Environnement

Plan d'action 2021-2027 pour la restauration du lac Roxton et de son bassin versant

Présenté au Comité environnement du lac Roxton et à la municipalité de Roxton Pond



3 décembre 2021

Table des matières

1 Mise en contexte 1
2 Approche méthodologique utilisée 3
2.1 Revue des données existantes et production de la section sur l'état de santé des écosystèmes du lac et de son bassin versant 3
2.2 Recherche des actions de restauration passées et en cours 3
2.3 État des connaissances et recherche des pistes d'action à entreprendre pour restaurer la santé du lac 3
2.4 Organisation de l'atelier de travail avec le CELR et la Municipalité 3
2.5 Production du plan d'action 5
3 État de santé des écosystèmes du lac et de son bassin versant 7
3.1 Particularités du lac 7
3.2 Niveau trophique 7
3.3 Herbiers aquatiques et myriophylle 7
3.4 Qualité de l'eau 8
3.5 Qualité des sédiments 10
3.6 Qualité des rives du lac 10
3.7 Utilisation du sol dans le bassin versant du lac 11
3.8 Impact des oies blanches sur la qualité de l'eau du lac 17
3.9 Bilan de masse et synthèse des résultats 17
4 Actions passées et en cours pour restaurer la santé du lac 21
4.1 Mise en place du réseau d'égout 21
4.2 Collecte de données physico-chimiques par le CELR 21
4.3 Réalisation de l'étude de faisabilité pour la restauration *In Situ* du lac 21
4.4 Retrait des plaques flottantes de sédiment 21
4.5 Effarouchage des oies blanches 22
4.6 Traitement aux bactéries et aux enzymes 22
5 Étude des autres actions possibles pour restaurer la santé du lac 23
5.1 Gestion des espèces floristiques aquatiques envahissantes 23
5.2 Restauration interne (*In situ)* 24
5.3 Circulation de l'eau 25
5.4 Utilisation d'ultrason pour contrôler la prolifération des cyanobactéries 26
5.5 Pompage des boues flottant à la surface de certaines baies du lac 26

5.6 Restauration de la qualité des rives 26
5.7 Contrôle des sources de phosphore en provenance du bassin versant du lac 27
5.8 Sensibilisation des citoyens 27
5.9 Gouvernance de l'eau 28
6 Plan d'action 31
6.1 Sommaire des discussions en atelier 31
6.2 Cadre logique 32
6.3 Actions 39
7 Références 48

Liste des figures

Figure 1 Matrice de l'analyse des coûts-bénéfices 4
Figure 2 Taux d'exportation de phosphore à l'intérieur du bassin versant 13
Figure 3 Occupation du sol dans le bassin versant du lac Roxton 15
Figure 4 Analyse des coûts et bénéfices réalisée lors de l'atelier 32

Liste des tableaux

Tableau 1 Participants à l'atelier de travail et leur fonction 4
Tableau 2 Définition des classes de coûts et de bénéfices 5
Tableau 3 Moyennes annuelles de la qualité de l'eau du lac Roxton de 2004 à 2020 10
Tableau 4 Bilan de masse théorique* 18
Tableau 5 Bilan de masse observé sur une année 19
Tableau 6 Sommaire des différentes utilisations de l'apport en PT 19
Tableau 7 Cadre logique 35
Tableau 8 Échéancier des actions 37

Équipe de réalisation T^2 Environnement

Hugo Thibaudeau Robitaille, biologiste, M.Sc.Env.	Chargé de projet, coordination et rédaction du plan d'action, communications avec le CELR et la Municipalité
Annie Trudeau, biologiste junior	Revue de littérature et rédaction
Lauralie Béliveau, stagiaire en biologie	Revue de littérature et rédaction
Daniel Tarte, biologiste	Révision et contrôle qualité
Robert Lebrun, technicien de la faune et géomaticien	Géomatique, cartographie

Consultant externe (RAPPEL)

Jean-François Martel, biologiste, M.Sc	Gestion des espèces floristiques aquatiques envahissantes, révision du document

Ce rapport a été formaté pour une impression recto verso.

À propos de T^2 Environnement : Fondée par deux biologistes passionnés cumulant plus de 50 ans d'expérience, T^2 Environnement offre à ses clients des services pour caractériser, cartographier et restaurer les écosystèmes terrestres et aquatiques. Nous réalisons également des évaluations environnementales, des études sectorielles et des demandes d'autorisations pour vous aider à développer vos projets. Nos efforts en recherche et développement génèrent des solutions innovantes pour protéger la nature et aider nos clients à se développer dans le respect de l'environnement. Notre travail est rigoureux et professionnel et nos équipes pluridisciplinaires évoluent avec la souplesse nécessaire pour répondre aux défis inhérents aux projets qui nous sont confiés.

La citation appropriée pour ce document est :

T^2, Environnement, 2021. Plan d'action 2021-2027 pour la réhabilitation du Lac Roxton. Plan d'action remis au Comité environnement du Lac Roxton et à la municipalité de Roxton Pond. 49 pages.

1 MISE EN CONTEXTE

Ce plan d'action dresse les assises nécessaires à une restauration durable de la qualité de l'eau et des écosystèmes du lac Roxton. Il tient compte des particularités biologiques et physiques du lac et de son bassin versant de même que de l'utilisation du territoire. Plusieurs échanges et un atelier ont également eu lieu avec la municipalité de Roxton Pond (la Municipalité) et le Comité environnement du lac Roxton (CELR) afin que le contenu du plan d'action reflète le mieux possible les réalités locales et les besoins des citoyens.

D'entrée de jeu, il est essentiel de préciser qu'un coup de barre important doit être donné pour retrouver une bonne qualité de l'eau et certains usages perdus du lac. Sa mauvaise qualité de l'eau empêche en effet des usages tels que la baignade, et la circulation facile des embarcations. Plusieurs indicateurs de la qualité de l'eau et des écosystèmes sont également au rouge et le lac est considéré hypereutrophe[1]. Il est aussi impossible d'ignorer les nombreuses pressions exercées sur le au lac et à son bassin versant, tant urbaines qu'agricoles. Le lac est finalement peu profond et ses sédiments chargés de phosphore. Dans ce contexte, il n'est donc pas réaliste de s'attendre à restaurer le lac au point d'obtenir une eau cristalline et un faible taux de phosphore caractéristiques des lacs peu perturbés du Bouclier canadien. Il est cependant réaliste de renverser la tendance actuelle, d'améliorer la qualité de l'eau et de redonner plusieurs usages aux citoyens.

Ce plan d'action présente la méthodologie utilisée (Section 2), brosse le portrait des réalités du lac et de son bassin versant (Section 3), présente les actions passées et actuelles prises pour restaurer la santé du lac (Section 4) de même que celles qui pourraient être mises en place dans le futur (Section 5). Il présente finalement un plan structuré (Section 6) qui devra être suivi afin de marquer des gains à long terme. À lui seul, il n'est que contenu, objectifs et structure. Le plan d'action devra donc être mis en œuvre par les citoyens, les usagers et les instances pour devenir réalité. Efforts soutenus, lucidité, pragmatisme, efficience et patience sont les mots d'ordre à suivre afin d'arriver à une restauration durable de votre lac.

[1]Un lac hypereutrophe est un lac avec beaucoup de nutriments, ce qui provoque une augmentation de la production de plantes aquatiques et d'algues. La grande quantité de plantes entraîne une diminution de la quantité d'oxygène disponible, une accumulation de sédiments et matière organique au fond du lac et un remplacement des espèces (végétales et animales) pour des espèces mieux adaptées.

2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE UTILISÉE

Cette section présente les approches méthodologiques utilisées pour produire un plan d'action répondant aux exigences du CELR et de la Municipalité.

2.1 REVUE DES DONNÉES EXISTANTES ET PRODUCTION DE LA SECTION SUR L'ÉTAT DE SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES DU LAC ET DE SON BASSIN VERSANT

Les données suivantes ont été revues et synthétisées :

- Rapports d'analyse de la qualité de l'eau du CELR;
- Étude de restauration trophique du lac Roxton (T^2 Environnement, 2018);
- Rapport annexe à la demande de certificat d'autorisation : retrait des plaques flottantes de sédiments du lac Roxton (T^2 Environnement, 2019);
- Caractérisation des herbiers et autres données générées par le RAPPEL pour caractériser la problématique d'infestation par des espèces floristiques aquatiques envahissantes (EFAE);
- Outil de prévision des exportations diffuses de sédiments, d'azote et de phosphore généré par l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) et la MRC de la Haute-Yamaska (IRDA, 2018);
- Utilisation du territoire (MELCC, 2021).

2.2 RECHERCHE DES ACTIONS DE RESTAURATION PASSÉES ET EN COURS

Les actions de restauration passées et en cours ont été recensées par l'analyse des données disponibles auprès de la Municipalité et par l'implication des parties prenantes (CELR, Municipalité de Roxton Pond, T2, MRC de la Haute-Yamaska). Ces dernières sont présentées à l'intérieur de ce plan d'action à la Section 4. Chaque mesure est décrite et son degré d'efficacité évalué.

2.3 ÉTAT DES CONNAISSANCES ET RECHERCHE DES PISTES D'ACTION À ENTREPRENDRE POUR RESTAURER LA SANTÉ DU LAC

Différentes options de restauration *in* situ ont été présentées dans l'étude de restauration trophique réalisée par T^2 Environnement (2018). Ces options ont été évaluées à l'aide d'une analyse multicritère évaluant les avantages et les limites de chacune et sont brièvement présentés dans ce plan d'action. Plusieurs actions visant la réduction à la source du phosphore à l'intérieur du bassin versant ont également été étudiées et sont évaluées dans ce document. L'efficacité de certaines actions transitoires qui pourraient être mises en œuvre à court terme pour redonner certains usages aux citoyens a également été évaluée.

2.4 ORGANISATION DE L'ATELIER DE TRAVAIL AVEC LE CELR ET LA MUNICIPALITÉ

L'atelier de travail avec le CELR et la Municipalité a eu lieu le matin du lundi 13 septembre 2021, pour une durée de 5h. La liste des participants est présentée au Tableau 1.

Tableau 1 Participants à l'atelier de travail et leur fonction

Nom du participant	Fonction du participant
Pierre Fontaine	Maire de la Municipalité de Roxton Pond
François Giasson	Directeur général de la Municipalité de Roxton Pond
Pascal Lamontagne	Conseiller municipal de la Municipalité de Roxton Pond
Alain Duhamel	Co-président du CELR
Simon Turcotte	Co-président du CELR
Caroline Bisson	Responsable du suivi de la qualité de l'eau du lac Roxton et membre du CELR
Sylvain Germain	Membre du CELR
Daniel Renaud	Membre du CELR
Serge Lessard	Membre du CELR
France Duhamel	Membre du CELR
Hugo Thibaudeau Robitaille	Biologiste, associé chez T^2 Environnement
Lauralie Béliveau	Stagiaire chez T^2 Environnement

Les participants à l'atelier ont été sélectionnés pour leur connaissance du lac Roxton et de son bassin versant, pour leur implication dans les actions de restauration passées et présentes, de même que pour leur compréhension des enjeux liés à la mise en œuvre des actions qui découleront du présent plan d'action.

L'atelier a débuté par la présentation de l'état de santé des écosystèmes du lac Roxton et de son bassin versant, puis un rappel a été fait des actions qui ont été entreprises par le passé et celles en cours afin de restaurer la santé du lac. Les objectifs de restauration ont été discutés et définis par les participants afin de guider le choix des actions à entreprendre dans le plan d'action.

La priorisation des actions a été réalisée avec les participants sous la forme d'une analyse coûts-bénéfices simplifiée où la matrice de la Figure 1 a été utilisée.

Actions à impacts positifs élevés et à faible coût	**Actions à impacts positifs élevés et à coûts élevés**
Actions à impacts positifs faibles et à faible coût	**Actions à impacts positifs faibles et à coûts élevés**

Figure 1 Matrice de l'analyse des coûts-bénéfices

Les participants ont évalué la pertinence de chacune des actions de restauration décrites dans la première partie de l'atelier en positionnant celles-ci à l'intérieur de la matrice en utilisant les critères présentés au Tableau 2.

Tableau 2 Définition des classes de coûts et de bénéfices

Classe de Coût	Résultats	Classe de Bénéfices	Résultats
1	Très faible : moins de 10 000$	1	Très faible : à court terme, impact minime sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques
2	Faible entre 10 000$ et 50 000	2	Faible : à court terme, impact perceptible sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques
3	Elevé : entre 50 000$ et 500 000$	3	Élevé : à court-moyen terme, impact significatif sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques
4	Très élevé : plus de 500 000$	4	Très élevé : à long terme, impact significatif sur la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques

À la suite de l'analyse coût-bénéfice de chacune des actions, les participants ont également été amenés à se poser les questions suivantes :

- Est-ce que le travail d'analyse réalisé est conforme à ce que vous observez sur le terrain?
- Quelles pourraient être les opportunités et les menaces (forces externes) qui pourraient favoriser ou au contraire freiner la mise en œuvre des actions?
- Quelles stratégies permettraient de maximiser le nombre d'actions dans la portion de la matrice dédiée aux « Actions à impacts positifs élevés et à faible coût »?
- Des moyens existent-ils de faire passer des « Actions à impacts positifs élevés et à coûts élevés » vers des « Actions à impacts positifs élevés et à faible coût »?
- Des moyens existent-ils de faire passer des « Actions à impacts positifs faibles et à faibles coûts » vers des « Actions à impacts positifs élevés et à faible coût »?
- Quels sont les meilleurs indicateurs qui permettraient de quantifier les impacts afin de s'assurer de maximiser notre retour sur l'investissement?

Le but de l'atelier n'était pas de complexifier inutilement la démarche, mais plutôt de mettre de l'avant des actions consensuelles qui généreront des impacts positifs importants sur la santé du lac tout en respectant la capacité financière des citoyens de la Municipalité.

Les résultats obtenus à l'atelier ont été intégrés au plan d'action.

2.5 PRODUCTION DU PLAN D'ACTION

Les informations générées lors de la production du portrait du lac et de son bassin versant, de la revue des actions de restauration passées, présentes et futures et de l'atelier avec les parties prenantes ont été synthétisées et intégrées dans un plan d'action utilisant un langage clair et accessible à tous les citoyens. Le plan d'action se veut un document privilégié que le

CELR et la Municipalité pourront utiliser pour communiquer leur vision et présenter de façon logique les actions devant être priorisées. Le document deviendra également un outil de vente pour la recherche de financement auprès des bailleurs de fonds.

Le plan d'action intègre les éléments suivants :

- Les objectifs visés pour mettre en œuvre le plan d'action.
- La présentation des actions et des activités nécessaires à la réalisation des actions.
- Dans certains cas, une estimation grossière des ressources budgétaires et humaines nécessaires.
- Des indicateurs de performance mesurables.
- Des moyens d'évaluer les indicateurs de performance.
- Les différentes étapes de mise en œuvre du plan d'action.

3 ÉTAT DE SANTÉ DES ÉCOSYSTÈMES DU LAC ET DE SON BASSIN VERSANT

De nombreuses données ont été récoltées sur l'état de santé du lac Roxton et de son bassin versant au cours des 15 dernières années. Cette section présente un bref résumé de ces résultats afin de fournir au lecteur les informations nécessaires à la compréhension des enjeux associés à la restauration du lac.

3.1 PARTICULARITÉS DU LAC

Le lac Roxton est-il un lac ou un gros étang? Dans les faits, il n'est ni l'un ni l'autre, mais plutôt un réservoir de 190 hectares (1,9 km^2) créé au début du siècle dernier lors de l'entrée en fonction de l'usine Stanley qui fabriquait des outils de travail du bois. Une large zone marécageuse avait alors été ennoyée sans, au préalable, avoir retiré la matière organique présente dans le premier mètre de sol. Cette matière organique forme aujourd'hui les plaques flottantes de sédiments devant être périodiquement retirées par la Municipalité. La topographie de la zone ennoyée était relativement plane, ce qui a créé un réservoir/lac peu profond (profondeur maximale de 6,2 m, moyenne de 3 m). Le lac est également situé en tête du bassin versant, c'est-à-dire qu'il est alimenté uniquement par de petits cours d'eau et non par une rivière comme c'est le cas pour le lac Boivin à Granby, par exemple. Même s'il s'agit d'un lac de tête, son taux de renouvellement (temps nécessaire pour que le volume d'eau du lac se renouvelle entièrement) de 7,5 mois est relativement rapide étant donné sa faible profondeur.

La faible profondeur du lac favorise en revanche la prolifération de plantes aquatiques et d'algues. Celles-ci ont en effet besoin de lumière pour croitre. Les plantes aquatiques se concentrent ainsi dans les premiers deux mètres de la colonne d'eau, là où la lumière est disponible. Les plantes aquatiques et les algues ont ainsi le loisir de proliférer à l'intérieur de la zone de profondeur 0-2 m qui est particulièrement importante pour le lac Roxton.

3.2 NIVEAU TROPHIQUE

L'eutrophisation représente le vieillissement naturel d'un lac ou d'un cours d'eau qui passe du stade oligotrophe (jeune) à eutrophe (vieux). Ce processus d'enrichissement s'effectue naturellement sur des milliers d'années. Cependant, celui-ci peut être accéléré par les activités humaines présentes dans le bassin versant d'un plan d'eau. Ces dernières augmentent les substances nutritives, telles que le phosphore et l'azote, qui causent le vieillissement prématuré du lac (Bisson, 2020).

Le lac Roxton est un des lacs hypereutrophes présents dans la région de l'Estrie. Ce stade de vieillissement représente un état d'eutrophisation très avancé. La transparence est faible et les concentrations d'éléments nutritifs sont très élevées, ce qui entraine la prolifération excessive d'algues et de végétaux aquatiques. La qualité de l'eau se voit également diminuée et est associée à une perte d'usages. Divers facteurs expliquent la dégradation de l'état de santé du lac Roxton; ces derniers sont présentés dans les sections suivantes.

3.3 HERBIERS AQUATIQUES ET MYRIOPHYLLE

À l'été 2021, l'équipe du Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs (RAPPEL) a réalisé un inventaire des plantes aquatiques présentes dans la zone littorale du lac Roxton (rapport en rédaction). Il est important de noter que la faible transparence de l'eau et la présence de fleurs d'eau de cyanobactéries au moment de

l'inventaire ont fortement limité la possibilité de dresser un inventaire exhaustif des plantes aquatiques. Ainsi, le littoral a été divisé en 60 zones homogènes, et une placette échantillon a été positionnée aléatoirement dans chacune de ces zones. Des plantes aquatiques ont été recensées dans 53 de ces placettes. Les plus fortes densités ont été observées dans les baies du secteur nord du lac, dans la baie au sud-ouest et à l'embouchure du ruisseau Robidoux. L'élodée du Canada, une espèce indigène, est de loin l'espèce la plus abondante au lac Roxton. Celle-ci était dominante dans 35 des 53 placettes où des plantes ont été observées, et présente dans 10 autres placettes.

Deux espèces floristiques exotiques envahissantes, le myriophylle à épis et le potamot crispé ont été identifiés lors des inventaires. Ces dernières sont rarement l'espèce dominante, soit dans 2 placettes pour le myriophylle à épis et dans 3 placettes pour le potamot crispé. Cependant, elles sont présentes dans 38 des 53 placettes, donc largement dispersées au sein du plan d'eau. Le myriophylle à épis est particulièrement abondant dans les secteurs nord et sud-ouest du lac.

Finalement, une plante susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable a été identifiée, soit le potamot de Vasey. Ce dernier est tout de même abondant au lac Roxton en étant dominant dans 3 placettes et présent dans 5 autres.

3.4 QUALITÉ DE L'EAU

Plusieurs paramètres ont été analysés au centre du lac et pour ses différents tributaires afin d'évaluer la qualité de son eau. Certains de ces résultats se trouvent au Tableau 3.

D'abord, le **phosphore total (PT)** a été évalué. Une faible concentration en PT peut limiter la croissance des plantes et des algues alors qu'une concentration trop élevée en PT favorise une croissance excessive et entraine l'eutrophisation d'un plan d'eau. Dans le lac Roxton, une légère diminution du PT peut être observée depuis 2017, mais la concentration est toujours trois fois plus élevée qu'en 2004 (Bisson, 2020).

Ensuite, l'**oxygène dissous** dans la colonne d'eau a été mesuré puisqu'il est un indicateur du métabolisme du lac. La décomposition de la matière organique au fond du lac réduit la quantité d'oxygène dissous nécessaire à la survie de la faune et de la flore. Ce manque d'oxygène favorise également la libération du phosphore en provenance des sédiments présents au fond du lac. Les relevés effectués au lac Roxton démontrent un manque d'oxygène dissous de juin à août (Tableau 3).

La **chlorophylle α** est un indicateur de la quantité d'algues microscopiques présentes à l'intérieur d'un plan d'eau. De plus, la transparence, mesurée à l'aide d'un disque de Secchi, est liée à ce paramètre puisqu'elle diminue avec l'augmentation de la quantité d'algues. Dès le premier résumé annuel effectué en 2004 par le CELR, les résultats de chlorophylle α indiquaient un classement trophique hypereutrophe, soit présentant une concentration moyenne au-dessus de 35 µg/l. En 2012, c'est au tour de la transparence de franchir la barre hypereutrophe, ce qui correspond à une transparence estivale moyenne inférieure à un mètre. Également, il est possible d'observer une diminution progressive de la transparence au cours de la saison estivale alors que la concentration en chlorophylle α augmente.

L'**indice COURD'O**, conçu par la Ville de Montréal, est une adaptation de l'indice de qualité bactériologique et physico-chimique (IQPB) du MELCC, permet de comparer les tributaires

entre eux à l'aide de différents paramètres tels que le phosphore total, les coliformes fécaux et les matières en suspension (MES). Cet indice est déclassant, ce qui signifie que le paramètre le plus faible détermine la valeur de l'indice. Les tributaires ont obtenu les résultats suivants : le ruisseau Robidoux obtient une cote mauvaise (D) en raison du PT, alors que les cours d'eau Gervais et Bigras obtiennent des cotes satisfaisantes (C) en raison des coliformes fécaux.

Les valeurs de la qualité de l'eau mesurée pour les tributaires du lac Roxton, soit le PT, les coliformes fécaux et les MES, s'étaient améliorées pour les cours d'eau Robidoux et Bigras au cours des dernières années. Cependant, ces concentrations ont augmenté pour tous les paramètres lors de l'échantillonnage de 2020.

Tableau 3 Moyennes annuelles de la qualité de l'eau du lac Roxton de 2004 à 2020

Année	Phosphore total (µg/l)	Chlorophylle (µg/l)	Secchi (m)	Carbone organique dissous (COD) (mg/l)
2004	30,7	39,5	1,3	9,0
2006	31,0	32,0	1,3	5,6
2007	28,5	21,1	2,3	4,8
2009	39,5	33,0	1,8	7,1
2010	44,9	25,7	1,7	6,6
2011	68,0	28,2	1,3	5,6
2012	56,6	s.d.**	0,9	s.d.
2013	93,0	s.d.	1,1	s.d.
2014	84,4	s.d.	0,8	s.d.
2015	138,4	44,3	0,6	8,6
2016	108,1	26,8	1,1	6,9
2017	156,4*	s.d.	0,6	s.d.
2018	83	31	1,2	8,5
2019	78	22	1	8,6
2020	83	30,1	s.d.	7,6

Période de croissance (juin à sept.), prof. de 0 à 1,5 m, toutes sources confondues
*Exclue de la moyenne, uniquement un échantillon en août disponible
**Sans données

3.5 QUALITÉ DES SÉDIMENTS

Le relargage du phosphore par les sédiments présents au fond du lac constitue une source interne importante de phosphore dans le lac Roxton. Deux groupes de sédiments sont présents: ceux majoritairement clastiques, ou à dominance minérale (stations n° 1, 2 et 4) et ceux majoritairement organiques (stations n° 3 et 5). Ce dernier groupe se concentre près des îlots flottants. (Figure 3, T^2 Environnement, 2018)

Les résultats du rapport de l'Institut Dr. Nowak montrent qu'en moyenne, environ 38 % du phosphore (P) des échantillons de sédiment du lac Roxton sont formés de fractions ayant un potentiel de biodisponibilité (Annexe XI, T^2 Environnement, 2018). En d'autres termes, il s'agit de la quantité de phosphore qui pourrait être facilement libérée des sédiments vers la colonne d'eau du lac en conditions naturelles. La température plus chaude de l'eau et le déficit en oxygène de juin à août favorisent le relargage du phosphore des sédiments.

3.6 QUALITÉ DES RIVES DU LAC

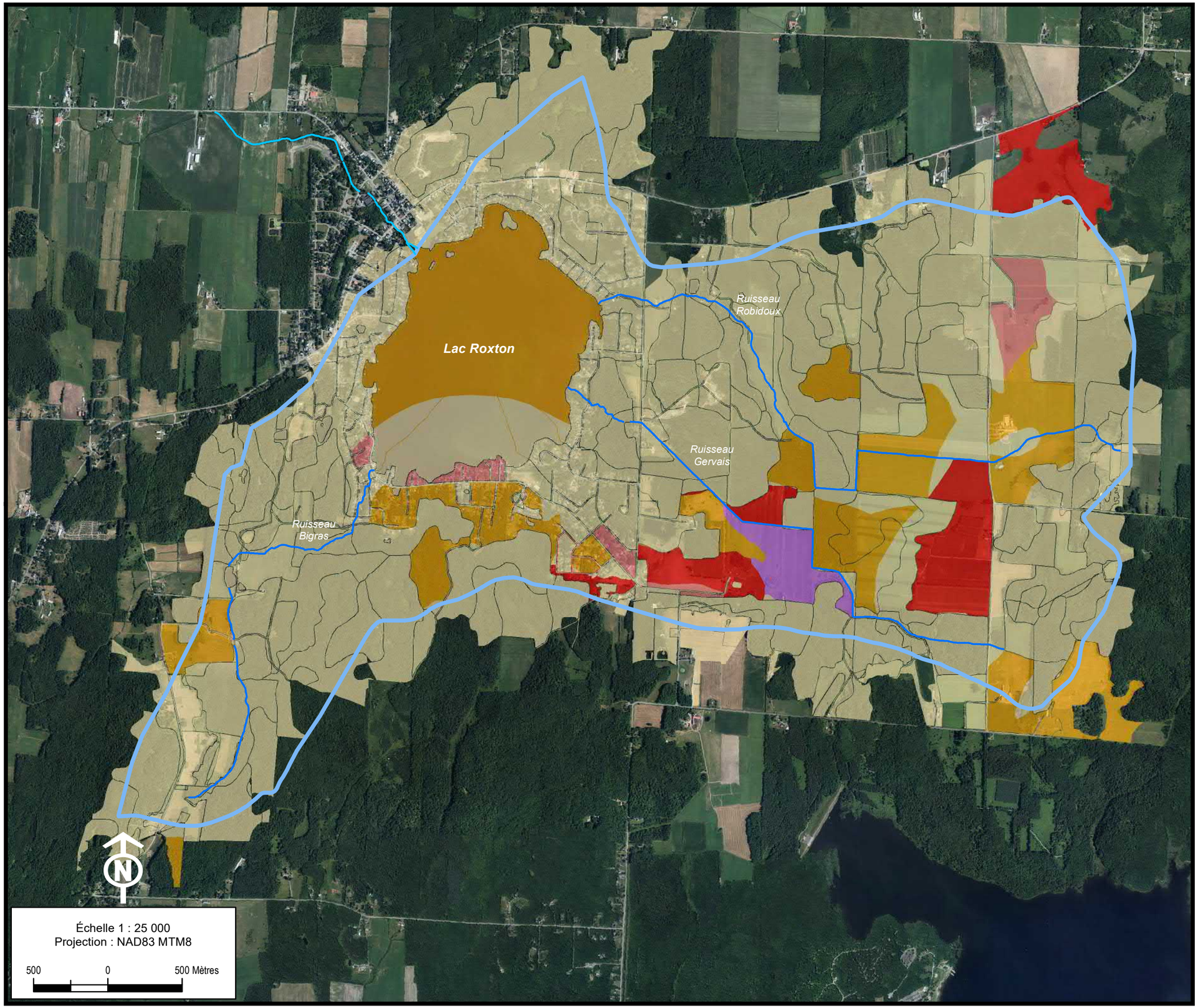
Les rives du lac Roxton sont en grande majorité de nature anthropique, soit adaptées pour la villégiature avec des maisons, des chalets, des descentes de bateaux, des routes et sont fortement gazonnées. Selon l'imagerie Google Earth (2021), environ 93 % des rives seraient anthropisées et 7 % seraient naturelles avec des aires boisées. Une minorité de citoyens maintient une bande riveraine naturelle de 10 m en y conservant une végétation dense constituée de plantes herbacées et d'arbustes. Cette tendance n'est toutefois pas systématique et devrait être valorisée par le CELR et la Municipalité. Le maintien d'une bande de protection riveraine naturelle permet en effet de capter une portion du phosphore et des matières en suspension avant qu'ils atteignent le lac.

3.7 UTILISATION DU SOL DANS LE BASSIN VERSANT DU LAC

Selon l'étude effectuée par T^2 Environnement (2018), différents apports externes de phosphore proviennent de l'utilisation du sol. Ce bilan théorique a déterminé différentes utilisations telles que les forêts, les aires déboisées (comprenant les milieux agricoles, les milieux urbains et les milieux ouverts), les milieux humides et l'eau (petits plans d'eau présents dans le bassin versant). Annuellement, ce sont les aires déboisées, soit les milieux agricoles et anthropiques, qui contribuent le plus au bilan des apports, à la hauteur de 301 kg de PT (T^2 Environnement, 2018).

Les sources diffuses de phosphore ont également été déterminées dans une étude de l'IRDA (2018). Ces sources proviennent de l'utilisation du sol dans le bassin versant. Cette utilisation du sol comprend autant les milieux agricoles (47 %) qu'anthropiques (13 %). Les milieux boisés (4 %), les milieux humides (25 %) et les zones d'eau profonde (11 %) présents à l'intérieur du bassin versant apportent également une certaine quantité de PT au lac.

Les résultats de cette étude, présentés aux Figures 2 et 3, montrent que les secteurs problématiques exportant le plus de phosphore. Ceux-ci sont de couleur rose, rouge et mauve (Figure 2). Il est également possible de constater que l'exportation de phosphore est corrélée à l'occupation du territoire. Effectivement, les secteurs les plus problématiques sont des milieux agricoles (Figure 3). De plus, les sols possédant des textures fines favorisent l'érosion et le transport de sols. Ceux-ci sont plus susceptibles d'exporter le phosphore et de générer de la sédimentation.



Légende

- Émissaire
- Tributaires principaux
- Bassin versant lac Roxton

Taux d'exportation de phosphore (kg/ha/an)

- 0 - 5
- 6 - 9
- 10 - 14
- 15 - 19
- 20 - 24



Sources :

Image : Gouvernement du Québec Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Carte localisation, topographie :

Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles

Bassin versant :

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

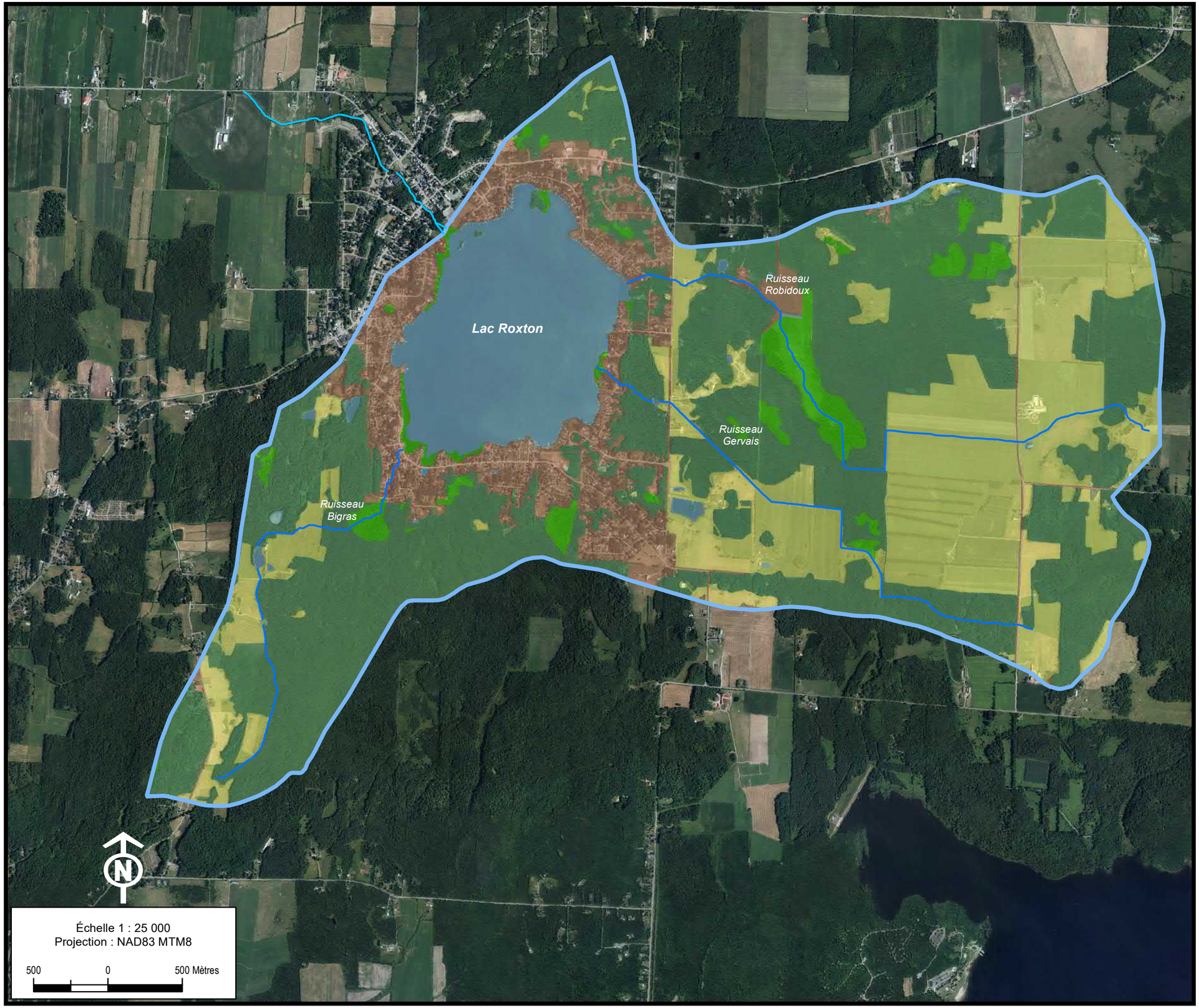
Taux d'exportation de phosphore : MRC de la Haute-Yamaska

Plan d'action 2021-2026 pour la réhabilitation du lac Roxton

Figure 2 : Taux d'exportation de phosphore à l'intérieur du bassin versant

T2 Environnement

Octobre 2021



Légende

- Émissaire
- Tributaires principaux
- Bassin versant lac Roxton

Occupation du sol

- Eau profonde
- Milieu agricole
- Milieu anthropique
- Milieu boisé
- Milieu humide



Sources :

Image : Gouvernement du Québec
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Carte localisation, topographie :

Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles

Bassin versant :

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques

Occupation du sol : MRC de la Haute-Yamaska

Plan d'action 2021-2026 pour la réhabilitation du lac Roxton

Figure 3. Occupation du sol dans le bassin versant du lac Roxton

T2 Environnement

Octobre 2021

3.8 IMPACT DES OIES BLANCHES SUR LA QUALITÉ DE L'EAU DU LAC

Le lac Roxton héberge chaque année une grande population d'oies blanches. Plusieurs études démontrent que ces oiseaux peuvent dégrader la qualité d'un plan d'eau en Amérique du Nord (Moore et coll., 1998, Fleming & Fraser, 2001, Unckless & Makarewicz, 2007). En effet, contrairement aux populations résidentes, ces oiseaux se nourrissent hors du plan d'eau, soit dans les champs cultivés, et n'y reviennent que pour se reposer. La défécation des oies dans le lac correspond donc à un apport externe net en nutriment important.

Une requête effectuée auprès de la base de données eBird permet d'estimer la population automnale d'oies à 100 000 individus. En moyenne, le lac Roxton hébergerait 12 500 individus, séjournant 12 heures par jour pour une durée de deux mois. Cette estimation est toutefois jugée conservatrice par plusieurs résidents du lac, certains ayant estimé à plus de 300 000 le nombre d'oies présentes en une seule journée (communication personnelle avec Alain Duhamel, président du CERL. Avec une contribution individuelle de 0,45 g de PT par jour (Post et coll. 1998), les oies blanches apportent chaque année environ 169 kg de PT au lac Roxton. Ceci représente environ 26 % du bilan de masse théorique pour l'ensemble du lac.

3.9 BILAN DE MASSE ET SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Les apports externes, qui représentent les charges de phosphore qui entrent au lac, ont été évalués à l'aide de deux approches : le bilan de masse théorique et le bilan de masse observé (T^2 Environnement, 2018). Les bilans de masse permettent d'évaluer si un plan d'eau retient ou relâche davantage de phosphore en comparant les entrées (tributaires) et la sortie (exutoire). D'abord, le bilan de masse théorique est calculé à partir de l'utilisation du sol du bassin versant, des coefficients d'exportation régionaux (calculés à partir d'études scientifiques sur des lacs du Québec) et des sources ponctuelles de P, soit les oies des neiges et les éléments épurateurs (fosses septiques encore présentes dans les sols des résidences, même si les égouts ont été raccordés). Ensuite, le bilan de masse observé a été déterminé par la concentration du PT des différents tributaires et du lac, échantillonné par le CELR ou la MRC.

Le bilan de masse théorique démontre que les aires déboisées contribuent le plus au bilan des apports diffus, à la hauteur de 301 kg de PT annuellement (Tableau 4). Cette utilisation du sol comprend autant les milieux agricoles et urbains que ceux ouverts comme les friches. Deux apports ponctuels importants ont également été ajoutés au bilan théorique, soit les installations septiques et les oies blanches. Les installations septiques génèrent un apport externe de 66 kg de PT annuellement, alors que l'abondance de population des oies implique un apport de 169 kg de PT par année, soit 26 % du bilan. En résumé, les deux tiers de l'apport externe total proviennent de l'utilisation du sol et le quart, des oies blanches. Le reste est attribué aux installations septiques.

Tableau 4 Bilan de masse théorique*

Apport en PT					
Apport diffus de l'utilisation du sol	**Description**	**Coefficient d'exportation (kg/km²/an)**		**Aire (km²)**	**PT (kg/an)**
Forêts		4,8 ± 2,2		7,5	36
Aires déboisées	Tout le territoire déboisé (milieu agricole, milieu urbain et milieu ouvert)	51,8 ± 4,4		5,8	301
Milieux humides	Marais, marécage, fen, bog et tourbière	214 ± 32		0,3	63
Eau	Petits plans d'eau parsemant le bassin versant (ex. : étang)	6		1,8	11
Sous-total					**411**
Apport ponctuel	**Anthropique**	**kg PT/pers/an**	**Rabat-tement**	**Nb de personnes**	
Installation septique	En service ou hors service (200 résidences)	0,66	25%	400	66
Apport ponctuel	**Animal**	**g PT/oie/jour**	**Séjour/ jour**	**Nb d'individus/ jour**	
Oies blanches	Séjournent en moyenne 60 jours/an	0,45	12 hrs	12 500	169
TOTAL					**646**

* T² Environnement (2018)

Le bilan de masse observé montre que, sur une base annuelle, les pertes dépassent largement les apports. Autrement dit, beaucoup plus de PT sort du lac que ce qui a été estimé être entré, soit 745 kg versus 432 kg. La masse manquante au bilan est de 313 kg, une valeur pouvant en partie être expliquée par l'apport externe des oies blanches (130 kg), qui n'avait pas été comptabilisé dans ce bilan. En effet, l'apport des déjections n'est peut-être pas direct ; il pourrait y avoir un décalage entre la réception de cette quantité au fond du lac et l'apparition du PT dans la colonne d'eau. Malgré l'ajout de ce manque à gagner, il demeure qu'une masse de 183 kg ne peut s'expliquer que par un apport interne, c'est-à-dire un relargage de PT des sédiments. Le Tableau 5 présente pour sa part le bilan de masse observé par la prise d'échantillon dans le lac, dans ses tributaires et son exutoire. Les chiffres présentés aux deux tableaux ne sont pas les mêmes, mais sont définitivement d'un même ordre de grandeur.

Tableau 5 Bilan de masse observé sur une année

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Provenance	Apport en PT (kg)												
Ruisseau Gervais	11,7	10,9	19,9	28,2	26,7	21,2	10,1	11,1	8,3	8,5	10,4	14,1	181,1
Ruisseau Robidoux	3,6	3,4	6,4	18,2	6,8	7,0	2,0	1,8	1,5	2,4	3,2	5,1	61,4
Ruisseau Bigras	2,9	2,6	4,8	8,2	5,5	5,4	2,5	3,9	3,6	2,5	2,8	3,8	48,5
Aire diffuse	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	129,6
Atmosphérique	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	11,5
Sous-total des sources externes	30	28,6	42,9	66,3	50,8	45,3	26,4	28,6	25,1	25,2	28,1	34,8	432,1
	Perte en PT (kg)												
Sortie du lac	63,0	57,2	81,4	108,2	47,3	69,6	36,8	46,3	48,6	49,4	67,1	69,9	745
	Bilan en PT (kg)												
	-33,0	-28,6	-38,6	-41,8	3,5	-24,2	-10,4	-17,8	-23,4	-24,3	-39,0	-35,2	-312,9

Pour résumer, la concentration élevée en PT dans le lac Roxton provient d'un mélange des apports externes et internes au lac. Les apports externes comprennent les déjections d'oies des neiges (15 %), les installations septiques (6 %) et l'utilisation du sol (36 %), alors que l'apport interne provenant du relargage des sédiments représente 43 % de l'apport total (Tableau 6).

Tableau 6 Sommaire des différentes utilisations de l'apport en PT

Source de phosphore	Kg/année	%
Charge externe provenant de l'utilisation du sol	411	36
Installations septiques	66	6
Oies	169	15
Charge interne estimée	486	43
Total	1 108	100

4 ACTIONS PASSÉES ET EN COURS POUR RESTAURER LA SANTÉ DU LAC

De nombreuses actions ont été entreprises par le passé pour débuter la restauration de la santé du lac Roxton, dont certaines sont toujours en cours. Cette section présente ces actions ainsi que les résultats obtenus et espérés, le cas échéant.

4.1 MISE EN PLACE DU RÉSEAU D'ÉGOUT

En 2013, des travaux ont été réalisés autour du lac Roxton pour mettre en place un réseau d'égout pour l'ensemble des résidences. Ces derniers ont permis d'empêcher les déversements d'eaux usées dans le lac. Cependant, les travaux ont pu relarguer une certaine quantité de sédiments à court terme, puisque les sols à nu sont plus sensibles à l'érosion, ce qui augmente la concentration en éléments nutritifs au lac. Également, des installations septiques en service ou hors service de 200 résidences sont toujours présentes dans le sol. Celles-ci libèrent du phosphore dans la nappe présente aux abords du lac, et ce, pour une période d'au moins 10 ans. Suivant cette période transitoire, la libération du phosphore par les installations septiques est jugée négligeable.

4.2 COLLECTE DE DONNÉES PHYSICO-CHIMIQUES PAR LE CELR

Le CELR collecte différentes données relatives à la qualité de l'eau du lac Roxton et de ses principaux tributaires depuis 2004. Les paramètres échantillonnés sont les coliformes fécaux, les matières en suspension (MES), le phosphore total, l'oxygène dissous, la chlorophylle α**,** la transparence et l'indice COURD'O. Ces données, disponibles sur le site Internet de la Municipalité, permettent d'établir l'état de santé du lac et de cibler les secteurs prioritaires d'intervention.

4.3 RÉALISATION DE L'ÉTUDE DE FAISABILITÉ POUR LA RESTAURATION *IN SITU* DU LAC

L'étude de faisabilité réalisée par T^2 Environnement en 2018 a été demandée puisque le PT du lac Roxton continuait d'augmenter malgré le branchement des résidences au système d'égout. La Municipalité et les résidents souhaitaient ainsi comprendre les causes de cette augmentation et déterminer quelles interventions permettraient de la contrôler.

L'étude avait pour but de présenter différentes options de traitement pouvant restaurer l'état de santé du lac Roxton en diminuant durablement la charge interne en phosphore du lac. Les avantages et les limites de chacune des options ont été analysés par analyse multicritère afin de sélectionner une option préférable. Les options étudiées sont présentées à la Section 5.2 du présent rapport.

4.4 RETRAIT DES PLAQUES FLOTTANTES DE SÉDIMENT

L'ennoiement du réservoir de Roxton en 1920 a submergé la végétation et les sols organiques des milieux humides autrefois riverains au lac. La matière organique trappée sous l'eau peine depuis à se décomposer. La décomposition de la matière organique en milieu anoxique (sans oxygène) génère du méthane. Ce gaz, trappé dans les amas de matière organique, fait émerger les plaques de sédiments à la surface de l'eau. Ce phénomène de plaques flottantes se répète à chaque fin d'été (mois d'août et septembre) à la surface du lac Roxton. Les plaques redescendent entre deux eaux à l'automne quand l'eau du lac se refroidit (T^2 Environnement, 2019).

Un total de 56 plaques flottantes a été caractérisé dans un cercle du lac compris entre 2 et 3 m de profondeur (Fondation pour la Sauvegarde des Écosystèmes du Territoire de la Haute-Yamaska, 2015). Ces dernières représentent un danger à la navigation, car plusieurs flottent entre deux eaux et sont peu visibles sous certaines conditions. À cause des risques qu'elles représentent pour les plaisanciers, les plaques flottantes doivent être retirées du lac Roxton. En 2020, moins de 50 % de celles-ci avaient été retirées. Les plaques restantes seront retirées en 2022 et en 2023.

4.5 EFFAROUCHAGE DES OIES BLANCHES

Le lac Roxton héberge chaque année une grande population d'oies des neiges (100 000 annuellement en moyenne et, en moindre mesure, de bernaches du Canada). Ces rassemblements de sauvagines entrainent une augmentation importante de l'apport externe de phosphore du lac.

Pour tenter de diminuer le nombre d'oies présent sur le lac Roxton, des sorties d'effarouchage sont effectuées depuis 2018. Ces dernières sont effectuées à partir de la mi-octobre jusqu'au début décembre, soit jusqu'au début du gel sur le lac pour réduire le nombre d'oies blanches et de bernaches du Canada qui transitent sur le lac lors de la migration. L'objectif de cette technique était de passer de 80 000 oies à 3 000 oies, ce qui a été atteint. La sauvagine séjourne également moins longtemps sur le lac.

4.6 TRAITEMENT AUX BACTÉRIES ET AUX ENZYMES

Un traitement aux bactéries a été effectué par la compagnie Nuvac en 2020 et 2021. L'effet allégué du produit est de digérer les résidus organiques, de contrôler les pathogènes et de prévenir la formation d'algues. L'efficacité et les bénéfices de cette technique restent cependant à être établis. Une étude est en cours à cet effet avec l'Université de Sherbrooke.

5 ÉTUDE DES AUTRES ACTIONS POSSIBLES POUR RESTAURER LA SANTÉ DU LAC

Plusieurs actions possibles autres que celles déjà entreprises pourraient contribuer à la restauration de la santé du lac Roxton. Cette section présente ces actions, les enjeux ainsi que les effets attendus. Il est important de préciser que l'ensemble de ces actions ne pourra pas être intégré au plan d'action. Des choix ont été faits et des priorités d'action sont établies à la Section 6.

5.1 GESTION DES ESPÈCES FLORISTIQUES AQUATIQUES ENVAHISSANTES

Le myriophylle à épis est une plante aquatique exotique envahissante qui, une fois introduite dans un plan d'eau, est extrêmement difficile à déloger. Il existe tout de même des techniques de contrôle efficaces permettant, dans certaines conditions spécifiques, d'abaisser la quantité de myriophylle sous le seuil de l'acceptabilité sociale. Ces techniques sont le bâchage des herbiers par des toiles (synthétiques ou biodégradables) et l'arrachage manuel des tiges. Celles-ci doivent toutefois être utilisées de manière structurée et réfléchie pour être réellement efficaces. Il est donc primordial d'élaborer une stratégie de contrôle réaliste et adaptée à la situation du plan d'eau. En effet, le succès d'un projet de lutte aux espèces floristiques exotiques envahissantes comme le myriophylle à épis repose directement sur la qualité de la stratégie utilisée. Celle-ci découle de plusieurs facteurs qui doivent être considérés lors de sa conception (stade de l'envahissement, superficie du littoral touchée, abondance et dominance de l'espèce, etc.). L'évaluation de ces différents facteurs permet de fixer des objectifs réalistes.

Dans le cas du lac Roxton, il apparait évident que l'envahissement est déjà bien avancé, et qu'une superficie importante du littoral est touchée. Bien que le myriophylle à épis soit rarement l'espèce dominante, il est largement distribué au sein du plan d'eau. Il est également important de rappeler que le potamot crispé, une autre espèce floristique exotique envahissante, est lui aussi présent au lac Roxton. Autre élément majeur à considérer, l'élodée du Canada domine largement la zone littorale du lac. Bien que cette dernière soit indigène, elle présente un fort caractère envahissant. Il est donc pratiquement certain que l'espace qui serait éventuellement libéré par le contrôle des espèces floristiques exotiques envahissantes sera rapidement comblé par l'élodée du Canada ou par d'autres espèces indigènes. En effet, le littoral du lac Roxton est très propice à la croissance des plantes aquatiques en général. Le contrôle ciblé des espèces floristiques exotiques envahissantes ne permettra donc probablement pas de récupérer des usages récréatifs ou d'améliorer la circulation de l'eau dans les secteurs fortement affectés par les fleurs d'eau de cyanobactéries. La problématique est beaucoup plus complexe, et elle touche la prolifération des plantes aquatiques en général, qui elle n'est que le résultat de l'état d'eutrophisation avancé du plan d'eau. Autrement dit, il est important de se questionner sur les priorités à mettre en œuvre avant d'entreprendre des travaux de contrôle des plantes aquatiques puisque ceux-ci ne permettront pas de réduire le niveau d'eutrophisation.

Comme mentionné précédemment, les techniques éprouvées pour lutter efficacement contre le myriophylle à épis, soient le bâchage et l'arrachage manuel, ont très peu de chance de succès dans le contexte du lac Roxton. Advenant que le contrôle des plantes aquatiques envahissantes demeure une des priorités, la technique du faucardage pourrait être envisagée. Cette technique, non sélective, peut être utilisée sur une grande superficie avec l'aide d'une faucardeuse mécanisée. Les fragments de plantes aquatiques fauchés sont

récupérés et envoyés à l'enfouissement lorsque des espèces floristiques exotiques envahissantes sont présentes. Il est toutefois primordial de préciser que le faucardage ne permet pas d'éliminer les plantes aquatiques, mais bien de réduire temporairement leurs impacts sur les usages récréatifs. Cette technique peut facilement être comparée à la coupe de la pelouse. Autrement dit, une fois coupées, les plantes aquatiques vont repousser après quelques semaines. Ainsi, cette technique doit être utilisée à répétition, ce qui fait en sorte que les coûts d'opération peuvent être très élevés. L'achat, l'entretien et l'entreposage de la faucardeuse, la main-d'œuvre pour l'opérer, ainsi que les frais de transport et de disposition des fragments feront grimper la facture à quelques centaines de milliers de dollars pour la première année, et à plusieurs dizaines de milliers de dollars pour les années subséquentes.

Une technique pour le contrôle du myriophylle à épis qui est souvent envisagée dans le cas des lacs régulés par un barrage est de diminuer le niveau d'eau en période hivernale afin de faire geler les racines des plantes aquatiques, et ainsi les éliminer. **Bien que théoriquement attrayante, cette technique ne semble pas avoir fait ses preuves en pratique**. Pour tuer le myriophylle à épis, il faut que la température du sol soit maintenue bien en deçà de 0°C, et ce, pendant plusieurs jours consécutifs. La fenêtre d'intervention est donc extrêmement courte, car dès qu'un couvert de neige s'installe, il empêche le sol de geler suffisamment. Le lac doit donc être abaissé en octobre pour espérer que les gels de novembre arrivent avant la neige. De plus, même si on y parvient, il est rarement possible de diminuer la hauteur d'eau pour faire geler les racines de l'ensemble des plantes aquatiques, comme celles qui se trouvent à 2 ou 3 mètres de profondeur. Les plantes situées à un mètre de profondeur vont donc peut-être mourir, mais l'espace sera rapidement recolonisé par les plantes qui sont demeurées vivantes à proximité. Finalement, cette technique entrainera des **impacts négatifs majeur**s sur l'ensemble de l'écosystème, et plus particulièrement sur la faune aquatique.

5.2 RESTAURATION INTERNE (*IN SITU)*

Les différentes options de restauration *in situ* sélectionnées sont le *statu quo*, le dragage des sédiments (par succion), le traitement au Phoslock et le traitement à l'alun. Ces actions ont été étudiées dans l'étude de T^2 Environnement déposée au CELR (2018).

Le *statut quo* ne représente aucune mise en œuvre de traitement *in situ* des sédiments du lac. Ce dernier est laissé à lui-même et continue à se dégrader, à moins que d'autres actions significatives de restauration soient mises en place. Plusieurs problématiques associées à la santé humaine et la sécurité publique sont susceptibles de se développer et le coût économique associé à la perte de jouissance des pratiques récréatives et de la dévaluation de la valeur foncière sera vraisemblablement élevé. Cependant, les coûts associés à la mise en œuvre du projet sont nuls et ne demandent pas d'appliquer d'exigences règlementaires. Advenant le choix qu'aucune restauration interne ne soit réalisée, les efforts de restauration devront davantage être orientés vers le contrôle des apports externes (ex. contrôle de la population d'oies, baisse des apports de P diffus). Étant donné l'état d'eutrophisation avancé du lac, le contrôle des apports externes, bien qu'il soit indispensable au succès de la démarche, pourrait toutefois s'avérer insuffisant à lui seul pour renverser la dégradation du lac.

Le traitement au Phoslock est réalisé sur une portion ou la totalité du lac. Une couche protectrice se forme à la surface des sédiments de fond qui absorbe le P provenant des sédiments et évite leur relargage. Cette option permet d'améliorer l'état trophique du lac à court terme en plus d'améliorer la qualité de l'eau de façon immédiate, incluant sa transparence. Cependant, le traitement au Phoslock représente des coûts et une demande d'autorisation ministérielle (AM) devra être faite. Le traitement doit également être répété tous les cinq ans avec une dose moindre de Phoslock. Le Phoslock est l'option à privilégier selon l'analyse multicritère effectuée par T^2 Environnement.

Comme pour le Phoslock, le traitement à l'alun est également réalisé sur une portion ou la totalité du lac. Le phosphore contenu dans la colonne d'eau est précipité au fond du lac et une couche protectrice est formée à la surface des sédiments de fond. Cette couche absorbe le phosphore provenant des sédiments et évite leur relargage. L'état trophique du lac s'améliore à court terme et de façon durable. Cependant, le traitement à l'alun représente des coûts élevés et une demande d'AM est exigée puisque l'usage est fortement restreint par le MELCC pour un lac naturel compte tenu de la toxicité du produit. Une toxicité résiduelle de l'alun (présence d'aluminium en forte concentration) persistera dans le lac à long terme.

Le dragage des sédiments est une option qui vise à draguer les premiers décimètres de sédiments fortement contaminés au P et aux autres éléments nutritifs. Cette technique permet potentiellement d'améliorer l'état du lac à long terme, mais le dragage perturbe fortement les habitats aquatiques. Le dragage représente également un coût très élevé et déclenche la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement. Compte tenu de la forte détérioration du lac, cette technique doit tout de même être envisagée. Une étude plus poussée du niveau de contamination et de l'épaisseur des sédiments contaminés de même que de la nature des habitats aquatiques devra toutefois être entreprise avant de retenir cette action. La Municipalité devra également rechercher des fonds autres que ceux de la taxation municipale étant donné les coûts très élevés associés au dragage, incluant les frais associés à l'étude d'impact.

5.3 CIRCULATION DE L'EAU

La circulation verticale de l'eau peut s'effectuer en installant des diffuseurs d'air au fond du lac qui permettraient d'oxyder l'entièreté de la colonne d'eau et de réduire la libération de phosphore des sédiments, qui se fait majoritairement en absence d'oxygène. Cette option à faible coût, mais à impact ponctuel, permet théoriquement d'améliorer la transparence, la teneur en oxygène dissous et celle d'autres nutriments. Cependant, cette technique perturbe l'écosystème en homogénéisant les teneurs en oxygène et la température de la colonne d'eau (Devidal et coll, 2007). Également, très peu d'étude ont démontré l'efficacité des aérateurs en milieu naturel. Les tuyaux bulles ne sont jamais assez puissants pour venir aérer la couche superficielle de sédiments.

Afin de contrer le problème d'eau stagnante dans les baies situées à l'abri du vent, l'utilisation de certains modèles de diffuseurs d'air conçus pour la circulation horizontale pourrait générer des courants assez importants pour briser la stagnation de l'eau (Boyd, 2006). Installé de manière stratégique, ce type de diffuseur pourrait possiblement permettre de générer une circulation d'eau minimale dans les baies prises avec des problématiques aiguës de contamination aux cyanobactéries.

Également, la réparation des fuites du barrage du lac Roxton et l'optimisation de l'utilisation de ses vannes pourraient aider à créer une meilleure circulation de l'eau à l'intérieur du lac. En effet, en jouant sur l'ouverture du barrage (ouverture par le haut et par le bas du barrage en fonction de la saison et des conditions de vent), il est possible de créer des courants temporaires et ainsi contribuer à l'amélioration de la circulation de l'eau. Une étude complémentaire sur les effets combinés des circulateurs et de la gestion alternative des vannes du barrage doit toutefois être entreprise afin d'établir un protocole optimisant la circulation de l'eau.

5.4 UTILISATION D'ULTRASON POUR CONTRÔLER LA PROLIFÉRATION DES CYANOBACTÉRIES

L'utilisation d'ultrasons est un traitement qui permet possiblement d'améliorer de manière ponctuelle (dans les baies problématiques) la qualité de l'eau et de minimiser les effets indésirables de l'eutrophisation d'un lac. Les ultrasons émis dans l'eau brisent les vacuoles internes (organe cellulaire permettant la flottaison) des cyanobactéries, ce qui les empêche de flotter sans toutefois relâcher ses toxines dans le lac. Une fois au fond, le manque de lumière empêche la photosynthèse et cause la mort des cyanobactéries. La faible profondeur des baies problématiques (entre 1 et 2 m) pourrait toutefois permettre aux cyanobactéries de survivre au fond du lac, si la lumière peut s'y rendre. Cette particularité pourrait également permettre aux cyanobactéries de remonter à la surface, par le brassage sous l'action du vent (Paulin, 2019). L'utilisation des ultrasons est théoriquement (très peu d'études sont disponibles sur le sujet) sans danger pour les humains, animaux et plantes exposés, mais peut générer une quantité importante de matière organique, qui agit comme engrais pour les herbiers (Devidal et al., 2007). L'installation d'un appareil à ultrasons est simple et l'entretien est minime (BIOBAC, s.d.). Afin d'optimiser son utilisation, il faut cibler les zones les plus envahies par des cyanobactéries.

5.5 POMPAGE DES BOUES FLOTTANT À LA SURFACE DE CERTAINES BAIES DU LAC

Certaines baies du lac Roxton sont couvertes d'organismes non désirables en surface, tels que des cyanobactéries ou des résidus de plantes aquatiques en décomposition (boues flottantes). Lors de l'atelier, il a été suggéré de réaliser un projet pilote afin d'évaluer la possibilité d'utiliser un système de pompage et de filtration (Enviro5) pour retirer les boues flottantes des eaux de surfaces et de retourner l'eau filtrée au lac.

Cette option pourrait être effectuée conjointement avec l'utilisation des ultrasons et permettrait possiblement de retirer les cyanobactéries éliminées par les ultrasons et de diminuer la quantité de matière organique en décomposition flottant sur le lac. Encore ici, il est essentiel d'étudier davantage la possibilité de combiner ces deux méthodes pour améliorer la qualité de l'eau dans les baies problématiques avant de passer à l'action. Aucune étude ne parait avoir été réalisée à ce sujet.

5.6 RESTAURATION DE LA QUALITÉ DES RIVES

Un travail important doit toujours être effectué en ce qui concerne les rives du lac Roxton. Selon les données présentées à la Section 3.6, la majorité d'entre elles ne possèdent pas de bandes riveraines de qualité et sont plutôt artificialisées par la présence de muret ou de gazon. La règlementation municipale devrait également être changée afin d'interdire la tonte

à l'intérieur d'une bande de 10 m de même que l'utilisation d'engrais liquides pour la fertilisation des pelouses.

5.7 CONTRÔLE DES SOURCES DE PHOSPHORE EN PROVENANCE DU BASSIN VERSANT DU LAC

Diverses étapes peuvent être effectuées afin de contrôler les sources diffuses de phosphore du lac Roxton. D'abord, les zones problématiques doivent être identifiées et ciblées (Section 3.7), puis les zones à fort taux d'exportation doivent être mieux caractérisées et les propriétaires concernés approchés individuellement afin de leur présenter les bénéfices et les programmes d'aide disponibles. Différentes mesures de contrôle (bande riveraine élargie, avaloir, contrôle de la nappe de surface, voie d'eau engazonnée, etc.) peuvent ensuite être déterminées en collaboration avec les propriétaires en fonction des problématiques ciblées.

La gestion de l'épandage de fumier et de lisier à l'intérieur du bassin versant pourrait également être optimisée en collaboration avec les agriculteurs. La distribution, la fréquence et le volume d'épandage pourraient en effet être mieux modulés en fonction des résultats des dernières avancées agronomiques et selon la présence de zones sensibles à la contamination de l'eau.

Le ruissellement en milieu urbain est également une source importante de phosphore et de divers contaminants. En effet, la présence de surfaces imperméables (chemins, stationnements, toitures, etc.) augmente considérablement le ruissellement et le lessivage des polluants. Une panoplie de techniques pour gérer de façon optimale les eaux pluviales sont disponibles. Celles-ci sont parfois plus difficiles à mettre en place dans des zones déjà aménagées, mais de nombreux gains pourraient tout de même être envisagés. À titre d'exemple, l'aménagement de jardins de pluie ou de tranchées d'infiltration à l'échelle des propriétés, de même que l'aménagement de bassins de rétention à l'échelle des quartiers permettraient potentiellement de diminuer la fréquence et l'intensité des surverses du réseau d'égout.Une étude devrait dans un premier temps cibler les principales sources en milieu urbain (ex. fossés et ponceaux mal conçus ou en mauvais état, absence de bassin de rétention, secteurs trop fortement imperméabilisés) et des mesures correctives proposées. Ces mesures devront dans un deuxième temps être mises en œuvre.

Finalement la performance des installations septiques des résidences non branchées au réseau d'égout devra être évaluée et celles jugées non conformes devront être mises aux normes aux frais des propriétaires.

5.8 SENSIBILISATION DES CITOYENS

Afin d'assurer la réussite du projet, il est important de garder informés et d'impliquer les citoyens de Roxton Pond et les riverains du lac dans le processus. Il faut tout d'abord les informer sur l'état du lac et les enjeux associés à sa restauration afin de les conscientiser sur l'importance d'agir (affiches informatives et panneaux de sensibilisation près des rives publics). Ensuite, afin de les inciter à s'impliquer dans la restauration de leur lac, il est pertinent de les informer des actions qu'ils peuvent poser individuellement et en tant que communauté, et de les encadrer dans leur mise en œuvre. Il est par exemple possible d'organiser des journées de mobilisation citoyennes (distribution et plantation d'arbres et d'arbustes) et de publier dans les médias traditionnels et sociaux des actions à entreprendre individuellement. Finalement, il faut les tenir informés des actions passées, en cours et futures, ainsi que des conséquences associées au *statut quo.*

Plus spécifiquement, il est recommandé d'élaborer et de mettre en place un programme de sensibilisation des citoyens en regard de l'importance de la gestion des eaux pluviales à l'échelle de leur propriété. Cette étape pourrait être réalisée via la distribution de guides explicatifs et par l'organisation de soirées-conférences. L'aménagement de jardins de pluie à l'échelle des propriétés est, entre autres, une technique très efficace pour diminuer les impacts de l'imperméabilisation des sols sur le débit naturel des cours d'eau. Il s'agit d'une platebande aménagée dans un sol filtrant qui vise à capter l'eau de pluie qui ruisselle sur les surfaces imperméables d'une propriété.

5.9 GOUVERNANCE DE L'EAU

L'amélioration de la qualité de l'eau du lac Roxton ne pourra se faire que par la mise en œuvre d'une série d'actions. Certaines de ces actions s'effectueront probablement dans le lac lui-même, alors que d'autres devront se faire dans le bassin versant. En effet, le contrôle des sources de phosphore provenant du bassin versant est essentiel pour assurer le succès de la restauration du lac à long terme. Considérant que les ressources humaines et financières sont limitées, il est donc nécessaire de sélectionner les actions qui auront le plus de retombées positives à court, moyen et long terme de façon à atteindre efficacement les objectifs ciblés. Il est d'ailleurs important de rappeler que ces objectifs doivent être réalistes et adaptés à la réalité du lac Roxton (lac peu profond avec un passif environnemental important). Autrement dit, la solution miracle et unique n'existe pas; l'atteinte des objectifs passera par plusieurs chemins. Dans ce contexte, il est impératif d'établir une ligne directrice, donc de suivre un plan d'action, comme celui proposé dans ce document.

La mise en œuvre plan d'action implique la mobilisation de nombreux intervenants :

- Municipalité de Roxton-Pond
- Comité d'environnement du lac Roxton
- Riverains et citoyens du bassin versant
- Municipalité régionale de comté (MRC) de la Haute-Yamaska
- Organisme de bassin versant de la Yamaska
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)
- Ministères des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)
- UPA, MAPAQ, Club agroenvironnemental
- Agriculteurs et forestiers

L'ensemble de ces acteurs devraient être impliqués dans le processus de restauration du lac Roxton. Une table de concertation élargie gagnerait à être mise en place afin d'établir des liens de confiances et des valeurs communes. Les avantages d'une telle concertation sont nombreux : meilleure compréhension des rôles et des mandats de chacun, responsabilisation des intervenants, obtention d'une vision commune et claire. Ainsi, chaque action peut être attribuée à un responsable, et elle se réalise ensuite en parallèle à différentes échelles. En somme, une gestion participative basée sur les 3C est de mise : conciliation des usages (choix collectifs), concertation (actions collectives) et coordination (entre tous les acteurs de l'eau).

Le financement des actions sera assurément un enjeu majeur tout au long du processus, d'où l'importance d'utiliser les sommes disponibles à bon escient. Un des premiers mandats de ce

groupe de travail devrait justement être d'identifier les différentes subventions disponibles. Celles-ci sont plus faciles à obtenir pour des projets de diminution des apports (par exemple pour la gestion des eaux pluviales et l'amélioration des pratiques agricoles), alors que les actions de restauration *In Situ* devront probablement être financées par la Municipalité, avec une aide possible du gouvernement provincial.

6 PLAN D'ACTION

Le plan d'action permet d'évaluer la pertinence et l'efficacité de chacune des actions proposées et de les intégrer dans un cadre logique favorisant leur mise en œuvre. Il permet également de travailler à la restauration du lac avec des objectifs de restauration clairs partagés à la fois par les parties prenantes et les usagés.

Les étapes ayant mené à la création du plan d'action sont :

1. Passer en revue les différentes études et mettre à jour l'information sur la santé du lac Roxton et déterminer les problématiques devant bénéficier d'actions prioritaires (Section 3).
2. Déterminer les actions de restauration passées et présentes mises en œuvre pour améliorer la santé du lac et estimer leurs effets sur la santé du lac (Section 4).
3. Déterminer les autres actions possibles susceptibles d'avoir un effet significatif positif sur la santé du lac (Section 5).
4. Lors d'un atelier, présenter le portrait du lac, les actons passées, présentes et futures et amener les participants à prioriser les actions les plus porteuses (Section 6.1).
5. Synthétiser l'ensemble des informations obtenues à l'intérieur d'un cadre logique, d'actions et d'activités (Section 6.2 et 6.3).
6. S'approprier le plan d'action et le mettre en œuvre (à venir).

Les actions à mettre en place s'échelonnent sur six ans, mais doivent être mises à jour à chaque deux ans, en fonction des nouvelles connaissances acquises, des actions déjà mises en place et de leur efficacité avérée pour restaurer la santé du lac.

6.1 SOMMAIRE DES DISCUSSIONS EN ATELIER

Après une présentation de l'état du lac et des actions passées et en cours, les participants de l'atelier ont formulé les deux objectifs suivants :

1. Mobiliser les citoyens et les partenaires pour améliorer la qualité de l'eau et la biodiversité du Lac Roxton.
2. Informer les résidents de leurs responsabilités pour redonner les usages aux citoyens.

Ces objectifs ont, par la suite, été utilisés et reformulés par l'équipe de T2 afin de générer les objectifs finaux traités dans le cadre logique (Section 6.2).

Tout en gardant ces objectifs en perspective, les actions possibles ont été présentées et les participants ont fait plusieurs suggestions. Entre autres, les options d'utiliser le barrage pour diminuer le niveau de l'eau comme méthode de lutte aux EFAE et de pomper les boues flottantes ont été proposées par des participants.

La Figure 4 montre le résultat de l'effort de priorisation découlant de l'exercice d'estimation des coûts et bénéfices réalisé en atelier. Les actions affichées en gras sont celles qui ont été retenues par les participants pour faire partie du plan d'action. Il faut toutefois noter que ces actions ne se sont pas toutes vues attribuer la même priorité dans le plan. Également, certains choix devront être faits, comme c'est le cas entre le traitement au Phoslock ou le dragage des sédiments.

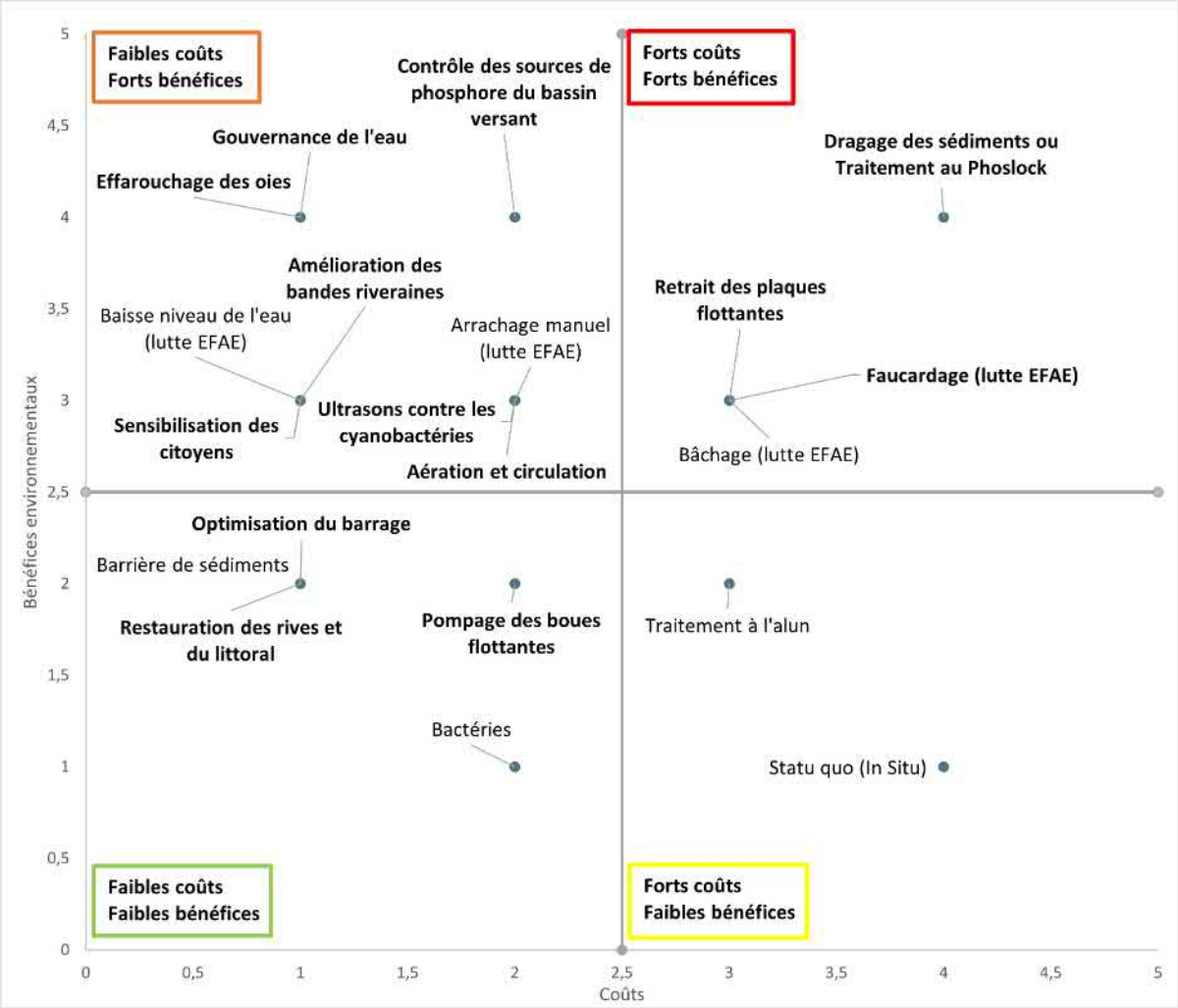


Figure 4 Analyse des coûts et bénéfices réalisée lors de l'atelier

6.2 CADRE LOGIQUE

Le plan d'action est résumé dans un cadre logique qui permet de structurer les actions à l'intérieur d'objectifs eux-mêmes liés au but ultime visé par le plan d'action qui est de « restaurer la santé et retrouver les usages du lac Roxton ». Le Tableau 7 comprend les éléments suivants :

- Un But : Un but encadre tous les éléments du cadre logique qui va suivre. C'est l'objectif d'ordre supérieur qui vise à mettre en œuvre avec succès le plan d'action. Le but doit répondre à la question suivante : « Qu'essayez-vous d'accomplir ? » Il doit être clair, facile à comprendre, et doit englober les objectifs et les activités du plan.
- Objectif : L'objectif doit exprimer les résultats que le plan d'action est censé atteindre s'il est mis en œuvre comme prévu. Les objectifs sont les changements qui se produisent ou la différence qui est faite pour les citoyens visés et les riverains du lac Roxton. Un ensemble d'objectifs devrait toujours être directement lié au but.
- Action : L'action est un groupe d'activités particulier nécessaire pour mettre en œuvre le plan d'action. Un ensemble d'actions doit toujours être directement lié à son objectif et, en fin de compte, au but.

- Indicateur : Un indicateur est le produit ou le résultat mesurable, tangible et direct des objectifs du plan. Il fournit un moyen de mesurer le succès de l'atteinte de l'objectif.
- Moyens de vérification : Le moyen de vérification décrit les sources d'information qui doivent être utilisées pour démontrer ce qui a été accompli.
- Hypothèses : Les hypothèses sont des déclarations sur les facteurs d'incertitude qui peuvent affecter positivement ou négativement la réalisation de l'objectif concerné. Il peut s'agir de facteurs externes que vous ne pouvez pas contrôler (par exemple le climat ou une élection fédérale) ou ceux sur lesquels vous avez un certain niveau de contrôle (par exemple le budget ou la sélection d'un entrepreneur).

Le Tableau 7 présente les éléments ci-dessus dans un cadre logique pour le lac Roxton. Le but intègre trois objectifs spécifiquement sélectionnés pour restaurer la santé et les usages du lac Roxton. Ces objectifs se traduisent en actions tangibles. Un ensemble d'indicateurs, de moyens de vérification et d'hypothèses ont également été développés pour assurer la réussite de la mise en œuvre du plan d'action.

Les codes à la fin des actions sélectionnées guident le lecteur vers la fiche d'information correspondante intégrée à la Section 6.3. Ces fiches fournissent des détails sur la mise en œuvre des actions.

De plus, un niveau de priorité a été attribué à chaque action, en tenant compte de l'évaluation des coûts et des bénéfices discutés lors de l'atelier :

- Priorité 1 : Priorité la plus élevée, avec des bénéfices très élevés pour l'environnement et des coûts faibles à très faibles. Les actions associées à ce niveau doivent être entreprises rapidement, soit dans les 12 premiers mois de mise en œuvre du plan d'action.
- Priorité 2 : Dois être achevée, mais pas de manière aussi urgente que pour la priorité 1. Ces actions ont été évaluées comme ayant des bénéfices moyens ou élevés pour l'environnement et des coûts faibles à très faibles. Elles doivent être mises en place dans les trois premières années suivant le début de la mise en œuvre du plan d'action.
- Priorité 3 : Ces actions doivent être mises en place, mais à plus long terme. Elles ont des bénéfices élevés à très élevés pour la santé du lac, mais engendrent également des coûts élevés à très élevés. Vu leurs coûts très élevés et/ou leurs impacts possibles sur l'environnement, il est difficile d'envisager une mise en œuvre de ces actions à l'intérieur de six années. Toutes les informations et les études nécessaires à leur déploiement devront toutefois être disponibles.
- Priorité transitoire : Sans avoir un bénéfice important à long terme sur la santé du lac, ce niveau de priorité permet aux riverains et usagers de regagner temporairement certains usages de leur lac. Dans certains cas, ce gain d'usage amène ces actions à être mises en œuvre rapidement.

Tableau 7 Cadre logique

Objectif	Indicateurs	Moyens de vérification	Hypothèses
But: Restaurer la santé et retrouver les principaux usages du lac Roxton			
Objectif 1: **Mobiliser les citoyens et les partenaires pour mettre en œuvre les actions visant à améliorer la qualité de l'eau et la biodiversité du lac**	La quantité de phosphore total présente dans l'eau du lac a diminué de 20% en 5 ans; Les espèces floristiques aquatiques envahissantes sont 50% moins abondantes dans les secteurs ciblés; La transparence du lac dépasse 1,5 m toutes les années d'ici 5 ans.	Analyse annuelle de la qualité de l'eau réalisée par le CELR; Étude sur les herbiers aquatiques réalisée par le RAPPEL.	Un budget adéquat est voté par le conseil municipal pour mettre en œuvre et suivre les actions; Les membres du CELR et les riverains adhèrent massivement aux actions mises de l'avant dans le plan d'action; Les entrepreneurs sélectionnés sont compétents et disponibles.
Actions liées à l'objectif 1			
1.1 Poursuivre l'effarouchage des oies (Priorité 1)			
1.2 Améliorer l'aération et la circulation de l'eau (Priorité 2)			
1.3 Utiliser les ultrasons pour réduire la quantité de cyanobactéries dans les baies ciblées (Priorité 3)			
1.4 Gérer les espèces floristiques aquatiques envahissantes et diminuer la superficie des herbiers aquatiques surabondants (Priorité transitoire)			
1.5 Poursuivre le retrait des plaques flottantes (Priorité transitoire)			
1.6 Pomper les boues flottantes (Priorité transitoire)			
1.7 Optimiser l'utilisation du barrage (Priorité transitoire)			

Objectif	Indicateurs	Moyens de vérification	Hypothèses
Objectif 2: **Mettre en place les mécanismes nécessaires pour sensibiliser les résidents et mobiliser les parties prenantes afin de mettre en œuvre le plan d'action**	75% des agriculteurs du bassin versant ont mis en place deux actions concrètes visant à contrôler les sources de phosphore; La Municipalité a adopté un règlement visant la protection des bandes riveraines; 75% des riverains ont une bande riveraine conforme à la règlementation adoptée.	Registres des clubs-conseils en agroenvironnement; Règlementation municipale; Relevé de la qualité des bandes riveraines.	Les agriculteurs acceptent de se mobiliser pour la santé du lac Roxton; Les riverains adhèrent massivement aux actions mises de l'avant dans le plan d'action; Les programmes agroenvironnementaux du gouvernement sont adaptés aux réalités du bassin versant
Actions liées avec l'objectif 2			
2.1 Améliorer la gouvernance de l'eau dans le but de mobiliser l'ensemble des parties prenantes (Priorité 1) 2.2 Contrôler les sources de phosphore provenant du bassin versant (agriculture et urbaine) (Priorité 1) 2.3 Sensibiliser et responsabiliser les citoyens (Priorité 2) 2.4 Améliorer la qualité des bandes riveraines (Priorité 2)			
Objectif 3: Réunir les ressources monétaires, scientifiques et humaines nécessaires à la mise en œuvre des actions les plus coûteuses et complexes à réaliser	D'ici six ans, les ressources monétaires suffisantes sont réunies pour mettre en œuvre l'action de restauration *in situ* qui aura été sélectionnée; D'ici six ans, toutes les autorisations ministérielles (AM) et décisions des gouvernements auront été obtenues	Lettre du bailleur de fonds et/ou engagement des gouvernements; Autorisation ministérielle ou décret du gouvernement	Un programme d'aide gouvernemental répond aux critères de financement du projet de restauration; Les citoyens de la Municipalité sont prêts à investir de façon importante dans la restauration du lac; Le MELCC et la population sont favorables au projet de restauration.
Actions liées avec l'objectif 3			
3.1 Effectuer la restauration *In Situ* (Priorité 3) 3.2 Si nécessaire, procédez à la réfection du barrage (Priorité 3)			

Tableau 8 Échéancier des actions

Action	Planification	Exécution
Priorité 1		
Poursuivre l'effarouchage des oies (Fiche 1.1)	Prévoir l'entretien de l'embarcation avant l'automne de chaque année	À chaque automne jusqu'en 2027 et au-delà si nécessaire.
Améliorer la gouvernance de l'eau dans le but de mobiliser l'ensemble des parties prenantes (Fiche 2.1)	Mise place de la table de concertation au printemps 2022	En continu, prévoir 4 rencontres par année afin de faire le suivi du plan d'action.
Contrôler les sources de phosphore provenant du bassin versant (agriculture et urbaine) (Fiche 2.2)	Étude des sources agricoles : février à septembre 2022 Étude des sources urbaines : février à septembre 2023	Mise en œuvre d'action à partir de mai 2023 jusqu'en 2027 inclusivement
Priorité 2		
Améliorer l'aération et la circulation de l'eau (Fiche 1.2)	Hiver 2022 (études préliminaires)	Été 2023, en fonction des autorisations à obtenir
Sensibiliser et responsabiliser les citoyens (Fiche 2.3)	Dès février 2022	En continu jusqu'à la fin de 2027 et au-delà.
Améliorer la qualité des bandes riveraines (Fiche 2.4)	Planification d'une activité de plantation : septembre 2022 à mai 2023	Activité de plantation : à chaque année, en juin, à partir de 2023 jusqu'en 2027 et au-delà si les rives ne sont pas correctement végétalisées
Priorité 3		
Utiliser les ultrasons pour réduire la quantité de cyanobactéries dans les baies ciblées (Fiche 1.3)	Hiver 2023 si la Municipalité et le CELR décident d'aller de l'avant	Installation à l'été 2023 Prévoir le suivi de la transparence chaque semaine jusqu'à la fin de la saison de croissance pour les deux premières années.
Effectuer la restauration *In Situ* (Fiche 3.1)	Revue de littérature et suivi des résultats au lac Bromont : janvier à mars 2022	À suivre en fonction de l'option retenue. Si l'option du Phoslock est retenue, probablement en 2025 après la fin du retrait des plaques flottantes Si l'option du dragage est retenue, probablement après 2027
Si nécessaire, procédez à la réfection du barrage	Études en cours Été 2022	Dès que possible si nécessaire
Priorité transitoire		

Action	Planification	Exécution
Faucarder les espèces floristiques aquatiques envahissantes afin de diminuer la superficie des herbiers aquatiques surabondants (Fiche 1.4)	Janvier 2022 : demande d'AM auprès du MELCC Achat de la faucardeuse en juin 2021	Faucardage en continu à chaque année de juin à octobre
Poursuivre le retrait des plaques flottantes (Fiche 1.5)	Suivi avec le MELCC et ajustement des techniques en janvier 2022	Retrait des plaques en août 2022 et en juillet 2024
Pomper les boues flottantes (Fiche 1.6)	Étude préliminaire à l'automne et l'hiver 2022-2023	Essais pilotes en août 2023.
Optimiser l'utilisation du barrage (Fiche 1.7)	Étude de l'effet de la gestion du barrage sur la circulation et la qualité de l'eau dans le lac : de janvier à décembre 2022	En continu, dès avril 2022.

6.3 ACTIONS

Cette section fournit les informations utiles afin de compléter les actions présentées dans le cadre logique (Tableau 7). Les numéros des fiches y font également référence. On y retrouve le niveau de priorité; l'effet de l'action sur l'amélioration de la qualité de l'eau du lac; les étapes à entreprendre; le moment suggéré pour débuter les étapes, en tenant compte du niveau de priorité; les outils et autres objets nécessaires à la réalisation des étapes de l'action et les particularités pertinentes.

Fiche 1.1 : Poursuivre l'effarouchage des oies blanches	**Priorité 1**
Pourquoi?	Effaroucher les oies permet de réduire de façon drastique le nombre d'oies sur le lac à l'automne, ce qui diminue de 26% la quantité de phosphore (charge interne) ajouté au lac Roxton, améliore la qualité de l'eau et ralentit l'eutrophisation.
Comment?	L'effarouchage est pratiqué depuis 2019. Des bénévoles du CELR opèrent l'embarcation lors de la période de migration des oies.
Quand?	Du début de la migration automnale au début du gel du lac, à chaque année.
Avec quoi?	Une embarcation de type Zodiac capable d'atteindre les zones à faible profondeur.
Particularités	L'effarouchage démontre son efficacité pour réduire de façon importante la quantité d'oies sur le lac.
Estimation des coûts	L'achat et l'opération de l'embarcation ne sont pas considérés dans ce montant. Prévoir 1500$/année pour l'entretien et l'essence nécessaire.

Fiche 1.2 : Améliorer l'aération et la circulation de l'eau	**Priorité 2**
Pourquoi?	Améliorer la circulation de l'eau permet de briser la stagnation dans les baies du lac jugées prioritaires, ce qui améliore la qualité de l'eau en réduisant l'état d'hypoxie[1].
Comment?	1. Identifier les zones où l'eau est stagnante et où les cyanobactéries sont problématiques (à faire en collaboration avec le CELR et la municipalité). 2. Développer un court appel d'offres précisant les objectifs et les résultats visés 3. Faire appel à des entreprises spécialisées (au minimum deux) afin d'obtenir des estimations budgétaires et une approche méthodologique pour l'installation et l'entretien des aérateurs/circulateurs. 4. Installer des aérateurs conçus pour la circulation horizontale. 5. Durant la saison de croissance, évaluer la performance des aérateurs/circulateurs. 6. Procéder à l'entretien des équipements.
Quand?	Débuter les démarches à l'hiver 2022 pour une installation à l'été 2022.
Avec quoi?	Équipement à déterminer auprès du fournisseur/installateur
Particularités	Tester dans une baie afin d'évaluer la performance des circulateurs. Étendre à d'autres baies si le projet est concluant. S'informer auprès du MELCC de la nécessité d'obtenir une autorisation ministérielle avant de procéder. [1] État d'hypoxie : Lorsque la concentration en oxygène dissout de l'eau est trop faible pour la survie des organismes.
Estimation des coûts	Budget non connu devant être estimé par les entreprises spécialisées.

Fiche 1.3 : Utiliser les ultrasons pour réduire la quantité de cyanobactéries dans les baies ciblées	**Priorité 3**
Pourquoi?	Réduire les concentrations de cyanobactéries permet d'augmenter la transparence de l'eau et de possiblement améliorer la qualité de l'eau du lac.
Comment?	1. Rassembler les informations puis faire une demande d'AM auprès du MELCC 2. Développer un appel d'offres précisant les objectifs et résultats visés. 3. Faire appel à des entreprises spécialisées (au minimum deux) afin d'obtenir des estimations budgétaires et une approche méthodologique pour l'utilisation des ultrasons afin d'éliminer les cyanobactéries. 4. Installer les appareils à ultrasons dans les baies ciblées. 5. Durant la saison de croissance, évaluer la performance des ultrasons pour baisser la concentration de cyanobactérie et augmenter la transparence dans les baies ciblées. 6. Entretenir les appareils (nettoyage, retrait des algues) pour optimiser l'efficacité.
Quand?	Débuter les démarches à l'hiver 2023 pour une installation à l'été 2023.
Avec quoi?	Équipements à déterminer auprès du fournisseur/installateur.
Particularités	Rencontrer les représentants de l'Association du lac Tomcod (Petit lac Saint-François à Saint-François-Xavier-de-Brompton) pour discuter de leur satisfaction à l'égard des résultats qu'ils ont obtenus versus les sommes qu'ils ont investis dans leur projet pilote de traitement aux ultrasons dans leur lac. Si le projet va de l'avant, tester dans une baie afin d'évaluer la performance des ultrasons. Étendre à d'autres baies si le projet est concluant.
Estimation des coûts	Budget non connu devant être estimé par les entreprises spécialisées.

Fiche 1.4 : Faucarder les espèces floristiques aquatiques envahissantes afin de diminuer la superficie des herbiers aquatiques surabondants	**Priorité transitoire**
Pourquoi?	Retirer les espèces floristiques aquatiques envahissantes (majoritairement le myriophylle) permet de redonner certains usages aux citoyens, en plus d'améliorer la biodiversité indigène des herbiers du lac.
Comment?	Faucardage des plantes aquatiques dans les secteurs à forte densité, notamment dans les baies au nord du lac : 1. Rassembler les informations puis faire une demande d'AM auprès du MELCC. 2. Évaluer le budget et l'effort nécessaire au faucardage (la ville de Granby attribue deux personnes à temps plein à cette tâche de juillet à septembre (communication personnelle avec le directeur environnement de la ville, Serge Drolet, 2021). 3. Lancer un appel d'offres pour l'achat de la faucardeuse et prévoir l'équipe responsable du faucardage). 4. Procéder à l'achat de la faucardeuse et suivre la formation associée à son utilisation. 5. Faucarder les régions du lac où les herbiers sont envahissants et indésirables de façon périodique, soit à chaque semaine, de juillet à septembre. 6. Disposer des plantes retirées à un site d'enfouissement sanitaire (la ville de Granby consacre plusieurs dizaines milliers de dollars à cette tâche, le MELCC ne permettant pas de composter le myriophylle).
Quand?	Faucardage : Début à l'été 2022 dans la mesure où toutes les autorisations ont été obtenues **Éviter les périodes de frai et d'alevinage des espèces présentes dans le lac**
Avec quoi?	Faucardage : Faucardeuse
Particularités	S'informer auprès du MELCC de la nécessité d'obtenir une autorisation ministérielle avant de procéder. Valider le budget pour l'achat, l'entretien et l'opération de la faucardeuse de même que pour la disposition des résidus, la faucardeuse de la ville de Granby n'étant pas disponible en période critique.
Estimation des coûts	Prix de la Faucardeuse à obtenir d'un fournisseur spécialisé. Prévoir un budget de 50 000 à 75 000$/an pour l'entretien de la faucardeuse, l'emploi des opérateurs et la disposition des résidus de plante aquatique contaminés au myriophylle et au potamot.

Fiche 1.5 : Poursuivre le retrait des plaques flottantes	**Priorité transitoire**
Pourquoi?	Retirer les plaques de sédiments flottant à la surface de l'eau du lac permet de rendre plus sécuritaire l'utilisation du lac (bateaux, hydravions, etc.).
Comment?	Le retrait des plaques flottantes a été pratiqué en 2020 par Indy-Co. Une pelle mécanique sur une barge retire les sédiments en flottaison et les dépose sur une autre barge. Les sédiments retirés sont envoyés au site d'Enviro5 afin d'être valorisés.
Quand?	Refaire la procédure à l'été 2022 en prenant soin d'apporter les correctifs nécessaires pour se conformer aux exigences du MELCC.
Avec quoi?	Équipements fournis par l'entrepreneur
Particularités	En 2020, moins de 50% des plaques flottantes ont été retirées. Le phénomène se reproduit chaque été, il s'agit donc d'une action à répéter régulièrement (aux deux ans, pour une période minimale de six ans).
Estimation des coûts	Prévoir un budget de 150 000$ à 200 000$ pendant un minimum de 2 années (300 000$ à 400 000$ au total).

Fiche 1.6 : Pomper les boues flottantes	**Priorité transitoire**
Pourquoi?	Retirer les boues flottantes (cyanobactéries et déchets organiques; phosphore en suspension dans l'eau) retrouvées dans certaines baies pourrait améliorer la qualité de l'eau et permet de rendre certains usages aux citoyens, comme la baignade.
Comment?	1. Cibler les zones à traiter (zones où les boues flottantes sont les plus concentrées). 2. Utiliser des barrières flottantes pour délimiter les zones visées. 3. Développer un appel d'offres précisant les objectifs et résultats visés. 4. Faire appel à des entreprises spécialisées (au minimum deux) afin d'obtenir des estimations budgétaires et une approche méthodologique pour le pompage des boues flottantes. Utiliser un camion-usine spécialisée permettant de filtrer les boues et de retourner l'eau au lac. 5. Effectuez le pompage/filtration dans un essai pilote. 6. Retirer les barrières flottantes.
Quand?	Débuter à l'automne 2022 pour obtenir les autorisations nécessaires et procéder à l'essai pilote à l'été 2023.
Avec quoi?	Barrières de sédiments, autres équipements déterminés par l'entrepreneur chargé.
Particularités	S'informer auprès du MELCC de la nécessité d'obtenir une autorisation ministérielle avant de procéder. S'assurer que si l'eau filtrée est retournée au lac, elle ne contienne pas de concentration élevée en toxine de cyanobactérie.
Estimation des coûts	Budget non connu devant être estimé par les entreprises spécialisées. Un montant de 10 000$ ne devrait pas être dépassé pour la mise en place du projet pilote.

Fiche 1.7 : Optimiser l'utilisation du barrage	**Priorité transitoire**
Pourquoi?	Améliorer la circulation de l'eau permet de briser la stagnation dans certaines parties du lac, ce qui améliore la qualité de l'eau et aide à diminuer la concentration de cyanobactérie. Le barrage peut aussi être utilisé pour diminuer le niveau de l'eau et aider à gérer les espèces floristiques aquatiques envahissantes (voir Fiche 1.4).
Comment?	1. Faire appel à des spécialistes pour déterminer la meilleure gestion du barrage pour ajuster le niveau de l'eau et permettre une meilleure circulation de l'eau. Les éléments suivants devraient au minimum être évalués : ○ Est-il possible de créer des courants temporaires et ainsi contribuer à l'amélioration de la circulation de l'eau, et si oui, comment? ○ Comment moduler le niveau d'eau de façon optimale pour diminuer l'abondance des espèces floristiques aquatiques envahissantes sans avoir un impact important sur les écosystèmes aquatiques. 2. Si nécessaire, procédez aux modifications du barrage pour permettre l'évacuation de l'eau par le haut et/ou par le bas. 3. Optimiser la gestion de l'évaluation de l'eau, puis constater si les effets sont intéressants sur la circulation de l'eau et la concentration en cyanobactéries.
Quand?	Analyse des possibilités dès l'été 2022
Avec quoi?	Équipements à déterminer selon les cas
Particularités	Les responsables de la gestion du barrage devront être impliqués de près dans la mise en œuvre de cette action et être correctement formés.
Estimation des coûts	Budget déjà intégré dans les dépenses courantes de la Municipalité, à moins de devoir avoir recours à la réfection du barrage. Les coûts de la réfection devraient être estimés par un ingénieur spécialisé.

Fiche 2.1 : Améliorer la gouvernance de l'eau dans le but de mobiliser l'ensemble des parties prenantes	**Priorité 1**
Pourquoi?	Une bonne gouvernance de l'eau permet de gérer plus efficacement l'application du présent plan d'action en évitant de dédoubler les efforts, en optimisant l'utilisation des ressources (humaines, monétaires et matérielles) disponibles et en gérant les budgets de manière transparente et conservatrice.
Comment?	1. Former une table de concertation élargie impliquant les principaux intervenants. 2. Assigner les actions du présent plan à des individus ou des groupes ayant les compétences adéquates. 3. Nommer un individu ou un groupe responsable d'épauler et d'encadrer les autres dans leurs actions lorsque nécessaire 4. Utiliser les entités adéquates pour chaque action
Quand?	Le plus tôt possible après la réception du présent plan
Avec quoi?	Rencontre avec tous les individus impliqués et/ou intéressés
Particularités	Une gestion participative basée sur les 3C est de mise : conciliation des usages (choix collectifs), concertation (actions collectives) et coordination (entre tous les acteurs de l'eau).
Estimation des coûts	Implication essentiellement bénévole. Prévoir 5 000$/an pour le fonctionnement de la table de concertation élargie.

Fiche 2.2 : Contrôler les sources de phosphore provenant du bassin versant (agriculture et urbanisation)	**Priorité 1**
Pourquoi?	Diminuer la quantité de phosphore ajouté au lac Roxton par ses affluents permet d'améliorer la qualité de l'eau et de ralentir l'eutrophisation de façon durable.
Comment?	1. Bien caractériser les sources de P dans le bassin versant : o Analyser les données de l'étude de l'IRDA (Figures 2 et 3) pour déterminer les secteurs (agriculture, milieux anthropiques, milieux naturels) et zones les plus problématiques. o Caractériser les zones à fort taux d'exportation en milieu agricole pour évaluer les éléments causant la problématique et l'ampleur de celle-ci. o Mettre en œuvre une étude pour identifier les sources de P provenant du milieu urbain (imperméabilisation/ruissellement excessifs, sols à nu, ponceaux mal conçus, absence de bassin ou de fosse de rétention, etc.) 2. Déterminer les différentes mesures de contrôle, selon ces zones et leurs problématiques respectives : o Agriculture : • Discuter avec les partenaires et partis concernés pour mettre en place des actions permettant de contrôler l'érosion et la sédimentation dans les secteurs prioritaires. • Trouver le financement nécessaire auprès du MAPAQ et des autres bailleurs de fonds. • Mettre en œuvre les actions et suivre leur efficacité sur les tributaires concernés. o Milieux anthropiques : • Déterminer quelles actions auront le plus d'impacts positifs à faibles coûts (ex. jardins de pluie sur les terrains privés, noues végétalisées, remplacement de vieux ponceaux, diverger les eaux de pluie avant qu'elles atteignent le réseau pluvial, etc.) • Trouver le financement nécessaire (programme du MAMH, Fond municipal vert, etc.) • Mettre en œuvre les actions et suivre leur efficacité sur les tributaires concernés.
Quand?	Identification : Débuter les discussions avec les partenaires concernés dès l'hiver 2022. Caractérisation des zones à l'été 2022 Amélioration des bandes riveraines du BV : à l'été 2022
Avec quoi?	Quantité de matériaux, d'équipement et de plants (semis) à déterminer par les spécialistes et entrepreneurs.
Particularités	Travail à long terme
Estimation des coûts	Étude pour caractériser les sources de P d'origine agricole et déterminer les actions prioritaires : environ 15 000$ Étude pour caractériser les sources de P d'origine urbaine et déterminer les actions prioritaires : environ 18 000$ Coûts des actions à estimer en fonction des priorités déterminés dans les études

Fiche 2.3 : Sensibiliser et responsabiliser les citoyens	**Priorité 2**
Pourquoi?	Des citoyens informés et impliqués permettent d'avoir le support de la communauté et de diriger les efforts et les actions dans la bonne direction. Impliquer les parties prenantes concernées et bien séparer les tâches permettra de gérer plus efficacement l'application du présent plan d'action.
Comment?	1. Organiser des journées de mobilisation citoyenne, inclure les citoyens dans les actions ○ Plantation d'arbre et d'arbustes (voir fiche 2.4 pour plus de détails) ○ Ramassage des rebuts sur les rives et dans l'eau 2. Produire des publications dans les médias sociaux sur les actions individuelles à prendre pour la santé du lac ○ Capsules vidéo (peuvent être humoristiques; inclure les membres du conseil municipal et la mairie; pour un public cible varié (enfants et adultes)) ○ Textes informatifs ○ Rappels imagés ○ Document technique sur la création de jardins d'eau sur les terrains privés 3. Produire des panneaux de sensibilisation et les disposer sur les rives publiques et accessibles ○ Sensibilisation sur les actions à prendre (par les citoyens et par les autres acteurs) ○ Information sur les actions passées et les ressources impliquées ○ Information sur la biodiversité et les beautés naturelles du lac Roxon 4. Ajouter une chronique d'informations sur la restauration du lac dans le bulletin municipal ○ Actions prises par la Municipalité et le CELR ○ Nouvelles sur l'état de santé du lac
Quand?	Commencer la planification dès que possible
Avec quoi?	Pancartes et affiches, réseaux sociaux, bulletin municipal et création de documents techniques.
Particularités	Ces actions ne demandent pas d'énormes ressources financières pour être mises en place, mais demandent tout de même à la Municipalité et au CELR de dédier les ressources humaines nécessaires.
Estimation des coûts	Prévoir un budget de 8 000$/an pour la production de documents et l'organisation d'actions terrain. Ce montant ne comprend pas celui de la fiche 2.4

Fiche 2.4 : Améliorer la qualité des bandes riveraines	**Priorité 2**
Pourquoi?	Une bande riveraine bien végétalisée et non fauchée permet de stabiliser les berges, de retenir les sédiments emportés vers le lac par le ruissellement et de capter une fraction significative du phosphore soluble, améliorant ainsi la qualité de l'eau. Cette végétalisation fait aussi de l'ombre (arbres et arbustes), ce qui aide à réduire la température de l'eau.
Comment?	1. Plantation d'arbres et d'arbustes : • Dédier un budget municipal annuel pour l'achat d'arbres et d'arbustes. • Fournir un guide d'aménagements aux citoyens riverains • Faire une analyse des bandes riveraines existantes et des besoins de plantation. • Commander les végétaux à l'automne pour avoir un choix intéressant. Préconiser un mélange de petits plants (PFD, muticellule de 15) et de plus gros (formats de 1 à 5 litres) afin d'établir un équilibre entre le coût et la rapidité du résultat. Le choix des essences doit tenir compte de leur efficacité à capter le phosphore et les sédiments, de leur affinité avec les conditions de la rive et des préférences des riverains. • Organiser une campagne de distribution des plants au printemps. Pour des résultats tangibles, cibler une portion des riverains à la fois (exemple, 20% du périmètre) et les accompagner dans les plantations et leur entretien. • Ne pas négliger le suivi des plantations sur une période de trois ans et le remplacement des plants morts. 2. Interdire par règlement la fauche du gazon et la coupe d'arbres sur une bande de 10m autour du lac. 3. Interdire par règlement l'installation de nouveaux quais de plastique (un droit acquis s'applique pour les quais déjà en place) et privilégier les quais en bois. 4. Interdire par règlement l'épandage d'engrais liquide pour l'entretien des pelouses des terrains riverains
Quand?	Plantations : À tous les ans, dès 2022, jusqu'à avoir fait le tour du lac. Règlement sur l'entretien de la rive : développer en 2022 pour une entrée en vigueur dès 2023.
Avec quoi?	Quantité de matériaux, d'équipement et de plants (semis) à déterminer lors de l'organisation de la campagne de distribution et d'accompagnement.
Particularités	L'amélioration des bandes riveraines est un effort citoyen, étant donné que la majorité des rives sont habitées.
Estimation des coûts	Prévoir un budget de 10 000$/année pour l'achat, la distribution et la plantation de végétaux. Ce budget permettra de planter en moyenne 600 à 1000 plants d'arbres et d'arbustes de taille et d'espèces différentes. Pour en arriver à ce montant, les arbres et arbustes devront être plantés par les citoyens, sous la supervision d'un horticulteur.

Fiche 3.1 : Effectuer la restauration *In Situ*	**Priorité 3**
Pourquoi?	Travailler à la restauration du lac *In Situ* permet de diminuer la quantité de phosphore dans les sédiments disponibles à la libération, ce qui ralentit l'eutrophisation et améliore la qualité de l'eau.
Comment?	1. Réaliser une revue de littérature exhaustive pour bien évaluer les impacts (positifs et négatifs) du **dragage** sur la restauration de la qualité de l'eau et les écosystèmes aquatiques du lac. Raffiner l'évaluation des coûts. 2. En parallèle, suivre les résultats obtenus pour l'épandage du **Phoslock** au lac Bromont et opposer ces résultats aux caractéristiques intrinsèques du lac Roxton. 3. Une fois ces informations réunies, se positionner sur la méthode de restauration *In Situ* à utiliser (option A ou B). **Option A :** Traitement au Phoslock 1. Débuter sans tarder les demandes d'AM (autorisations ministérielles) et de financement. **Option B :** Dragage des sédiments 1. Réaliser une analyse des sédiments par carottage et regrouper toutes les informations nécessaires au dépôt d'une demande pour une procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement au Gouvernement du Québec. 2. Chercher du financement auprès des instances gouvernementales. 3. Obtenir tous les permis et autorisations requis.
Quand?	Commencer la collecte d'informations à l'hiver 2022 Option A : Demandes d'AM et de financement dès que le choix est fait Option B : Collecte des données le premier été après que le choix est fait
Avec quoi?	Option A : Phoslock et équipements fournis par la compagnie australienne *Phoslock Environmental Technologies* (PET) Option B : Bateau muni d'une drague, barges, lit de séchage, lieu de disposition des sédiments déshydratés
Particularités	Traitement au Phoslock : Utilisé au lac Bromont en 2017 pour un coût de 650 000$ pour un lac près de 4 fois plus petit.
Estimation des coûts	Revue de littérature exhaustive et suivi des résultats du lac Bromont : prévoir un budget de 11 000$ Demande d'AM auprès du MELCC pour l'utilisation du Phoslock : prévoir un budget de 12 000$ (montant évalué à partir de celui dépensé pour l'AM pour les plaques flottantes) Étude exhaustive des sédiments et étude d'impact sur le dragage des sédiments : prévoir un budget entre 200 000$ et 300 000$ *Épandage de Phoslock : 1 891 000$ pour tout le lac ou 1 319 000$ pour la portion la plus profonde du lac (68% de la superficie totale du lac) *Dragage : Environ 9 000 000$ selon des estimations préliminaires obtenues d'une entreprise de dragage. Ce montant n'inclut pas l'obtention des autorisations et permis préalables. * Coûts extraits de l'étude de T^2 Environnement (2018)

7 RÉFÉRENCES

Bisson, C., 2020. Rapport d'analyse de la qualité de l'eau 2019 du lac Roxton et de ses principaux tributaires, présenté au Comité environnement du lac Roxton. Roxton Pond, 8 p.

Boyd, C. E., 2006. Dense growths of macrophytic algae can be troublesome in freshwater ponds. Consulté le 1er novembre. https://www.globalseafood.org/advocate/mechanical-water-circulation-aids-pond-water-quality/

Devidal, S., C. Rivard-Sirois, M. F. Pouet et O. Thomas, 2007. Solutions curatives pour la restauration de lacs présentant des signes d'eutrophisation. Consulté le 26 octobre : http://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1274/1/Devidal_2007_Solutions%20_curatives_eutrophisation_A.pdf

Fleming, R. & H. Fraser (2001) The Impact of Waterfowl on Water Quality – Literature Review. Ridgetown College - University of Guelph, Ridgetown, Ontario, Canada, 14 pages

Fondation pour la sauvegarde des écosystèmes du territoire de la Haute-Yamaska (Fondation SETHY), 2015. Phénomène des îlots flottants du Lac Roxton : Portrait de la situation, pistes d'actions envisageables et conclusions de la consultation publique de novembre 2015. Rapport présenté au Comité environnement du lac Roxton. 15 pages et annexes.

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), 2018. Outil de diagnostic et de prédiction des exportation diffuses de sédiments et nutriments (GEODEP+N). Base de données géoréférencées et ficher SIG.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2007. Annexe 2 : Méthodes de contrôle des plantes aquatiques et des algues. Consulté le 23 novembre : https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/rives/annexe2.pdf

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC), 2021. Utilisation du territoire. Données géoréférencées hébergées sur le site de Données Québec : https://www.donneesquebec.ca/recherche/dataset/utilisation-du-territoire

Moore, M.V., P. Zakova, K.A. Shaeffer & R. P. Burton (1998) Potential Effects of Canada Geese and Climate Change on Phosphorus Inputs to Suburban Lakes of the Northeastern U.S.A. Lake and Reservoir Management 14:52-59

Paulin, C., 2019. Rapport final – Projet de traitement des cyanobactéries au Petit Lac Saint-François. Association du lac Tomcod. Consulté le 25 novembre : https://www.associationdulactomcod.org/resources/Rapport%20final%20sonication%202019.pdf

Post, D.M., Taylor, J.P., Kitchell, J.F., Olson, M.H., Schindler, D.E. & B.R. Herwig (1998) The role of migratory waterfowl as nutrient vectors in a managed wetland. Conservation Biology 12(4):910-920

Traitements BIOBAC, [s.d.]. QUATTRO-DB - Appareil ultrason, une avancée technologique inégalée. Consulté le 26 octobre : http://www.biobac.qc.ca/ultrasons-controle-des-algues-et-des-cyanobacteries/quattro-db/

T2 Environnement, 2018. Lac Roxton : étude de faisabilité pour la restauration trophique du plan d'eau. Expertise présentée au Comité environnement du lac Roxton et à la municipalité de Roxton Pond. 52 pages + 11 annexes

T^2 Environnement, 2019. Demande d'avis au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) pour procéder à l'enlèvement des plaques flottantes de sédiments de la surface du lac Roxton.

Unckless, R. L. & J. C. Makarewicz (2007) The impact of nutrient loading from Canada Geese (Branta canadensis) on water quality, a mesocosm approach. Hydrobiologia 586:393–40