*Niveau de vieillissement**					*Valeur pour différents niveaux trophiques et références*			
			Très faible	*faible*	*moyen*	*élevé*	*très élevé*	*oligo-trophe*	*meso-trophe*	*eutrophe*	
Température	°C	20									
pH	—	—									
Conductivité	µmho/cm	50									
Turbidité	NTU	6,0									
Solides en suspension	ppm	10,0									
Couleur apparente	ppb Pt	50,0						<40		>40	Hutchinson, 1967
Carbone inorganique total	ppm $CaCO_3$	3,0									
Carbone organique total	ppm C	10,0									
Dureté	ppm $CaCO_3$	26,0									
Azote Kjeldahl	ppm N	0,40	<0,15	0,15-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,40-1,00	<0,20	0,20-0,65	>0,50	Vollenweider, 1968
Azote ammoniacal	ppm N	0,10									
Nitrates et nitrites	ppm N	0,07									
Phosphore inorganique	ppb P	20,0									
Phosphore total	ppb P	20,0	<5	5-10	10-20	20-35	35-150	<5	5-30	>30	Vollenweider, 1968
Microflore totale	org./ml	100									
Coliformes totaux	org./100 ml	10000									
Coliformes fécaux	org./100 ml	100									
Adenosine tri-phosphate (ATP)	ppb	0,20									
Chlorophylle *a*	ppb	1,50	<1	1-5	5-10	10-30	30-100	<4,4	4,4-8,8	>8,8	Vollenweider, 1974
Phaeopigments	ppb	1,20						<2	<2-5,5	5,5-10	Dillon & Rigler, 1975
Potentiel autotrophe	ppb C/h	20,0						<2			Margalef *et al.*, 1973
Potentiel de fertilité	mg d'algues/l	0,50	<0,1	0,1-1,0	1-4	4-10	10-50	<0,1	0,1-0,8	>0,8	Miller *et al.*, 1974

* Établi selon le ministère des Richesses Naturelles du Québec (1978)

Source: Visser et al, 1981.

TABLEAU 6

VALEURS MINIMALES, MAXIMALES ET MOYENNES DES PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DU LAC ST-JEAN MESUREES PAR L'INRS-EAU JUIN A SEPTEMBRE 1977

Paramètre	*Unité*	*Nombre de mesures*	*Minimum*	*Maximum*	*Moyenne*	*Coefficient de variation (%)*
Température	°C	311	11,5	24,0	18,3	13
pH	—	302	6,00	8,30	6,99	4
Conductivité	µmho/cm	330	2,0	155,0	27,8	79
Turbidité	NTU	323	1,20	35,00	3,52	83
Solides en suspension	mg/1	461	1,00	58,00	3,36	119
Couleur apparente	ppb Pt	333	35	140	46	20
Carbone inorganique tot.	mg $CaCO_3$/1	421	0,20	22,50	1,49	190
Carbone organique tot.	mg C/1	421	0,50	25,10	8,00	34
Dureté	mg $CaCO_3$/1	421	5,0	113,0	13,1	103
Azote Kjeldahl	mg N/1	509	0,03	1,60	0,33	61
Azote ammoniacal	mg N/1	511	0,020	0,740	0,062	141
Nitrates et nitrites	mg N/1	511	0,020	0,850	0,054	95
Phosphore inorganique	µg PO_4/1	511	0,007	0,460	0,040	114
Phosphore total	µg PO_4/1	511	0,011	0,500	0,047	109
Microflore totale	N/ml	258	0	4 220	94	410
Coliformes totaux	N/100 ml	152	10	286 000	3 065	759
Coliformes fécaux	N/100 ml	152	2	66 000	604	909
Adénosine tri-phosphate	µg/1	470	0,001	>0,600	0,104	100
Chlorophylle *a*	µg/1	495	<0,03	6,80	0,92	87
Phaeopigments	µg/1	495	<0,03	9,00	1,02	79
Potentiel autotrophe	µg C/1.h.	298	<0,01	3 317,0	38,7	564
Potentiel de fertilité	mg algues/1	339	0,01	88,80	2,45	311

Source: Visser et al 1981

TABLEAU 7

QUALITE DES EAUX - SOMMAIRE DES DONNES PRELEVEES DANS DES TRIBUTAIRES DU LAC ST-JEAN PAR ENVIRONNEMENT QUEBEC 1978-1980

	OUIATCHOUANE au pont-route 169 à Val-Jalbert			PERIBONCA au pont-route 169 à Ste-Monique			ASHUAPMUSHUAN au pont-route de St-Félicien			METABETCHOUANE au pont-route 169 à Desbiens			MISTASSINI au pont-route 169 à Dolbeau			MISTASSIBI au pont-route 169		
Paramètre	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
	Annuel			Annuel			Annuel			Annuel			Annuel			Annuel		
Conductivité (µmho/cm)	8	465	48	15	29	19	13	3560	135	16	127	49	17	66	29	13	708	34
Nitrates (mg/l)	,01	,63	,08	,02	,07	,04	,02	1,00	,08	,01	,36	,08	,02	,28	,07	,01	,58	,06
Azote (mg/l)	,12	2,23	,31	,14	,42	,24	,13	2,64	,41	,20	124	,35	,15	,41	,25	,01	,27	,17
Phosphore (mg/l) total	,006	,282	,025	,011	,031	,023	,006	,078	,023	,006	,342	,043	,006	,261	,031	,006	,053	,016
Carbone (mg/l) organique	3,5	62,5	14,1	9,5	18,0	12,7	2,7	25,5	14,2	10	509	36,7	8,0	24,5	13,3	6,3	21,5	11,5
Carbone (mg/l) inorganique	,5	30,0	3,1	,5	3,0	1,5	,5	10,0	2,1	,5	12,5	2,3	,5	3,5	1,4	,5	3,0	1,1
Oxygène dissous (mg/l)	11	14,4	13,0	11,2	13,6	12,4	11,0	14,2	12,7	7,5	13,6	11,3	10,0	14,0	11,5	9,0	14,0	11,1
Saturation (%)	91	113	102	95	98	96,5	91	114	102	84	118	95,8	81	115	98,5	70	112	92
pH	6,5	7,9	7,1	5,5	7,3	6,5	7,1	8,0	7,6	6,6	8,3	7,2	6,0	7,4	6,8	6,0	8,1	7,0
Turbidité (Jackson)	,7	40,0	2,4	,5	2,0	1,0	,8	20,0	2,4	,8	25,0	3,8	,8	15,0	2,0	,5	10,0	1,2
Solides en (mg/l) Suspension	1,0	3,0	2,2	2,0	3,0	2,3	2,0	27,0	8,6	2,0	11,0	5,0	2,0	5,0	3,4	2,0	13,0	4,3

4.1.1 Conductivité

La conductivité est une mesure utile pour l'évaluation des apports en minéraux et en ions, et constitue un indicateur de la teneur en éléments nutritifs et, par conséquent, de la productivité biologique des eaux.

La moyenne des valeurs de conductivité mesurées pour chacun des six secteurs échantillonnés varie entre 13 et 34 µmho/cm et on note des différences significatives entre certaines stations (Tableau 4, Annexe B).

Les valeurs moyennes les plus faibles ont été mesurées à Saint-Henri-de-Taillon (13 µmho/cm) et les moyennes les plus élevées à Pointe Saint-Méthode où l'on a également enregistré la valeur maximale la plus élevée (68 µmho/cm); cette valeur est la seule dépassant le seuil de 50 µmho/cm.

De façon générale, les valeurs obtenues sont faibles et indiquent que les eaux littorales contiennent une faible concentration de minéraux et d'ions. Ces valeurs sont typiques des lacs précambriens de l'est du Canada où l'on observe souvent des valeurs de moins de 50 µmho/cm (Environnement Canada, 1980).

Les valeurs obtenues sont en accord avec les concentrations relevées par Environnement Québec aux embouchures des tributaires; en effet, la moyenne pour la rivière Péribonca, qui représente la plus grande partie des apports est de 19 µmho/cm (Tableau 7).

Des valeurs de plus de 50 µmho/cm ont été notées par l'INRS-Eau aux confluents des rivières agricoles dont la Ticouapé, la Couchepaganiche et la Belle Rivière (Visser et al, 1981; Bisson et al, 1978, p. 59).

4.1.2 Eléments nutritifs

Les nitrates (NO_3^-), les phosphates (PO_4^{3-}) et le carbone organique sont parmi les principaux éléments contribuant à la productivité biologique des eaux.

4.1.2.1 Nitrates

Dans les systèmes naturels, les nitrates proviennent des matériaux rocheux ainsi que des déchets d'animaux et des débris végétaux; les émissaires d'égouts et le drainage agricole peuvent contribuer à l'apport en nitrates.

Les concentrations moyennes en nitrates mesurées en septembre 1981 varient entre 0,11 et 0,18 mg/l pour l'ensemble des secteurs échantillonnés variant entre 0,1 et 30 mg/l.

A chacun des sites, les valeurs moyennes dépassent le seuil de 0,07 mg/l (Tableau 4). Ce seuil correspond aux concentrations de nitrates et nitrites, mais étant donné que les eaux du lac Saint-Jean sont bien oxygénées, les valeurs en nitrites sont négligeables et les concentrations sont, à toute fin pratique, les mêmes.

Les études de l'INRS ont montré que les concentrations en nitrates et en nitrites sont généralement constantes en été, et assez élevées (moyen 0,054 mg/l) (Tableau 4), notamment dans le secteur sud-est du lac, tandis que les stations de la section nord ont rarement dépassé le seuil (Bisson et al, 1978). Les valeurs moyennes relevées dans les tributaires par Environnement Québec sont également plus faibles, variant entre 0,04 et 0,08 mg/l) (Tableau 7).

4.1.2.2 Phosphore total

Le phosphore retrouvé dans le milieu naturel peut provenir de sources naturelles telles que le drainage des forêts ou les débris des animaux sauvages et de sources résultant des activités humaines telles que les émissions d'égouts ou du drainage agricole.

Les valeurs moyennes de phosphate mesurées pour chacune des six zones d'échantillonnage varient entre 0,02 et 0,09 mg/l et dépassent partout le seuil de 0,02 mg/l et les valeurs normalement observées dans les lacs naturels du Bouclier canadien (0,01 mg/l) (Environnement Canada, 1980) (Tableau 4).

Selon les résultats des études de l'INRS-Eau, les mesures de phosphore total effectuées aux stations situées au confluent des rivières Ticouapé, Ashuapmushuan, Belle Rivière et Péribonca dépassent le seuil et atteignent un maximum au mois d'août, et la moyenne pour l'ensemble du lac est de 0,04 µg/l, ce qui est inférieur à nos mesures. Ces valeurs,mesurées dans les tributaires, ont une moyenne de 0,016 à 0,043 mg/l. (Environnement Québec, 1978 à 1980)(Tableau 7).

4.1.3 Carbone organique et inorganique

Les valeurs de carbone organique reflètent la quantité de substances organiques dans l'eau. La concentration inorganique mesure la concentration totale de bicarbonates, de carbonates et du gaz carbonique.

Les valeurs moyennes mesurées dans chacune des 6 zones d'échantillonnage varient de 6,6 à 11,9 mg/l pour le carbone organique et 0,4 à 2,6 mg/l pour le carbone inorganique (Tableau 4). Les valeurs obtenues à certaines stations de Pointe Saint-Méthode dépassent les seuils établis de 10 mg/l de carbone organique total.

L'INRS-Eau a noté des valeurs élevées de carbone organique dans les décharges, tandis qu'au centre du lac, les valeurs enregistrées sont de l'ordre de 8,3 mg/l (Jones, 1979). Les valeurs de carbone organique augmentent en juillet et août, mais diminuent en septembre (Bisson et al, 1978). Les moyennes notées en 1977 sont de 8,00 mg/l de TOC et 1,49 mg/l de TIC (Visser et al, 1981). Les valeurs obtenues en septembre 1981 sont compatibles avec celles de l'INRS-Eau, toutefois elles sont moins élevées que celles mesurées dans les tributaires (moyenne: 11,5 à 36,7 mg/l) (Environnement Québec, 1977-1978).

4.1.4 Productivité primaire

Le contenu en chlorophylle a est utilisé comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique ou la productivité primaire. La phaéophytine a est la fraction non active de la chlorophylle a. Le rapport phaéophytine a: chlorophylle a est un indice du potentiel hétérotrophe microbiologique ou de l'utilisation de la matière détritale; un rapport faible indique des conditions autotrophes très productives, tandis qu'un rapport élevé indique des conditions hétérotrophes ou plus productives sur le plan de la production primaire (Jones et al, 1979).

Les relevés effectués en septembre 1981 indiquent des concentrations moyennes variant de 1,10 à 3,81 mg/m^3 et des valeurs maximales atteignant 10,10 aux stations de la Pointe Saint-Méthode. Les concentrations moyennes et maximales obtenues à chacun des six sites dépassent jusqu'à plus de six fois les seuils établis indiquant un degré élevé de productivité primaire.

Bisson et al (1978) rapportent que les valeurs de chlorophylle dépassent souvent le seuil le long des berges, tandis que dans la zone pélagique, les valeurs sont typiques d'un lac oligotrophe.

On a généralement observé une diminution des concentrations en chlorophylle a au fur et à mesure que la saison progresse. Le Tableau 8 indique les changements observés dans les tributaires du lac Saint-Jean; dans les portions centrales du lac, il semblerait que le maximum de production a lieu plus tard dans l'été (Jones et al, 1979).

Dans l'ensemble, les valeurs sont faibles (moins de 2 ppb), mais deviennent importantes près des confluents des rivières (Ticouapé (7,49 ppb), Belle Rivière (6,97 ppb) et Couchepaganiche (3,36 ppb) de même qu'à la Pointe Chambord (2,72 ppb) à l'embouchure des rivières Métabetchouane (2,61 ppb) et Péribonca (2,50 ppb) (Sylvain, 1979).

4.1.5 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un des paramètres physico-chimiques les plus importants au maintien de la vie en milieu aquatique. Il provient de l'atmosphère ou de la photosynthèse des plantes aquatiques et du phytoplancton et les variations quotidiennes et saisonnières observées dépendent notamment du degré d'activité phytosynthétique et de la respiration (la nuit).

Les résultats de la campagne de relevé du milieu aquatique indiquent des valeurs de 0,6 à 7,1 mg/l d'oxygène dissous, soit de 58% à 73% de saturation. Compte tenu qu'au moment de l'échantillonnage, la température de l'eau a varié de 12,8 à 18^{o}C, sous ces conditions, les niveaux d'oxygène dissous nécessaires au maintien de la vie aquatique sont de 6,2 à 6,8 mg/l (US EPA, 1972) ou approximativement 57 à 59% de saturation. Les pourcentages de saturation obtenus à l'automne 1981 sont relativement faibles malgré qu'ils soient au-dessus des limites inférieures pour la vie aquatique qui est à peu près 3 - 4 mg/l (Environnement Canada, 1972) (Geoffrion et Michaud, 1979).

TABLEAU 8

CHANGEMENTS SAISONNIERS DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE "A" DANS LES TRIBUTAIRES DU LAC SAINT-JEAN (mg/m^3)

RIVIERE	ETE	SEPTEMBRE
Ticouapé	23,4	1,8
Moreau	13,0	0,9
Belle Rivière	10,8	1,6
Couchepaganiche	21,7	0,3
Ashuapmushuan	1,4	0,3
Mistassini	1,5	0,5
Péribonca	9,3	0,7
Métabetchouane	3,8	1,1
Ouiatchouane	2,1	2,0
Ouiatchouaniche	1,2	1,2
MOYENNE	8,8	1,0

Source: Jones et al, 1979.

En raison de la période tardive durant laquelle les mesures ont été effectuées, les faibles valeurs en oxygène dissous pourraient être dues à la diminution de l'activité photosynthétique ou l'oxygénation du carbone organique dans les eaux littorales, phénomène normalement observé à l'automne.

L'étude de Geoffrion et Michaud, 1979, indique qu'en hiver, les conditions d'oxygénation du lac Saint-Jean sont très bonnes; les valeurs les plus faibles ont été notées en avril 1979 (3,5 mg/l à 2°C dans la fosse profonde de 55 m). En été, les valeurs d'oxygène notées aux stations pélagiques varient de 7,8 mg/l (78% sat. T°: 16°) à 9,3 (100% sat. T°: 19°) et les valeurs moyennes (de 8,1 à 9,1 mg/l, 80% à 95% de saturation) sont plus élevées que celles observées dans la présente étude.

Egalement, les données d'Environnement Québec (1978-1980) indiquent des valeurs variant de 7,5 à 14,2 mg/l dans les tributaires du lac Saint-Jean et des degrés de saturation variant de 85 à 118%.

Les différences entre les mesures relevées par Michaud et al, Environnement Québec et celles obtenues à l'automne 1981, sont probablement dues aux phénomènes de diminution de l'activité photosynthétique et de l'oxygénation du carbone organique mentionnés à la section précédente, et peuvent être également reliées au degré d'agitation accru des eaux dans les rivières et les eaux profondes.

4.1.6 pH

Ce paramètre est une mesure de la concentration en ions hydrogènes et sous des conditions naturelles, les valeurs normalement observées varient entre 4 et 9, et des valeurs entre 6 et 9 sont recommandées pour la protection de la vie aquatique (US EPA, 1972).

Les valeurs de pH mesurées avant la campagne de relevé de terrain varient de 5,7 à 7,4 au pourtour du lac. Toutefois, les valeurs mesurées à Chambord (6,5 à 6,9) et Péribonca (5,7 à 6,9) se rapprochent des valeurs inférieures recommandées, mais ne sont pas assez faibles pour avoir des conséquences néfastes sur la vie aquatique.

Les mesures de l'INRS indiquent que les rivières agricoles (Ticouapé, Belle Rivière) ont un pH alcalin. De façon générale, les pH mesurés sont plus bas au printemps et à l'automne qu'en été et en hiver. Au centre du lac, le pH est de l'ordre de 7,3 (Jones, 1979).

4.1.7 Transparence et matières en suspension

Les solides en suspension incluent surtout les particules d'argile ou de limon, le plancton et les autres micro-organismes et la matière organique en décomposition. La teneur en solides en suspension a des effets directs sur la transparence et l'activité photosynthétique et par conséquent sur la productivité des eaux.

Une certaine quantité de matières en suspension est libérée par l'érosion des berges. Les mesures de transparence combinées à celles des concentrations en matières en suspension fournissent donc une indication du volume de sédiments présents dans la colonne d'eau.

Une forte teneur en matières en suspension peut occasionner, s'il y a sédimentation, l'ensevelissement des organismes benthiques. Les éphéméroptères et les tricoptères peuvent être sérieusement affectés par une forte teneur en matières en suspension. Par ailleurs, les oligochètes, les diptères et les gastéropodes sont tolérants à l'envasement (Hawkes, 1979).

Les valeurs moyennes de transparence (Secchi) mesurées durant la campagne d'échantillonnage de septembre 1981 varient de 0,12 à 2,35 m. Aux stations correspondant à un mètre de profondeur, la transparence était souvent plus grande qu'un mètre et par conséquent, peu de données ont été récoltées pour celles-ci.

Les concentrations moyennes mesurées de solides en suspension varient de 3,08 à 6,62 mg/l (Tableau 3), seules certaines valeurs maximales à Saint-Gédéon et à Pointe Saint-Méthode dépassent le seuil établi de 10 mg/l.

Visser et al rapportent des concentrations moyennes de 3,36 mg/l (119% de variation) pour l'ensemble du lac. Les seules mesures recensées de transparence (Secchi) en eaux peu profondes ont été effectuées au nord-ouest du lac et indiquent des transparences moyennes de 1,8 à 2,5 m (Geoffrion et Michaud, 1979).

Quant aux solides en suspension, Bisson (1978) a, comme dans la présente étude, mesuré des concentrations dépassant le seuil dans la Belle Rivière et également dans la rivière Péribonca; les concentrations sont plus élevées de la mi-juillet à la mi-août.

Selon l'étude de Fortin et Sochanska 1979, on observe une diminution de la clarté de l'eau à partir du nord (secteur pointe à la Savanne vers le sud - secteur Desbiens). Les eaux sont particulièrement bourbeuses dans la Péribonca (0,5 m), la Belle Rivière (0,5 m), la Métabetchouane (0,9 m), l'Ashuapmushuan (0,8 m) et la Ticouapé (0,3 m).

4.1.8 Qualité bactériologique des plages

Selon l'étude de la qualité des plages du lac Saint-Jean effectuée en 1979 par le MENQ (Michaud et al, 1979), sauf pour quelques cas locaux, la qualité bactériologique des plages est dans l'ensemble favorable. Les problèmes bactériologiques des plages sont principalement causés par les eaux d'égouts non traitées déversées par les municipalités directement dans le lac ou bien via les rivières. Le vent joue un rôle important en agissant comme facteur de dispersion.

En 1979, 19 plages sur 70 ne respectaient pas les normes du règlement relatif aux eaux destinées à la baignade du MENQ. La plupart de ces plages se retrouvent dans trois secteurs principalement affectés, soit Métabetchouan, Roberval et Saint-Prime. Ces villes déversent leurs égouts non traités dans les rivières ou dans le lac Des vents dominants de l'ouest refoulent les égouts vers les plages créant ainsi des problèmes bactériologiques temporaires ou permanents. Ce phénomène a été confirmé par Michaud et al, (1979) pour le secteur Métabetchouan (entre rivière Couchepaganiche et Belle Rivière). Les eaux usées longent les rives du lac avant de se diffuser au large et affectent grandement les plages de ce secteur qui correspond en partie au site d'échantillonnage 3 (Saint-Gédéon). Les plages situées près des autres sites d'échantillonnage sont généralement propices à la baignade, sauf quelques problèmes locaux (Chambord, site 5, une plage non acceptable). Les résidences secondaires des zones de villégiature ont généralement des installations sanitaires assez rudimentaires (puisards généralement) mais, sauf exception, cela ne semble pas affecter gravement la qualité bactériologique des plages.

Les résultats de l'analyse de la qualité bactériologique des plages sont considérés dans l'évaluation de la qualité des plages présentée à l'Annexe 9 "Milieu socio-économique et répercussions des options de gestion des niveaux du lac".

4.2 Traitement numérique des données

4.2.1 Analyse de variance

Les résultats de l'analyse de variance conduite sur les données de qualité de l'eau pour analyser l'influence des facteurs considérés (structures, localisation, profondeur, traverses) sur chacun des paramètres de la qualité de l'eau sont présentés aux Tableaux 9, 10 et 11. L'interprétation de ces résultats est la suivante:

Pour ce qui concerne le facteur "structures", aucun effet significatif n'est détecté, que l'analyse soit faite sur l'ensemble des données (Tableau 9) ou celles se rapportant spécifiquement aux traverses placées aux endroits aménagés de gravier recouvert de sable (Tableau 10) ou de perrés (Tableau 11).

Le facteur "localisation" est celui qui influence le plus le paramètre de qualité de l'eau. En effet, l'analyse de l'ensemble des données révèle un effet significatif de ce facteur sur le carbone organique et inorganique, la température, le pH et la conductivité. Ceci réflète l'hétérogénéité du lac résultant de l'apport des rivières qui se déchargent dans le lac, comme le montrent les conditions plus acides et plus froides observées dans la décharge de la Péribonca ainsi que les valeurs extrêmes de conductivité et de carbone observées à Pointe Saint-Méthode. Ces effets sont aussi indiqués par l'analyse de variance faite séparément pour les zones aménagées en perrés et en gravier recouvert de sable. Dans le premier cas, (Tableau 11), l'effet significatif du facteur "localisation" reflète les conditions acides et de plus faible conductivité de l'embouchure de la Péribonca, comparées avec les valeurs observées à Desbiens et Chambord. Dans le cas des zones aménagées de gravier et de sable (Tableau 10), l'analyse de variance fait ressortir l'effet de la

TABLEAU 9

ANALYSE DE VARIANCE
PARAMETRES DE LA QUALITE DE L'EAU
BASE: TOUS LES ECHANTILLONS

	PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU											
FACTEURS	NITRATES	SOLIDES EN SUSPENSION	PHOSPHORE	CHLOROPHYLLE a	PHAEOPHYTINE a	CARBONE ORGANIQUE	CARBONE INORGANIQUE	TEMPERATURE	pH	OXYGENE DISSOUS	CONDUCTIVITE	TRANSPARENCE
Premier niveau d'analyse Effet de localisation	F : 0,12 df: 5,5 p : 0,9822	F : 4,97 df: 5,5 p : 0,0516	F : 1,13 df: 5,5 p : 0,4478	F : 4,35 df: 5,5 p : 0,0663	F : 3,43 df: 5,5 p : 0,1014	F : 25,51** df: 4,4 p : 0,0042	F : 143,52** df: 4,1 p : 0,0001	F : 27,05** df: 5,5 p : 0,001	F : 26,88** df: 5,5 p : 0,001	F : 0,61 df: 5,5 p : 0,700	F : 36,05** df: 5,5 p : 0,001	F : 2,87 df: 5,5 p : 0,136
Effet de la présence de structure	F : 0,19 df: 1,5 p : 0,6850	F : 2,34 df: 1,5 p : 0,1868	F : 0,48 df: 1,5 p : 0,5180	F : 0,09 df: 1,5 p : 7818	F : 0,01 df: 1,5 p : 0,9735	F : 1,47 df: 1,4 p : 0,2918	F : 2,04 df: 1,4 p : 0,2265	F : 1,71 df: 1,5 p : 0,248	F : 0,02 df: 1,5 p : 0,891	F : 2,65 df: 1,5 p : 0,165	F : 1,74 df: 1,5 p : 0,245	F : 0,78 df: 1,5 p : 0,417
Deuxième niveau d'analyse Effet de la profondeur	F : 0,29 df: 2,20 p : 0,7516	F : 0,05 df: 2,20 p : 0,9554	F : 0,30 df: 2,20 p : 0,7418	F : 0,84 df: 2,20 p : 0,4454	F : 0,87 df: 2,20 p : 0,4343	F : 0,84 df: 2,14 p : 0,4541	F : 0,64 df: 2,14 p : 0,5396	F : 0,18 df: 2,20 p : 0,836	F : 19,79** df: 2,20 p : 0,001	F : 0,59 df: 2,20 p : 0,562	F : 1,77 df: 2,20 p : 0,196	F : 24,57** df: 2,10 p : 0,001
Intéractions Profondeur Structures	F : 0,10 df: 2,20 p : 0,9095	F : 0,87 df: 2,20 p : 0,4343	F : 1,56 df: 2,20 p : 0,2339	F : 2,02 df: 2,20 p : 0,1592	F : 1,63 df: 2,20 p : 0,2202	F : 2,95 df: 2,14 p : 0,0854	F : 0,34 df: 2,14 p : 0,7203	F : 0,68 df: 2,20 p : 0,518	F : 1,12 df: 2,20 p : 0,345	F : 1,14 df: 2,20 p : 0,338	F : 0,02 df: 2,20 p : 0,976	F : 14,51** df: 2,10 p : 0,001
Répliques des Traverses	F : 1,38 df: 23,46 p : 0,1713	F : 0,71 df: 23,45 p : 0,7865	F : 1,00 df: 23,45 p : 0,4802	F : 0,83 df: 23,44 p : 0,6824	F : 0,76 df: 23,44 p : 0,7538	F : 2,70* df: 15,22 p : 0,0170	F : 0,84 df: 15,22 p : 0,6301	F : 2,75** df: 23,46 p : 0,002	F : 1,35 df: 23,46 p : 0,191	F : 6,69** df: 23,46 p : 0,001	F : 1,43 df: 23,46 p : 0,148	F : 1,55 df: 22,18 p : 0,1732

*significatif au niveau de probabilité 0,01

**significatif au niveau de probabilité 0,05

F: Valeur F de Fisher
df: Degrés de liberté
p: Probabilité

TABLEAU 10

ANALYSE DE VARIANCE

PARAMETRES DE LA QUALITE DE L'EAU

BASE: SECTEURS AMENAGES DE GRAVIER RECOUVERT DE SABLE

FACTEURS	NITRATES	SOLIDES EN SUSPENSION	PHOSPHORE	CHLOROPHYLLE a	PHAEOPHYTINE a	CARBONE ORGANIQUE	CARBONE INORGANIQUE	TEMPERATURE	pH	OXYGENE DISSOUS	CONDUCTIVITE	TRANSPARENCE
PREMIER NIVEAU D'ANALYSE Effet de la localisation	F=3,08 df=2,2 p=0,2452	F= 5,20 df=2,2 n=0,1613	F=0,06 df=2,2 p=0,9473	F= 20,54* df=2,2 p=0,0464	F= 9,98 df=2,2 p=0,0911	F=32,90* df=2,2 p=0,0295	F=443,07** df=2,2 p=0,0023	F=37,90 df=2,2 p=0,026	F=3,55 df=2,2 p=0,220	F=0,06 df=2,2 p=0,946	F=47,79* df=2,2 p=0,021	F=27,02* df=2,2 p=0,036
Effet des structures	F=7,33 df=1,2 p=0,1136	F=0,20 df=1,2 p=0,6990	F=1,99 df=1,2 p=0,2942	F=4,66 df=1,2 p=0,1635	F=2,42 df=1,2 p=0,2601	F=1,20 df=1,2 p=0,3877	F=5,20 df=1,2 p=0,1503	F=1,07 df=1,2 p= 0,409	F=0,23 df=1,2 p=0,680	F=0,76 df=1,2 p=0,476	F=2,19 df=1,2 p=0,277	F=2,14 df=1,2 p=0,281
DEUXIEME NIVEAU D'ANALYSE Effet de la profondeur	F=1,78 df=2,8 p=0,2301	F=1,05 df=2,8 p=0,3927	F=0,09 df=2,8 p=0,9143	F=0,12 df=2,8 p=0,8917	F=0,07 df=2,8 p=0,9341	F=2,83 df=2,7 p=0,1254	F=0,91 df=2,7 p=0,4443	F=0,10 df=2,8 p=0,906	F=8,91** df=2,8 p=0,009	F=0,61 df=2,8 p=0,565	F=1,20 df=2,8 p=0,349	F=5,56 df=1,4 p=0,078
INTERACTIONS Profondeur structure	F=3,07 df=2,8 p=0,1027	F=0,19 df=2,8 p=0,8322	F=0,09 df=2,8 p=0,9161	F=1,74 df=2,8 P=0,2354	F=2,08 df=2,8 p=0,1868	F=4,42 df=2,7 p=0,0573	F=0,01 df=2,7 p=0,9915	F=0,29 df=2,8 p=0,753	F=1,11 df=2,8 p=0,377	F=0,32 df=2,8 p=0,738	F=0,04 df=2,8 p=0,960	F=0,01 df=1,4 p=0,993
REPLIQUE DES TRAVERSES	F=1,71 df=14,28 p=0,1096	F=0,56 df=14,27 p=0,8736	F=2,19* df=14,27 P=0,0387	F=0,87 df=14,27 p=0,5975	F=0,87 df=14,27 p=0,6005	F=3,09* df=12,20 p=0,0126	F=0,87 df=12,20 p=0,5853	F=3,29** df=14,28 p=0,004	F=0,88 df=14,28 p=0,585	F=8,02** df=14,28 p=0,001	F=1,46 df=14,28 p=0,191	F=0,87 df=14,9 p=0,609

* Significatif au niveau de probabilité 0,05.
** Significatif au niveau de probabilité 0,01.

F: Valeur F de Fisher
df: Degrés de liberté
p: Probabilité

TABLEAU 11

ANALYSE DE VARIANCE

PARAMETRES DE LA QUALITE DE L'EAU

BASE: SECTEURS AMENAGES DE PERRÉS

FACTEURS	NITRATES	SOLIDES EN SUSPENSION	PHOSPHORE	CHLOROPHYLLE a	PHAEOPHYTINE a	CARBONE ORGANIQUE	CARBONE INORGANIQUE	TEMPERATURE	pH	OXYGENE DISSOUS	CONDUCTIVITE	TRANSPARENCE
PREMIER NIVEAU D'ANALYSE												
Effet de la localisation	F=0,11 df=2,2 p=0,9010	F=5,32 df=2,2 p=0,1582	F= 1,81 df=2,2 p=0,3554	F=2,49 df=2,2 p=0,2867	F=3,71 df=2,2 p=0,2122	F=4,81 df=1,1 p=0,2724	F=0,56 df=1,1 p=0,5918	F=4,20 df=2,2 p=0,1924	F=588,11** df=2,2 p=0,002	F=0,79 df=2,2 p=0,056	F=43,96* df=2,2 p=0,022	F=1,50 df=2,2 p=0,400
Effet des structures	F=0,55 df=1,2 p=0,5370	F=4,42 df=1,2 p=0,1703	F=6,52 df=1,2 p=0,1252	F=0,57 df=1,2 p=0,5291	F=1,63 df=1,2 p=0,3296	F=0,02 df=1,1 p=0.9216	F=0,08 df=1,1 p=0,8230	F=0,38 df=1,2 p=0,600	F=2,02 df=1,2 p=0,291	F=1,55 df=1,2 p=0,339	F=0,001 df=1,2 p=0,998	F=0,11 df=1,2 p=0,776
DEUXIEME NIVEAU D'ANALYSE												
Effet de la profondeur	F=0,66 df=2,8 p=0,5430	F=3,02 df=2,8 p=0,1054	F=0,44 df=2,8 p=0,6566	F=1,58 df=2,8 p=0,2644	F=2,32 df=2,8 p=0,1607	F=0,76 df=2,3 p=0,5408	F=0,08 df=2,3 p=0,9264	F=0,29 df=2,8 p=0,757	F=18,43** df=2,8 p=0,001	F=0,53 df=2,8 p=0,608	F=2,44 df=2,8 p=0,149	F=22,40** df=2,4 p=0,007
INTERACTIONS												
Profondeur structure	F=0,69 df=2,8 p=0.5312	F=1,52 df=2,8 p=0.2751	F=1,49 df=2,8 p=0.2825	F=0,53 df=2,8 p=0.6095	F=020 df=2,8 p=0.8247	F=1,32 df=2,3 p=0.3875	F=2,35 df=2,3 p=0.2435	F=0,71 df=2,8 p=0.521	F=0,08 df=2,8 p=0.927	F=1,34 df=2,8 p=0.314	F=0,68 df=2,8 p=0.535	F=15,88** df=2,4 p=0.0125
REPLIQUE DES TRAVERSES	F=1.10 df=9,18 p=0,4113	F=1.56 df=9,18 p=0,2022	F=0.92 df=9,18 p=0,5317	F=0.74 df=9,17 p=0,6700	F=0.56 df=9.17 p=0,8117	F=0.37 df=3,2 p=0,7860	F=0.78 df=3,2 p=0,6049	F=1.44 df=9,18 p=0,243	F=2.20 df=9.18 p=0,074	F=0.97 df=9,18 p=0,493	F=0.99 df=9,18 p=0,482	F=2.70 df=8,9 p=0,080

* Significatif au niveau de probabilité 0,05
** Significatif au niveau de probabilité 0,01

F: Valeur F. de Fisher
df: Degrés de liberté
p: Probabilité

Ticouapé et de l'Ashuapmushuan sur les conditions physico-chimiques observées à Saint-Méthode: valeur plus élevée de la conductivité et du carbone organique et inorganique. Il est alors normal d'observer l'effet significatif sur la productivité primaire qui reflète les conditions plus favorables de conductivité et de carbone.

On observe un effet significatif de la profondeur sur le pH et la transparence. Cet effet est plus prononcé dans le cas des zones aménagées en perrés. Il est normal d'observer dans les données brutes, une transparence plus faible dans le proche littoral, en partie à cause du remaniement constant des sédiments sous l'action des vagues. Pour ce qui est du pH, on note en certains endroits, notamment Desbiens et Saint-Gédéon, des variations importantes du pH en fonction de la profondeur, les conditions plus acides se retrouvant vers le large.

Des effets significatifs se rencontrent enfin dans le facteur "Réplicats des traverses". Ces effets ne surviennent que dans le cas des zones aménagées de gravier recouvert de sable où l'on observe des variations locales de température, carbone organique, oxygène dissous et phosphore.

4.2.2 Matrices des corrélations

L'analyse factorielle permet d'isoler des groupes de variables fortement associées les unes avec les autres et aide ainsi à comprendre les interrelations qui existent entre elles.

La première étape de l'analyse factorielle multivariée consiste à établir le tableau des corrélations des variables entre elles (Racine, 1971). D'une manière analogue à celle qui a été retenue lors de l'analyse de variance, trois de ces matrices ont été

produites: la première a été établie à partir de l'ensemble des données recueillies; la seconde à partir des données obtenues lors de l'échantillonnage des zones où se trouvent des ouvrages de perré; la troisième à partir des données recueillies dans les zones où les plages ont été armées de gravier recouvert de sable. Les Tableaux 12, 13 et 14 schématisent ces trois matrices de corrélations en n'indiquant que le sens et la force des corrélations des diverses variations entre elles.

En général, on observe un degré de corrélation entre les variables extrêmement élevées, avec le tiers des coefficients démontrant des corrélations significatives.

Certaines conclusions peuvent être déduites de l'examen de la matrice des corrélations pour l'ensemble des données, conclusions dont certaines vont de soi. Il existe en effet une forte corrélation positive entre la productivité primaire et le carbone organique et inorganique. Il est normal qu'une corrélation positive significative existe entre la chlorophylle a et les phaéopigments, puisque ces deux paramètres soutiennent la productivité primaire. Il est aussi normal d'observer une corrélation significative négative entre la productivité primaire et la transparence, les eaux les plus riches en phytoplancton étant nécessairement plus turbides. Il apparaît en effet que la turbidité est liée au plancton puisque les solides en suspension ne sont que faiblement correlés avec la transparence.

Les paramètres de la productivité primaire sont négativement corrélés avec la température. Le pH et la température se corrèlent positivement, indiquant que les eaux plus froides sont caractérisées par

TABLEAU 12

MATRICE DES CORRELATIONS

BENTHOS ET VARIABLES DU MILIEU AQUATIQUE

BASE: ENSEMBLE DES DONNEES

	Oligochètes (n/m^2)	Diptères (n/m^2)	Benthos total (n/m^2)	Sable total (%)	Sable fin (%)	Sable moyen (%)	Sable grossier (%)	Nitrate (mg/l)	Solides en susp. (mg/l)	Phosphore (mg/l)	Chlorophylle a (mg/m^3)	Phaéopigments (mg/m^3)	Carbone org. (mg/l)	Carbone inorg. (mg/l)	Température (°C)	pH	Oxygène (% sat)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m)
Oligochètes (n/m^2)		⊕	⊕	⊖	-	-	+	-	+	-	+	+	⊕	⊕	⊖	-	+	⊕	⊖
Diptères (n/m^2)	⊕		⊕	-	-	-	-	+	+	-	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖	-	+	⊕	-
Benthos total (n/m^2)	⊕	⊕		⊖	-	-	-	+	+	-	⊕	⊕	⊕	⊕	⊖	-	+	⊕	⊖
Sable total (%)	⊖	-	⊖		⊕	+	-	-	-	-	-	-	-	⊖	+	-	-	-	⊕
Sable fin (%)	-	-	-	⊕		⊖	⊖	-	-	-	+	+	+	+	+	⊕	-	+	-
Sable moyen (%)	-	-	-	+	⊖		⊕	+	+	+	-	-	-	-	-	⊖	-	⊖	⊕
Sable grossier (%)	+	-	-	-	⊖	⊕		+	-	⊕	-	-	-	-	+	⊖	-	-	⊕
Nitrate (mg/l)	-	+	+	-	-	+	+		+	⊕	+	+	-	+	-	-	+	-	+
Sol. susp. (mg/l)	+	+	+	-	-	+	-	+		+	+	+	+	-	⊖	-	+	+	-
Phosphore (mg/l)	-	-	-	-	-	+	+	+	+		-	-	-	-	+	+	+	+	+
Chlorophylle a (mg/m^3)	+	⊕	⊕	-	+	-	-	+	+	-		+	⊕	⊕	⊖	+	-	⊕	⊖
Phaéopigments (mg/m^3)	+	⊕	⊕	-	+	-	-	+	+	-	⊕		⊕	-	⊖	+	-	⊕	-
Carbone org. (mg/l)	⊕	⊕	⊕	-	+	-	-	-	+	-	⊕	+		⊕	⊖	+	+	⊕	⊖
Carbone inorg. (mg/l)	⊕	⊕	⊕	⊖	+	-	-	+	-	-	⊕	-	⊕		-	-	+	⊕	⊖
Température (°C)	⊖	⊖	⊖	+	+	-	+	-	⊖	+	⊖	⊖	⊖	-		+	+	-	+
pH	-	⊖	⊖	-	⊕	⊖	⊖	-	-	+	+	+	+	-	⊕		⊕	⊕	⊖
Oxygène (% sat)	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	⊕		+	⊖
Conductivité (µmho/cm)	⊕	⊕	⊕	-	+	⊖	-	-	+	+	⊕	⊕	⊕	⊕	-	⊕	+		⊖
Transparence (m)	⊖	-	⊖	⊕	-	⊕	⊕	+	-	+	⊖	-	⊖	⊖	+	⊖	⊖	⊖	

⊕ ⊖ corrélations significatives

TABLEAU 13

MATRICE DES CORRELATIONS

BENTHOS ET VARIABLES DU MILIEU AQUATIQUE

BASE: DONNEES DES ZONES DE PERRES

	Oligochètes (n/m^2)	Diptères (n/m^2)	Benthos total (n/m^2)	Sable total (%)	Sable fin (%)	Sable moyen (%)	Sable grossier (%)	Nitrate (mg/l)	Solides en susp. (mg/l)	Phosphore (mg/l)	Chlorophylle a (mg/l)	Phaéopigments (mg/m^3)	Carbone org. (mg/l)	Carbone inorg. (mg/l)	Température (°C)	pH	Oxygène (% sat)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m)
Oligochètes (n/m^2)		(+)	(+)	+	+	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	−
Diptères (n/m^2)	(+)		(+)	+	+	−	−	+	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−
Benthos total (n/m^2)	(+)	(+)		+	+	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−	+	−	+
Sable total (%)	+	+	+		(+)	+	−	−	−	−	−	−	+	+	−	−	−	−	+
Sable fin (%)	+	+	+	(+)		(−)	(−)	−	−	−	+	+	+	+	+	(+)	−	+	−
Sable moyen (%)	−	−	−	+	(−)		(+)	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	(−)	(+)
Sable grossier (%)	−	−	−	−	(−)	(+)		+	−	(+)	−	+	(−)	+	−	−	−	−	(+)
Nitrate (mg/l)	−	+	−	−	−	+	+		+	(+)	+	−	+	−	+	−	(+)	+	+
Sol. susp. (mg/l)	−	−	−	−	−	−	−	+		+	−	−	+	+	−	−	+	−	−
Phosphore (mg/l)	−	−	−	−	−	+	(+)	(+)	+		−	−	+	+	+	+	+	+	+
Chlorophylle a (mg/m^3)	−	−	−	−	+	−	−	+	−	−		(+)	+	+	−	+	−	−	−
Phaéopigments (mg/m^3)	−	−	−	−	+	−	+	−	−	−	(+)		+	+	−	+	−	−	−
Carbone org. (mg/l)	+	−	+	+	+	−	−	(+)	+	+	+	+		+	+	+	−	+	−
Carbone inorg. (mg/l)	+	−	+	+	+	−	+	−	+	+	+	+	+		−	+	−	(+)	(−)
Température (°C)	+	+	+	−	(+)	−	−	+	−	+	−	−	+	−		(+)	(+)	(+)	(−)
pH	+	−	−	−	+	−	−	−	−	+	+	+	+	+	(+)		−	(+)	−
Oxygène (% sat)	+	+	+	−	−	−	−	(+)	+	+	−	−	−	−	(+)	−		(+)	−
Conductivité (µmho/cm)	+	−	−	−	+	(−)	−	+	−	+	−	−	+	(+)	(+)	(+)	(+)		−
Transparence (m)	−	−	+	+	−	(+)	(+)	+	−	+	−	−	−	(−)	(−)	−	−	−	

(+)(−) Corrélations significatives

MATRICE DES CORRELATIONS
BENTHOS ET VARIABLES DU MILIEU AQUATIQUE
BASE: DONNEES DES ZONES DE GRAVIER RECOUVERT DE SABLE

	Oligochètes (n/m^2)	Diptères (n/m^2)	Benthos total (n/m^2)	Sable total (%)	Sable fin (%)	Sable moyen (%)	Sable grossier (%)	Nitrate (mg/l)	Sol. susp. (mg/l)	Phosphore (mg/l)	Chlorophylle a (mg/m^3)	Phaéopigments (mg/m^3)	Carbone org. (mg/l)	Carbone inorg. (mg/l)	Température (°C)	pH	Oxygène (% sat)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m)
Oligochètes (n/m^2)		(+)	(+)	(−)	(−)	−	+	−	+	−	+	+	(+)	(+)	(−)	(−)	−	(+)	(−)
Diptères (n/m^2)	(+)		(+)	(−)	−	−	−	+	+	−	(+)	(+)	(+)	(+)	(−)	(−)	+	(+)	(−)
Benthos total (n/m^2)	(+)	(+)		(−)	(−)	−	+	+	+	−	(+)	(+)	(+)	(+)	(−)	(−)	+	(+)	(−)
Sable total (%)	(−)	(−)	(−)		(+)	+	+	+	−	−	−	−	−	(−)	+	+	+	(−)	(+)
Sable fin (%)	(−)	−	(−)	(+)		(−)	(−)	+	−	−	−	−	−	−	(+)	+	+	+	+
Sable moyen (%)	−	−	−	+	(−)		(+)	−	+	+	+	+	−	(−)	−	−	−	(−)	−
Sable grossier (%)	+	−	+	+	(−)	(+)		−	−	(+)	−	−	+	−	−	−	−	−	−
Nitrate (mg/l)	−	+	+	+	+	−	−		+	+	(+)	(+)	−	+	−	−	−	−	−
Sol. susp. (mg/l)	+	+	+	−	−	+	−	+		+	+	+	+	−	(−)	(−)	−	+	−
Phosphore (mg/l)	−	−	−	−	−	+	(+)	+	+		−	−	−	−	−	+	−	−	+
Chlorophylle a (mg/m^3)	+	(+)	(+)	−	−	+	−	(+)	+	−		(+)	(+)	+	(−)	−	+	(+)	(−)
Phaéopigments (mg/m^3)	+	(+)	(+)	−	−	+	−	(+)	+	−	(+)		(+)	+	(−)	−	+	(+)	−
Carbone org. (mg/l)	(+)	(+)	(+)	−	−	−	+	−	+	−	(+)	(+)		(+)	(−)	(−)	+	(+)	(−)
Carbone inorg. (mg/l)	(+)	(+)	(+)	(−)	−	(−)	−	+	−	−	+	+	(+)		−	−	+	(+)	(−)
Température (°C)	(−)	(−)	(−)	+	(+)	−	(−)	−	−	−	(−)	(−)	(−)	−		(+)	+	−	(+)
pH	(−)	(−)	(−)	+	+	−	(−)	−	−	+	−	−	(−)	−	(+)		+	+	(+)
Oxygène (% sat)	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+		−	−
Conductivité ($\mu mho/cm$)	(+)	(+)	(+)	(−)	+	(−)	−	−	+	−	(+)	(+)	(+)	(+)	−	+	−		(−)
Transparence (m)	(−)	(−)	(−)	(+)	+	−	−	−	−	+	(−)	−	(−)	(−)	(+)	(+)	−	(−)	

(+) (−) Corrélations significatives

une valeur de pH plus acide. Ces conditions se rencontrent à la décharge de la rivière Péribonca.

La corrélation va dans le même sens pour ce qui concerne l'oxygène et le pH: il est en effet normal d'observer une plus grande oxygénation dans l'eau courante des rivières à grand débit.

L'examen des Tableaux 13 et 14, qui réprésentent les matrices des corrélations obtenues en traitant séparément les données recueillies dans les zones de perrés et celles de gravier et sable, permet d'apporter des distinctions intéressantes. La matrice de corrélation s'appliquant aux zones avec perrés se distingue par un nombre beaucoup plus restreint de corrélations significatives. On n'observe en particulier aucune corrélation significative entre la productivité primaire et les variables de qualité de l'eau.

Par opposition, la matrice des corrélations des variables spécifiques aux zones de gravier et de sable présente un patron de corrélation semblable à peu de chose près, à celui de la matrice obtenue sur la base de l'ensemble des données. Les mêmes explications s'appliquent donc.

Le contraste entre les deux matrices des corrélations peut s'expliquer en comparant les moyennes et les écarts types calculés pour les variables de chaque cas. Les valeurs des variables s'appliquant aux zones aménagées en perrés sont plus homogènes, tant pour la productivité primaire que pour les autres variables de la qualité de l'eau. En effet, les écarts types des variables sont plus faibles, comme le montre le tableau comparatif (Tableau 15).

TABLEAU 15

TABLEAU COMPARATIF DES MOYENNES ET DES ECARTS TYPES
POUR LES ZONES AMENAGEES EN PERRES
ET EN GRAVIER RECOUVERT DE SABLE

Variable	Zones aménagées en perrés		Zones aménagées en sable et gravier	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Oligochètes (n/m^2)	1,34	1,0516	1,37	1,6044
Diptères (n/m^2)	1,14	0,5529	1,13	0,7794
Benthos total (n/m^2)	1,96	1,2667	1,86	1,9802
Sable total (%)	1,42	0,3225	1,50	0,2196
Sable fin (%)	1,01	0,3982	1,25	0,2551
Sable moyen (%)	0,43	0,3330	0,27	0,1996
Sable grossier (%)	0,08	0,1075	0,02	0,0451
Nitrate (mg/l)	0,11	0,0680	0,12	0,0494
Solides en susp.(mg/l)	4,73	2,1428	5,03	2,8238
Phosphore total (mg/l)	0,05	0,1043	0,03	0,0305
Chlorophylle a (mg/m^3)	2,09	1,2416	2,19	1,5484
Phaéopigments (mg/m^3)	1,16	0,9976	1,20	1,3032
Carbone org. (mg/l)	6,92	0,8191	8,28	2,1848
Carbone inorg. (mg/l)	1,42	0,4582	1,48	1,1036
Température (^oC)	16,42	0,6950	15,56	1,6367
pH	6,61	0,4324	6,66	0,2068
Oxygène (% saturation)	6,37	0,2739	6,47	0,2085
Conductivité (µmho/cm)	19,13	3,6802	19,72	9,4615
Transparence (secchi m)	1,82	0,5060	1,84	0,3148

4.2.3 Analyse factorielle multivariée

La matrice des corrélations des différentes variables de la qualité de l'eau et de la granulométrie des sédiments exhibe des facteurs de corrélation très élevés. Ces données ont donc été soumises à une analyse factorielle de manière à extraire les composantes principales qui caractérisent la nature essentielle covariante des variables (Morrison, 1967). La technique des axes principaux, avec rotation des facteurs équamax fut utilisée (Barr et al, 1976). Dans une seconde analyse, on a établi la régression des données du benthos sur les valeurs des composantes principales.

4.2.3.1 Interprétation des composantes principales

La matrice factorielle des données de granulométrie et de la qualité de l'eau est présentée au Tableau 16. L'interprétation des composantes principales ou des facteurs est établie d'après les variables dont la saturation est égale ou supérieure à 0,5 (Rummel, 1969).

La première composante principale (ou facteur 1) est caractérisée par des saturations positives des variables "conductivité", "carbone organique ou inorganique", en opposition avec une saturation négative pour la variable "transparence". Elle peut être interprétée en termes de l'importance du carbone comme paramètre de qualité de l'eau du lac et de son effet sur la conductivité et la transparence. On peut en déduire que là où les concentrations en carbone sont élevées, il se trouve des valeurs plus élevées de la conductivité et une plus faible de la transparence. Cette association de facteurs représente la fertilité des eaux du lac et son effet sur la productivité primaire correspond ici à la turbidité. On observe ce phénomène à Pointe Saint-Méthode, le seul secteur où les concentrations en carbone organique dépassent les seuils établis. Les teneurs en chlorophylle a y sont également plus importantes qu'ailleurs.

TABLEAU 16

ANALYSE FACTORIELLE DES DONNEES DE
QUALITE DE L'EAU ET DE GRANULOMETRIE
DES SEDIMENTS
MATRICE FACTORIELLE - SOLUTION AVEC ROTATION

	COMPOSANTES PRINCIPALES				
	Facteur 1	Facteur 2	Facteur 3	Facteur 4	Facteur 5
Sable total (%)	- 0,36	0,54	- 0,09	- 0,38	- 0,41
Sable fin (%)	0,02	0,98	0,04	- 0,10	0,04
Sable moyen (%)	- 0,35	- 0,69	- 0,17	- 0,13	- 0,42
Sable grossier (%)	- 0,02	- 0,65	- 0,15	- 0,13	0,44
Nitrate (mg/l)	- 0,20	0,14	0,32	0,79	0,01
Solides susp. (mg/l)	0,12	0,15	0,73	0,02	- 0,32
Phosphore (mg/l)	- 0,06	0,30	0,70	0,15	0,13
Chlorophylle a (mg/m^3)	0,36	- 0,04	- 0,15	0,86	- 0,15
Phaéopigments(mg/m^3)	0,21	- 0,09	- 0,15	0,91	- 0,14
Température (^oC)	- 0,32	0,13	- 0,20	- 0,27	0,78
pH	0,04	0,24	- 0,22	- 0,17	0,83
Oxygène (% sat)	- 0,18	0,25	- 0,76	0,25	0,14
Conductivité (µmho/cm)	0,73	0,06	0,12	0,14	0,58
Carbone org. (mg/l)	0,76	- 0,03	0,04	0,15	- 0,13
Carbone inorg.(mg/l)	0,81	0,08	0,26	0,02	0,04
Transparence (m)	- 0,90	- 0,04	0,04	- 0,19	0,08

--- Valeur de saturation entre 0,4 et 0,5
___ Valeur de saturation ≥0,5

La composante principale suivante (Facteur 2) se caractérise par des saturations relativement fortes mettant en opposition le "sable total" et "le sable fin" avec les "sables moyens et grossiers". Ainsi, cette composante peut s'interpréter comme suit: le sable domine partout dans les sédiments trouvés dans la zone de marnage du lac comme le démontrent par ailleurs, les données brutes de granulométrie (Annexe 2 "Géomorphologie du littoral").

La troisième composante principale (facteur 3) se compose de fortes saturations positives des variables "phosphates" et "solides en suspension", en opposition avec une forte saturation négative pour "l'oxygène dissous". Elle exprime donc une situation générale où l'on trouve des concentrations d'oxygène inférieures aux endroits où l'eau est plus riche en matières nutritives. A noter que sur la base des données recueillies, le phosphore ou les solides en suspension ne sont corrélés à aucune des deux variables de la productivité primaire, indiquant que ces deux paramètres physico-chimiques ne sont pas limitatifs.

La quatrième composante principale (facteur 4) indique une très forte corrélation entre les variables de la productivité primaire et les nitrates. L'interprétation la plus plausible de cette corrélation est que les nitrates seraient l'élément contrôlant le plus la productivité primaire dans les zones peu profondes du lac.

La cinquième composante principale (facteur 5) regroupe la température, le pH et la conductivité par les saturations fortes. Considérant les saturations plus faibles (supérieures à 0,4), on remarque une faible corrélation négative du premier groupe de variables avec le sable. Donc, en général, où la température des eaux peu profondes du lac est plus chaude, les niveaux de conductivité et de pH sont plus élevés. Ce patron se remarque là où le sable est le moins abondant.

4.3 Evaluation de l'état trophique des zones échantillonnées

4.3.1 Evaluation selon les résultats de la campagne de septembre 1981

Afin d'évaluer l'état trophique des eaux littorales du lac Saint-Jean, la méthode développée par Carlson (1977) a été appliquée aux mesures résultant du programme de relevé. Cette approche fournit un index numérique variant de 0 (très oligotrophe) à 100 (très eutrophe), dont chaque dizaine représente un dédoublement de la biomasse d'algues. Cet indice (TSI: trophic state index) se base sur les mesures de transparence effectuées à l'aide du disque de Secchi, les mesures de concentrations en phosphore total et la teneur en chlorophylle. Le TSI pour chaque paramètre se calcule d'après les équations suivantes:

(i) $TSI\ (secchi) = 10\ (6 - \frac{\ln SD}{\ln 2})$

(ii) $TSI\ (chlorophylle\ \underline{a}) = 10\ (6 - \frac{2{,}04 - 0{,}68 \ln Chl}{\ln 2})$

(iii) $TSI\ (phosphore\ total) = 10\ (6 - \frac{\ln \frac{48}{TP}}{\ln 2})$

L'indice de l'état trophique mesuré pour chaque paramètre et à chaque site est indiqué au Tableau 17. Carlson (1977) utilise un indice numérique pour éviter la terminologie des divers stades trophiques qui diffère beaucoup selon les auteurs. Vu l'utilité de ces termes et pour fin de comparaison, une correspondance terminologique (établie par LVLV, 1979) est présentée au Tableau 18 avec les valeurs de TSI et les valeurs de transparence, de phosphore et de chlorophylle.

L'évaluation de l'état trophique d'après le TSI donne une cote variant selon le paramètre. La cote trophique d'après la transparence serait mésoeutrophe avec généralement peu de variations d'un site à l'autre. Seul le site 4, Saint-Méthode, serait un peu plus eutrophe. C'est avec le phosphore que l'indice varie le plus et indique une cote mésoeutrophe à eutrophe (intermédiaire). On note une valeur locale mésotrophe au site 2 (Saint-Henri-de-Taillon). Les valeurs de l'indice pour la chlorophylle a sont plus basses et classeraient les eaux littorales comme mésotrophes. Les valeurs de l'indice présentent un peu plus de variations d'un site à l'autre que pour la transparence.

On pourrait donc classer les eaux littorales du lac Saint-Jean comme mésotrophes à mésoeutrophes en général avec quelques tendances à l'eutrophie à certains endroits.

4.3.2 Comparaison avec les résultats antérieurs

La plupart des évaluations faites sur le lac décrivent l'état pélagique et sont par conséquent moins élevées que les valeurs obtenues pour les eaux littorales. D'après les résultats de l'application du modèle de Dillon (Sylvain, 1979), le lac pris dans son ensemble serait au début de la mésotrophie. D'après l'évaluation numérique faite par Geoffrion et Michaud (1978), les divers secteurs varient d'oligotrophe à mésotrophe, mais un seul est mésotrophe avancé.

TABLEAU 17

INDICES DE L'ETAT TROPHIQUE DES EAUX LITTORALES DU LAC SAINT-JEAN
CALCULES D'APRES LA METHODE DE CARLSON (1977) - SEPTEMBRE 1981

SITE / PARAMETRES UTILISES	Desbiens (Site 1)		Saint-Henri-de-Taillon (Site 2)		Saint-Gédéon (Site 3)		Saint-Méthode (Site 4)		Chambord (Site 5)		Péribonka (Site 6)	
	Structure		Structure		Structure		Structure		Structure		Structure	
	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Phosphore	69	53	32	57	47	53	47	47	67	57	53	47
Transparence	53	53	50	49	52	50	55	54	49	50	48	50
Chlorophylle "a"	35	38	34	36	36	37	41	44	42	40	39	32

TABLEAU 18.

NIVEAU TROPHIQUE DES LACS

(modifié par Carlson, 1977)

ETAT TROPHIQUE[1]	TSI[2]	TRANSPARENCE DISQUE SECCHI m	PHOSPHORE mg/l	CHLOROPHYLLE A LA SURFACE mg/m^3
Ultra-oligotrophes	0	64	0,00075	0,04
	10	32	0,0015	0.12
Oligotrophes	20	16	0,003	0,34
Méso-oligotrophes	30	8	0,006	0,94
Mésotrophes	40	4	0,012	2,60
Mésoeutrophes	50	2	0,024	6,40
Eutrophes	60	1	0,048	20,00
	70	0,5	0,096	56,00
	80	0,25	0,192	154,00
Ultra-eutrophes	90	0,12	0,384	427,00
	100	0,062	0,768	1 183,00

Tiré de LVLV, 1979.

1: Selon LVLV, 1979.

2: "Trophic State Index".

Ces diverses évaluations reflètent donc des différences de productivité entre les eaux pélagiques et les eaux littorales.

D'après Visser et al (1978), les parties riveraines où se rencontrent des valeurs élevées d'azote, de phosphore et de potentiel de fertilité seraient mésotrophes ou eutrophes. Par contre, les teneurs en chlorophylle seraient caractéristiques de l'oligotrophie. Même si certaines valeurs ponctuelles de chlorophylle sont élevées et caractéristiques de l'eutrophie, les moyennes sont relativement faibles et typiques des valeurs normalement observées en milieu oligotrophe. En effet, d'après Vollenweider (1974), dans Bisson et al (1978), les milieux oligotrophes auraient une teneur en chlorophylle allant jusqu'à 4,4 mg/m^3, mais pour Dillon et Rigler (1975) dans Bisson et al (1978), cette limite serait de 2 mg/m^3.

Ceci confirme que même si dans l'ensemble les eaux sont caractéristiques d'un milieu oligotrophe, les parties littorales ou peu profondes soutiennent toutefois un niveau d'activité biologique plus élevé.

5.0 DISCUSSION DES RESULTATS

5.0 DISCUSSION DES RESULTATS

Selon les mesures obtenues à l'automne 1981 et l'analyse statistique qui en a été faite, les structures existantes n'ont pas d'effet significatif sur les paramètres de la productivité primaire et ceux de la qualité de l'eau et ce, malgré un ensemble de corrélations très fortes associant ces variables entre elles. L'influence principale sur ces paramètres provient de l'effet des affluents majeurs comme la rivière Péribonca, le Ticouapé et l'Ashuapmushuan. Les différences qu'on observe dans les paramètres de qualité de l'eau dans la zone littorale du lac Saint-Jean sont imputables à l'apport des rivières plutôt qu'à toute autre cause, du moins pour ce qui concerne l'inventaire de l'automne 1981.

Cependant, comme on l'explique dans le rapport d'étude portant sur l'effet des structures sur les organismes benthiques (Annexe 8), les structures de gravier et de perrés ont certainement des effets globaux que l'étude n'a pas pu détecter. En effet, il est certain, comme le montre la mesure du recul historique des berges, que ces structures ont réduit l'érosion dans les secteurs où elles sont installées. On doit en déduire que les valeurs de paramètres comme les solides en suspension, et peut-être certain oligo-éléments (phosphore) doivent être de ce fait réduits dans la zone littorale.

Donc, même si cette partie de l'étude n'apporte pas d'indication ferme à ce sujet, la logique veut que les structures en place aient un effet positif sur la qualité de l'eau, dont le degré dépend de leur efficacité à lutter contre l'érosion. Comme le montre les résultats de l'analyse présentée dans la Partie II, les apports en phosphates, en nitrates et en solides en suspension qui sont imputables à l'érosion des berges présentent toutefois des quantités minimes.

En accord avec Visser et al (1981), les affluents des rivières soutiennent une productivité aquatique plus élevée, reflétant des conditions plus favorables au plan biologique. Ces conditions se répercutent dans le lac en zones d'influence de ces rivières.

Il est remarquable que l'analyse factorielle multivariée ne révèle que l'association des nitrates avec la productivité primaire. La saturation étant positive, cette analyse des données indique qu'à l'époque de la campagne d'échantillonnage, les nitrates constituaient un facteur limitatif. Bien que l'analyse factorielle réalisée par Visser et al (1981) ait été conduite sur des données recueillies à différentes époques de l'année, les forces de corrélations sont moins serrées. Il est également remarquable de noter qu'aucune corrélation n'ait été observée entre la productivité primaire et les variables de la qualité de l'eau.

6.0 CONCLUSION

6.0 CONCLUSIONS

L'étude de la qualité des eaux littorales permet d'identifier les conclusions suivantes:

- Dans l'ensemble la qualité des eaux peu profondes du lac est peu dégradée; toutefois, on observe des conditions locales de productivité accrue, notamment au confluent de rivières et sous l'influence des activités humaines.

- Quant à l'effet des structures sur la qualité des eaux, aucun effet significatif n'a été détecté à la fois pour les perrés et pour les graviers recouverts de sable.

- Dans certains secteurs, les paramètres de qualité de l'eau indiquent un niveau de productivité primaire plus élevé, notamment aux stations de Pointe Saint-Méthode et à Chambord. Egalement, des valeurs de pH plus bas et des eaux plus froides sont enregistrées à l'embouchure de la Péribonca. Ces variations témoignent de l'influence des affluents, surtout ceux du nord, sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des eaux du lac Saint-Jean.

PARTIE II

EFFETS DE L'EROSION SUR LA QUALITE DES EAUX

7.0 INTRODUCTION

7.0 INTRODUCTION

De façon générale, la quantité et la qualité des apports en matières solides provenant de l'érosion des berges influencent directement la qualité des eaux littorales, agissant sur la productivité aquatique. Entre autres, les solides en suspension contribuent à l'apport d'éléments nutritifs (Section 4.1.2) et affectent généralement la transparence de l'eau (Section 4.1.7).

L'étude de l'érosion historique des berges ayant démontré que la quantité de matériaux érodés est considérable (de l'ordre de 160 000 à 216 000 m^3 par an, entre 1964 et 1981), une analyse de la quantité de nitrates, de phosphore total et de solides dissous provenant des sédiments littoraux a été effectuée, afin d'en évaluer les effets sur la qualité physico-chimique de l'eau.

La concentration en solides dissous totaux est un paramètre intégrateur utile, il sert d'indicateur de la productivité des eaux et permet d'apprécier l'importance de l'ensemble des apports. Quant aux nitrates, l'analyse des données montre une très forte corrélation entre ce paramètre et ceux de la productivité primaire (Section 4,2,3,1); le phosphore est également bon indicateur de la qualité des eaux.

8.0 METHODES

8.0 METHODES

8.1 Echantillonnage des sédiments

Des sédiments ont été prélevés dans des zones d'érosion choisies au pourtour du lac, incluant des secteurs sablonneux des zones marécageuses et des secteurs argileux. Les stations d'échantillonnage sont illustrées sur la Figure 1, à chacune d'entre elles, les échantillons ont généralement été prélevés à des élévations correspondant au milieu terrestre, à la berge, à la grève et à la zone de marnage; une tarrière manuelle a été employée pour l'échantillonnage et celui-ci a été effectué à une profondeur maximale de 0,30 m.

8.2 Analyse en laboratoire

Pour chacun des échantillons, environ 50 g de sédiments ont été mis en suspension dans environ 300 ml d'eau distillée et ont été soumis à une agitation périodique, pendant une période d'environ 72 heures. Les échantillons ont ensuite été filtrés et la quantité de solides totaux, de nitrates et de phosphore total a été déterminée sur les filtrats.

9.0 RESULTATS ET DISCUSSION

9.0 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats d'analyse apparaissent au Tableau 19 et sont résumés sommairement au Tableau 20. Les concentrations moyennes mesurées pour chacun des paramètres sont respectivement entre 0,69 et 1,41 mg/kg de nitrates; de 0,96 à 2,67 mg/kg de phosphore total et de 354 à 2264 mg/kg de solides dissous. Les concentrations sont plus faibles dans les matériaux recueillis sur la grève; phénomène normal, compte tenu du fait que ces matériaux sont plus fréquemment délavés que ceux trouvés à des élévations supérieures, soit sur la berge ou sur la portion terrestre. Les teneurs en solides dissous mesurées dans les sédiments argileux sont largement supérieures à celles observées dans les matériaux sablonneux, tandis que celles observées dans la matière organique sont intermédiaires entre celles de l'argile et du sable. Dans le cas des nitrates et du phosphore, le type de matériau n'affecte pas les concentrations de façon notable.

Le Tableau 21 montre les quantités d'apports totaux par jour provenant des matériaux d'érosion calculés à partir des teneurs maximales observées et des estimations du volume annuel de matériau érodé calculé à partir des observations du recul historique de 1964 à 1981. Les quantités d'apports totaux en phosphates et en azote provenant de l'ensemble des tributaires du lac Saint-Jean, tels qu'évalués par l'INRS (Sylvain, 1979), apparaissent également au Tableau 21.

Les résultats indiquent qu'en comparaison avec ceux provenant des rivières, les apports en éléments nutritifs dus à l'érosion des berges représentent une proportion minime des apports au lac.

TABLEAU 19

QUANTITES DE SOLIDES DISSOUS, NITRATES ET PHOSPHORE TOTAL PROVENANT DES MATERIAUX ERODES

Stations	Localisation	Type de sédiments	Nitrates mg/kg	Phosphore total mg/kg	Solides dissous	% d'humidité	Remarques
25	B	AR	1,82	0,21	236	0,5	
	G	AR	0,80	0,15	495	22,2	
	Z	SF/AR	0,49	0,12	90	17,9	
20	-	M.O.	0,21	1,27	232	80,4	
37	T	SF/M.O.	0,91	0,58	1 235	49,8	
	B	SF/M.O.	0,21	0,05	21	69,5	
	G	SM	0,47	0,99	142	5,6	
	Z	SF	0,50	1,35	90,5	18,5	
41	T	SF	7,15	2,20	674	2,6	
	G	SF et gravier	0,33	0,30	226	6,6	
	Z	SF	0,88	0,40	238	18,7	
45	T	SF/M.O.	4,1	2,89	1 184	32	
	B	SF/SM	1,84	2,45	738	2,4	
	G	SF/SM	0,21	0,21	220	13,9	Oxydation
	Z	SM	0,16	0,57	114	10,8	
46	G	SF et gravier	0,48	1,40	32,3	2,3	
55	T	SM/MO	0,82	12	1 198	62,2	Oxydation
	B	SM	6,4	3,2	(275,337)	22,2	
	G	SM	0,10	0,77	72	3,7	
	Z	SF	0,33	0,20	226	15,0	
59	B	SF	0,26	0,73	68	4,2	Couche d'humus sur berge
	G	SF					
	Z	SF	1,06	0,37	57	10,6	
90-1	B	SF	5,3	1,1	341	3,5	idem à berge
	G	SF	0,77	1,51	375	3,6	
	Z	SF	0,08	0,75	150	16	
98	B	SF					
	G	SM et gravier	0,59	2,00	243	17,9	Structure
110	T	AR	0,16	2,4	1 405	20,5	Perré sur
	B	AR	2,2	1,76	783	19,7	grève
	G	AR					
	Z	SF/SM	2,88	0,25	359	17,9	
114	T	SF/MO	1,44	0,33	112	3,1	Marécage
	B	SM	0,43	0,19	150	1,8	
	G	SM	0,35	0,40	144	1,1	
	Z	SF/SM	0,56	0,56	123	15,6	
139	T	SF	0,57	0,33	180	5,8	
	B	SM	1,31	0,84	163	2,7	
	Z	SM	1,45	0,52	127	2,5	
140	Z	M.O.	0.05	0,22	89,1	82,8	
Zone 130	T	AR	0,25	1,25	1 531	34,9	Grande
	B	AR	2,36	7,02	11 314	24,4	Décharge
	G	SM/AR	0,58	2,58	2 023	17,1	
	Z	SM	2,24	1,84	1 882	20	
Gravière Sainte-Monique			0,29	1,83	212	2,6	
Sablière Métabetchouan			0,95	0,22	494	6,7	
Sable Alcan Saint-Gédéon			0,65	1,72	279	7,4	
Gravière Saint-Nazaire			0,89	2,15	430	5,8	

(1) Correspond aux numéros des segments du modèle mathématique.

(2) T = milieu terrestre; B = berge; G = grève; Z = zone de marnage.

(3) SF = sable fin; SM = sable moyen; AR = argile; M.O. = matière organique

TABLEAU 20

SOMMAIRE DES CONCENTRATIONS D'APPORTS DES SEDIMENTS ERODES (NITRATES, PHOSPHORE, SOLIDES DISSOUS)

mg/kg

PARAMETRE	TYPE DE MATERIAU	GREVE		BERGE ET MILIEU TERRESTRE		ENSEMBLE DES SITES D'ECHANTILLONNAGE	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
NITRATES	Argile	0,69	0,11	1,34	1,07	1,08	0,89
	Sable	0,41	0,20	2,90	2,88	1,41	1,93
	Matière organique	-	-	1,49	1,52	1,10	1,40
	Apports de sablières et gravières	-	-	-	-	0,69	0,29
PHOSPHORE TOTAL	Argile	1,37	1,22	2,53	2,63	1,93	2,28
	Sable	0,95	0,61	1,38	1,09	0,96	0,80
	Matière organique	-	-	3,17	5,06	2,67	4,68
	Apports de sablières et gravières	-	-	-	-	1,48	0,86
SOLIDES DISSOUS	Argile	1259	764	3,054	4,156	2,264	4,027
	Sable	181,8	101,2	331	250	-	-
	Matière organique	-	-	750	625	582	587
	Apports de sablières et gravières	-	-	-	-	354	130

TABLEAU 21

APPORTS TOTAUX DE NITRATES, PHOSPHORE TOTAL ET SOLIDES DISSOUS PROVENANT DES TRIBUTAIRES ET DE L'EROSION DES BERGES (kg/jr)(1)

Paramètre	Apports totaux provenant des matériaux d'érosion	Apport totaux provenant des tributaires (Sylvain, 1979)
Nitrates kg/jr	10,57	31 728
Phosphore total kg/jr	17,75	2 153
Solides dissous kg/jr	$1,26 \times 10^4$	-

(1) Calculé à partir des concentrations maximales observées.

Afin d'évaluer l'importance des apports en solides dissous, les concentrations qui se manifesteront dans l'eau ont été calculées sur la base des concentrations maximales observées dans les sédiments (8553 mg/kg), du débit annuel moyen des affluents (1339,2 m^3/l) et du volume annuel d'apport en sédiments (216 000 m^3). Les calculs indiquent que les concentrations résultantes sont de l'ordre de 0,109 mg/l d'eau. Les concentrations recommandées par Environnement Canada (1980) pour assurer la qualité des eaux domestiques est de 500 mg/l et les concentrations observées ailleurs dans les lacs sont souvent mille fois supérieures à celles mesurées au lac Saint-Jean; par exemple, on a noté des concentrations de 65 mg/l dans le lac Supérieur et de plus de 200 mg/l dans le lac Erié (Ryder et al, 1974).

Ainsi, il apparaît que malgré la quantité considérable de produits d'érosion, l'apport en solides dissous totaux aux eaux du lac est minime.

Par ailleurs, les apports de matériaux contribuent à rendre turbide l'eau du proche littoral. Dans le cas de matériaux sablonneux (diamètre des particules de 0,1 à 1 mm). Les vitesses de sédimentation varient de 1 cm/s à 10 cm/s. Ainsi, sauf sous les effets de turbulence, la diminution de la turbidité causée par les particules de sable en suspension sera très rapide. Dans le cas des argiles (diamètre moyen 0,0012 mm), les vitesses de sédimentation sont relativement lentes et, par conséquent, il peut se manifester une augmentation de turbidité qui persiste plusieurs heures dans l'eau du proche littoral.

10.0 REFERENCES CITEES

10.0 REFERENCES CITEES

American Public Health Association, 1975. Standards Methods for the examination of water and waste water. Wash. D.C., 1193 p.

Barr, A.J., J.H. Goodright, J.P. Sall, and J.T. Helwig, 1976. A User's Guide to SAS-76. SAS Institute, Raleigh, N.C., USA, 329 p.

Bisson, M., P. Couture, S.A. Visser, 1978. Etude de la qualité du milieu aquatique du lac Saint-Jean et de la rivière Saguenay, INRS-Eau, Rapport scientifique No. 92, 163 p. (3 annexes).

Carlson, E. 1977. A trophic state index for lakes, Limnology and Oceanography, 22 (2), 361-369.

Cluis et Potvin, 1979. Evaluation des apports en substances nutritives (azote et phosphore) dans le bassin du lac Saint-Jean dans: Jones, H.G. et al, 1979. Productivité biologique des eaux du lac Saint-Jean, INRS-Eau. Rapport Scientifique No. 76. Chap. 3, 32p.

Constant, H. (1976). Species composition and algal biomass of lac St. Jean, Quebec and some of its important rivers. Thèse de maîtrise ès sciences. University of Waterloo, 1976.

Couture, P. & S.A. Visser (sous presse). Etude limnologique du bassin versant du lac Saint-Jean (Québec, Canada): considérations sur un système physique hétérogène. - Wat. Pollut. Res. J. Canada.

Couture P., Cluis, D. et L. Potvin, 1980. Etude limnologique du bassin versant du lac Saint-Jean (Québec Canada) correspondance entre production et biodisponibilité d'éléments nutritifs. Annls Limnol 16 (2) 1980; 103-117.

Environnement Canada, 1980. Références sur la qualité des eaux. Guides des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures. Direction de la qualité des eaux. Ottawa, Canada.

Environnement Québec, 1978. Service qualité des eaux. Liste de données. Lac Saint-Jean.

Environnement Québec, 1979. Service qualité des eaux. Liste de données. Lac Saint-Jean.

Environnement Québec, 1980. Service qualité des eaux. Liste de données. Lac Saint-Jean.

Fortin, J.P. and W. Sochanska, 1979. Etude de la qualité du milieu aquatique du lac Saint-Jean durant l'été 1977 à l'aide de la télédétection. INRS-Eau. Rapport scientifique no. 101, 16 p.

Geoffrion et Michaud, 1979. Evaluation numérique de l'état trophique du lac Saint-Jean. Direction générale recherche et planification, Service de protection de l'environnement, Québec, 36 p.

Jones, H. Gérald, 1979. La limnologie chimique du lac Saint-Jean et ses tributaires, dans: Jones, H.G. et al, 1979 Productivité biologique des eaux du lac Saint-Jean, INRS-Eau. Rapport scientifique no. 76. Chap. 5, 186 p.

Hawkes, H.A., 1979. Invertebrates as Indicators of River Water Quality in: Biological Indicators of Water Quality. John Wiley and Sons.

L.V.L.V. (Lalonde, Valois, Lamarre, Valois), 1979. Etude intégrée d'environnement de la Romaine. Limnologie et ichtyofaune des bassins des rivières Saint-Jean et Romaine. Inventaires 1978 et 1979. Pour Hydro-Québec, Direction Environnement, 125 p. 3 annexes.

Michaud, J., L. Martel et A. Bouliane, 1979. Inventaire bactériologique des plages du lac Saint-Jean, Eté 1979, MENQ, 62 p.

Momson, D.F., 1967. Multivariate Statistical Methods. McGraw - Hill, New York, 675 pages.

Racine, J.B., 1971. Modèles graphiques et mathématiques et géographie humaine. Rev. Geogr. Montr., Vol. XXV, no. 4, pp. 323-358.

Rummel, R.J., 1969. Understanding Factor Analysis. J. Conflict Resol. 11: 444-480.

Ryder, R.A., S.R. Kerr, K.H. Loffus et H.A. Regier. The morphoedaphic index, a fish yield estimator - review and evaluation. J. Fish Res. Board Can. 31: 663-688.

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie, 1960. Principles and Procedures of Statistics McGraw - Hill, New York, 481 p.

Sylvain, L., 1979. Apports de substances nutritives au lac Saint-Jean. Ministère des Richesses Naturelles, Québec 76 p.

U.S. Environmental Protection Agency, 1972. Report of the committee on water quality criteria, Wash. 594 p.

U.S. Environmental Protection Agency, 1972 A. Water quality standards criteria digest. A compilation of federal and state criteria on settleable solids.

U.S. Environmental Protection Agency, 1972 B. Water quality standards criteria digest. A compilation of federal and state criteria on turbidity.

Visser, S.A., M. Bisson, P. Couture, 1981. Le bassin versant du lac Saint-Jean (Québec); analyse et interprétation de la qualité des eaux, Naturaliste can., 108 279-288 p.

ANNEXE A

ANDRE MARSAN & ASS. INC.
ANALYSE D'EAU
LAC ST-JEAN
DOSSIER: 36008-10-13
(N184-40)

SITE	TRAVERSE	STATION	NITRATES (mg/l)	SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	PHOSPHORE TOTAL (mg/l)	CHLOROPHYLLE "a" mg/m3	PHAEOPHYTINE "a" mg/m3	CARBONE ORGANIQUE mg/l C	CARBONE INORGANIQUE mg/l C
DESBIENS	1	1	0.17	8.8	0.050	1.51	0.86		
	1	2	0.09	1.4	0.037	1.36	1.02		
	1	3	0.28	3.6	0.566	1.10	0.75		
	2	1	0.14	8.2	0.035	2.19	1.24		
	2	2	0.10	1.8	0.019	1.95	1.12	6.8	1.1
	2	3	0.11	0.4	0.018	0.98	0.37	6.5	1.4
	3	1	0.10	9.6	0.047	0.98	0.54		
	3	2	0.13	3.3	0.027	1.19	0.91	7.0	1.1
	3	3	0.14	2.2	0.028	3.12	2.05		
	4	1	0.08	3.8	0.027	1.07	1.02		
	4	2	0.06	3.5	0.036	4.77	2.15		
	4	3	0.09	2.3	0.024	1.95	1.08		
	5	1	0.19	2.8	0.016	1.98	1.15		
	5	2	0.09	3.8	0.011	1.98	1.20		
	5	3	0.10	4.4	0.015	1.27	0.54	7.3	1.4
	6	1	0.11	6.4	0.041	2.14	1.34	7.5	1.1
	6	2	0.09	5.6	0.016	2.62	1.12	8.3	2.0
	6	3	0.17	5.4	0.068	1.30	0.92	7.6	2.4
	13	1	0.11	8.1	0.001	1.35	0.66	6.0	0.4
	13	2	0.12	5.1	0.002	1.11	0.49	6.2	0.1
	13	3	0.06	6.3	0.001			6.8	0.8
	14	1	0.15	4.8	0.002	1.13	0.74	6.0	0.8
	14	2	0.06	2.5	0.011	1.72	0.86	6.3	0.3
	14	3	0.13	3.2	0.006	1.73	0.90	7.0	0.3
	15	1	0.09	5.8	0.030	1.95	1.00	6.3	0.3

1: 1 = 1 m de profondeur
2 = 3 m de profondeur
3 = 5 m de profondeur

ANDRE MARSAN & ASS. INC.
ANALYSE D'EAU
LAC ST-JEAN
DOSSIER: 36008-10-13
(N184-40)

SITE	TRAVERSE	STATION	NITRATES (mg/l)	SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	PHOSPHORE TOTAL (mg/l)	CHLOROPHYLLE "a" mg/m3	PHAEOPHYTINE "a" mg/m3	CARBONE ORGANIQUE mg/l C	CARBONE INORGANIQUE mg/l C
SAINT-HENRI-DE-TAILLON	15	2	0.08	7.1	<0.001	1.07	0.68	9.1	0.3
	15	3	0.12	6.5	0.011	1.33	0.82	7.1	1.4
	16	1	0.11	7.8	0.148	1.13	0.65	5.8	0.8
	16	2	0.17	3.4	0.031	0.92	0.75	7.3	0.3
	16	3	0.12	2.8	0.102	1.54	0.60	6.5	0.8
	17	1	0.05	4.1	0.001	1.74	0.72	6.3	1.0
	17	2	0.04	3.3	0.002	2.46	1.48	6.7	0.1
	17	3	0.10	4.8	0.001	2.77	1.52	6.7	0.1
	18	1	0.14	3.0	0.015	1.91	1.08	6.6	0.8
	18	2	0.11	5.7	0.009	1.20	0.98	7.0	0.3
	18	3	0.09	5.3	0.031	1.20	1.06	7.2	0.1
	19	1	0.08	5.4	0.060	1.64	1.24	9.6	0.3
	19	2	0.07	3.3	0.015	1.57	0.64	7.6	0.8
	19	3	0.14	5.6	0.065	1.91	0.91	6.7	1.4
	20	1	0.16	9.4	0.037	2.74	1.35	6.0	0.3
	20	2	0.18	3.9	0.042	1.67	0.84	6.5	1.4
	20	3	0.23	5.4	0.032	1.49	0.90	6.8	1.0
	23	2	0.12	5.6	0.062				
SAINT-GEDEON	7	1	0.15	3.2	0.019	2.80	0.92		
	7	2	0.07	2.0	0.011	1.80	0.90	6.8	1.1
	7	3	0.11	1.6	0.020	1.51	0.72		
	8	1	0.11	3.2	0.012	1.42	0.86		
	8	2	0.14	3.2	0.035	2.05	1.45		
	8	3	0.12	9.2	0.037	1.92	1.00		
	9	1	0.10	0.1	0.010	1.88	1.08	6.8	1.1
	9	2	0.13	12.5	0.043	1.10	0.32	7.6	0.8

1: 1 = 1 m de profondeur
2 = 3 m de profondeur
3 = 5 m de profondeur

ANDRE MARSAN & ASS. INC.
ANALYSE D'EAU
LAC ST-JEAN
DOSSIER: 36008-10-13
(N184-40)

SITE	TRAVERSE	STATION	NITRATES (mg/l)	SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	PHOSPHORE TOTAL (mg/l)	CHLOROPHYLLE "a" mg/m3	PHAEOPHYTINE "a" mg/m3	CARBONE ORGANIQUE mg/l C	CARBONE INORGANIQUE mg/l C
SAINT-GEDEON	9	3	0.08	3.3	0.011	1.35	0.41		
	10	1	0.14	0.6	0.013	2.13	1.12	8.1	1.1
	10	2	0.13	62	0.137	2.10	0.94	7.1	1.1
	10	3	0.18	3.6	0.013	1.73	0.77	6.7	1.7
	11	1	0.08	2.9	0.003	1.23	0.32		
	11	2	0.08	2.8	0.014	1.35	0.33		
	11	3	0.17	4.6	0.015	2.79	1.45		
	12	1	0.12	1.3	0.073	2.70	1.54		
	12	2	0.09	5.4	0.026	2.11	0.75		
	12	3	0.05	3.5	0.001	1.79	0.84	6.3	1.4
SAINT-METHODE	24	1	0.10	4.9	0.035	1.90	0.80	7.1	4.0
	24	2	0.28	7.8	0.042	3.11	1.42	8.6	3.0
	24	3	0.11	5.6	0.045	1.57	0.57	11.2	1.7
	24	1	0.10	5.0	0.028	1.11	0.44	7.7	3.6
	25	2	0.09	5.6	0.018	3.26	2.52	11.7	3.0
	25	3	0.09	7.6	0.018	2.17	1.12	11.4	2.0
	26	1	0.08	6.0	0.028	6.21	5.25	10.7	1.7
	26	2	0.06	4.5	0.015	3.19	1.18	12.5	2.4
	26	3	0.14	4.2	0.019	2.80	1.01	12.2	1.7
	27	1	0.09	0.6	0.016	1.11	0.54	8.3	3.6
	27	2	0.11	14.4	0.025	5.29	3.45	11.1	2.0
	27	3	0.28	5.2	0.015	10.19	8.23	10.7	1.7
	28	1	0.11	4.6	0.036	3.95	2.14	12.5	4.3
	28	2	0.07	8.8	0.021	2.79	1.26	11.2	2.7
	28	3	0.07	7.4	0.041	1.04	0.47	11.2	1.7
	29	1	0.15	3.0	0.023	2.42	1.12	14.0	3.0
	29	2	0.08	8.8	0.031	4.53	2.87	16.3	3.3
	29	3	0.20	6.8	1.18	2.98	1.95	12.0	1.4

1: 1 = 1 m de profondeur
2 = 3 m de profondeur
3 = 5 m de profondeur

ANDRE MARSAN & ASS. INC.
ANALYSE D'EAU
LAC ST-JEAN
DOSSIER: 36008-10-13
(N184-40)

SITE	TRAVERSE	STATION	NITRATES (mg/l)	SOLIDES EN SUSPENSION (mg/l)	PHOSPHORE TOTAL (mg/l)	CHLOROPHYLLE "a" mg/m3	PHAEOPHYTINE "a" mg/m3	CARBONE ORGANIQUE mg/l C	CARBONE INORGANIQUE mg/l C
CHAMBORD	30	1	0.02	6.5	0.007	4.15	3.85		
	30	2	0.17	6.6	0.379	1.14	0.32		
	30	3	0.03	4.4	0.022	1.04	0.42		
	31	1	0.21	5.0	0.133	3.97	2.27		
	31	2	0.26	4.8	0.035	1.35	0.47		
	31	3	0.10	2.5	0.034	4.05	3.27		
	32	1	<0.01	7.4	0.009	3.67	2.47		
	32	2	0.11	2.5	0.078	5.27	4.22		
	32	3	0.18	4.3	0.030	1.69	0.87		
	33	1	0.06	4.4	0.007				
	33	2	0.07	1.3	0.046	4.10	2.29		
	33	3	0.15	6.9	0.154	3.52	1.88		
	34	1	0.21	3.6	0.084	3.48	2.27		
	34	2	<0.01	4.8	0.027	2.05	1.33		
	34	3	<0.01	3.0	0.012	2.03	0.94		
	35	1	0.10	3.6	0.049	0.84	0.15		
	35	2	0.23	3.0	0.052	2.95	1.27		
	35	3	0.03	2.3	0.010	3.09	1.16		
PERIBONKA	21	1	0.30	6.3	0.023	3.75	1.25	7.9	2.0
	21	2	0.14	6.0	0.016	2.22	1.67	5.2	1.7
	21	3	0.10	7.1	0.055	1.26	0.48	7.7	0.8
	22	1	0.10	5.2	0.041	3.02	2.25	7.1	1.4
	22	2	0.01	4.2	0.014	0.79	0.45	6.4	1.7
	22	3	0.08	5.1	0.002	0.38	0.12	5.6	1.1
	23	1	0.12	7.0	0.024	0.95	0.15	6.9	0.8
	23	2	0.14	4.5	0.008	0.54	0.14	6.5	1.1
	23	3	0.10	6.0	0.039	0.95	0.28	6.4	1.7

1: 1 = 1 m de profondeur
2 = 3 m de profondeur
3 = 5 m de profondeur

ANNEXE B

SITE 1 - DESBIENS

Numéro de traverse	Secteur de berge avec structure	Secteur de berge sans structure	Stations	Profondeur	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m) (Secchi)
1	X		1 m		17.6	7.0	7.1	28.0	0.4
1	X		3 m	surf	17.9	7.0	6.8	22.0	
1	X		3 m	2.5m	17.4	6.7	6.8	23.0	2.0m
1	X		5 m	surf	17.8	7.0	6.7	21.0	
1	X		5 m	2.5m	17.3	6.6	6.8	22.0	
1	X		5 m	5.0m	17.1	6.6	6.8	22.0	2.0m
2	X		1 m		17.2	7.1	6.9	23.0	0.6m
2	X		3 m	surf	17.5	7.1	6.8	16.0	
2	X		3 m	2.5m	17.3	6.8	6.8	21.0	2.3m
2	X		5 m	surf	17.8	6.9	6.8	21.0	
2	X		5 m	2.5m	17.1	6.7	6.8	20.0	
2	X		5 m	5.0m	17.0	6.6	6.8	20.0	2.3m
3	X		1 m		17.8	6.7	6.9	19.0	
3	X		3 m	surf	18.0	6.9	6.8	18.0	
3	X		3 m	2.5m	17.3	6.7	6.7	23.0	
3	X		5 m	surf	17.9	6.9	6.8	20.0	
3	X		5 m	2.5m	17.4	6.7	6.8	22.0	
3	X		5 m	5.0m	17.3	6.6	6.8	22.0	
4		X	1 m		15.1	7.4	6.1	28.0	1.6m
4		X	3 m	surf	16.8	7.0	6.1	22.0	
4		X	3 m	2.5	16.8	6.7	6.3	22.0	1.6m
4		X	5 m	surf	16.8	7.0	6.0	22.0	
4		X	5 m	2.5m	16.8	6.7	6.3	22.0	
4		X	5 m	5.0m	16.8	6.6	6.4	22.0	1.6m
5		X	1 m		16.7	6.8	6.2	23.0	
5		X	3 m	surf	16.8	7.0	6.1	23.0	
5		X	3 m	2.5m	16.8	6.7	6.3	22.0	1.5m
5		X	5 m	surf	17.0	6.8	6.1	22.0	
5		X	5 m	2.5m	16.9	6.6	6.3	21.0	
5		X	5 m	5.0m	16.9	6.5	6.3	21.0	1.7m
6		X	1 m		16.5	7.0	6.3	17.0	
6		X	3 m	surf	16.6	7.2	6.1	23.0	
6		X	3 m	2.5m	16.6	6.8	6.3	23.0	1.5m
6		X	5 m	surf	16.6	7.1	6.1	24.0	
6		X	5 m	2.5m	16.6	6.8	6.3	24.0	
6		X	5 m	5.0m	16.6	6.7	6.4	24.0	1.5m

SITE 2

SAINT-HENRI-DE-TAILLON

Numéro de traverse	Secteur de berge avec structure	Secteur de berge sans structure	Stations	Profondeur	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m) (Secchi)
13	X		1 m		14.2	6.7	6.3	12.0	
13	X		3 m	surf	14.5	6.7	6.3	12.0	
13	X		3 m	2.5m	14.5	6.4	6.5	11.0	
13	X		5 m	surf	15.7	6.7	6.2	17.0	
13	X		5 m	2.5m	15.8	6.6	6.5	17.0	
13	X		5 m	5.0m	15.8	6.5	6.5	17.0	2.0m
14	X		1 m		14.4	6.6	6.4	12.0	
14	X		3 m	surf	14.7	6.6	6.4	12.0	
14	X		3 m	2.5m	14.6	6.4	6.6	11.0	2.0m
14	X		5 m	surf	15.6	6.8	6.3	13.0	
14	X		5 m	2.5m	15.7	6.6	6.5	17.0	
14	X		5 m	5.0m	15.7	6.5	6.6	17.0	2.0m
16		X	1 m		13.7	6.7	6.5	11.0	
16		X	3 m	surf	14.7	6.8	6.3	9.0	
16		X	3 m	2.5m	14.7	6.4	6.6	10.0	
16		X	5 m	surf	15.8	6.8	6.5	16.0	
16		X	5 m	2.5m	15.9	6.6	6.6	16.0	
16		X	5 m	5.0m	15.9	6.5	6.5	17.0	2.4m
15	X		1 m		14.5	6.5	6.6	12.0	
15	X		3 m	surf	14.6	6.6	6.5	12.0	
15	X		3 m	2.5m	14.6	6.5	6.6	12.0	2.0m
15	X		5 m	surf	15.3	6.8	6.5	16.0	
15	X		5 m	2.5m	15.3	6.6	6.6	16.0	
15	X		5 m	5.0m	15.1	6.5	6.6	14.0	2.0m
17		X	1 m		14.9	6.7	6.5	12.0	
17		X	3 m	surf	15.1	6.9	6.4	12.0	
17		X	3 m	2.5m	15.1	6.6	6.6	13.0	
17		X	5 m	surf	15.3	6.9	6.5	11.0	
17		X	5 m	2.5m	15.3	6.6	6.6	12.0	
17		X	5 m	5.0m	15.0	6.4	6.6	12.0	2.0m
18		X	1 m		15.1	6.7	6.6	16.0	
18		X	3 m	surf	14.9	7.2	6.4	16.0	
18		X	3 m	2.5m	14.8	6.7	6.6	15.0	
18		X	5 m	surf	15.3	6.8	6.5	12.0	
18		X	5 m	2.5m	15.3	6.6	6.6	12.0	
18		X	5 m	5.0m	15.2	6.5	6.6	15.0	
19		X	1 m		14.5	6.9	6.6	16.0	
19		X	3 m	surf	15.3	6.9	6.5	15.0	
19		X	3 m	2.5m	14.8	6.6	6.6	15.0	2.0m
19		X	5 m	surf	15.9	6.8	6.3	16.0	
19		X	5 m	2.5m	15.9	6.5	6.5	16.0	
19		X	5 m	5.0m	15.9	6.4	6.5	16.0	2.0m
20		X	1 m		14.7	6.9	6.5	12.0	
20		X	3 m	surf	15.5	6.7	6.5	14.0	
20		X	3 m	2.5m	15.5	6.5	6.6	17.0	2.0m
20		X	5 m	surf	16.4	6.7	6.2	17.0	
20		X	5 m	2.5m	16.8	6.5	6.4	17.0	
20		X	5 m	5.0m	16.3	6.4	6.4	17.0	2.5m

SITE 3 - SAINT-GEDEON

Numéro de traverse	Secteur de berge avec structure	Secteur de berge sans structure	Stations	Profondeur	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m) (Secchi)
7	X		1 m		17.8	7.1	6.9	16.0	
7	X		3 m	surf	18.4	6.9	6.8	20.0	
7	X		3 m	2.5m	17.0	6.7	7.1	26.0	1.5m
7	X		5 m	surf	18.2	7.1	6.7	18.0	
7	X		5 m	2.5m	17.8	6.7	6.8	19.0	2.0m
7	X		5 m	5.0m	17.6	6.6	6.8	22.0	
8	X		1 m		18.7	7.3	6.9	20.0	
8	X		3 m	surf	18.6	6.8	6.8	18.0	
8	X		3 m	2.5m	18.6	6.5	6.8	18.0	1.2m
8	X		5 m	surf	18.5	7.0	6.7	14.0	
8	X		5 m	2.5m	18.2	6.7	6.8	16.0	
8	X		5 m	5.0m	18.0	6.5	6.8	16.0	2.0m
9	X		1 m		16.8	6.7	6.1	14.0	
9	X		3 m	surf	17.1	6.8	6.2	19.0	
9	X		3 m	2.5m	16.7	6.6	6.5	20.0	2.0m
9	X		5 m	surf	17.2	7.1	6.2	18.0	
9	X		5 m	2.5m	17.2	6.6	6.3	19.0	
9	X		5 m	5.0m	17.0	6.5	6.5	20.0	2.0m
10		X	1 m		16.7	6.8	6.2	19.0	
10		X	3 m	surf	16.9	7.1	6.1	18.0	
10		X	3 m	2.5	16.9	6.6	6.3	19.0	2.0m
10		X	5 m	surf	17.1	6.8	6.2	19.0	
10		X	5 m	2.5	17.0	6.5	6.3	19.0	
10		X	5 m	5.0m	16.9	6.5	6.4	19.0	2.0
11		X	1 m		16.7	6.8	6.2	18.0	
11		X	3 m	surf	17.3	6.9	6.1	20.0	
11		X	3 m	2.5m	17.3	6.6	6.3	20.0	2.0m
11		X	5 m	surf	17.2	6.8	6.2	21.0	
11		X	5 m	2.5m	17.3	6.5	6.3	20.0	
11		X	5 m	5.0m	17.3	6.4	6.3	20.0	2.0m
12		X	1 m		17.0	7.0	6.1	17.0	
12		X	3 m	surf	17.1	7.0	6.1	21.0	
12		X	3 m	2.5m	17.0	6.6	6.4	20.0	2.0m
12		X	5 m	surf	17.1	7.0	6.1	20.0	
12		X	5 m	2.5m	17.1	6.6	6.3	20.0	
12		X	5 m	5.0m	17.0	6.5	6.3	20.0	2.0m

SITE 4 - SAINT-METHODE

Numéro de traverse	Secteur de berge avec structure	Secteur de berge sans structure	Stations	Profondeur	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m) (Secchi)
24	X		1 m		15.6	6.8	6.6	27.0	
24	X		3 m	surf	14.1	6.6	6.2	28.0	
24	X		3 m	2.5m	14.0	6.6	6.3	39.0	1.3m
24	X		5 m	surf	13.6	6.4	6.4	18.0	
24	X		4 m	3.0m	13.5	6.3	6.5	17.0	1.6m
25	X		1 m		15.7	7.0	6.7	38.0	
25	X		3 m	surf	13.9	6.5	6.2	39.0	
25	X		3 m	2.5m	13.8	6.5	6.2	36.0	1.3m
25	X		4 m	surf	13.3	6.4	6.5	17.0	
25	X		4 m	3.0m	13.3	6.4	6.6	16.0	1.5m
26	X		1 m		15.4	6.9	6.6	54.0	
26	X		3 m	surf	13.7	6.4	6.4	20.0	
26	X		3 m	2.5m	13.6	6.3	6.5	21.0	1.5m
26	X		4 m	surf	13.1	6.4	6.6	17.0	
26	X		4 m	2.5m	13.1	6.4	6.6	16.0	1.5m
27		X	1 m		15.6	6.5	6.7	26.0	
27		X	3 m	surf	13.7	6.4	6.4	22.0	
27		X	3 m	2.5m	13.6	6.3	6.4	22.0	
27		X	4 m	surf	13.0	6.3	6.6	19.0	
27		X	4 m	3.0m	13.0	6.3	6.7	19.0	1.5m
28		X	1 m		13.3	6.6	6.3	58.0	
28		X	3 m	surf	13.7	6.3	6.4	19.0	
28		X	3 m	2.5m	13.6	6.3	6.4	21.0	1.5m
28		X	4 m	surf	12.9	6.4	6.6	20.0	
28		X	4 m	3.0m	12.9	6.4	6.7	19.0	1.7m
29		X	1 m		13.6	6.5	6.3	63.0	
29		X	3 m	surf	13.5	6.4	6.3	63.0	
29		X	3 m	2.5m	13.4	6.4	6.3	68.0	1.0m
29		X	4 m	surf	12.8	6.4	6.6	18.0	
29		X	4 m	3.0m	12.8	6.3	6.7	19.0	1.7m

SITE 5 - CHAMBORD

Numéro de traverse	Secteur de berge avec structure	Secteur de berge sans structure	Stations	Profondeur	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m) (Secchi)
31		X	1 m		16.2	6.8	6.2	20.0	
31		X	3 m	surf	16.1	6.8	6.2	19.0	
31		X	3 m	2.5m	15.8	6.8	6.3	20.0	2.3m
31		X	5 m	surf	16.3	6.8	6.2	18.0	
31		X	5 m	2.5m	16.0	6.7	6.3	18.0	
31		X	5 m	5.0m	15.9	6.7	6.4	19.0	2.3m
30	X		1 m		16.1	6.9	6.2	15.0	
30	X		3 m	surf	16.0	6.8	6.2	18.0	
30	X		3 m	2.5m	15.7	6.8	6.4	19.0	2.4m
30	X		5 m	surf	16.0	6.8	6.2	18.0	
30	X		5 m	2.5m	15.9	6.7	6.3	18.0	
30	X		5 m	5.0m	15.8	6.7	6.2	19.0	2.4m
32	X		1 m		16.4	6.8	6.2	19.0	
32	x		3 m	surf	16.2	6.8	6.2	19.0	
32	X		3 m	2.5m	15.8	6.7	6.3	19.0	1.9m
32	X		5 m	surf	16.3	6.8	6.2	19.0	
32	X		5 m	2.5m	16.0	6.7	6.3	18.0	
32	X		5 m	5.0m	15.9	6.6	6.4	19.0	2.3m
33	X		1 m		16.5	6.8	6.2	19.0	
33	X		3 m	surf	16.4	6.7	6.3	14.0	
33	X		3 m	2.5m	16.1	6.6	6.3	18.0	1.8m
33	X		5 m	surf	16.4	6.8	6.2	18.0	
33	X		5 m	2.5m	16.0	6.6	6.2	18.0	
33	X		5 m	5.0m	16.0	6.5	6.2	18.0	1.8m
34		X	1 m		16.4	6.8	6.3	15.0	
34		X	3 m	surf	16.3	6.8	6.2	19.0	
34		X	3 m	2.5m	16.2	6.7	6.2	18.0	1.7m
34		X	5 m	surf	16.2	6.8	6.3	16.0	
34		X	5 m	2.5m	16.0	6.7	6.3	19.0	
34		X	5 m	5.0m	15.9	6.7	6.3	19.0	1.8m
35		X	1 m		16.7	6.9	6.3	19.0	
35		X	3 m	surf	16.4	6.8	6.2	17.0	
35		X	3 m	2.5m	16.3	6.6	6.3	18.0	1.7m
35		X	5 m	surf	16.4	6.8	6.3	17.0	
35		X	5 m	2.5m	16.0	6.6	6.3	15.0	
35		X	5 m	5.0m	15.9	6.6	6.3	17.0	2.0m

SITE 6 - PERIBONKA

Numéro de traverse	Secteur de berge avec structure	Secteur de berge sans structure	Stations	Profondeur	Température (°C)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µmho/cm)	Transparence (m) (Secchi)
21	X		1 m		15.4	6.0	6.4	18.0	
21	X		3 m	surf	15.8	5.8	6.4	13.0	
21	X		3 m	2.5m	15.0	5.9	6.5	20.0	2.2m
21	X		5 m	surf	16.0	5.8	6.2	13.0	
21	X		5 m	2.5m	16.0	5.7	6.2	13.0	
21	X		5 m	5.0m	15.6	5.8	6.3	14.0	2.5m
22		X	1 m		15.7	5.9	6.2	16.0	
22		X	3 m	surf	15.7	5.9	6.2	16.0	
22		X	3 m	2.5m	15.6	5.9	6.2	16.0	1.5m
22		X	5 m	surf	16.0	5.8	6.2	13.0	
22		X	5 m	2.5m	15.9	5.8	6.2	13.0	
22		X	5 m	5.0m	15.9	5.8	6.2	13.0	2.5m
23		X	1 m		15.7	5.9	6.2	15.0	
23		X	3 m	surf	15.7	6.0	6.1	15.0	
23		X	3 m	2.5m	15.7	5.9	6.1	15.0	2.0m
23		X	5 m	surf	15.9	5.8	6.1	13.0	
23		X	5 m	2.5m	15.8	5.8	6.1	13.0	
23		X	5 m	5.0m	15.9	5.8	6.2	12.0	2.0m

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026

Étude d'impact sur l'environnement

Réponses aux questions du MDDELCC (1re série)

Milieu humain
Occupation et utilisation du territoire

Sources : *Carvec 1 : 50 000, RNCan, 2010*
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF, 2007
MRC de Maria-Chapdelaine, 2015
MRC de Lac-Saint-Jean-Est, 2015
MRC du Domaine-du-Roy, 2015
Groupe Conseil Nutshimit-Nippour, 2015
Pekuakamiulnuatsh Takuhikan, 2015
Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), janvier 2014 et janvier 2015
MERN (Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean), 2014
Gestion des titres miniers (Gestim), MERN Québec, 2015
Ministère des transport du Québec (MTQ), 2013
Ministère de la Culture et des Communications (MCC), 2013 et 2015
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2014
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2003
Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), 2015
Fédération des clubs de motoneigistes du Québec (FCMQ), 2015
Fédération Québécoise des Clubs Quads (FCMQ), 2015
Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ), 2015
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
Gaz Métro, 2002
Industrie Canada, 2015

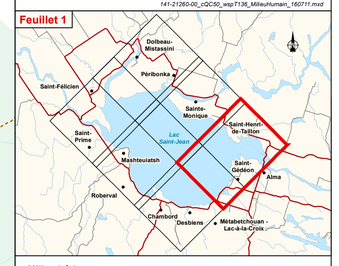
0 0,3 0,6 km
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte QC-50
Feuillet 1 de 6

Mai 2016

141-21260-00_cQC50_wspT136_MilieuHumain_160711.mxd

Feuillet 1



Milieu bâti
- Bâtiment
- Périmètre d'urbanisation
- Projets de développement domiciliaire

Milieu ilnu
- Innu Assi (EdPOG)*
- Innu Assi (proposition d'agrandissement)
- Site de transmission culturelle ilnu
- Site historique ilnu

Villégiature, loisirs et tourisme
- Zone de villégiature
- Bail de villégiature sur terres publiques
- Projet de développement de la villégiature
- Projet de développement récréotouristique
- Aire de camping (voir liste ci-dessous)
- Marina, quai ou débarcadère (voir liste ci-dessous)
- Plage (voir liste ci-dessous)
- Musée ou centre d'interprétation
- Terrain de golf
- Autre site récréotouristique
- Refuge, relais ou abri
- Tour, plateforme ou passerelle d'observation
- Aire de pique-nique
- Halte routière
- Halte cycliste
- Piste cyclable (Route verte, Véloroute des Bleuets)
- Réseau cyclable d'Alma
- Piste cyclable (Parc national de la Pointe Taillon)
- Sentier de motoneige Trans-Québec
- Sentier de motoneige régional ou local
- Sentier de motoquad Trans-Québec
- Sentier de motoquad régional ou local
- Sentier récréatif non motorisé
- Parcours canotable
- Parc municipal
- Site historique de Val-Jalbert
- Aire faunique communautaire du lac Saint-Jean

Patrimoine et archéologie
- Site ou bâtiment d'intérêt patrimonial
- Site archéologique connu

Aires d'extraction
- Banc d'emprunt
- Carrière
- Claim minier actif
- Demande de titre minier
- Concession minière

Activités agricoles
- Grande culture, culture spécialisée ou pâturage
- Bleuetière
- Pomme de terre
- Friche
- Territoire agricole protégé (CPTAQ)

Activités forestières
- Forêt d'enseignement et de recherche

Végétation
- Espace boisé

Aires protégées
- Parc national de la Pointe-Taillon
- Parc national de la Pointe-Taillon (projet d'agrandissement)
- Écosystème forestier exceptionnel

Infrastructures
- Route nationale ou régionale
- Autre route ou chemin
- Voie ferrée
- Gazoduc
- Poste de transport (RTA - Énergie électrique)
- Poste de transport (autre propriétaire)
- Ligne de transport (RTA - Énergie électrique)
- Ligne de transport (autre propriétaire)
- Centrale hydroélectrique (RTA - Énergie électrique)
- Centrale hydroélectrique (autre propriétaire)
- Centrale de cogénération
- Barrage/digue
- Passe migratoire
- Station hydrométrique
- Tour de télécommunications
- Prise d'eau potable
- Point de rejet des eaux usées
- Étang d'épuration des eaux usées
- Hydrobase

Limites
- Municipalité régionale de comté (MRC)
- Municipalité
- Territoire public intramunicipal

Composante du projet
- Zone d'étude restreinte

* EdPOG : Entente de principe d'ordre général

Aires de camping
1 : Camping Vauvert
2 : Camping l'Amicale
3 : Camping Robertson
4 : Camping de la Pointe Enr.
5 : Camping du parc régional de Val-Jalbert
6 : Camping Chambord
7 : Camping plage Blanchet
8 : Camping Villa des Sables
9 : Camping L'Évasion
10 : Camping de la Colonie Notre-Dame
11 : Camping Belley
12 : Camping de la marina de Saint-Henri-de-Taillon
13 : Centre touristique Ste-Monique
14 : Camping du resto-bar de la marina de Saint-Coeur-de-Marie
15 : Camping du Centre de villégiature Dam-en-Terre
16 : Camping municipal de Péribonka
17 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Le Prospecteur)
18 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Migrateurs)
19 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Castors)
20 : Camping de la plage St-Jude
21 : Camping de la plage St-Joseph
22 : Camping municipal d'Hébertville-Station
23 : Camping de l'Écureuil
24 : Camping municipal de St-Gédéon
25 : Camping plage Soleil Couchant
26 : Glamping parc rivière Métabetchouane
27 : Camping St-Prime
28 : Camping Bellevue Sud
29 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Île Bouliane)
30 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Pointe-Chevrette)
31 : Camping Desmeules
32 : Camping du club Alcan
33 : Club Colonie Richelieu
34 : Club Dynamo
35 : Auberge Île du repos
36 : Centre plein air Les Amicaux
37 : Club La Détente
38 : Club de la Direction d'Alcan
39 : Camping Val-Jalbert
40 : Camping des Îles
41 : Club Eau-Bois

Marinas, quais ou débarcadères
1 : Centre de villégiature Dam-en-Terre
2 : Marina Saint-Coeur-de-Marie
3 : Marina municipale de Saint-Henri-de-Taillon
4 : Marina de Péribonka
5 : Débarcadère du bôme de Saint-Méthode
6 : Débarcadère de la rivière Ticouapé
7 : Marina Bellevue de Saint-Félicien
8 : Marina municipale de St-Prime
9 : Marina de Roberval
10 : Marina municipale de Chambord
11 : Quai municipal de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
12 : Club nautique Belle-Rivière
13 : Quai du rang des Îles
14 : Marina municipale de Dolbeau-Mistassini
15 : Débarcadère Centre touristique Vauvert
16 : Quai municipal de Sainte-Monique
17 : Quai de la baie Moïse
18 : Marina du Club de voile des Îles
19 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane
20 : Débarcadère de la rivière Ouiatchouan
21 : Débarcadère du carrefour d'accueil Ilnu
22 : Quai municipal de Saint-Félicien
23 : Quai de Roberval
24 : Débarcadère de Saint-Coeur-de-Marie
25 : Débarcadère de Péribonka
26 : Marina du camping L'Évasion
27 : Débarcadère Belle-Rivière
28 : Marina du camping Val-Jalbert
29 : Débarcadère du camping de la Pointe
30 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane

Plages
1 : Plage Vauvert
2 : Plage municipale de Saint-Prime
3 : Plage de la Pointe-Scott
4 : Plage Blanchet
5 : Plage Belley
6 : Plage du parc national de la Pointe-Taillon
7 : Plage du Complexe touristique Dam-en-Terre
8 : Plage du Camping Colonie Notre-Dame
9 : Plage St-Joseph
10 : Plage St-Jude
11 : Plage d'Hébertville-Station
12 : Plage municipale de St-Gédéon
13 : Plage du Banc de Sable
14 : Plage Le Rigolet
15 : Plage Robertson
16 : Plage municipale de Chambord
17 : Plage Wilson
18 : Plage Les Amicaux
19 : Plage Saint-Pierre
20 : Plage Kennedy

Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026

Étude d'impact sur l'environnement

Réponses aux questions du MDDELCC (1re série)

Milieu humain
Occupation et utilisation du territoire

Sources : *Carvec 1 : 50 000, RNCan, 2010*
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF, 2007
MRC de Maria-Chapdelaine, 2015
MRC de Lac-Saint-Jean-Est, 2015
MRC du Domaine-du-Roy, 2015
Groupe Conseil Nutshimit-Nippour, 2015
Pekuakamiulnuatsh Takuhikan, 2015
Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), janvier 2014 et janvier 2015
MERN (Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean), 2014
Gestion des titres miniers (Gestim), MERN Québec, 2015
Ministère des transport du Québec (MTQ), 2013
Ministère de la Culture et des Communications (MCC), 2013 et 2015
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2014
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2003
Société des établissements de plein air du Québec (SEPAQ), 2015
Fédération des clubs de motoneigistes du Québec (FCMQ), 2015
Fédération Québécoise des Clubs Quads (FCMQ), 2015
Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ), 2015
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
Gaz Métro, 2002
Industrie Canada, 2015

0 0,3 0,6 km
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte QC-50
Feuillet 2 de 6

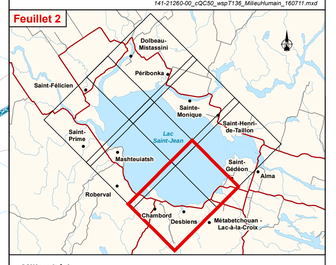
Mai 2016

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour

WSP

141-21260-00_cQC50_wsp7136_MilieuHumain_160711.mxd

Feuillet 2



Milieu bâti
- Bâtiment
- Périmètre d'urbanisation
- Projets de développement domiciliaire

Milieu ilnu
- Innu Assi (EdPOG)*
- Innu Assi (proposition d'agrandissement)
- Site de transmission culturelle ilnu
- Site historique Ilnu

Villégiature, loisirs et tourisme
- Zone de villégiature
- Bail de villégiature sur terres publiques
- Projet de développement de la villégiature
- Projet de développement récréotouristique
- Aire de camping (voir liste ci-dessous)
- Marina, quai ou débarcadère (voir liste ci-dessous)
- Plage (voir liste ci-dessous)
- Musée ou centre d'interprétation
- Terrain de golf
- Autre site récréotouristique
- Refuge, relais ou abri
- Tour, plateforme ou passerelle d'observation
- Aire de pique-nique
- Halte routière
- Halte cycliste
- Piste cyclable (Route verte, Véloroute des Bleuets)
- Réseau cyclable d'Alma
- Piste cyclable (Parc national de la Pointe Taillon)
- Sentier de motoneige Trans-Québec
- Sentier de motoneige régional ou local
- Sentier de motoquad Trans-Québec
- Sentier de motoquad régional ou local
- Sentier récréatif non motorisé
- Parcours canotable
- Parc municipal
- Site historique de Val-Jalbert
- Aire faunique communautaire du lac Saint-Jean

Patrimoine et archéologie
- Site ou bâtiment d'intérêt patrimonial
- Site archéologique connu

Aires d'extraction
- Banc d'emprunt
- Carrière
- Claim minier actif
- Demande de titre minier
- Concession minière

Activités agricoles
- Grande culture, culture spécialisée ou pâturage
- Bleuetière
- Pomme de terre
- Friche
- Territoire agricole protégé (CPTAQ)

Activités forestières
- Forêt d'enseignement et de recherche

Végétation
- Espace boisé

Aires protégées
- Parc national de la Pointe-Taillon
- Parc national de la Pointe-Taillon (projet d'agrandissement)
- Écosystème forestier exceptionnel

Infrastructures
- Route nationale ou régionale
- Autre route ou chemin
- Voie ferrée
- Gazoduc
- Poste de transport (RTA - Énergie électrique)
- Poste de transport (autre propriétaire)
- Ligne de transport (RTA - Énergie électrique)
- Ligne de transport (autre propriétaire)
- Centrale hydroélectrique (RTA - Énergie électrique)
- Centrale hydroélectrique (autre propriétaire)
- Centrale de cogénération
- Barrage/digue
- Passe migratoire
- Station hydrométrique
- Tour de télécommunications
- Prise d'eau potable
- Point de rejet des eaux usées
- Étang d'épuration des eaux usées
- Hydrobase

Limites
- Municipalité régionale de comté (MRC)
- Municipalité
- Territoire public intramunicipal

Composante du projet
- Zone d'étude restreinte

* EdPOG : Entente de principe d'ordre général

Aires de camping
1 : Camping Vauvert
2 : Camping l'Amicale
3 : Camping Robertson
4 : Camping de la Pointe Enr.
5 : Camping du parc régional de Val-Jalbert
6 : Camping Chambord
7 : Camping plage Blanchet
8 : Camping Villa des Sables
9 : Camping L'Évasion
10 : Camping de la Colonie Notre-Dame
11 : Camping Belley
12 : Camping de la marina de Saint-Henri-de-Taillon
13 : Centre touristique Ste-Monique
14 : Camping du resto-bar de la marina de Saint-Coeur-de-Marie
15 : Camping du Centre de villégiature Dam-en-Terre
16 : Camping municipal de Péribonka
17 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Le Prospecteur)
18 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Migrateurs)
19 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Castors)
20 : Camping de la plage St-Jude
21 : Camping de la plage St-Joseph
22 : Camping municipal d'Hébertville-Station
23 : Camping de l'Écureuil
24 : Camping municipal de St-Gédéon
25 : Camping plage Soleil Couchant
26 : Glamping parc rivière Métabetchouane
27 : Camping St-Prime
28 : Camping Bellevue Sud
29 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Île Bouliane)
30 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Pointe-Chevrette)
31 : Camping Desmeules
32 : Camping du club Alcan
33 : Club Colonie Richelieu
34 : Club Dynamo
35 : Auberge Île du repos
36 : Centre plein air Les Amicaux
37 : Club La Détente
38 : Club de la Direction d'Alcan
39 : Camping Val-Jalbert
40 : Camping des Îles
41 : Club Eau-Bois

Marinas, quais ou débarcadères
1 : Centre de villégiature Dam-en-Terre
2 : Marina Saint-Coeur-de-Marie
3 : Marina municipale de Saint-Henri-de-Taillon
4 : Marina de Péribonka
5 : Débarcadère du bôme de Saint-Méthode
6 : Débarcadère de la rivière Ticouapé
7 : Marina Bellevue de Saint-Félicien
8 : Marina municipale de St-Prime
9 : Marina de Roberval
10 : Marina municipale de Chambord
11 : Quai municipal de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
12 : Club nautique Belle-Rivière
13 : Quai du rang des Îles
14 : Marina municipale de Dolbeau-Mistassini
15 : Débarcadère Centre touristique Vauvert
16 : Quai municipal de Sainte-Monique
17 : Quai de la baie Moïse
18 : Marina du Club de voile des Îles
19 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane
20 : Débarcadère de la rivière Ouiatchouan
21 : Débarcadère du carrefour d'accueil Ilnu
22 : Quai municipal de Saint-Félicien
23 : Quai de Roberval
24 : Débarcadère de Saint-Coeur-de-Marie
25 : Débarcadère de Péribonka
26 : Marina du camping L'Évasion
27 : Débarcadère Belle-Rivière
28 : Marina du camping Val-Jalbert
29 : Débarcadère du camping de la Pointe
30 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane

Plages
1 : Plage Vauvert
2 : Plage municipale de Saint-Prime
3 : Plage de la Pointe-Scott
4 : Plage Blanchet
5 : Plage Belley
6 : Plage du parc national de la Pointe-Taillon
7 : Plage du Complexe touristique Dam-en-Terre
8 : Plage du Camping Colonie Notre-Dame
9 : Plage St-Joseph
10 : Plage St-Jude
11 : Plage d'Hébertville-Station
12 : Plage municipale de St-Gédéon
13 : Plage du Banc de Sable
14 : Plage Le Rigolet
15 : Plage Robertson
16 : Plage municipale de Chambord
17 : Plage Wilson
18 : Plage Les Amicaux
19 : Plage Saint-Pierre
20 : Plage Kennedy

Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026

Étude d'impact sur l'environnement

Réponses aux questions du MDDELCC (1re série)

Milieu humain
Occupation et utilisation du territoire

Sources : Carivec 1 : 50 000, RNCan, 2010
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF, 2007
MRC de Maria-Chapdelaine, 2015
MRC de Lac-Saint-Jean-Est, 2015
MRC du Domaine-du-Roy, 2015
Groupe Conseil Nutshimit-Nippour, 2015
Pekuakamiulnuatsh Takuhikan, 2015
Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), janvier 2014 et janvier 2015
MERN (Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean), 2014
Gestion des titres miniers (Gestim), MERN Québec, 2015
Ministère des transport du Québec (MTQ), 2013
Ministère de la Culture et des Communications (MCC), 2013 et 2015
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2014
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2003
Société des établissements de plein air du Québec (SEPAQ), 2015
Fédération des clubs de motoneigistes du Québec (FCMQ), 2015
Fédération Québécoise des Clubs Quads (FCMQ), 2015
Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ), 2015
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
Gaz Métro, 2002
Industrie Canada, 2015

0 0,3 0,6 km
UTM, fuseau 19, NAD83

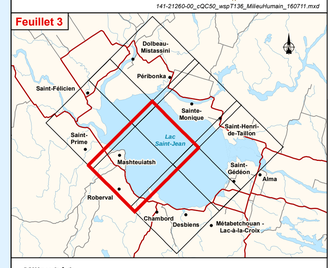
Carte QC-50
Feuillet 3 de 6

Mai 2016

WSP

141-21260-00_cQC50_wspT136_MilieuHumain_160711.mxd

Feuillet 3



Milieu bâti
- Bâtiment
- Périmètre d'urbanisation
- Projets de développement domiciliaire

Milieu ilnu
- Innu Assi (EdPOG)*
- Innu Assi (proposition d'agrandissement)
- Site de transmission culturelle ilnu
- Site historique Ilnu

Villégiature, loisirs et tourisme
- Zone de villégiature
- Bail de villégiature sur terres publiques
- Projet de développement de la villégiature
- Projet de développement récréotouristique
- Aire de camping (voir liste ci-dessous)
- Marina, quai ou débarcadère (voir liste ci-dessous)
- Plage (voir liste ci-dessous)
- Musée ou centre d'interprétation
- Terrain de golf
- Autre site récréotouristique
- Refuge, relais ou abri
- Tour, plateforme ou passerelle d'observation
- Aire de pique-nique
- Halte routière
- Halte cycliste
- Piste cyclable (Route verte, Véloroute des Bleuets)
- Réseau cyclable d'Alma
- Piste cyclable (Parc national de la Pointe Taillon)
- Sentier de motoneige Trans-Québec
- Sentier de motoneige régional ou local
- Sentier de motoquad Trans-Québec
- Sentier de motoquad régional ou local
- Sentier récréatif non motorisé
- Parcours canotable
- Parc municipal
- Site historique de Val-Jalbert
- Aire faunique communautaire du lac Saint-Jean

Patrimoine et archéologie
- Site ou bâtiment d'intérêt patrimonial
- Site archéologique connu

Aires d'extraction
- Banc d'emprunt
- Carrière
- Claim minier actif
- Demande de titre minier
- Concession minière

Activités agricoles
- Grande culture, culture spécialisée ou pâturage
- Bleuetière
- Pomme de terre
- Friche
- Territoire agricole protégé (CPTAQ)

Activités forestières
- Forêt d'enseignement et de recherche

Végétation
- Espace boisé

Aires protégées
- Parc national de la Pointe-Taillon
- Parc national de la Pointe-Taillon (projet d'agrandissement)
- Écosystème forestier exceptionnel

Infrastructures
- Route nationale ou régionale
- Autre route ou chemin
- Voie ferrée
- Gazoduc
- Poste de transport (RTA - Énergie électrique)
- Poste de transport (autre propriétaire)
- Ligne de transport (RTA - Énergie électrique)
- Ligne de transport (autre propriétaire)
- Centrale hydroélectrique (RTA - Énergie électrique)
- Centrale hydroélectrique (autre propriétaire)
- Centrale de cogénération
- Barrage/digue
- Passe migratoire
- Station hydrométrique
- Tour de télécommunications
- Prise d'eau potable
- Point de rejet des eaux usées
- Étang d'épuration des eaux usées
- Hydrobase

Limites
- Municipalité régionale de comté (MRC)
- Municipalité
- Territoire public intramunicipal

Composante du projet
- Zone d'étude restreinte

* EdPOG : Entente de principe d'ordre général

Aires de camping

1 : Camping Vauvert
2 : Camping l'Amicale
3 : Camping Robertson
4 : Camping de la Pointe Enr.
5 : Camping du parc régional de Val-Jalbert
6 : Camping Chambord
7 : Camping plage Blanchet
8 : Camping Villa des Sables
9 : Camping L'Évasion
10 : Camping de la Colonie Notre-Dame
11 : Camping Belley
12 : Camping de la marina de Saint-Henri-de-Taillon
13 : Centre touristique Ste-Monique
14 : Camping du resto-bar de la marina de Saint-Coeur-de-Marie
15 : Camping du Centre de villégiature Dam-en-Terre
16 : Camping municipal de Péribonka
17 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Le Prospecteur)
18 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Migrateurs)
19 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Castors)
20 : Camping de la plage St-Jude
21 : Camping de la plage St-Joseph
22 : Camping municipal d'Hébertville-Station
23 : Camping de l'Écureuil
24 : Camping municipal de St-Gédéon
25 : Camping plage Soleil Couchant
26 : Glamping parc rivière Métabetchouane
27 : Camping St-Prime
28 : Camping Bellevue Sud
29 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Île Bouliane)
30 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Pointe-Chevrette)
31 : Camping Desmeules
32 : Camping du club Alcan
33 : Club Colonie Richelieu
34 : Club Dynamo
35 : Auberge Île du repos
36 : Centre plein air Les Amicaux
37 : Club La Détente
38 : Club de la Direction d'Alcan
39 : Camping Val-Jalbert
40 : Camping des Îles
41 : Club Eau-Bois

Marinas, quais ou débarcadères

1 : Centre de villégiature Dam-en-Terre
2 : Marina Saint-Coeur-de-Marie
3 : Marina municipale de Saint-Henri-de-Taillon
4 : Marina de Péribonka
5 : Débarcadère du bôme de Saint-Méthode
6 : Débarcadère de la rivière Ticouapé
7 : Marina Bellevue de Saint-Félicien
8 : Marina municipale de St-Prime
9 : Marina de Roberval
10 : Marina municipale de Chambord
11 : Quai municipal de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
12 : Club nautique Belle-Rivière
13 : Quai du rang des Îles
14 : Marina municipale de Dolbeau-Mistassini
15 : Débarcadère Centre touristique Vauvert
16 : Quai municipal de Sainte-Monique
17 : Quai de la baie Moïse
18 : Marina du Club de voile des Îles
19 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane
20 : Débarcadère de la rivière Ouiatchouan
21 : Débarcadère du carrefour d'accueil Ilnu
22 : Quai municipal de Saint-Félicien
23 : Quai de Roberval
24 : Débarcadère de Saint-Coeur-de-Marie
25 : Débarcadère de Péribonka
26 : Marina du camping L'Évasion
27 : Débarcadère Belle-Rivière
28 : Marina du camping Val-Jalbert
29 : Débarcadère du camping de la Pointe
30 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane

Plages

1 : Plage Vauvert
2 : Plage municipale de Saint-Prime
3 : Plage de la Pointe-Scott
4 : Plage Blanchet
5 : Plage Belley
6 : Plage du parc national de la Pointe-Taillon
7 : Plage du Complexe touristique Dam-en-Terre
8 : Plage du Camping Colonie Notre-Dame
9 : Plage St-Joseph
10 : Plage St-Jude
11 : Plage d'Hébertville-Station
12 : Plage municipale de St-Gédéon
13 : Plage du Banc de Sable
14 : Plage Le Rigolet
15 : Plage Robertson
16 : Plage municipale de Chambord
17 : Plage Wilson
18 : Plage Les Amicaux
19 : Plage Saint-Pierre
20 : Plage Kennedy

RioTintoAlcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement
Réponses aux questions du MDDELCC (1re série)

Milieu humain
Occupation et utilisation du territoire

Sources : Canvec 1 : 50 000, RNCan, 2010
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF, 2007
MRC de Maria-Chapdelaine, 2015
MRC de Lac-Saint-Jean-Est, 2015
MRC du Domaine-du-Roy, 2015
Groupe Conseil Nutshimit-Nipimpur, 2015
Pekuakamiulnatsh Takuhikan, 2015
Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), janvier 2014 et janvier 2015
MERN (Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean), 2014
Gestion des titres miniers (Gestim), MERN Québec, 2015
Ministère des transport du Québec (MTQ), 2013
Ministère de la Culture et des Communications (MCC), 2013 et 2015
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2014
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2003
Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), 2015
Fédération des clubs de motoneigistes du Québec (FCMQ), 2015
Fédération Québécoise des Clubs Quads (FCMQ), 2015
Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ), 2015
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
Gaz Métro, 2002
Industrie Canada, 2015

0 0,3 0,6 km
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte QC-50
Feuillet 4 de 6

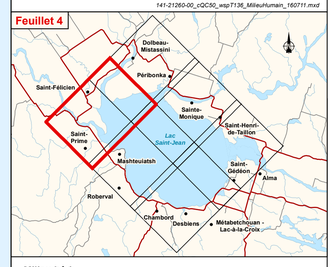
Mai 2016

Nutshimit-Nipimpur

WSP

141-21260-00_cQC50_wspT136_MilieuHumain_160711.mxd

Feuillet 4



Milieu bâti
- Bâtiment
- Périmètre d'urbanisation
- Projets de développement domiciliaire

Milieu ilnu
- Innu Assi (EdPOG)*
- Innu Assi (proposition d'agrandissement)
- Site de transmission culturelle ilnu
- Site historique Ilnu

Villégiature, loisirs et tourisme
- Zone de villégiature
- Bail de villégiature sur terres publiques
- Projet de développement de la villégiature
- Projet de développement récréotouristique
- Aire de camping (voir liste ci-dessous)
- Marina, quai ou débarcadère (voir liste ci-dessous)
- Plage (voir liste ci-dessous)
- Musée ou centre d'interprétation
- Terrain de golf
- Autre site récréotouristique
- Refuge, relais ou abri
- Tour, plateforme ou passerelle d'observation
- Aire de pique-nique
- Halte routière
- Halte cycliste
- Piste cyclable (Route verte, Véloroute des Bleuets)
- Réseau cyclable d'Alma
- Piste cyclable (Parc national de la Pointe Taillon)
- Sentier de motoneige Trans-Québec
- Sentier de motoneige régional ou local
- Sentier de motoquad Trans-Québec
- Sentier de motoquad régional ou local
- Sentier récréatif non motorisé
- Parcours canotable
- Parc municipal
- Site historique de Val-Jalbert
- Aire faunique communautaire du lac Saint-Jean

Patrimoine et archéologie
- Site ou bâtiment d'intérêt patrimonial
- Site archéologique connu

Aires d'extraction
- Banc d'emprunt
- Carrière
- Claim minier actif
- Demande de titre minier
- Concession minière

Activités agricoles
- Grande culture, culture spécialisée ou pâturage
- Bleuetière
- Pomme de terre
- Friche
- Territoire agricole protégé (CPTAQ)

Activités forestières
- Forêt d'enseignement et de recherche

Végétation
- Espace boisé

Aires protégées
- Parc national de la Pointe-Taillon
- Parc national de la Pointe-Taillon (projet d'agrandissement)
- Écosystème forestier exceptionnel

Infrastructures
- Route nationale ou régionale
- Autre route ou chemin
- Voie ferrée
- Gazoduc
- Poste de transport (RTA - Énergie électrique)
- Poste de transport (autre propriétaire)
- Ligne de transport (RTA - Énergie électrique)
- Ligne de transport (autre propriétaire)
- Centrale hydroélectrique (RTA - Énergie électrique)
- Centrale hydroélectrique (autre propriétaire)
- Centrale de cogénération
- Barrage/digue
- Passe migratoire
- Station hydrométrique
- Tour de télécommunications
- Prise d'eau potable
- Point de rejet des eaux usées
- Étang d'épuration des eaux usées
- Hydrobase

Limites
- Municipalité régionale de comté (MRC)
- Municipalité
- Territoire public intramunicipal

Composante du projet
- Zone d'étude restreinte

* EdPOG : Entente de principe d'ordre général

Aires de camping
1 : Camping Vauvert
2 : Camping l'Amicale
3 : Camping Robertson
4 : Camping de la Pointe Enr.
5 : Camping du parc régional de Val-Jalbert
6 : Camping Chambord
7 : Camping plage Blanchet
8 : Camping Villa des Sables
9 : Camping L'Évasion
10 : Camping de la Colonie Notre-Dame
11 : Camping Belley
12 : Camping de la marina de Saint-Henri-de-Taillon
13 : Centre touristique Ste-Monique
14 : Camping du resto-bar de la marina de Saint-Coeur-de-Marie
15 : Camping du Centre de villégiature Dam-en-Terre
16 : Camping municipal de Péribonka
17 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Le Prospecteur)
18 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Migrateurs)
19 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Castors)
20 : Camping de la plage St-Jude
21 : Camping de la plage St-Joseph
22 : Camping municipal d'Hébertville-Station
23 : Camping de l'Écureuil
24 : Camping municipal de St-Gédéon
25 : Camping plage Soleil Couchant
26 : Glamping parc rivière Métabetchouane
27 : Camping St-Prime
28 : Camping Bellevue Sud
29 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Île Bouliane)
30 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Pointe-Chevrette)
31 : Camping Desmeules
32 : Camping du club Alcan
33 : Club Colonie Richelieu
34 : Club Dynamo
35 : Auberge Île du repos
36 : Centre plein air Les Amicaux
37 : Club La Détente
38 : Club de la Direction d'Alcan
39 : Camping Val-Jalbert
40 : Camping des Îles
41 : Club Eau-Bois

Marinas, quais ou débarcadères
1 : Centre de villégiature Dam-en-Terre
2 : Marina Saint-Coeur-de-Marie
3 : Marina municipale de Saint-Henri-de-Taillon
4 : Marina de Péribonka
5 : Débarcadère du bôme de Saint-Méthode
6 : Débarcadère de la rivière Ticouapé
7 : Marina Bellevue de Saint-Félicien
8 : Marina municipale de St-Prime
9 : Marina de Roberval
10 : Marina municipale de Chambord
11 : Quai municipal de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
12 : Club nautique Belle-Rivière
13 : Quai du rang des Îles
14 : Marina municipale de Dolbeau-Mistassini
15 : Débarcadère Centre touristique Vauvert
16 : Quai municipal de Sainte-Monique
17 : Quai de la baie Moïse
18 : Marina du Club de voile des Îles
19 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane
20 : Débarcadère de la rivière Ouiatchouan
21 : Débarcadère du carrefour d'accueil Ilnu
22 : Quai municipal de Saint-Félicien
23 : Quai de Roberval
24 : Débarcadère de Saint-Coeur-de-Marie
25 : Débarcadère de Péribonka
26 : Marina du camping L'Évasion
27 : Débarcadère Belle-Rivière
28 : Marina du camping Val-Jalbert
29 : Débarcadère du camping de la Pointe
30 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane

Plages
1 : Plage Vauvert
2 : Plage municipale de Saint-Prime
3 : Plage de la Pointe-Scott
4 : Plage Blanchet
5 : Plage Belley
6 : Plage du parc national de la Pointe-Taillon
7 : Plage du Complexe touristique Dam-en-Terre
8 : Plage du Camping Colonie Notre-Dame
9 : Plage St-Joseph
10 : Plage St-Jude
11 : Plage d'Hébertville-Station
12 : Plage municipale de St-Gédéon
13 : Plage du Banc de Sable
14 : Plage Le Rigolet
15 : Plage Robertson
16 : Plage municipale de Chambord
17 : Plage Wilson
18 : Plage Les Amicaux
19 : Plage Saint-Pierre
20 : Plage Kennedy

Rio Tinto Alcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement
Réponses aux questions du MDDELCC (1re série)

Milieu humain
Occupation et utilisation du territoire

Sources : *Carivec 1 : 50 000, RNCan, 2010*
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF, 2007
MRC de Maria-Chapdelaine, 2015
MRC de Lac-Saint-Jean-Est, 2015
MRC du Domaine-du-Roy, 2015
Groupe-Conseil Nutshimit-Nippour, 2015
Pekuakamiulnuatsh Takuhikan, 2015
Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), janvier 2014 et janvier 2015
MERN (Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean), 2014
Gestion des titres miniers (Gestim), MERN Québec, 2015
Ministère des transport du Québec (MTQ), 2013
Ministère de la Culture et des Communications (MCC), 2013 et 2015
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2014
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2003
Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), 2015
Fédération des clubs de motoneigistes du Québec (FCMQ), 2015
Fédération Québécoise des Clubs Quads (FCMQ), 2015
Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ), 2015
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
Gaz Métro, 2002
Industrie Canada, 2015

0 0,3 0,6 km
UTM, fuseau 19, NAD83

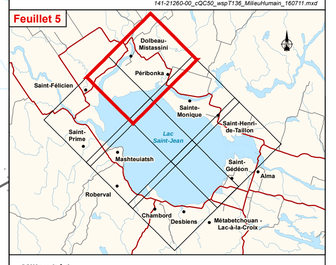
Carte QC-50
Feuillet 5 de 6

Mai 2016

WSP

141-21260-00_cQC50_wsp7136_MilieuHumain_160711.mxd

Feuillet 5



Milieu bâti
- Bâtiment
- Périmètre d'urbanisation
- Projets de développement domiciliaire

Milieu ilnu
- Innu Assi (EdPOG)*
- Innu Assi (proposition d'agrandissement)
- Site de transmission culturelle ilnu
- Site historique Ilnu

Villégiature, loisirs et tourisme
- Zone de villégiature
- Bail de villégiature sur terres publiques
- Projet de développement de la villégiature
- Projet de développement récréotouristique
- Aire de camping (voir liste ci-dessous)
- Marina, quai ou débarcadère (voir liste ci-dessous)
- Plage (voir liste ci-dessous)
- Musée ou centre d'interprétation
- Terrain de golf
- Autre site récréotouristique
- Refuge, relais ou abri
- Tour, plateforme ou passerelle d'observation
- Aire de pique-nique
- Halte routière
- Halte cycliste
- Piste cyclable (Route verte, Véloroute des Bleuets)
- Réseau cyclable d'Alma
- Piste cyclable (Parc national de la Pointe Taillon)
- Sentier de motoneige Trans-Québec
- Sentier de motoneige régional ou local
- Sentier de motoquad Trans-Québec
- Sentier de motoquad régional ou local
- Sentier récréatif non motorisé
- Parcours canotable
- Parc municipal
- Site historique de Val-Jalbert
- Aire faunique communautaire du lac Saint-Jean

Patrimoine et archéologie
- Site ou bâtiment d'intérêt patrimonial
- Site archéologique connu

Aires d'extraction
- Banc d'emprunt
- Carrière
- Claim minier actif
- Demande de titre minier
- Concession minière

Activités agricoles
- Grande culture, culture spécialisée ou pâturage
- Bleuetière
- Pomme de terre
- Friche
- Territoire agricole protégé (CPTAQ)

Activités forestières
- Forêt d'enseignement et de recherche

Végétation
- Espace boisé

Aires protégées
- Parc national de la Pointe-Taillon
- Parc national de la Pointe-Taillon (projet d'agrandissement)
- Écosystème forestier exceptionnel

Infrastructures
- Route nationale ou régionale
- Autre route ou chemin
- Voie ferrée
- Gazoduc
- Poste de transport (RTA - Énergie électrique)
- Poste de transport (autre propriétaire)
- Ligne de transport (RTA - Énergie électrique)
- Ligne de transport (autre propriétaire)
- Centrale hydroélectrique (RTA - Énergie électrique)
- Centrale hydroélectrique (autre propriétaire)
- Centrale de cogénération
- Barrage/digue
- Passe migratoire
- Station hydrométrique
- Tour de télécommunications
- Prise d'eau potable
- Point de rejet des eaux usées
- Étang d'épuration des eaux usées
- Hydrobase

Limites
- Municipalité régionale de comté (MRC)
- Municipalité
- Territoire public intramunicipal

Composante du projet
- Zone d'étude restreinte

* EdPOG : Entente de principe d'ordre général

Aires de camping
1 : Camping Vauvert
2 : Camping l'Amicale
3 : Camping Robertson
4 : Camping de la Pointe Enr.
5 : Camping du parc régional de Val-Jalbert
6 : Camping Chambord
7 : Camping plage Blanchet
8 : Camping Villa des Sables
9 : Camping L'Évasion
10 : Camping de la Colonie Notre-Dame
11 : Camping Belley
12 : Camping de la marina de Saint-Henri-de-Taillon
13 : Centre touristique Ste-Monique
14 : Camping du resto-bar de la marina de Saint-Coeur-de-Marie
15 : Camping du Centre de villégiature Dam-en-Terre
16 : Camping municipal de Péribonka
17 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Le Prospecteur)
18 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Migrateurs)
19 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Castors)
20 : Camping de la plage St-Jude
21 : Camping de la plage St-Joseph
22 : Camping municipal d'Hébertville-Station
23 : Camping de l'Écureuil
24 : Camping municipal de St-Gédéon
25 : Camping plage Soleil Couchant
26 : Glamping parc rivière Métabetchouane
27 : Camping St-Prime
28 : Camping Bellevue Sud
29 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Île Bouliane)
30 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Pointe-Chevrette)
31 : Camping Desmeules
32 : Camping du club Alcan
33 : Club Colonie Richelieu
34 : Club Dynamo
35 : Auberge Île du repos
36 : Centre plein air Les Amicaux
37 : Club La Détente
38 : Club de la Direction d'Alcan
39 : Camping Val-Jalbert
40 : Camping des Îles
41 : Club Eau-Bois

Marinas, quais ou débarcadères
1 : Centre de villégiature Dam-en-Terre
2 : Marina Saint-Coeur-de-Marie
3 : Marina municipale de Saint-Henri-de-Taillon
4 : Marina de Péribonka
5 : Débarcadère du bôme de Saint-Méthode
6 : Débarcadère de la rivière Ticouapé
7 : Marina Bellevue de Saint-Félicien
8 : Marina municipale de St-Prime
9 : Marina de Roberval
10 : Marina municipale de Chambord
11 : Quai municipal de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
12 : Club nautique Belle-Rivière
13 : Quai du rang des Îles
14 : Marina municipale de Dolbeau-Mistassini
15 : Débarcadère Centre touristique Vauvert
16 : Quai municipal de Sainte-Monique
17 : Quai de la baie Moïse
18 : Marina du Club de voile des Îles
19 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane
20 : Débarcadère de la rivière Ouiatchouan
21 : Débarcadère du carrefour d'accueil Ilnu
22 : Quai municipal de Saint-Félicien
23 : Quai de Roberval
24 : Débarcadère de Saint-Coeur-de-Marie
25 : Débarcadère de Péribonka
26 : Marina du camping L'Évasion
27 : Débarcadère Belle-Rivière
28 : Marina du camping Val-Jalbert
29 : Débarcadère du camping de la Pointe
30 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane

Plages
1 : Plage Vauvert
2 : Plage municipale de Saint-Prime
3 : Plage de la Pointe-Scott
4 : Plage Blanchet
5 : Plage Belley
6 : Plage du parc national de la Pointe-Taillon
7 : Plage du Complexe touristique Dam-en-Terre
8 : Plage du Camping Colonie Notre-Dame
9 : Plage St-Joseph
10 : Plage St-Jude
11 : Plage d'Hébertville-Station
12 : Plage municipale de St-Gédéon
13 : Plage du Banc de Sable
14 : Plage Le Rigolet
15 : Plage Robertson
16 : Plage municipale de Chambord
17 : Plage Wilson
18 : Plage Les Amicaux
19 : Plage Saint-Pierre
20 : Plage Kennedy

RioTinto Alcan

Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026
Étude d'impact sur l'environnement
Réponses aux questions du MDDELCC (1re série)

Milieu humain
Occupation et utilisation du territoire

Sources : *Carvec 1 : 50 000, RNCan, 2010*
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF, 2007
MRC de Maria-Chapdelaine, 2015
MRC de Lac-Saint-Jean-Est, 2015
MRC du Domaine-du-Roy, 2015
Groupe Conseil Nutshimit-Nippour, 2015
Pekuakamiulnuatsh Takuhikan, 2015
Ministère de l'Énergie et Ressources naturelles (MERN), janvier 2014 et janvier 2015
MERN (Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean), 2014
Gestion des titres miniers (Gestim), MERN Québec, 2015
Ministère des transport du Québec (MTQ), 2013
Ministère de la Culture et des Communications (MCC), 2013 et 2015
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), 2014
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2003
Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), 2015
Fédération des clubs de motoneigistes du Québec (FCMQ), 2015
Fédération Québécoise des Clubs Quads (FCMQ), 2015
Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ), 2015
Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
Gaz Métro, 2002
Industrie Canada, 2015

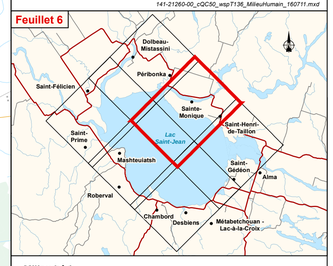
0 0,3 0,6 km
UTM, fuseau 19, NAD83

Carte QC-50
Feuillet 6 de 6

Mai 2016

141-21260-00_cQC50_wsp7136_MilieuHumain_160711.mxd

Feuillet 6



Milieu bâti
- Bâtiment
- Périmètre d'urbanisation
- Projets de développement domiciliaire

Milieu ilnu
- Innu Assi (EdPOG)*
- Innu Assi (proposition d'agrandissement)
- Site de transmission culturelle Ilnu
- Site historique Ilnu

Villégiature, loisirs et tourisme
- Zone de villégiature
- Bail de villégiature sur terres publiques
- Projet de développement de la villégiature
- Projet de développement récréotouristique
- Aire de camping (voir liste ci-dessous)
- Marina, quai ou débarcadère (voir liste ci-dessous)
- Plage (voir liste ci-dessous)
- Musée ou centre d'interprétation
- Terrain de golf
- Autre site récréotouristique
- Refuge, relais ou abri
- Tour, plateforme ou passerelle d'observation
- Aire de pique-nique
- Halte routière
- Halte cycliste
- Piste cyclable (Route verte, Véloroute des Bleuets)
- Réseau cyclable d'Alma
- Piste cyclable (Parc national de la Pointe Taillon)
- Sentier de motoneige Trans-Québec
- Sentier de motoneige régional ou local
- Sentier de motoquad Trans-Québec
- Sentier de motoquad régional ou local
- Sentier récréatif non motorisé
- Parcours canotable
- Parc municipal
- Site historique de Val-Jalbert
- Aire faunique communautaire du lac Saint-Jean

Patrimoine et archéologie
- Site ou bâtiment d'intérêt patrimonial
- Site archéologique connu

Aires d'extraction
- Banc d'emprunt
- Carrière
- Claim minier actif
- Demande de titre minier
- Concession minière

Activités agricoles
- Grande culture, culture spécialisée ou pâturage
- Bleuetière
- Pomme de terre
- Friche
- Territoire agricole protégé (CPTAQ)

Activités forestières
- Forêt d'enseignement et de recherche

Végétation
- Espace boisé

Aires protégées
- Parc national de la Pointe-Taillon
- Parc national de la Pointe-Taillon (projet d'agrandissement)
- Écosystème forestier exceptionnel

Infrastructures
- Route nationale ou régionale
- Autre route ou chemin
- Voie ferrée
- Gazoduc
- Poste de transport (RTA - Énergie électrique)
- Poste de transport (autre propriétaire)
- Ligne de transport (RTA - Énergie électrique)
- Ligne de transport (autre propriétaire)
- Centrale hydroélectrique (RTA - Énergie électrique)
- Centrale hydroélectrique (autre propriétaire)
- Centrale de cogénération
- Barrage/digue
- Passe migratoire
- Station hydrométrique
- Tour de télécommunications
- Prise d'eau potable
- Point de rejet des eaux usées
- Étang d'épuration des eaux usées
- Hydrobase

Limites
- Municipalité régionale de comté (MRC)
- Municipalité
- Territoire public intramunicipal

Composante du projet
- Zone d'étude restreinte

* EdPOG : Entente de principe d'ordre général

Aires de camping
1 : Camping Vauvert
2 : Camping l'Amicale
3 : Camping Robertson
4 : Camping de la Pointe Enr.
5 : Camping du parc régional de Val-Jalbert
6 : Camping Chambord
7 : Camping plage Blanchet
8 : Camping Villa des Sables
9 : Camping L'Évasion
10 : Camping de la Colonie Notre-Dame
11 : Camping Belley
12 : Camping de la marina de Saint-Henri-de-Taillon
13 : Centre touristique Ste-Monique
14 : Camping du resto-bar de la marina de Saint-Coeur-de-Marie
15 : Camping du Centre de villégiature Dam-en-Terre
16 : Camping municipal de Péribonka
17 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Le Prospecteur)
18 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Migrateurs)
19 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Les Castors)
20 : Camping de la plage St-Jude
21 : Camping de la plage St-Joseph
22 : Camping municipal d'Hébertville-Station
23 : Camping de l'Écureuil
24 : Camping municipal de St-Gédéon
25 : Camping plage Soleil Couchant
26 : Glamping parc rivière Métabetchouane
27 : Camping St-Prime
28 : Camping Bellevue Sud
29 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Île Bouliane)
30 : Camping du parc national de la Pointe-Taillon (Pointe-Chevrette)
31 : Camping Desmeules
32 : Camping du club Alcan
33 : Club Colonie Richelieu
34 : Club Dynamo
35 : Auberge Île du repos
36 : Centre plein air Les Amicaux
37 : Club La Détente
38 : Club de la Direction d'Alcan
39 : Camping Val-Jalbert
40 : Camping des Îles
41 : Club Eau-Bois

Marinas, quais ou débarcadères
1 : Centre de villégiature Dam-en-Terre
2 : Marina Saint-Coeur-de-Marie
3 : Marina municipale de Saint-Henri-de-Taillon
4 : Marina de Péribonka
5 : Débarcadère du bôme de Saint-Méthode
6 : Débarcadère de la rivière Ticouapé
7 : Marina Bellevue de Saint-Félicien
8 : Marina municipale de St-Prime
9 : Marina de Roberval
10 : Marina municipale de Chambord
11 : Quai municipal de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix
12 : Club nautique Belle-Rivière
13 : Quai du rang des Îles
14 : Marina municipale de Dolbeau-Mistassini
15 : Débarcadère Centre touristique Vauvert
16 : Quai municipal de Sainte-Monique
17 : Quai de la baie Moïse
18 : Marina du Club de voile des Îles
19 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane
20 : Débarcadère de la rivière Ouiatchouan
21 : Débarcadère du carrefour d'accueil Ilnu
22 : Quai municipal de Saint-Félicien
23 : Quai de Roberval
24 : Débarcadère de Saint-Coeur-de-Marie
25 : Débarcadère de Péribonka
26 : Marina du camping L'Évasion
27 : Débarcadère Belle-Rivière
28 : Marina du camping Val-Jalbert
29 : Débarcadère du camping de la Pointe
30 : Débarcadère de la rivière Métabetchouane

Plages
1 : Plage Vauvert
2 : Plage municipale de Saint-Prime
3 : Plage de la Pointe-Scott
4 : Plage Blanchet
5 : Plage Belley
6 : Plage du parc national de la Pointe-Taillon
7 : Plage du Complexe touristique Dam-en-Terre
8 : Plage du Camping Colonie Notre-Dame
9 : Plage St-Joseph
10 : Plage St-Jude
11 : Plage d'Hébertville-Station
12 : Plage municipale de St-Gédéon
13 : Plage du Banc de Sable
14 : Plage Le Rigolet
15 : Plage Robertson
16 : Plage municipale de Chambord
17 : Plage Wilson
18 : Plage Les Amicaux
19 : Plage Saint-Pierre
20 : Plage Kennedy