

***EXPERTISE PROFESSIONNELLE***

---



***POUR LA MUNICIPALITÉ D'IRLANDE***

**ANALYSE HYDRO-SÉDIMENTOLOGIQUE  
DE L'ÉTANG STATER  
ET PROPOSITION D'INTERVENTIONS**

Miroslav Chum, ing., M.Sc.

*10 septembre 2015*





**POUR LA MUNICIPALITÉ D'IRLANDE**

**ANALYSE HYDRO-SÉDIMENTOLOGIQUE  
DE L'ÉTANG STATER  
ET PROPOSITION D'INTERVENTIONS**



*10 septembre 2015*

*Miroslav Chum*

**Miroslav Chum, inc.**  
3252, rue de la Baie-des-Sables  
Lac-Mégantic (Québec)  
G6B 1R6  
Tél. : (819) 554-8185 ou (418) 326-2186  
Courriel : miroslavchum@gmail.com

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>I</b>
<b>1. MISE EN SITUATION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LOCALISATION.....</b>	<b>2</b>
<b>3. DESCRIPTION DE LA ZONE À L'ÉTUDE .....</b>	<b>3</b>
3.1 Hydrographie .....	3
3.2 Sédimentologie .....	3
3.3 Évolution de l'Étang Stater .....	6
3.4 Bathymétrie de l'Étang Stater .....	7
3.5 Structure de retenue .....	8
<b>4. HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE.....</b>	<b>11</b>
4.1 Hydrologie .....	11
4.2 Crue de sécurité .....	13
4.3 Hydraulique de l'appareil d'évacuation .....	13
4.3.1 Situation actuelle .....	13
4.3.2 Situation projetée .....	14
<b>5. SCÉNARIOS D'INTERVENTION.....</b>	<b>16</b>
5.1 Scénario 1, Statu Quo.....	16
5.2 Scénario 2, Réduction des apports en sédiments.....	17
5.3 Scénario 3, Restauration du barrage .....	17

5.4	Scénario 4, Canal de dérivation.....	19
5.5	Scénario 5, Dragage de l'Étang Stater .....	19
<b>6.</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>20</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>21</b>

## **1. MISE EN SITUATION**

---

Ce document a été produit à la demande de la municipalité d'Irlande afin d'analyser la situation hydro-sédimentologique de l'Étang Stater et de proposer des travaux correctifs au besoin. Cette démarche a été initiée par les riverains du lac à la Truite, situé directement en aval de l'Étang Stater.

La structure de retenue de l'Étang Stater a été mise en place en 1955 pour capter une partie de sédiments provenant d'abondantes activités minières localisées en amont, dans le bassin de la rivière Bécancour. Le but visé de l'étang était de créer un volume d'eau suffisant pour diminuer considérablement la vitesse d'écoulement du cours d'eau et favoriser la déposition des sédiments. Actuellement, pratiquement tout le volume actif du plan d'eau est rempli. Les sédiments charriés par la rivière transitent la retenue de l'Étang Stater et sont déposés dans le plan d'eau plus en aval, le lac à la Truite. À son tour, ce lac subit un envasement intensif, qui risque de conduire à une forte dégradation, voire à sa disparition.

Les observations sur le terrain ont été effectuées aux mois de juin et juillet 2015 par un ingénieur. Sauf indication contraire, les photographies présentées dans ce document ont été prises lors des visites de terrain.

## 2. LOCALISATION

---

L'Étang Stater est situé dans la municipalité d'Irlande. Les plans 2 et 3 présentés en annexe donnent un aperçu de la localisation de la zone visée. Plus précisément, les coordonnées géographiques du centre de la digue sont N 46° 04' 36'' W 71° 28' 36''. L'exutoire de l'Étang Stater est facilement accessible par la route provinciale 265 et par un chemin privé localisé sur la crête de la digue. La photo 1 donne un aperçu du plan d'eau.



*Photo 1 Vue générale sur l'Étang Stater.*

### **3. DESCRIPTION DE LA ZONE À L'ÉTUDE**

---

#### **3.1 HYDROGRAPHIE**

L'Étang Stater est un modeste plan d'eau d'une superficie approximative de 1,30 km<sup>2</sup>. Au profil du barrage, le bassin versant draine une superficie de 400 km<sup>2</sup>. Mentionnons que les activités minières situées à la tête du bassin versant de la rivière Bécancour ont grandement perturbé le régime hydrologique et sédimentologique.

Le principal tributaire de l'Étang Stater, la rivière Bécancour, prend sa source à l'est de Thetford Mines. Directement en amont de l'étang, la rivière au Pin déverse également ses eaux dans le plan d'eau étudié. Approximativement un kilomètre en aval du barrage de l'Étang Stater, la rivière Bécancour se déverse dans le lac à la Truite. Par la suite, les eaux atteignent le lac William, quelque 6 kilomètres plus en aval.

#### **3.2 SÉDIMENTOLOGIE**

Naturellement, la vaste exploitation minière de la région a laissé des marques indélébiles sur le réseau hydrographique. Encore aujourd'hui, les apports en sédiments provenant des haldes minières sont très importants (photo 2). Une telle quantité de sédiments peut en un court laps de temps envahir des superficies considérables (photo 3). Lors des périodes de fort débit, les sédiments sont charriés à travers le réseau hydrographique, où ils forment des deltas pour être par la suite redistribués par le courant de la rivière Bécancour. De toute évidence, l'Étang Stater retenait anciennement une partie de ces résidus. Cependant, sa capacité maximale est actuellement atteinte et il ne remplit plus sa fonction.

En outre, une certaine quantité de matière est remise en suspension dans le bassin versant par des phénomènes naturels, tels que l'érosion des lits des cours d'eau et

l'érosion des surfaces. D'ailleurs, la région Chaudière-Appalaches est reconnue pour sa forte intensité de précipitations et pour sa dynamique érosive supérieure à la moyenne québécoise.



*Photo 2* Encore aujourd'hui, les dépôts miniers sont responsables d'un apport important de sédiments vers le réseau hydrographique.



*Photo 3 Un grand volume de sédiments se dépose dans les zones de ralentissement du courant, perturbant l'écosystème naturel.*



*Photo 4 Les sédiments forment de vastes deltas dans les cours d'eau avant d'être transportés plus en aval.*

### 3.3 ÉVOLUTION DE L'ÉTANG STATER

Selon la fiche technique du Centre d'expertise hydrique du Québec, la structure de retenue a été mise en place en 1955. Puisque le barrage se situe dans une vaste vallée et que la dénivelée initiale du barrage était inférieure à deux mètres, le plan d'eau ainsi créé était relativement peu profond.

Dès la mise en service du barrage, on a pu observer le déclenchement des processus sédimentologiques dans le réservoir. Mentionnons que la séquence des images aériennes prises entre les années 1928 et 2013 illustre l'envasement progressif de l'étang. On remarque que les premières années de mise en service sont caractérisées par le remplissage relativement rapide d'une grande superficie de retenue. La forte dynamique sédimentologique se manifeste également par le repositionnement fréquent des lits des cours d'eau.

Depuis les années 2000, il semble que la situation soit beaucoup plus stable. Premièrement, cette période correspond approximativement à la diminution des activités minières ; deuxièmement, le comportement de l'étang, au cours de ces années, est passé progressivement d'un milieu lacustre à un milieu fluvial. En effet, une telle quantité de sédiments transportés par le cours d'eau a entraîné une redéfinition du réseau hydrographique à l'intérieur de la retenue d'eau (photo 5). Actuellement, la rivière Bécancour traverse l'étang sans aucun ralentissement. Pour cette raison, les sédiments provenant de l'amont sont charriés par le déversoir jusqu'au lac à la Truite. Actuellement, en amont du lac à la Truite, on observe malheureusement la même évolution que dans l'Étang Stater, soit la création d'un cours d'eau à l'intérieur du plan d'eau. Même le lac William, situé à quelques kilomètres plus en aval, est affecté par ce phénomène.

Il nous semble évident qu'en l'absence d'intervention, le lac à la Truite et par la suite le lac William vont subir la même évolution que l'Étang Stater.



*Photo 5 Un milieu anciennement lacustre est actuellement rempli par des sédiments. Le réseau hydrographique est bien défini.*

### **3.4 BATHYMÉTRIE DE L'ÉTANG STATER**

Afin de statuer sur la morphologie du réservoir de l'Étang Stater, des relevés bathymétriques ont été réalisés au mois de juillet 2015. Le plan 4 montre la carte bathymétrique du plan d'eau.

La morphologie du fond du réservoir est typique des plans d'eau formés par l'érection d'une structure de retenue dans le lit d'un cours d'eau. Le chenal principal est relativement bien défini. Cependant, les zones littorales sont peu profondes et étalées, favorisant la croissance de la végétation aquatique et riveraine. Dans la partie amont du réservoir, une vaste zone de sédimentation est présente près de l'embouchure des rivières Bécancour et au Pin.

Curieusement, une zone de profondeur relativement importante a été identifiée dans la partie aval de l'étang. Les origines de cette dépression ne sont pas connues. Cependant, on remarque que même avant la construction du barrage, il y avait un petit plan d'eau à cet endroit.

Il est également à noter qu'une charge sédimentologique importante (par rapport aux dimensions du réservoir) peut modifier la morphologie du fond d'une année à l'autre. Habituellement, l'eutrophisation d'un plan d'eau et la déposition des sédiments réduisent progressivement le volume des plans d'eau. Par conséquent, dans l'avenir, le volume du réservoir risque de décroître.

### **3.5 STRUCTURE DE RETENUE**

Le barrage situé à l'exutoire de l'Étang Stater porte le numéro X2019109. Cette structure est composée d'une digue en terre et d'un déversoir en enrochement. La digue, d'une longueur approximative de 800 m, atteint une hauteur de 4,50 m entre son point le plus bas et sa crête. Mentionnons cependant qu'il est actuellement difficile de distinguer avec précision la transition entre la structure du barrage et le terrain environnant.

Les eaux du lac sont évacuées par un déversoir en enrochement d'une dénivelée de 1,30 m (photo 6). Les paramètres du déversoir sont montrés sur les plans no 6 et 7. On remarque que l'écoulement actuel se produit par trois déversoirs séparés. Même si nous ne possédons pas de plans du barrage, nous présumons que lors de sa mise en service, la crête déversante avait la même élévation sur toute la longueur, et que la formation des trois déversoirs a été créée par une érosion progressive de cette crête. Nous estimons que l'élévation de la crête dans les années cinquante était de 48,85 m. Il est à noter que la diminution du niveau d'eau du réservoir a encore davantage accéléré la dégradation de la capacité de rétention de sédiments de l'Étang Stater.

En général, la surface du déversoir est composée de grosses pierres. Une telle rugosité est favorable à la rétention des corps flottants (photo 8). À la suite d'une obstruction partielle, de nouvelles voies d'écoulement peuvent se créer.



*Photo 6 Vue de l'aval sur le déversoir.*



*Photo 7 Vue de l'amont sur le déversoir. On remarque la présence d'une végétation abondante dans le déversoir.*



*Photo 8 Des corps flottants peuvent partiellement obstruer le déversoir.*

## **4. HYDROLOGIE ET HYDRAULIQUE**

---

### **4.1 HYDROLOGIE**

Les données physiques et climatiques disponibles pour le bassin étudié sont présentées au tableau 1. On considère que le comportement du bassin possède un régime naturel, non influencé par la gestion des eaux ou par des interventions anthropiques majeures. Des analyses hydrologiques ont été élaborées pour l'exutoire du réservoir, au profil du barrage.

Le comportement hydrologique du bassin versant de l'Étang Stater a été analysé à l'aide de la méthode élaborée par Anctil. À titre d'exemple, selon cette méthode, le débit spécifique de la crue centenaire pour cette région est de l'ordre de  $0,66 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ . En considérant une superficie du bassin de  $400 \text{ km}^2$ , le débit de crue centenaire est de  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Le tableau 2 présente les débits pour les différentes récurrences pour la méthode retenue.

Tableau 1 Principaux paramètres physiques et climatiques du bassin versant de l'Étang Stater.

PARAMÈTRE	VALEUR
Superficie du bassin versant	400 km <sup>2</sup>
Longueur du plus long cours d'eau	30 km
Élévation à 10 % de la longueur du cours d'eau	200 m
Élévation à 85 % de la longueur du cours d'eau	350 m
Région hydrographique homogène	II
Intensité de précipitations	27 mm
Écart type (précipitations)	10 mm
Coefficient de laminage	0,95

Tableau 2 Débit de crue de différentes récurrences pour le bassin de l'Étang Stater.

RÉCURRENCE	DÉBIT SPÉCIFIQUE [m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ]	DÉBIT INSTANTANÉ [m <sup>3</sup> /s]	DÉBIT LAMINÉ [m <sup>3</sup> /s]
2	0,35	140	<b>133</b>
5	0,43	172	<b>163</b>
10	0,50	200	<b>190</b>
20	0,55	220	<b>209</b>
50	0,61	244	<b>232</b>
100	0,66	264	<b>251</b>
1000	0,79	316	<b>300</b>
10000	0,89	356	<b>338</b>

## 4.2 CRUE DE SÉCURITÉ

Dans la présente étude, étant donné que le barrage appartient aux barrages de '*forte contenance*' ayant des paramètres de conséquences '*minimales*', on considère la crue de sécurité comme une crue instantanée d'une récurrence de 100 ans (ou d'une probabilité de 0,01) laminée par les plans d'eau et les marécages du bassin. Nous retenons les résultats obtenus à l'aide de la méthode d'Antil pour les analyses ultérieures. Tout en considérant les limites de la méthode utilisée, nous estimons que **le débit de la crue de 100 ans est de 250 m<sup>3</sup>/s.**

## 4.3 HYDRAULIQUE DE L'APPAREIL D'ÉVACUATION

### 4.3.1 Situation actuelle

Actuellement, les eaux sont transitées par trois déversoirs présentant une longueur totale de crête déversante de 39 m. Seulement en période d'hydraulicité importante, la lame d'eau s'étale sur la totalité du déversoir, d'une longueur de 110 m. Cette situation se produit à partir d'un débit de 20 m<sup>3</sup>/s. Il est à noter que le déversoir est colonisé par des arbres matures qui réduisent considérablement les conditions d'écoulement et qui favorisent la déposition des corps flottants (photo 9).

À ce niveau d'analyse, nous n'avons pas considéré la réduction du débit par des conditions noyées auxquelles le barrage peut être exposé lors des périodes de fort débit. À titre d'information, cette réduction peut atteindre environ 15 %.

Les conditions actuelles d'écoulement sont montrées sur la figure 1.



*Photo 9 Lors des périodes de forte hydraulité, la totalité du déversoir contribue à l'évacuation de la crue. On remarque la forte rugosité causée par la présence d'arbres et de débris.*

#### **4.3.2 Situation projetée**

L'une des possibilités pour réduire la charge sédimentologique charriée en aval de l'Étang Stater est la consolidation du déversoir et le rétablissement de sa cote d'origine (voir plans 8 et 9).

En terme hydraulique, le déversoir reconstruit permettrait des conditions d'écoulement plus efficaces (surface plus lisse). La crête déversante projetée est située à une élévation de 48,80 m. La figure 1 compare la situation projetée aux conditions actuelles. On constate que pour les débits de forte ampleur, le niveau d'eau est similaire à la situation actuelle. Cette constatation nous permet d'affirmer que lors d'un rétablissement de la crête déversante au niveau d'origine, il ne serait pas nécessaire de rehausser la digue existante pour respecter la revanche prescrite.

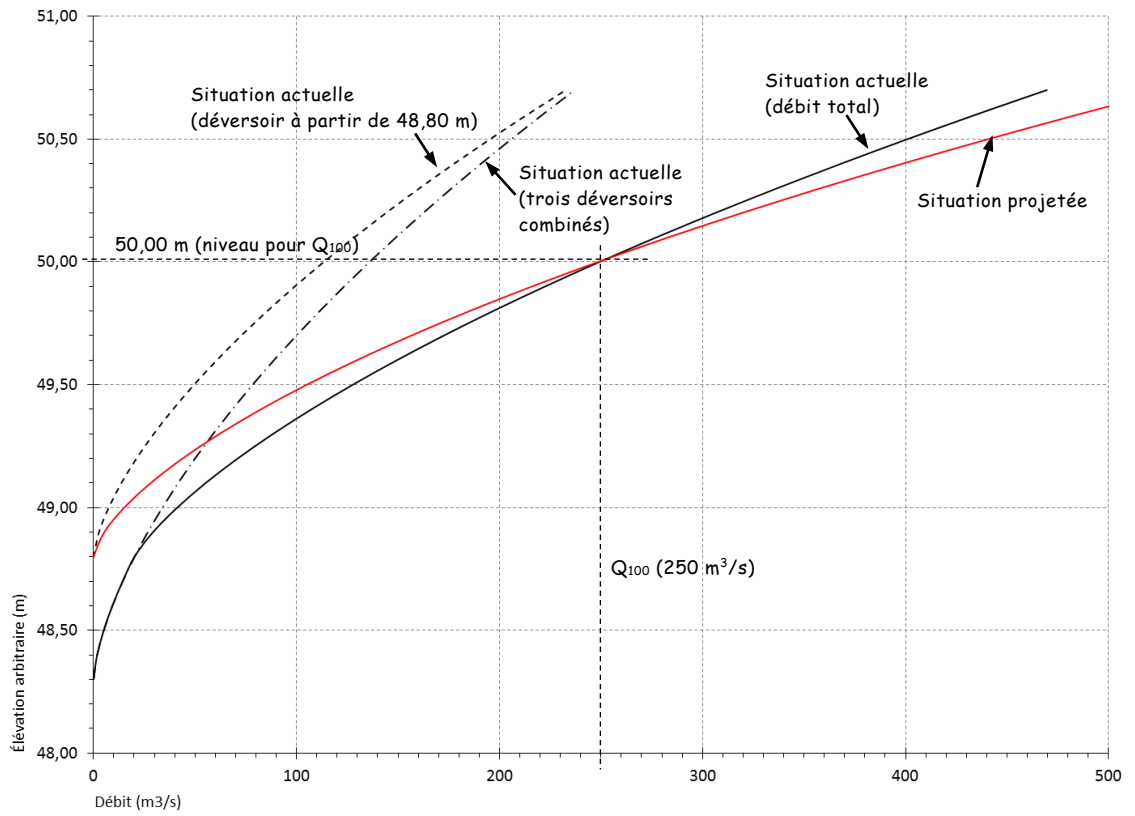


Figure 2 Capacité transitoire du déversoir en enrochement du barrage Étang Stater (situation actuelle et projetée).

## **5. SCÉNARIOS D'INTERVENTION**

---

Sur le plan hydro-sédimentologique, la solution au problème des fortes charges sédimentologiques transitées vers la série de lacs situés sur la rivière Bécancour en aval de l'Étang Stater (lac à la Truite, lac William, lac Joseph) n'est pas simple. Naturellement, plusieurs phénomènes naturels et anthropiques interfèrent et ils sont variables dans le temps et l'espace.

Sur le plan académique, il serait certainement intéressant de connaître avec exactitude la provenance et l'origine des sédiments. Cependant, il est évident que le problème d'envasement des plans d'eau existe et qu'il se transfère progressivement d'un lac à l'autre. Si nous considérons que la préservation des lacs à la Truite, William et Joseph est importante, une intervention relativement rapide devrait être retenue.

Voici quelques scénarios envisagés.

### **5.1 SCÉNARIO 1, STATU QUO**

En considérant qu'aucune intervention n'est réalisée, la situation hydro-sédimentologique des lacs à la Truite, William et Joseph va se dégrader lentement et graduellement. Étant donné que la capacité de rétention du l'Étang Stater a déjà été atteinte, nous n'anticipons pas des changements importantes à court terme pour ce plan d'eau.

Naturellement, ce scénario ne nécessite aucun investissement ni intervention.

## **5.2 SCÉNARIO 2, RÉDUCTION DES APPORTS EN SÉDIMENTS**

Comme constaté par plusieurs visites du bassin versant et confirmé par des études diverses, on retrouve une multitude de sources de sédiments dans la partie supérieure du bassin de la Bécancour. Même si on dénombre différents apports en sédiments, on devrait corriger en priorité les sources ponctuelles. En général, les sources ponctuelles sont faciles à localiser et une intervention peut être circonscrite sur un site relativement restreint. Par exemple, une intervention visant à réduire les apports provenant des haldes minières peut avoir une ampleur relativement restreinte, tout en procurant un gain considérable et mesurable au bilan sédimentologique de la rivière Bécancour.

Naturellement, les sources diffuses de sédiments ne devront pas être négligées pour autant. Cependant, considérant que la rapidité de l'intervention est un paramètre important, la priorité devrait être accordée aux apports connus et déjà identifiés.

## **5.3 SCÉNARIO 3, RESTAURATION DU BARRAGE**

Une augmentation du niveau d'eau actuel de l'Étang Stater d'environ 0,50 m peut considérablement augmenter la capacité de rétention de ce plan d'eau. Nous estimons que la superficie de l'étang peut doubler par rapport à la situation actuelle (voir le plan 10).

Afin de consolider le barrage et de rehausser le niveau du déversoir de 0,50 m par rapport à la situation actuelle, nous estimons le volume du matériel granulaire à 3 000 m<sup>3</sup>. Le tableau 3 expose une évaluation préliminaire des coûts pour la restauration du déversoir. Naturellement, l'élaboration des plans et devis serait nécessaire pour statuer avec une plus grande précision sur les aspects techniques et monétaires du projet.

De toute évidence, pour la réalisation de ce projet, il est nécessaire d'obtenir des certificats d'autorisation de différentes autorités. Mentionnons les plus importants :

- Ministère du développement durable, environnement et lutte contre les changements climatiques ;

- Centre d'expertise hydrique (Sécurité des barrages) ;
- Ministère de la faune, des forêts et des parcs ;
- Municipalité régionale de comté ;
- Municipalité.

Tableau 3 Estimé préliminaire des coûts de la restauration du déversoir de l'Étang Stater.

Préparation de la surface (dessouchage, entreposage de la matière organique)	27 heures (pelle mécanique 140 \$/h)	4 000 \$
Enrochement 3 000 m <sup>3</sup> (livré)	45 \$ / m <sup>3</sup>	135 000 \$
Pelle mécanique (chantier)	100 heures (140 \$/heure)	14 000 \$
Géomembrane	650 m <sup>2</sup> (13 \$/m <sup>2</sup> )	8 500 \$
Remise en état des lieux végétaux, semences		5 000 \$
Mobilisation du chantier		10 000 \$
Ingénierie et permis		15 000 \$
Arpentage et surveillance du chantier		8 000 \$
Divers et imprévus		15 000 \$
<b>TOTAL</b>		<b>214 500 \$</b>

#### **5.4 SCÉNARIO 4, CANAL DE DÉRIVATION**

Actuellement, une grande partie de l'étendue de l'Étang Stater ne contribue pas à la déposition des sédiments, se trouvant 'déconnectée' du cours d'eau par la déposition successive de sédiments. La réorientation de l'écoulement vers le centre du lac permettrait de retarder la détérioration des plans d'eau situés plus en aval. Cependant, le fort dynamisme sédimentologique de la zone empêche de statuer sur la durabilité d'un tel aménagement.

#### **5.5 SCÉNARIO 5, DRAGAGE DE L'ÉTANG STATER**

La solution la plus efficace pour augmenter la capacité de rétention de l'étang consisterait à draguer les sédiments déposés dans le passé. La principale contrainte est le volume énorme des matériaux à manipuler. Considérant la superficie d'intervention d'un kilomètre carré et d'une profondeur moyenne d'excavation de 1,0 m, le volume total atteint 1 000 000 m<sup>3</sup> (environ 140 000 voyages de camion). Étant donné que les sédiments peuvent être potentiellement contaminés, l'obtention des certificats d'autorisation peut s'avérer ardue.

## 6. CONCLUSION

---

L'Étang Stater a été mis en place afin de créer un volume d'eau suffisant pour favoriser la déposition des sédiments provenant de la partie supérieure du bassin versant. Depuis les années cinquante, ce plan d'eau avait effectivement des effets bénéfiques sur la rétention des matières en suspension et celles charriées lors des périodes de forte hydraulité.

Actuellement, la capacité de l'étang est atteinte. Le réseau hydrographique formé à l'intérieur du plan d'eau est responsable du transit direct des sédiments vers l'aval. On assiste donc à la formation de deltas dans le plan d'eau situé en aval, le lac à la Truite. Si aucune intervention significative n'est effectuée, le phénomène d'envasement va se propager encore plus en aval, au lac William.

Puisque le bassin versant de la rivière Bécancour a été fortement sollicité par des activités anthropiques pendant des décennies, le réseau hydrographique et le régime hydro-sédimentologique a subi une forte perturbation. Il est évident que pour améliorer la situation, les efforts déployés doivent être considérables.

## 7. RECOMMANDATIONS

---

À la lumière des observations et des analyses réalisées, nous recommandons de :

- 1) Restaurer le barrage existant de l'Étang Stater. Le rétablissement de la cote d'origine de la crête du barrage pourrait créer un volume d'eau supplémentaire de retenue de l'ordre de 300 000 m<sup>3</sup>. Ce volume contribuerait à la rétention des sédiments provenant de l'amont du bassin. Ce projet peut être réalisé relativement rapidement et il aurait des effets bénéfiques à court et moyen termes sur l'écosystème aquatique du réseau hydrographique de la rivière Bécancour.
- 2) Identifier des sources ponctuelles de sédiments et les consolider. Certaines sources ponctuelles des sédiments sont responsables d'une grande quantité de sédiments rejetés dans la rivière Bécancour. Puisque ces sources se présentent sur des superficies restreintes, les travaux de consolidation peuvent être réalisés sur des sites relativement circonscrits. En général, les interventions peuvent être réalisées à l'extérieur des cours d'eau.
- 3) Identifier des sources diffuses des sédiments et entreprendre des actions pour les réduire. Naturellement, afin de réduire les apports en sédiments à la rivière Bécancour et aux lacs situés en aval de l'Étang Stater, toutes les sources de sédiments devront être examinées et réduites au minimum. Déjà, des organismes du bassin versant tel que Grobec et des autorités telles que les municipalités et la MRC ont entrepris des actions en ce sens.

**ANNEXES**

---

*Annexe 1*

*Cartes et plans*

---