



**MUNICIPALITÉ DE RAWDON**  
**AVIS TECHNIQUE LAC RAWDON**

Octobre 2023

## Table des matières

<b>DESCRIPTION DU MANDAT</b>	2
<b>MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL</b>	3
<b>LE CADRE GÉOGRAPHIQUE</b>	4
Contexte	4
Géomorphologie	5
Bathymétrie	7
Sédiment	8
Bassin versant	11
Hydrologie	12
<b>CADRE LIMNOLOGIQUE</b>	14
Généralités	14
Un lac réservoir	15
Temps de renouvellement	15
Qualité de l'eau	16
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS</b>	27
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	28
<b>REMERCIEMENTS</b>	29
<b>ANNEXE 1</b>	30

### DESCRIPTION DU MANDAT

La Municipalité de Rawdon a mandaté *Pierre Bertrand Consultant* pour réaliser le présent mandat qui vise essentiellement à rédiger un *Avis technique* sur l'état de santé du lac Rawdon.

Plus spécifiquement, le mandat comprend les activités suivantes :

- Colliger les données pertinentes,
- Procéder à une analyse des données (échelles régionale et locale),
- Procéder à l'échantillonnage des sédiments,
- Procéder à la captation d'images des rives via un drone,
- Tracer le portrait actuel de l'état de santé du lac Rawdon (lac, rives, bassin versant),
- Identifier les actions à mettre en place pour corriger ou préserver l'état de santé du lac,
- Produire un rapport écrit (Avis technique).

### MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

Le présent document constitue un *Avis technique* portant sur un ou des sujets maîtrisés par le rédacteur. La rédaction repose d'une part sur l'expertise acquise par celui-ci eu égard au sujet, et à la gestion des lacs, et d'autre part sur la documentation publiée par d'autres experts reconnus sur l'un ou l'autre des sujets traités dans la documentation.

*Entendu, qu'un expert est reconnu comme tel lorsque ses compétences sont établies, qu'il est qualifié et que ses écrits sont fondés sur des principes qui font consensus par d'autres experts.*

Il ne s'agit pas ici ni d'un article scientifique ni d'un rapport de recherche, et le style de rédaction est volontairement télégraphique pour en faciliter la lecture. Ce document s'adresse avant tout à des gestionnaires de lacs : associations, municipalités, etc.

Notre démarche a consisté à compiler les informations pertinentes et disponibles, à générer l'information manquante (sédiments), à en vérifier l'origine ainsi que la méthodologie utilisée pour les obtenir, et enfin analyser les interprétations qui en ont été tirées dans le but de formuler un *Avis technique* ayant comme but spécifique de permettre à la Municipalité de Rawdon d'obtenir de l'information objective susceptible de l'aider à prendre position sur les enjeux environnementaux reliés au maintien à long terme d'un lac en bonne santé.

## LE CADRE GÉOGRAPHIQUE

### Contexte

Comme plusieurs lacs au Québec, le lac Rawdon est un lac-réservoir, soit un lac formé par la mise en place d'un barrage sur une rivière. Le barrage a été créé en 1915, en travers de la rivière Rouge, ce qui a mené à la submersion définitive de sa plaine inondable (Figure 1).

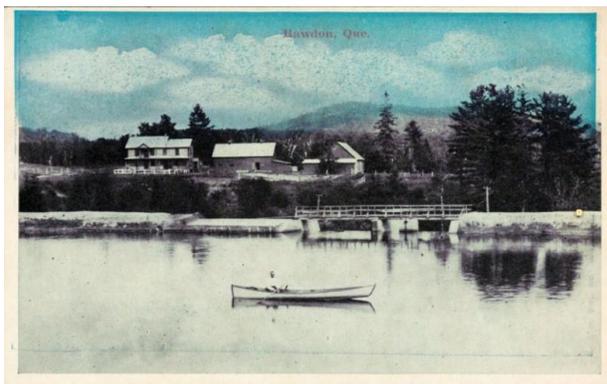


Figure 1. Barrage en amont du lac Rawdon – 1915

Le barrage actuel du lac Rawdon (Figure 2), d'une longueur de 158 m, est constitué d'un massif de béton gravitaire qui forme une retenue de 6,58 m de hauteur. Il est déposé sur les alluvions d'origine. À cette élévation, le lac Rawdon est d'une superficie de 45,7 ha.

À l'échelle du Québec, le lac Rawdon est considéré comme étant un petit lac (Tableau 1), offrant un ratio largeur-longueur de 1/12.

La capacité de retenue est de 830 000 m<sup>3</sup> selon les relevés bathymétriques effectués à l'été 2023. Le barrage est considéré comme étant à forte contenance selon les critères du Règlement sur la sécurité des barrages.



Figure 2. Barrage actuel – Lac Rawdon

Rappelons, à titre comparatif, que le lac Pontbriand, voisin du lac Rawdon, est d'une superficie de 194 ha, qu'il est considéré comme un lac de moyenne taille (Tableau 1) et que son ratio largeur-longueur est de 1/50.

Au lac Rawdon, il est possible de naviguer, mais sans bateau à moteur thermique. Seuls les planches à pagaie, les kayaks, les canots, les pédalos et les embarcations à moteur électrique sont permis.

Taille des plans d'eau	Nombre
Très petit (de 0 à 25 ha)	3 490 851
Petit (de 25 à 125 ha)	71 728
Moyen (de 125 à 625 ha)	15 842
Grand (de 625 à 3 125 ha)	2 693
Très grand (de 3 125 à 15 625 ha)	343
Immense (de 15 625 à 390 625 ha)	63

Tableau 1. Tailles des plans du Québec

## Géomorphologie

La région de Rawdon est divisée en deux unités physiographiques distinctes : les hautes terres des Laurentides au nord et à l'ouest, ce qui comprend le lac Rawdon, et les Basse-Terre du Saint-Laurent au sud et à l'est (Figure 3). Le contact entre les deux unités est représenté par un escarpement bien défini, la faille de Sainte-Julienne, et relativement linéaire s'allongeant du sud-ouest au nord-est en passant par Rawdon et le Pied-de-la-Montagne.



Figure 03. Faille de Saint-Julienne séparant la plaine du Saint-Laurent des Laurentides (vert foncé).

Les hautes terres des Laurentides dominent de façon marquée les Basse-Terre du Saint-Laurent. Leur altitude varie de 200 m à 700 m au-dessus du niveau moyen de la mer. La

topographie est marquée de nombreuses collines rocheuses arrondies qui, ici et là, montrent des falaises abruptes et des escarpements de quelques centaines de mètres. Les seules vallées importantes sont celles des rivières Ouareau et l'Assomption.

Les dépôts de surface, dont la composition géologique et géochimique à une incidence positive sur la qualité d'eau du lac Rawdon, sont majoritairement représentés par des tills aux épaisseurs variables. Très épais dans la vallée qui encadre la rivière Rouge et le lac Rawdon, ils s'amincissent sur les sommets au pourtour du lac pour atteindre très souvent moins de 1 m d'épaisseur au sud du lac. Les sommets situés au nord et nord-est du lac Rawdon sont surtout caractérisés par des dépôts fluvio-glaciaires composés de sable, de gravier et de cailloux.

L'immense talus sablonneux qui façonne la plage municipale de Rawdon (Figure 4) témoigne de l'importance de ces dépôts fluvio-glaciaires, de nature favorable à la rétention du phosphore dans les sols.



Figure 4. Plage municipale de Rawdon (Juillet 2023)

La coupe stratigraphique type de la région de Rawdon (Tableau 2) s'énoncerait ainsi du bas vers le haut : un till, suivi d'un dépôt marin (argile) surmonté de dépôts fluvio-glaciaires. Contrairement à ce qui a été observé au lac Pontbriand, il ne nous a pas été possible de confirmer la présence d'argile au lac Rawdon. L'argile semble présente plus à l'ouest sur le territoire.

Type de dépôt	Caractéristiques	Notes
Dépôt fluvio-glaciaire	Sables, Cailloux, graviers	Épaisseur variable
Argile marine	Couleur grise basique	Imperméable
Till	Granulométrie variable	Présent sur les rives

Tableau 2. Coupe stratigraphique typique de la région de Rawdon

## Bathymétrie

La bathymétrie du lac Rawdon est caractérisée par la présence de l'ancien tracé de la rivière Rouge qui sillonne le fond du lac sur toute sa longueur (Figure 5, Annexe 1). C'est d'ailleurs au-dessus de cet ancien tracé de la rivière qu'on retrouve, en aval, les plus importantes profondeurs du lac. Celles-ci varient de moins de 1 m, en amont, à presque 6 m en aval.



Figure 5. Ancien tracé de la rivière Rouge en amont du lac

En gros, la bathymétrie du lac Rawdon se présente selon deux grands faciès, une section de moins de 3m de profondeur en amont de la plage, et une section variant de 3 m à 5 m en aval (Figure 6). La profondeur moyenne est de 1,8 m, et la profondeur maximale est de 5,6 m, ce qui fait du lac Rawdon un lac de catégorie peu profond.

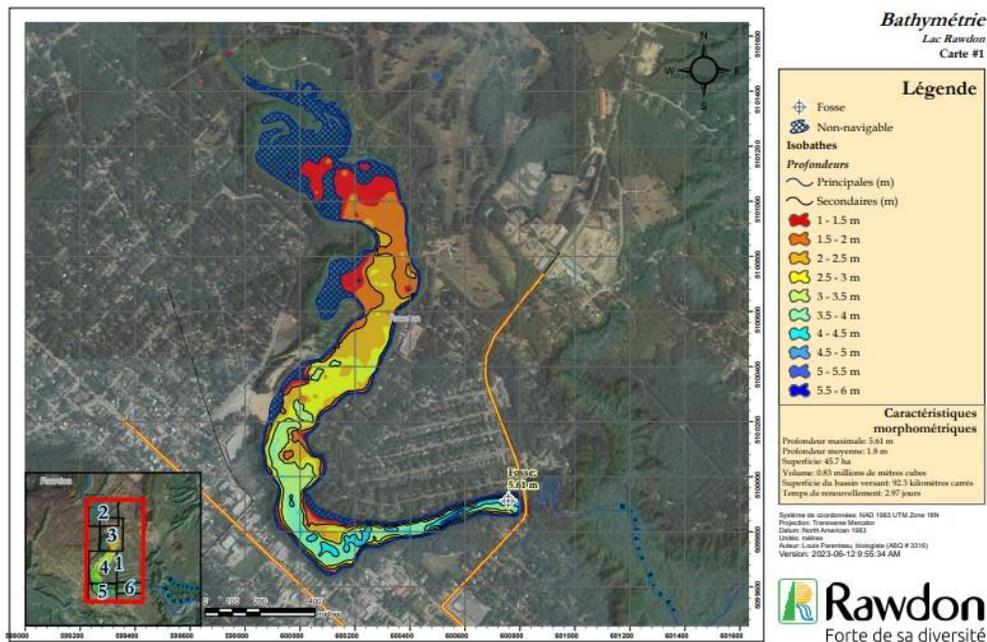


Figure 6. Bathymétrie Lac Rawdon (relevés 2023)

### Sédiment

Les sédiments constituent l'enveloppe physique d'un grand nombre de lacs du Québec méridional. Leur composition granulométrique et géochimique joue un rôle déterminant dans le devenir des lacs et sur leur état de santé. Un lac aux rives composées de sédiments sera plus sensible aux problèmes d'érosion et présentera une plus faible transparence comparativement à un lac ayant une assise rocheuse.

Nous n'avons trouvé aucune donnée historique sur la nature des sédiments du lac Rawdon. Cependant, en ce qui concerne les sédiments de fond du lac, nous avons effectué une série de prélèvements (03) de sédiments de surface à l'aide d'une benne de type Ponar (Figure 7 A et B).

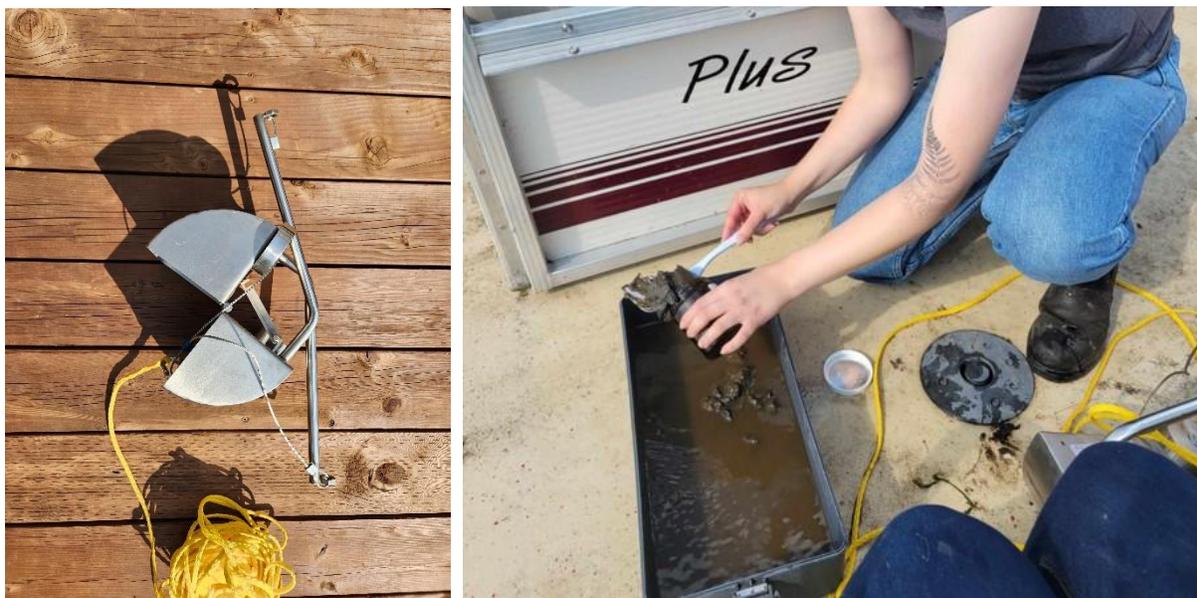


Figure 7. A-Benne Ponar – modifiée. B-Sédiments organiques

Il ressort de nos prélèvements et de l'analyse qualitative que nous en avons fait, que la distribution granulométrique des sédiments du lac Rawdon est grandement différente de celle du lac Pontbriand. Alors que les sédiments fins et organiques sont pratiquement absents de la partie amont du lac Pontbriand, ils sont omniprésents en amont du lac Rawdon, ainsi que dans quelques baies, au point de supporter le développement de vastes herbiers d'une telle densité, qu'il est pratiquement impossible d'atteindre les sédiments pour les échantillonner à l'aide d'une benne (Figure 8).



Figure 8. Herbier dense en amont du lac Rawdon.

Autre point particulier au lac Rawdon, est la presque absence de sédiments fins dans l'ancien tracé de la rivière Rouge dans la partie aval du lac, soit dans les parties les plus profondes du lac. En fait, comme dans les rivières à plus forts courants, on retrouve les particules fines sur les rebords riverains, de part et d'autre du chenal principal, ce qui suggère un nettoyage occasionnel du chenal par des courants occasionnels ou l'absence de sédiments en aval, en raison d'une importante sédimentation en amont.

Dans les lacs peu profonds, comme c'est le cas pour le lac Rawdon, les sédiments peuvent jouer un rôle important dans sa dégradation. En effet, les sédiments constituent un réservoir pour plusieurs éléments nutritifs, dont le phosphore, qui s'accumulent au fond du lac au gré du temps. Lorsqu'adviennent des conditions anoxiques (absence d'oxygène), le phosphore captif dans les 20 premiers cm des sédiments est relargué dans la colonne d'eau en raison de la réduction du Fer et de l'Aluminium. Cet enrichissement est souvent à l'origine d'éclosion de fleurs d'eau, de phytoplancton et de cyanobactéries.

C'est pour toutes ces raisons que nous avons fait analyser les sédiments selon différents paramètres:

Phosphore total:

- Dans les lacs naturels, l'essentiel de la production planctonique et des résidus de végétaux riverains finissent par se retrouver au fond du lac. Il en résulte une accumulation de boue organique aux fortes teneurs en phosphore métabolique (absorption).
- Le phosphore contenu dans les boues peut devenir une source importante d'enrichissement des eaux supérieures et ainsi alimenter la production phytoplanctonique des eaux de surface (algues, cyanobactéries, etc.).

Fer, Aluminium:

- En condition dite aérobie, le phosphore présent dans les sédiments est fortement lié par adsorption, et dans l'ordre préférentiel suivant, avec le Fe, l'Al, le Ca et la matière organique.
- En condition dite anaérobie (oxygène réduit), le phosphore adsorbé par les sédiments est généralement relargué dans la colonne d'eau par suite des processus de réduction (Fe(III) – Fe(II)).
  - Le fer, mais cela est aussi vrai pour l'Al et le Ca, est reconnu comme étant très efficace pour adsorber le phosphore selon un ratio P/Fe (g/g) de 1/10. Autrement dit, le fer peut lier de manière permanente, à moins que les conditions changent (pH, oxygène), le phosphore selon une quantité équivalente à 10 % de son propre poids. Comme on peut le constater au Tableau xx, le fer a une bonne réserve pour adsorber le phosphore dans les sédiments du lac Rawdon.
  - Comme nous l'avons mentionné antérieurement, des conditions anoxiques en profondeur peuvent favoriser un relargage du phosphore dans la colonne d'eau et provoquer l'émergence de fleurs d'eau phytoplanctonique. Il en est de même d'une modification à la hausse du pH qui peut survenir lorsqu'une importante activité photosynthétique a lieu dans la colonne d'eau (phytoplancton).

Comme on peut le constater au Tableau 3, les teneurs en phosphore dans les sédiments varient autour d'une moyenne de 820 mg/kg de sédiments, ce qui est considéré très élevé. Il est généralement admis que des valeurs supérieures à 700 mg/kg sont considérées comme très élevées dans les lacs du Québec méridional. À titre informatif, une valeur de 926 mg/kg a été obtenue pour le lac Pontbriand.

Les teneurs en Fer et en Al sont assez élevées, tout comme le contenu en matière organique (Moy.13 %).

Paramètres	Station 1	Station 2	Station 3	Moyenne
P Total (mg/kg)	950	759	752	820
Al (mg/kg)	23500	20400	21300	21733
Fe (mg/kg)	33200	26600	26300	28700
Mat. Org. %	15	12	11	13

Tableau 3. Principales caractéristiques physico-chimiques des sédiments

Il est utile de rappeler que dans les sols comme dans les sédiments, comme la plupart des ions sont chargés positivement (les cations) sont absorbés sur des constituants chargés négativement tels que la matière organique et les minéraux argileux (les phyllosilicates). La matière organique étant très présente dans les sédiments du lac Rawdon, elle y joue probablement un rôle sur le plan de l'adsorption du phosphore.

Comme le lac à une profondeur moyenne de plus ou moins 1,8 m, mais que certaines des fosses atteignent 5 m, et qu'une stratification thermique s'installe au cours de l'été à une profondeur approximative de 5 à 6 m au Québec méridional, il est possible qu'une partie de la colonne d'eau située au-dessous des sédiments des fosses devienne anoxique au cours de l'été, en particulier lors des mois d'étiage.

### Bassin versant

Le régime hydraulique des lacs est régi par leurs tributaires, qui forment un lien à la fois géochimique et biologique entre eux et leur bassin versant. L'influence des tributaires sur les conditions lacustres est fonction de leur débit par rapport au bilan hydrologique du lac et du degré de mélange des eaux affluentes aux eaux lacustres.

La superficie du bassin versant du lac Rawdon est de 8730 ha, alors que celle du lac est de 47,5 ha. On parle donc d'un ratio bassin versant-lac de 1/191.

## Hydrologie

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le lac Rawdon est un lac réservoir formé par la mise en place d'un barrage sur la rivière Rouge, seul affluent d'importance du lac Rawdon. La capacité de retenue en eau est de 830 000 m<sup>3</sup>.

*Les relevés bathymétriques de 2023 (Annexe 1) indiquent une capacité de retenue de 830 000 m<sup>3</sup>, soit 3,6 fois moindres que ce qu'indique la fiche du barrage de Rawdon (MELCCFP). Pour les besoins de notre travail, nous utilisons les relevés bathymétriques les plus récents. Cette différence s'explique par le fait que l'estimation du MELCCFP a été faite selon la méthode proposée dans le Règlement sur la sécurité des barrages, méthode qui consiste à tout simplement multiplier (produit) la superficie du réservoir par la hauteur de la retenue.*

Les données hydrologiques mesurées au barrage du lac Pontbriand par les gestionnaires du barrage (voir rapport Lac Pontbriand), nous permettent, par comparaison et adaptation entre bassins versants, d'estimer des données de débits pour le lac Rawdon.

Aussi, en période de crues, généralement au début du mois de mai, le débit de la rivière Rouge, au barrage, est de plus ou moins 7 m<sup>3</sup>/s, alors qu'il n'est que de 0,71 m<sup>3</sup>/s lors de la période d'étiage qui s'étend du mois de juillet au mois d'octobre (Figure 9).

*Lorsque des données réelles sont disponibles, il est préférable de les utiliser dans nos calculs, plutôt que d'utiliser la pluviométrie annuelle régionale. En effet les données réelles de débits intègrent automatiquement les pertes par évaporation, par évapotranspiration et par infiltration.*

Notons que la période d'étiage s'étend *grosso modo* de la fin du mois de juin jusqu'au début du mois de novembre, période qui couvre la période d'usage du lac pour des activités de contacts avec l'eau.

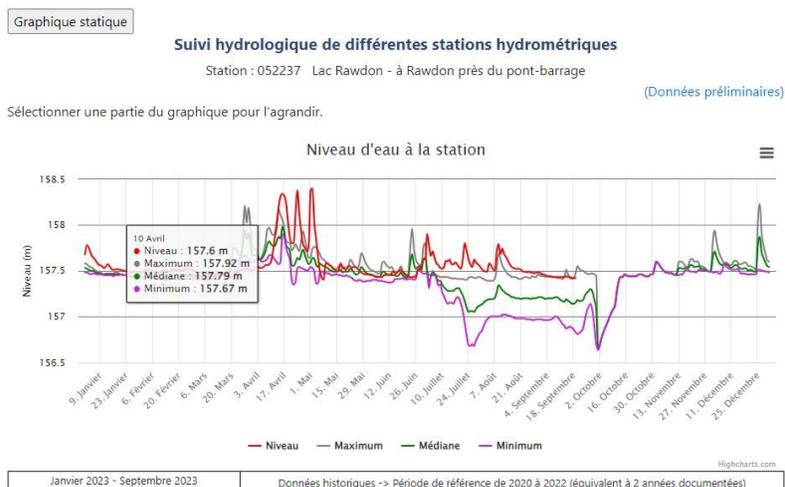


Figure 9. Modulation annuelle des variations des débits au lac Rawdon

Ce qu'il faut retenir :

- Le lac Rawdon est un lac peu profond issu de la construction d'un barrage en 1915.
- La profondeur moyenne du lac est de 1,8 m, avec quelques fosses de + ou – 5m.
- L'essentiel de la sédimentation des particules fines se dépose à l'embouchure du lac, soit à l'arrivée des eaux de la rivière Rouge.
- Les concentrations en phosphore sont élevées dans les sédiments, mais par contre, la capacité d'adsorption du phosphore par les sédiments est aussi très élevée en raison des fortes teneurs des sédiments en Fer et en Aluminium.
- Ainsi, à moins d'une remise en suspension des sédiments ou encore d'un manque d'oxygène dans les couches inférieures du lac, le phosphore est piégé dans les sédiments, et n'est donc pas disponible pour la production d'algues dans la colonne d'eau supérieure.

### CADRE LIMNOLOGIQUE

#### Généralités

Les lacs possédant des décharges de surface peuvent être considérés comme des bassins de rétention et de mélange pour les cours d'eau où ils se déversent. Le temps de rétention de l'eau dans un lac permet à la sédimentation et aux réactions lentes de se poursuivre davantage que dans les réseaux fluviaux (ruisseaux et rivières).

Les termes oligotrophe, mésotrophe et eutrophe décrivent la productivité biologique d'un lac. Les eaux oligotrophes sont celles ayant une basse teneur en substances nutritives (phosphore) et une faible activité biologique, et les eaux mésotrophes, celles ayant une productivité moyenne. Le terme eutrophe s'applique à des eaux très productives ayant des teneurs élevées en substances nutritives.

L'eutrophisation entraîne une augmentation de la population de certaines espèces de phytoplancton (algues), de la turbidité et de la couleur des eaux; elle provoque une diminution de la teneur en oxygène dissous par suite de la mort et de la décomposition des plantes aquatiques.

Cependant, le caractère limnologique des rivières, comme celle de la rivière Rouge, et des ruisseaux est déterminée par la vitesse du courant, qui dépend de la largeur, de la profondeur et de la pente du cours d'eau, de la rugosité du lit ainsi que de son débit, lequel est sujet à des fluctuations saisonnières comme nous l'avons vu précédemment (Figure 9).

La vitesse du courant joue un rôle primordial sur la répartition des matières en solution, sur la quantité de sédiments (limon, sable, argile et matières organiques) en suspension et en voie de décantation, sur la composition du lit et sur le développement, la répartition et la stabilité des communautés biologiques.

Le transport des matières dans l'eau se fait surtout par advection et par dispersion. L'advection est le processus de transport de matières en solution ou de matières particulaires fines à la vitesse du courant dans le sens longitudinal, latéral ou vertical. La dispersion est le processus de mélange de ces substances dans la colonne. Les matières plus denses subissent l'effet du courant, mais leur transport est modifié par un autre phénomène, la sédimentation. La turbulence des eaux vives n'est pas uniforme; elle contribue fortement à l'instabilité des sédiments de fond.

La teneur des eaux vives en substances chimiques varie grandement d'une région à l'autre; elle reflète la géographie locale, les effets saisonniers et l'importance du ruissellement et des processus biologiques. La concentration, la composition et la distribution longitudinale des matières solides en solution diffèrent dans les eaux des rivières par rapport aux eaux lacustres, vu les différences du volume d'eau et du rapport surface-volume et parce que le mélange des eaux y dépend des fluctuations de débit plutôt que de la stratification.

### **Un lac réservoir**

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le lac Rawdon est un réservoir dont les niveaux d'eau sont régulés par une structure de contrôle, un barrage. Pour cette raison, il présente des caractéristiques particulières.

En effet, bien que les mêmes processus physiques, chimiques et biologiques de base se produisent dans les réservoirs et les lacs naturels ; l'âge, la morphologie, l'emplacement dans le bassin versant et les caractéristiques hydrologiques font des réservoirs des écosystèmes uniques :

- Étant donné que les réservoirs sont souvent des vallées inondées, ils sont souvent longs et étroits plutôt que circulaires ou ovoïdes, et ils ont tendance à avoir des rives irrégulières.
- Alors que les lacs naturels reçoivent souvent de l'eau de plusieurs petits ruisseaux et eaux souterraines, un seul grand affluent alimente généralement les réservoirs.

### **Temps de renouvellement**

Le temps de renouvellement des eaux du lac Rawdon est de 33 h ou 1,3 jour en période de crues, et de 324 h ou 13,5 jours en période d'étiage (Tableau 4). Il s'agit d'un faciès hydrique typique d'un lac-réservoir peu profond ayant un petit bassin versant pour l'alimenter. En période d'étiage (Figure 9), le renouvellement des eaux est très faible, et peut poser problème sur le plan de la qualité de l'eau en raison des effets de l'anoxie des eaux sur le plan des réactions chimiques dans les premiers centimètres des sédiments.

## AVIS TECHNIQUE : LAC RAWDON

Caractéristiques	Lac Pontbriand	Lac Rawdon
Débits : crue - étiage	100 m <sup>3</sup> /s - 10 m <sup>3</sup> /s	7 m <sup>3</sup> /s - 0,70 m <sup>3</sup> /s
Bassin versant	125 900 ha	8730 ha
Superficie	194 ha	45,7 ha
Ratio bassin versant / lac	1 / 648	1 / 191
Volumétrie <sup>1</sup>	5, 230 000 m <sup>3</sup> (2022)	830 000 m <sup>3</sup> (2023)
Temps de renouvellement des eaux	6 jours – étiage 14 h - crue	14 jours – étiage 1,3 jour - crue

Note : 1 Les volumétries sont différentes de celles indiquées sur les fiches signalétiques du MELCCFP concernant les barrages, car elles reposent sur des relevés réels et non des estimations.

Tableau : 4. Caractéristiques comparatives : lac Rawdon versus lac Pontbriand

### Qualité de l'eau

#### Physico-chimie

Selon les objectifs poursuivis (prise d'eau potable, baignade, eutrophisation, etc.), il existe plusieurs méthodes pour caractériser les eaux d'un lac, et chacune d'elles implique un choix de paramètres spécifiques et des analyses particulières (*in situ* et laboratoires).

Le ministère de l'Environnement, de la Lutte aux changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) propose une méthodologie simple basée sur des mesures directes au lac (transparence) et sur le prélèvement de quelques échantillons d'eau au-dessus des parties les plus profondes du lac (fosses), qui, contrairement à ce qui est souvent véhiculé, ne correspond pas nécessairement au centre des plans d'eau. Le lac Rawdon, tout comme le lac Pontbriand, constitue un bel exemple de cette situation.

Les résultats obtenus à la suite des échantillonnages des lacs sont ensuite évalués en fonction de différentes valeurs, et compilés pour fixer le niveau trophique des lacs selon la méthode de classification proposée par le MELCCFP (Figure 10).

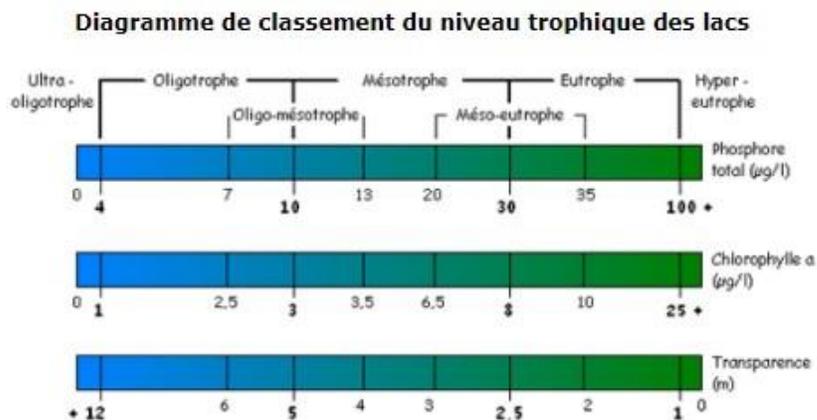


Figure 10. Classement trophique des lacs du Québec.

Les paramètres proposés et suivis par le MELCCFP pour établir le niveau trophique des lacs sont les suivants :

Le phosphore total (PT):

- Il est un élément nutritif qui se trouve généralement en faibles concentrations dans l'eau des lacs. Il y a un lien étroit entre la concentration de phosphore et l'abondance des algues et le niveau trophique d'un lac. Les lacs eutrophes ont généralement une plus forte concentration de phosphore (> 30 ug/l).
- Dans les lacs des Laurentides, les concentrations moyennes annuelles du phosphore total (Pt) en conditions naturelles varient entre 3 et 20 ug/L dans les lacs individuels, avec une moyenne de 7 ug/L.
- Des analyses réalisées par le MELCCFP à partir d'une vaste banque de données suggèrent aussi que la concentration naturelle pour les lacs des Laurentides serait de l'ordre de 7 µg/l.
- Ces données suggèrent donc que le bruit de fond en phosphore des lacs de la région des Laurentides est de 7 ug/L.

La chlorophyll *a* (chl*a*):

- C'est la mesure d'un pigment vert que l'on retrouve dans la composition des plantes et des algues. Il s'agit donc d'un excellent indicateur de la biomasse (quantité) des algues microscopiques qui sont en suspension dans l'eau du lac. La concentration de chlorophylle *a* augmente en fonction de la concentration des matières nutritives, en particulier le phosphore. Il y a donc un lien entre cette augmentation et le niveau trophique d'un lac. Les lacs eutrophes sont souvent aux prises avec une production importante d'algues.

Le carbone organique dissous (COD):

- Cet élément provient de la décomposition des organismes. La concentration de COD dans l'eau est fortement associée à la présence des matières qui sont responsables de sa coloration jaunâtre ou brunâtre, notamment l'acide humique provenant des milieux humides (comme les marécages, les tourbières et les marais) et de la décomposition des matières organiques dissoutes provenant des installations septiques.

- La mesure du COD permet d'avoir une appréciation de la coloration de l'eau, qui est un des facteurs qui influencent sa transparence. La transparence de l'eau diminue avec l'augmentation de la concentration du carbone organique dissous.
- Il s'agit essentiellement d'acide humique provenant des sols forestiers et des milieux humides. La transparence de l'eau est aussi fortement influencée par la coloration de l'eau.

*Il est possible de qualifier l'origine de la matière organique dans un lac en utilisant les valeurs obtenues pour le carbone organique dissous dans le développement de l'indice SUVA. Le développement de cet indice permet de vérifier, par exemple, si une fraction de la matière organique présente dans un lac est d'origine humaine ou non (installations septiques).*

La transparence de l'eau:

- Étant donné que l'augmentation des concentrations en phosphore dans l'eau des lacs conduit généralement et disons, éventuellement, à l'augmentation des algues microscopiques dans l'eau, donc à une diminution de la clarté de l'eau, la mesure de la transparence de l'eau est une mesure générique et peu coûteuse à réaliser dans le suivi de la qualité d'eau des lacs.
- C'est pour cette raison que le suivi de ce paramètre est si important pour les gestionnaires de lacs, car il y a un lien fort entre la transparence de l'eau d'un lac et son état trophique. Les lacs eutrophes sont généralement caractérisés par une faible transparence de leur eau (- 1 à -2m).

Le lac Rawdon a fait l'objet de plusieurs études au cours des dix dernières années. Plusieurs d'entre elles ont été effectuées dans le cadre du programme Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL), parrainé par le MELCCFP, et d'autres par la Municipalité de Rawdon. Il est important de noter que les résultats obtenus dans le cadre du RSVL proviennent d'analyses faites dans les laboratoires du Centre d'expertise hydrique du Québec, alors que les résultats obtenus dans le cadre des études réalisées par la Municipalité de Rawdon proviennent de laboratoires du secteur privé. Aucun de ces derniers laboratoires n'est accrédité pour les analyses du paramètre phosphore (Accréditation 95).

On aura compris, à la lecture des lignes précédentes, que le paramètre déterminant pour statuer sur le niveau trophique d'un lac et en faire son suivi est le phosphore. Les valeurs du

phosphore sont fortement corrélées aux valeurs obtenues pour la chlorophylle  $\alpha$ , la transparence et souvent au carbone organique dissous.

L'analyse du phosphore est une analyse complexe. Il existe d'ailleurs deux méthodes pour en faire l'analyse. Une de ces méthodes, dites *usuelle*, la plus répandue dans les laboratoires privés, comprend l'analyse séparée des phases dissoutes et particulaire du phosphore. Bien qu'il n'y ait pas une séparation naturellement nette entre les deux phases, il est convenu de nommer particulaire les substances qui sont retenues dans les filtres dont les pores ont des dimensions plus ou moins inférieures à 0,45 ou 0,50  $\mu\text{m}$ . Cette méthode a une limite de détection de 10  $\mu\text{g/l}$  pour le phosphore dissous et de 1  $\mu\text{g/L}$  pour le phosphore particulaire.

L'autre méthode, dite *en traces*, est une adaptation de la méthode au persulfate et mesure le phosphore total (dissous et particulaires) avec une limite de détection de 2  $\mu\text{g/l}$ . *C'est la méthode que nous proposons d'utiliser en tout temps.*

Les analyses faites dans le cadre du RSVL sont réalisées par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. C'est ce laboratoire qui agréé les laboratoires du Québec par paramètres ou par groupes de paramètres.

En 2016 le MELCC a observé, par comparaison pluriannuelle dans les valeurs du RSVL des concentrations anormalement basses dans plusieurs lacs du Québec. Suite à des analyses spécifiques, des anomalies ont été détectées dans le processus d'échantillonnage (bouteilles, réactif, volume d'eau, délai). La découverte de ces anomalies a amené le RSVL à informer ses membres que certaines des valeurs obtenues (phosphore uniquement) pour leurs lacs pouvaient être sujettes à révision à la hausse ou même être considérées comme invalides (Figure 11).

**Dans ce contexte, il est préférable, pour le paramètre phosphore, d'utiliser uniquement les résultats provenant du RSVL, et pour les années 2018 et plus. C'est ce que nous avons dans cet Avis technique.**

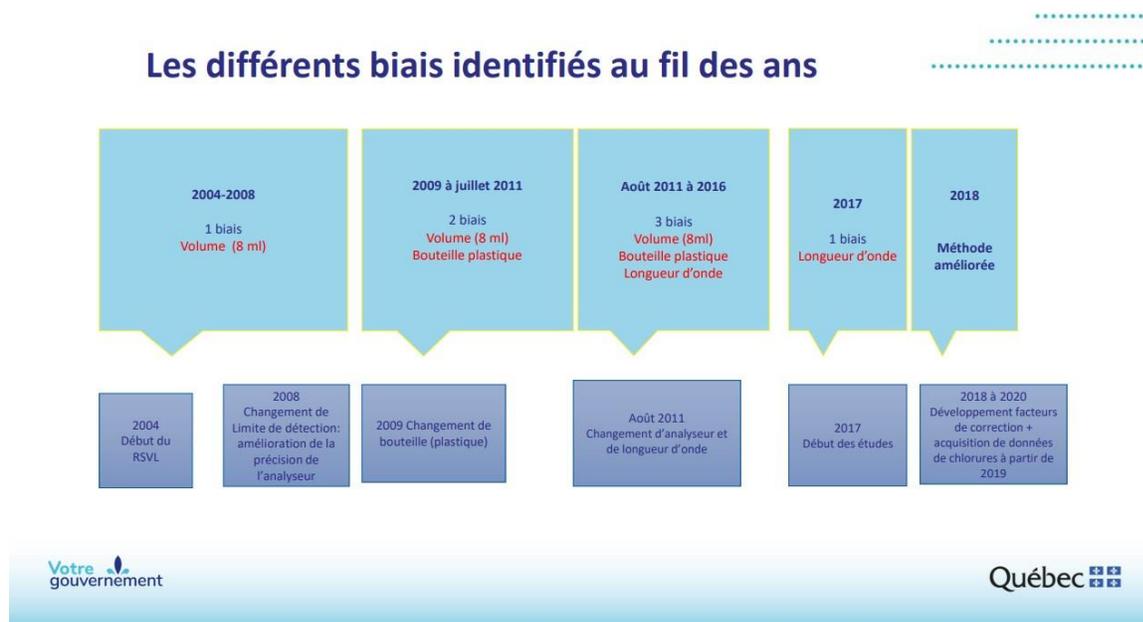


Figure 11. Évolution des correctifs pour les analyses de phosphore (RSVL).

L'analyse des données permet de classer le lac Rawdon, selon le système de classement du MELLCFP, comme étant un lac mésotrophe. Il est cependant utile de contextualiser ces données pour en faire une interprétation adéquate.

D'abord ces données sont issues d'échantillonnage réalisé au cours de la période estivale, soit en période d'étiage de la rivière Rouge. Rappelons qu'en période d'étiage, le débit estimé à l'exutoire du lac est de seulement 0,71 m<sup>3</sup>/s ce qui donne un temps de renouvellement complet des eaux de 13,5 jours.

Avec une profondeur moyenne 1,8 m, un temps de renouvellement de 13,5 jours, et une concentration moyenne en phosphore de 14 ug/L (Tableau 6), ce qui est le double de la valeur moyenne des lacs des Laurentides, le lac Rawdon est sensible au développement d'algues phytoplanctoniques au cours de l'été en raison du réchauffement de l'eau du lac.

Il est important de considérer la température de l'eau au cours de la période d'étiage, car c'est la température de l'eau qui conditionne les concentrations de l'eau en oxygène (Tableau 5).

Température de l'eau (Celsius)	Concentrations de l'oxygène dissous, mg/L
0	14,6
5	12,8
10	11,3
15	10,1
20	9,1
25	8,5
30	7,6

Tableau 5. Relation entre la température de l'eau et les concentrations en oxygène

Rappelons d'ailleurs que le lac Rawdon a fait l'objet antérieurement (2012, 2015) d'épisodes d'éclosions de fleurs d'eau de cyanobactéries, et que les changements climatiques anticipés pour le sud du Québec sont susceptibles d'accroître ce phénomène.

Les données enregistrées entre 2018 et 2022 (Tableau 6) dénotent une relative constance pluriannuelle entre les valeurs des différents paramètres, ce qui indique une certaine stabilité du milieu entre 2018 et 2022, sauf pour le carbone organique dissous en 2022.

Paramètres/Années	2018	2019	2020	2021	2022	Moy.
Pt (ug/l)	14	14	NA	12	14	13,5
Chla (ug/l)	4,0	5,8	NA	4,2	4,3	4,5
COD (mg/l)	4,4	4,9	NA	4,5	8,1	5,4
Transparence (m)	1,8	1,4	1,9	1,4	2,2	1,7

Tableau 6. Synthèse des données sur la qualité de l'eau : Lac Rawdon

Étant donné l'augmentation de la transparence en 2022 en parallèle à une valeur élevée en carbone organique dissous, il y a lieu de s'interroger sur la validité de cette valeur, et de la considérer comme une anomalie. D'autant plus que les autres valeurs sont restées stables au cours de cette période.

**En somme, les concentrations élevées en phosphore que l'on retrouve dans le lac Rawdon, compte tenu de la faible superficie de son bassin versant et de l'omniprésence du couvert forestier qui le caractérise, suggèrent qu'un phénomène d'accumulation et de rétention du phosphore est actif dans le lac Rawdon.**

### Bactériologique

Pour les lacs soutenant des activités nautiques de contact (baignade, ski nautique, etc.) il est fortement suggéré de procéder, en complément des autres analyses et mesures, au décompte des *E. Coli* dans l'eau. C'est une question de santé publique.

Les coliformes, souvent le principal élément analysé dans certains lacs de villégiature, sont des espèces bactériennes qu'on trouve naturellement dans les sols, la végétation et l'eau ou bien encore dans l'intestin des humains et des animaux à sang chaud. L'ensemble de ces espèces porte le nom de coliformes totaux. Parmi ceux-ci, ceux qui proviennent des intestins des humains et des animaux sont nommés coliformes fécaux. Dans les coliformes fécaux, environ 90 % sont des bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*).

Leur présence indique, hors de tout doute, une contamination d'origine fécale de l'eau et la présence potentielle de microorganismes pathogènes. Comme les coliformes fécaux ne se reproduisent pas dans l'eau, leur présence indique une contamination très récente (déversement) ou continue (installations septiques, présences animales, entreposage ou épandage de fumiers, etc.). Bien que les coliformes fécaux et *E. coli* soient habituellement sans risque pour les humains, il y a des exceptions notoires comme *Escherichia coli* 0157 :H7 (Walkerton).

Mais le plus grand danger réside dans la possibilité que des microorganismes pathogènes accompagnent les coliformes fécaux et *E. coli*. Ces microorganismes sont des virus, des bactéries et des protozoaires dont, dans ce dernier cas, les deux plus problématiques sont *Giardia* et *Cryptosporidium* qui vivent dans les intestins des humains infectés et des animaux à sang chaud comme les castors et les rats musqués. C'est pour cette raison que les risques sont plus grands à proximité des tributaires des lacs.

Contrairement à bien des bactéries, qui meurent rapidement dans l'eau, les kystes de *Giardia* et les occystes de *Cryptosporidiose* peuvent survivre plusieurs mois dans l'eau. La présence dans un bassin versant de castors, de chevreuils, d'ours, d'orignaux, de rats musqués, de visons, de loutres et d'humains devrait suffire à indiquer impérativement de ne pas boire sans traitement l'eau d'un lac.

Le lac Rawdon, en particulier le secteur de la plage publique, fait l'objet d'un suivi bactériologique assidu depuis de nombreuses années (*E. coli*). Les données de 2022 (Tableaux

7 et 8) suggèrent une très faible contamination de l'eau du secteur de la plage et un risque pratiquement nul pour la santé publique.

Dates des prélèvements	E. coli (UFC/100 ml)
11 juillet	15, 7
2 août	26, 13
22 août	24, 20

Tableau 7. Résultats analyses bactériologiques (2022)

Qualité de l'eau	Coliformes fécaux / 100 millilitres	Détails
Excellente	0 - 20	Tous les usages récréatifs permis
Bonne	21 – 100	Tous les usages récréatifs permis
Médiocre	101 – 200	Tous les usages récréatifs permis
Mauvaise	Plus de 200	Baignade et autres contacts directs avec l'eau sont compromis
Très mauvaise	Plus de 1000	Tous les usages récréatifs sont compromis

Tableau 8. Classification de la qualité de l'eau utilisée pour les usages récréatifs

En revanche la présence de vastes herbiers dans un lac peut occasionner une problématique pour les baigneurs.

Le cercaire du canard, aussi appelé puce du canard, est un parasite du canard transmissible accidentellement à l'homme et qui donne ce que l'on appelle la dermatite du baigneur.

La présence d'herbiers et d'accumulations de matière organique constitue un attrait pour les canards qui y trouvent une nourriture abondante. En ce sens, les lacs peu profonds constituent des milieux propices à la dermatite du baigneur qui est une infection cutanée causée par de petites larves que l'on retrouve dans certains lacs.

Ces petites larves portent le nom de « cercaires ». Elles sont petites et il est presque impossible de les voir à l'œil nu. Lors de la baignade, les cercaires se collent à la peau du baigneur. Sous l'action du soleil, la peau s'assèche et les cercaires piquent la peau pour y pénétrer (Figure 12).

Elles y meurent ensuite. La présence de cercaires dans l'eau de baignade provient d'oiseaux aquatiques porteurs de parasites. Le tout débute avec les excréments des oiseaux qui entraînent la contamination des escargots (Limnées) en bordure du rivage. À partir des escargots, des cercaires sont libérées et retournent contaminer les oiseaux aquatiques. Malheureusement, les cercaires ne font pas la différence entre les oiseaux et les baigneurs. C'est ainsi que les baigneurs se font piquer accidentellement.



Figure 12. Dermatitis du baigneur

Heureusement l'essentiel des herbiers du lac Rawdon se trouve dans la partie amont du lac, bien loin de la plage publique dépourvue d'herbiers de part et d'autre (Figure 13). Cependant, les riverains situés en amont du lac ne sont pas sans risques.



Figure 13. Plage publique – Lac Rawdon.

### L'état des rives

Nous avons procédé au cours du mois d'août 2023 à la prise de photos aériennes des rives du lac à l'aide d'un drone dans le but d'en évaluer qualitativement leur état.

Il ressort de cet exercice que les rives du lac Rawdon sont majoritairement dans un excellent état. On n'y dénote aucune cicatrice d'érosion d'importance, et les berges sont en très grande majorité végétalisées. On y retrouve une excellente présence des strates herbacées, arbustives et arborescentes (Figure 14, 15).

Bien que la rive droite du lac soit plus habitée que la rive gauche, on observe la présence d'une bande riveraine sur pratiquement tous les terrains riverains.

Un des objectifs secondaires de la prise de photos aériennes des berges consistait à identifier la présence d'accumulations de sédiments à l'arrivée de petits tributaires ou fossés de drainage dans le lac. La présence de ces accumulations aurait indiqué l'arrivée de sédiments dans le lac provenant des résidences et/ou quartiers périphériques.

Or, mise à part une accumulation observée à la droite de la plage publique, vue de la plage, (Figure 16), nous n'avons constaté aucune accumulation de sédiments d'importance sur les



Figure 14. Berges naturelles du lac Rawdon.



Figure 15. Bande riveraine sur terrains aménagés.



Figure 16. Accumulation sableuse au droit d'un drain de fossé – gauche de la plage

rives du lac Rawdon, ce qui suggère de faibles apports provenant du bassin versant immédiat du lac; ce qui exclut les apports provenant de la rivière Rouge. En effet, un processus important de sédimentation de sédiments fins est en cours dans la partie amont du lac.

Ce qu'il faut retenir :

- Il y a une accumulation de sédiments fins en amont du lac.
- Les teneurs en phosphore total des sédiments sont élevées.
- Le faible taux de renouvellement des eaux au cours de la période estivale peut créer des conditions propices au transfert du phosphore sédimentaire dans la colonne d'eau du lac et participer au développement d'algues dans l'eau, dont les cyanobactéries.
- Les concentrations en phosphore total dans les eaux du lac suggèrent que le lac se classe mésotrophe, une position qui pourrait basculer assez rapidement vers un lac eutrophe lors des étiages estivaux, avec toutes les conséquences que cela pourrait entraîner sur son usage, en particulier pour les activités de contacts telles que la baignade.
- Compte tenu des teneurs élevées du phosphore dans les sédiments, il est possible que le relargage de celui-ci dans la colonne d'eau au cours de l'été (anoxie de la couche inférieure de l'eau), soit la principale source d'apport de phosphore dans l'eau.
- La qualité des berges du lac est exceptionnelle pour un lac de villégiature au cœur d'une ville de la dimension de Rawdon.
- La qualité bactériologique de l'eau est tout aussi exceptionnelle, pour les mêmes raisons.
- Une sensibilisation des riverains situés en amont du lac concernant la dermatite du baigneur nous apparaît essentielle. Ce secteur, compte tenu de la sédimentation en cours, et du développement des herbiers que cela entraîne, deviendra de plus en plus attrayant pour la faune ailée.

### CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le lac Rawdon, favorisé par la géologie et la pédologie de son bassin versant, est un lac de grande qualité du fait de ses rives et la qualité de son eau, ce qui ne le met pas à l'abri d'évènements qui pourraient survenir et altérer ce constat.

Sur la base de notre analyse, il apparaît que la principale source de dégradation du lac proviendra des sédiments, ce qui est logique pour un lac réservoir, qui par définition agit comme un bassin de rétention des sédiments de la rivière Rouge.

L'impact des sédiments sur le lac se fait ou se fera sentir sur deux volets :

- Le relargage du phosphore dans la colonne d'eau lors des périodes d'étiage qui s'accroîtront avec les changements climatiques anticipés pour le sud du Québec,
- L'apport de sédiments en provenance de la rivière Rouge, ce qui réduira graduellement le volume d'eau du lac, et qui conduira à un réchauffement plus intense de l'eau, un abaissement des concentrations en oxygène et les conséquences sur la qualité de l'eau qui en résultera.

Il serait pertinent de procéder à une analyse de la nature de la matière organique présente dans les eaux du lac (naturelle ou humaine – fosses septiques) via le calcul de l'indice SUVA.

Pour finaliser le portrait du lac Rawdon il manque deux données essentielles :

- Évaluer le taux de sédimentation dans le lac depuis la construction du barrage et la répartition de cette sédimentation dans le lac.
  - L'évaluation des taux de sédimentation se fait normalement par carottage des sédiments, puis en calculant la sédimentation au-dessus de marqueurs géochimiques (Césium, Plomb, etc.).
  - La répartition se fait via une campagne d'échantillonnage systématique du fond du lac (benne, plongeurs, etc.).
- Évaluer les taux d'oxygène et la température dans la section aval du lac au cours de la période estivale, soit le moment le plus critique pour la qualité d'eau du lac.

### BIBLIOGRAPHIE

Bertrand, P. (2022). *Lac Pontbriand : Avis technique*. Municipalité de Rawdon.

Bertrand, P. (2016). *Lacs du Québec méridional : perspectives de protection et de restauration*. Vecteur Environnement. Mars 2016. Vol. 49, no 2, p.60-64.

Carignan, R. (2023). *Géologie, pédologie et autres facteurs d'influence sur la santé des lacs*. Forum national sur les lacs 2023.

CIMA+. (2013). *Plan directeur de protection du bassin versant du lac Rawdon*. Municipalité de Rawdon.

Hydrosys Experts-Conseils. (2015). *Évaluation de la condition du barrage X0004204*. Municipalité de Rawdon.

Jane, F. Stephen et al. (2021). *Widespread deoxygenation of temperate lakes*. Nature, 594 (66-70).

Municipalité de Rawdon. (2023). *Carte bathymétrique du lac Rawdon*.

Réseau de surveillance volontaire des lacs. (2018, 2019, 2020, 2021, 2022). *Lac Rawdon (0753A)*. Ministère de l'Environnement, de la lutte aux changements climatiques, aux Forêts et aux Parcs.

Vincent, W.F. (2009). *Effects of Climate Changes on Lakes*. In: Likens, G.E., Ed., *Encyclopedia of Inland Waters*, Elsevier, Amsterdam, 55-60.

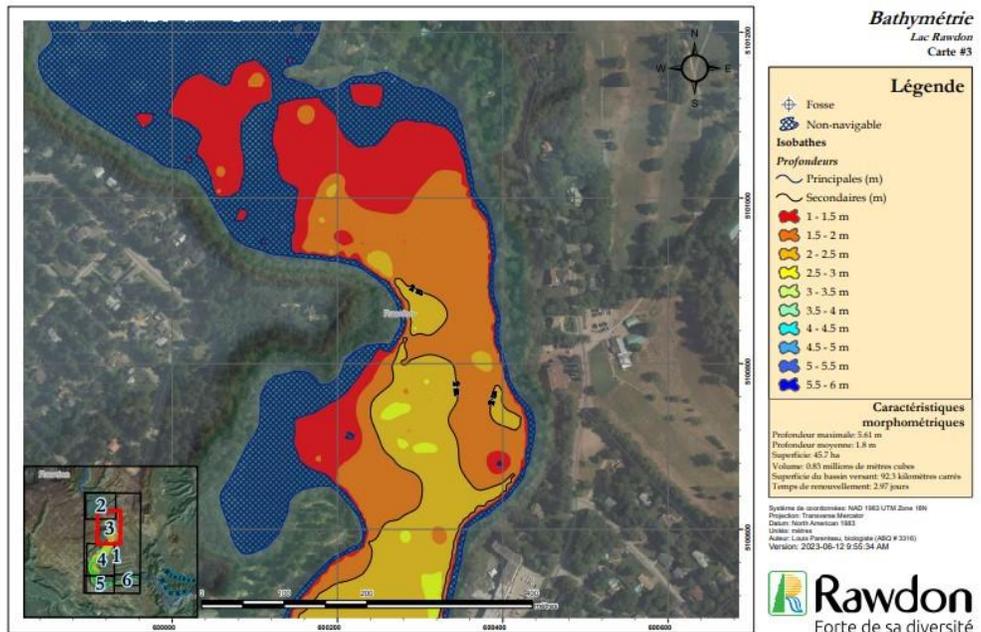
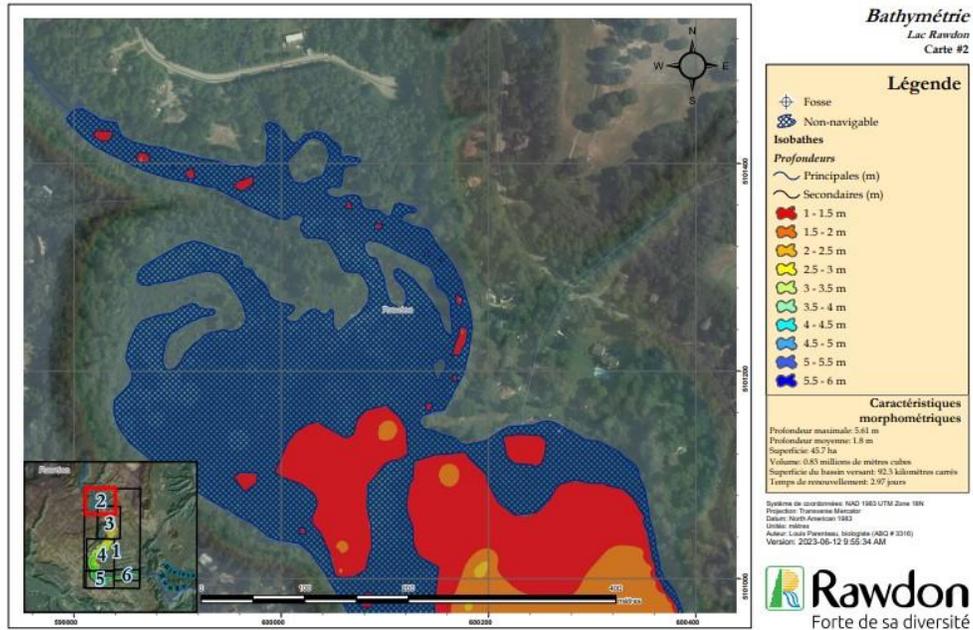
**REMERCIEMENTS**

Mme France Pontbriand, résidente de Rawdon (embarcation et photos anciennes)

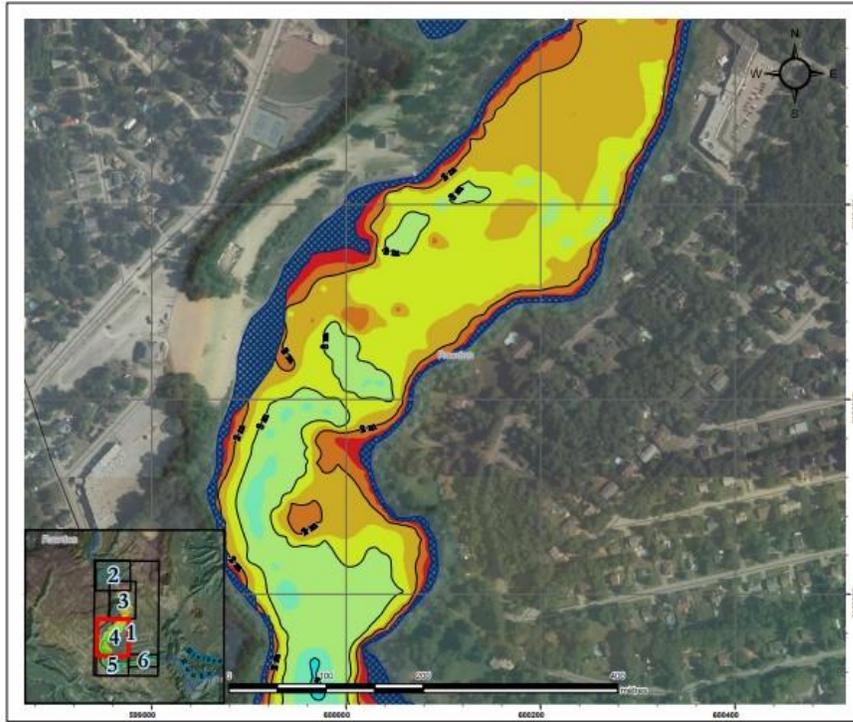
Mme Camille Turenne, stagiaire – environnement – Municipalité de Rawdon

Mme Beverly Prud'homme, résidente de Rawdon (photos anciennes)

ANNEXE 1



# AVIS TECHNIQUE : LAC RAWDON



**Bathymétrie**  
Lac Rawdon  
Carte #4

## Légende

- ⊕ Fosse
- ⊗ Non-navigable

### Isobathes

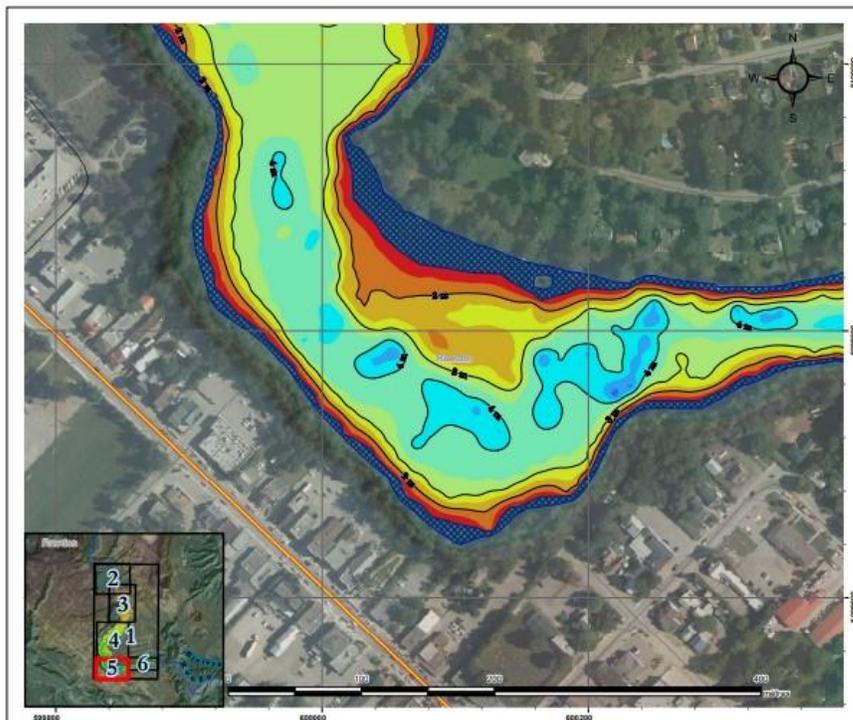
#### Profondeurs

- ~ Principales (m)
- ~ Secondaires (m)
- 1 - 1.5 m
- 1.5 - 2 m
- 2 - 2.5 m
- 2.5 - 3 m
- 3 - 3.5 m
- 3.5 - 4 m
- 4 - 4.5 m
- 4.5 - 5 m
- 5 - 5.5 m
- 5.5 - 6 m

### Caractéristiques morphométriques

Profondeur maximale: 5.61 m  
Profondeur moyenne: 1.8 m  
Superficie: 45.7 ha  
Volume: 0.83 millions de mètres cubes  
Superficie du bassin versant: 92.3 kilomètres carrés  
Temps de renouvellement: 2.97 jours

Système de coordonnées: NAD 1983 UTM Zone 18N  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: North American 1983  
Unité: mètres  
Auteur: Louis Parenteau, bathographe (ABQ # 3310)  
Version: 2023-06-12 9:55:34 AM



**Bathymétrie**  
Lac Rawdon  
Carte #5

## Légende

- ⊕ Fosse
- ⊗ Non-navigable

### Isobathes

#### Profondeurs

- ~ Principales (m)
- ~ Secondaires (m)
- 1 - 1.5 m
- 1.5 - 2 m
- 2 - 2.5 m
- 2.5 - 3 m
- 3 - 3.5 m
- 3.5 - 4 m
- 4 - 4.5 m
- 4.5 - 5 m
- 5 - 5.5 m
- 5.5 - 6 m

### Caractéristiques morphométriques

Profondeur maximale: 5.61 m  
Profondeur moyenne: 1.8 m  
Superficie: 45.7 ha  
Volume: 0.83 millions de mètres cubes  
Superficie du bassin versant: 92.3 kilomètres carrés  
Temps de renouvellement: 2.97 jours

Système de coordonnées: NAD 1983 UTM Zone 18N  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: North American 1983  
Unité: mètres  
Auteur: Louis Parenteau, bathographe (ABQ # 3310)  
Version: 2023-06-12 9:55:34 AM



# AVIS TECHNIQUE : LAC RAWDON

