



---

**VILLE DE VICTORIAVILLE**

**ETUDE DE RESTAURATION DU RESERVOIR BEAUDET ET DE  
SON BASSIN VERSANT**

**RÉSULTATS DU PROGRAMME DE CARACTÉRISATION DE LA RIVIÈRE  
BULSTRODE ET DU RÉSERVOIR BEAUDET POUR 2013**

---

Préparé par :

Alain Durocher, ing. M.ing.  
No OIQ 36709

Myriam Mongrain, ing. B. Sc. Microbiologie  
No OIQ 110942

**DÉCEMBRE 2014**

Projet 0502-01

---

## Tables des matières

1	Introduction .....	3
2	Objectifs du mandat .....	3
3	Méthodologie .....	4
4	résultats et analyse .....	6
4.1	Tableaux de synthèse .....	6
4.2	Débits .....	8
4.3	pH .....	10
4.4	Température .....	11
4.5	Turbidité .....	12
4.6	Matières en suspension (MES) .....	13
4.6.1	Concentration .....	13
4.6.2	Charges .....	15
4.6.3	MES décantables et non décantables .....	16
4.7	Phosphore total .....	17
4.8	Formes azotées Azote Kjeldahl et nitrites-nitrates .....	18
4.9	Carbone organique total (COT) et coliformes fécaux .....	20
5	Conclusion et recommandations .....	22
5.1	Conclusion .....	22
5.2	Recommandations .....	22

## Liste des figures

Figure 4.1:	Débits au barrage Ste-Sophie et Barrage Beaudet .....	9
Figure 4.2:	Relation entre les débits au barrage Ste-Sophie et Barrage Beaudet .....	9
Figure 4.3:	pH .....	10
Figure 4.4:	Température .....	11
Figure 4.5:	Turbidité .....	12
Figure 4.6:	MES (Concentration) .....	14
Figure 4.7:	MES (Charges avec valeurs du 3 septembre) .....	15
Figure 4.8:	MES (Charges sans les valeurs du 3 septembre) .....	16
Figure 4.9:	MES (Charges solides décantables) .....	17
Figure 4.10:	Phosphore total .....	18
Figure 4.11:	Azote Kjeldahl .....	19
Figure 4.12:	Nitrites-nitrates .....	19
Figure 4.13:	Carbone organique total (COT) .....	21
Figure 4.14:	Coliformes fécaux .....	21

## Liste des tableaux

Tableau 4.1:	Valeurs moyennes pour période à l'étude (sauf valeurs du 3 septembre) .....	6
Tableau 4.2:	Valeurs maximales pour période à l'étude (sauf valeurs du 3 septembre) .....	7
Tableau 4.3:	Valeurs pour le 3 septembre 2013, avec une pluie de 46,8 mm la veille .....	7

## 1 INTRODUCTION

Le projet de restauration du réservoir Beaudet et de son bassin versant se traduira au fil des prochains 10-20 ans par une multitude de travaux correctifs visant à réduire les apports en sédiments et autres substances vers le réservoir.

Pour évaluer l'efficacité des mesures qui seront réalisées, il est essentiel d'avoir un portrait initial des apports actuels au réservoir. Éventuellement, un programme de caractérisation annuel devrait être implanté à même le futur programme de suivi du réservoir pour suivre l'évolution des apports provenant du bassin versant.

Ce mandat a été réalisé conjointement avec le personnel de la station de filtration d'eau potable. Le rapport présente la synthèse des résultats obtenus au cours de la saison de mesures 2013 (1<sup>er</sup> avril 2013 au 16 octobre 2013). Les conclusions et recommandations de ce rapport serviront à corriger la méthodologie utilisée et à planifier les prochaines caractérisations.

## 2 OBJECTIFS DU MANDAT

Les objectifs du mandat se résument comme suit:

1. Établir un premier portrait des débits, concentrations et charges de certains paramètres véhiculés par la rivière Bulstrode jusqu'au réservoir Beaudet;
2. Comparer les apports véhiculés par la rivière avec ceux quittant le réservoir Beaudet;
3. Énoncer des conclusions préliminaires et des recommandations pour les prochaines années de caractérisation.

### 3 METHODOLOGIE

La méthodologie a été développée et mise à l'essai au cours de l'été 2012. Elle a été planifiée pour tenir compte des disponibilités du personnel de la station de filtration pour échantillonner et faire procéder aux analyses.

Trois points d'échantillonnage ont été retenus et sont décrits en détail à l'annexe 1.

Le premier point se situe au barrage de Ste-Sophie. Ce point géographique sert de délimitation arbitraire entre le secteur forestier et le secteur agricole du bassin versant. À partir de ce point, on quitte la zone montagneuse de pentes fortes pour la zone agricole de plaines. L'échantillonnage à ce point permettra de quantifier les apports du secteur forestier et plus tard d'évaluer l'efficacité des travaux de restauration effectués.

Le barrage de Ste-Sophie est un ouvrage privé et l'accès nous a été cordialement offert par le propriétaire. La ville a effectué quelques travaux de réfection du seuil de béton ainsi que la mise en place d'une sonde de mesure du niveau d'eau au-dessus de ce seuil. À partir de là, des équations simples de seuil (voir Annexe 1) ont été utilisées pour estimer le débit en temps réel au barrage Ste-Sophie. Nous n'avons pas la prétention de croire que ces équations sont parfaites, mais elles sont suffisantes à cette étape pour atteindre les objectifs de cette première caractérisation.

Le deuxième point de mesure se situe au niveau de la passerelle à l'entrée du réservoir Beaudet. À ce point nous n'avons pas de mesure de débit et nous avons assumé que le débit à ce point était équivalent au débit sortant au barrage. La caractérisation à ce point se veut la **somme** des apports forestiers et agricoles. En soustrayant les apports mesurés au barrage de Ste-Sophie, nous serons en mesure d'estimer les apports du secteur agricole.

Finalement, le dernier point d'échantillonnage retenu se situe au barrage même du réservoir Beaudet. En comparant les résultats de ce point avec ceux mesurés à la passerelle, nous espérons pouvoir évaluer l'effet de décantation du réservoir ou encore d'apports générés par le réservoir.

La méthodologie retenue est la suivante:

#### Points d'échantillonnage

1. **Barrage Beaudet**
2. **Passerelle entrée réservoir Beaudet**
3. **Barrage Ste-Sophie**, rue Poirier

## **Type d'échantillon**

Instantané

## **Fréquence**

1 fois/ semaine (sauf en hiver quand il y a couvert de glace)

Événements spéciaux à caractériser durant une année (fréquence plus élevée)

- Débit de pointe après une forte pluie en été
- Crue printanière

## **Paramètres à échantillonner**

Échantillonnage et prise de lecture

- Date et heure de l'échantillonnage,
- Débit au barrage Ste-Sophie (télémetrie Victo) à l'heure de la prise d'échantillon
- Débit au barrage Beaudet à l'heure de la prise d'échantillon

Paramètres

- Précipitation (Moyenne de trois stations: Princeville -2, Arthabaska et St-Ferdinand)
- Débit
- pH
- Température de l'eau
- Turbidité
- MES totales
- MES décantables et non-décantables
- Phosphore total
- NTK
- NO<sub>2</sub>-NO<sub>3</sub>
- Carbone organique total
- Coliformes fécaux

## 4 RESULTATS ET ANALYSE

Les données présentées dans ce rapport sont le résultat d'un premier effort intensif pour caractériser les apports des différents secteurs de la rivière Bulstrode. Une mise en garde s'impose dans l'analyse et l'interprétation que l'on pourra en faire. La répétition de programme de caractérisation lors des prochaines années permettra de réaliser une analyse statistique des données et appuyer l'analyse des résultats.

### 4.1 Tableaux de synthèse

Le tableau 4.1 présente la synthèse des valeurs moyennes mesurées aux 3 points d'échantillonnage pour la période du 1er avril au 16 octobre 2013, mais en excluant les valeurs du 3 septembre en relation avec la pluie du 2 septembre 2013.

Le tableau 4.2 présente les valeurs maximales observées toujours en excluant les valeurs du 3 septembre.

Finalement le tableau 4.3, traite exclusivement des valeurs mesurées le 3 septembre et associées à la pluie du 2 septembre 2013. Il est important de garder à l'esprit que nous avons des mesures uniquement pour le 3 septembre et aucune donnée pour les journées du 2, 4 et 5 septembre ce qui aurait pu modifier l'interprétation des résultats.

Dans les sections suivantes, on reprendra un à un les principaux paramètres et ceux-ci seront discutés en tenant compte des valeurs de ces trois tableaux.

**Tableau 4.1: Valeurs moyennes pour période à l'étude (sauf valeurs du 3 septembre)**

Paramètres	Unités	Barrage Beudet	Passerelle entrée réservoir Beudet	Barrage Ste-Sophie
Précipitations totales	mm	Moyenne 3,75 mm/d de pluie pour la période		
Débit moyen journalier	m <sup>3</sup> /s	10,2	---	9,9
pH		7,9	8,1	7,7
Température	°C	17,1	16,1	14,0
Turbidité	NTU	14,6	4,8	2,5
MES				
Concentration	mg/L	14,4	6,0	4,8
Charges	Kg/d	7 800	3 500	4 200
MES non-décantables	Kg/d	4 100	2 400	3 400
MES décantables	Kg/d	3 700	1 100	800
% décantables	%	40	25	12
Phosphore total	mg/L P	0,04	0,04	0,02
Azote total kjeldahl	mg/L N	0,70	0,50	0,36
Nitrites - nitrates	mg/L N	0,65	0,55	0,29
Carbone Organique Total	mg/L	4,6	4,1	3,1
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	251	86	84

**Tableau 4.2: Valeurs maximales pour période à l'étude (sauf valeurs du 3 septembre)**

Paramètres	Unités	Barrage Beaudet	Passerelle entrée réservoir Beaudet	Barrage Ste-Sophie
Précipitations totales	mm	Moyenne 3,75 mm/d de pluie		
Débit moyen journalier	m <sup>3</sup> /s	86,6	---	105,6
pH		8,3	8,6	8,1
Température	°C	25	23	22
Turbidité	NTU	78	14	9
MES				
Concentration	mg/L	68	13	13
Charges	Kg/d	46 800	15 100	25 900
MES non-décantables	Kg/d	18 200	12 139	17 600
MES décantables	Kg/d	27 600	7 000	5 700
% décantables	%	77	73	68
Phosphore total	mg/L P	0,09	0,34	0,05
Azote total kjeldahl	mg/L N	1,5	1,1	1
Nitrites - nitrates	mg/L N	2,2	1,1	2,0
Carbone Organique Total	mg/L	6,8	6,7	5,0
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	760	360	300

**Tableau 4.3: Valeurs pour le 3 septembre 2013, avec une pluie de 46,8 mm la veille**

Paramètres	Unités	Barrage Beaudet	Passerelle entrée réservoir Beaudet	Barrage Ste-Sophie
Précipitations totales	mm	46,8 mm de pluie la veille		
Débit moyen journalier	m <sup>3</sup> /s	50,4	---	8,6
pH		7,5	7,5	7,5
Température	°C	16	16	15
Turbidité	NTU	7,58	62,2	32,2
MES				
Concentration	mg/L	85	87	37
Charges	Kg/d	370 000	379 000	28 000
MES non-décantables	Kg/d	187 000	283 000	19 000
MES décantables	Kg/d	183 000	96 000	9 000
% décantables	%	49	25	34
Phosphore total	mg/L P	0,11	0,10	0,05
Azote total kjeldahl	mg/L N	0,86	1,03	0,63
Nitrites - nitrates	mg/L N	0,33	0,63	0,16
Carbone Organique Total	mg/L	10,0	9,4	7,7
Coliformes fécaux	UFC/100 ml	1 400	1 400	270

## 4.2 Débits

L'analyse du paramètre "débit" à partir de la figure 4.1 et des données des tableaux 4.1 à 4.3 fait ressortir les points suivants:

1. Les équations utilisées pour estimer les débits au barrage Ste-Sophie génèrent des valeurs réalistes par rapport à ceux mesurés au barrage Beaudet. Pour l'ensemble de la période, le débit moyen au barrage Ste-Sophie est de 9,9 m<sup>3</sup>/s alors qu'il est de 10,2 m<sup>3</sup>/s au barrage Beaudet;
2. Même sans calibration du seuil, les débits estimés au barrage Ste-Sophie en temps réels pourraient être utilisés comme 'input' à la gestion des débits du barrage Beaudet.
  - a. La figure 4.2 montre cependant que les données de débits à Ste-Sophie ne peuvent prédire en tout temps le débit au barrage Beaudet. La grandeur du territoire fait en sorte que s'il ne pleut pas sur le secteur forestier, mais seulement sur le secteur agricole, alors l'instrumentation au barrage Ste-Sophie ne pourra avertir du débit en approche vers le réservoir Beaudet. La zone rouge indiquée sur la figure 4.2 est probablement représentative de ces situations;
  - b. C'est d'ailleurs exactement ce qui a été observé lors de la pluie du 2 septembre. Le tableau 4.3 montre clairement que le débit au barrage Ste-Sophie reste proche de sa moyenne à 8,6 m<sup>3</sup>/s alors que le débit au réservoir Beaudet augmente à 50 m<sup>3</sup>/s avec une hausse significative des charges en sédiments; la pluie est tombée en secteur agricole;
  - c. En revanche s'il y a hausse du débit au barrage Ste-Sophie, la relation pour prédire une hausse du débit en approche au réservoir Beaudet est très bonne (voir à la figure 4.1 la pluie à la fin mai 2013);
  - d. L'analyse exhaustive des données pour chaque cas dépasse l'envergure de ce mandat, mais il est clair que les données du barrage de Ste-Sophie pourraient être un atout à la gestion du barrage Beaudet;
3. La figure 4.1 montre que des précipitations élevées ne se traduisent pas automatiquement par des débits élevés. L'inverse est aussi vrai. Le niveau de saturation des sols est un facteur majeur dans la réponse du bassin à une pluie.

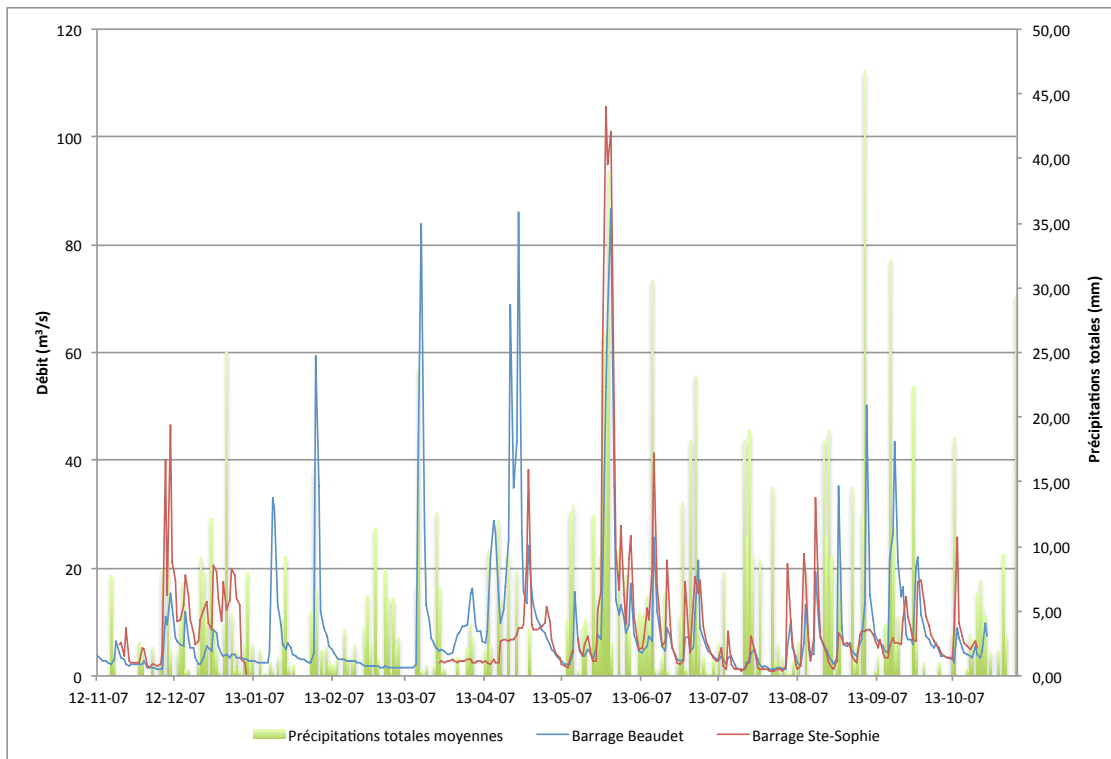


Figure 4.1: Débits au barrage Ste-Sophie et Barrage Beaudet

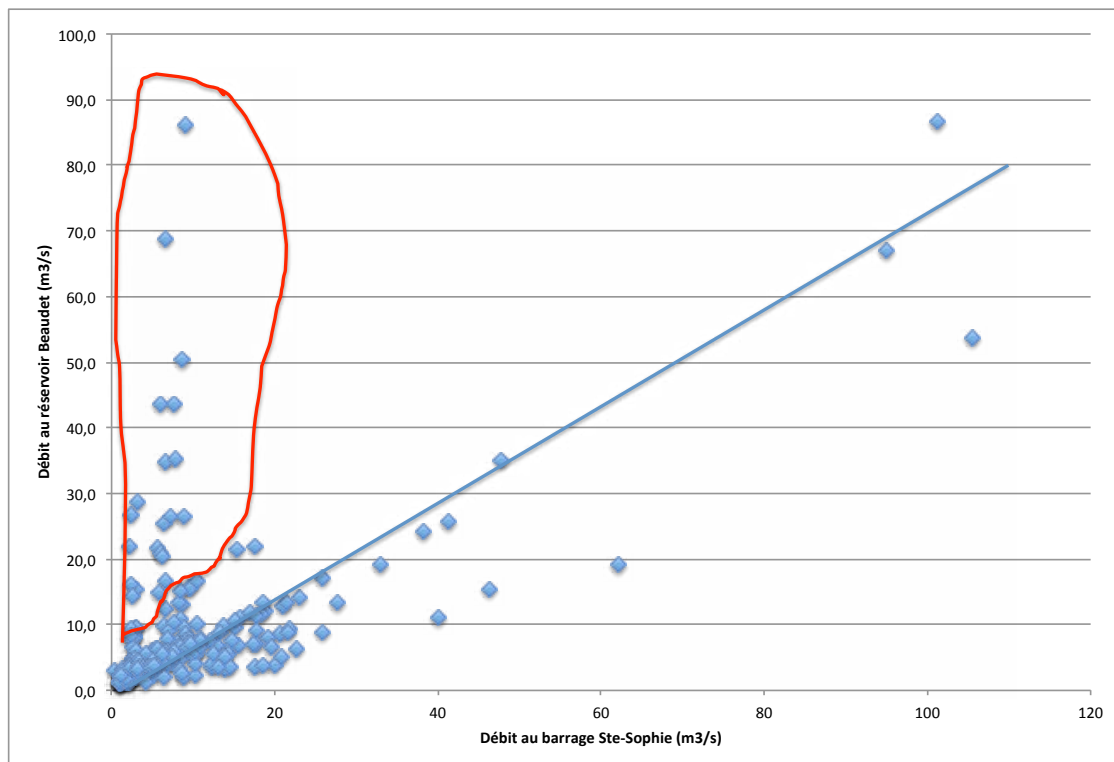


Figure 4.2: Relation entre les débits au barrage Ste-Sophie et Barrage Beaudet

### 4.3 pH

L'analyse du paramètre "pH" à partir de la figure 4.3 et des données des tableaux 4.1 à 4.3 fait ressortir les points suivants:

1. Le pH des eaux de la rivière Bulstrode est du côté alcalin, même en secteur forestier (moyenne 7,7);
2. Le passage de la rivière en secteur agricole accroît le pH des eaux (moyenne 8,1);
3. L'arrivée des eaux dans le réservoir Beaudet entraîne une baisse du pH (moyenne de 7,9). La présence de matières organiques mortes dans le réservoir pourrait être responsable de cette légère acidification;
4. La tendance ci-dessus est reproduite également au niveau des valeurs maximales (8,1-8,6-8,3);
5. Au tableau 4.3, on peut constater que la pluie du 2 septembre entraîne une uniformisation du pH sur toute la longueur de la rivière incluant le réservoir.

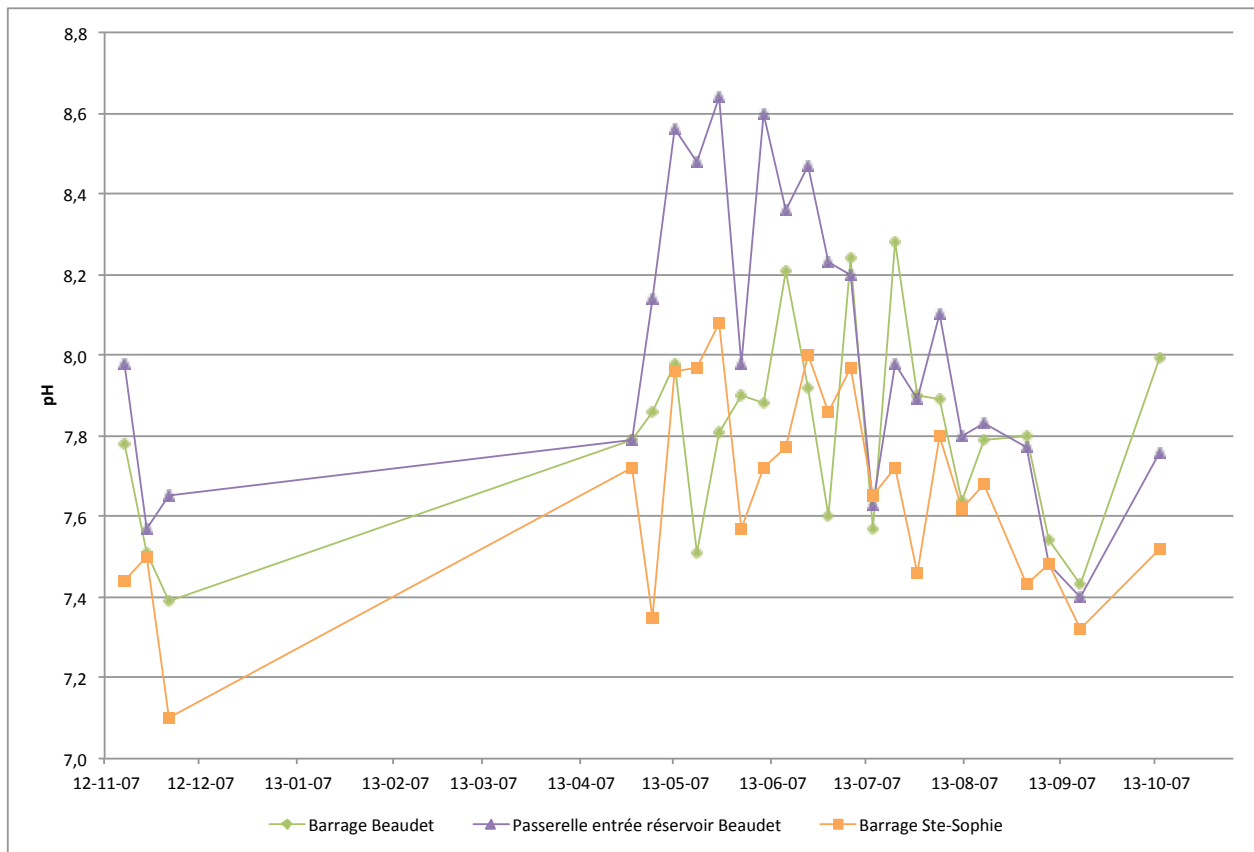


Figure 4.3:pH

## 4.4 Température

L'analyse du paramètre "Température" à partir de la figure 4.4 et des données des tableaux 4.1 à 4.3 fait ressortir les points suivants:

1. On observe une hausse moyenne de la température des eaux de 2°C (14 à 16,1°C) entre le barrage Ste-Sophie et la passerelle à l'entrée du réservoir, donc le secteur agricole;
2. La rétention des eaux dans le réservoir Beaudet contribue pour une hausse additionnelle de 1°C (16,1 à 17,1°C);
3. La tendance ci-dessus est reproduite également au niveau des valeurs maximales (22-23-25°C);
4. Au tableau 4.3, on peut constater que la pluie du 2 septembre entraîne une uniformisation des températures sur toute la longueur de la rivière incluant le réservoir entre 15 et 16 °C.

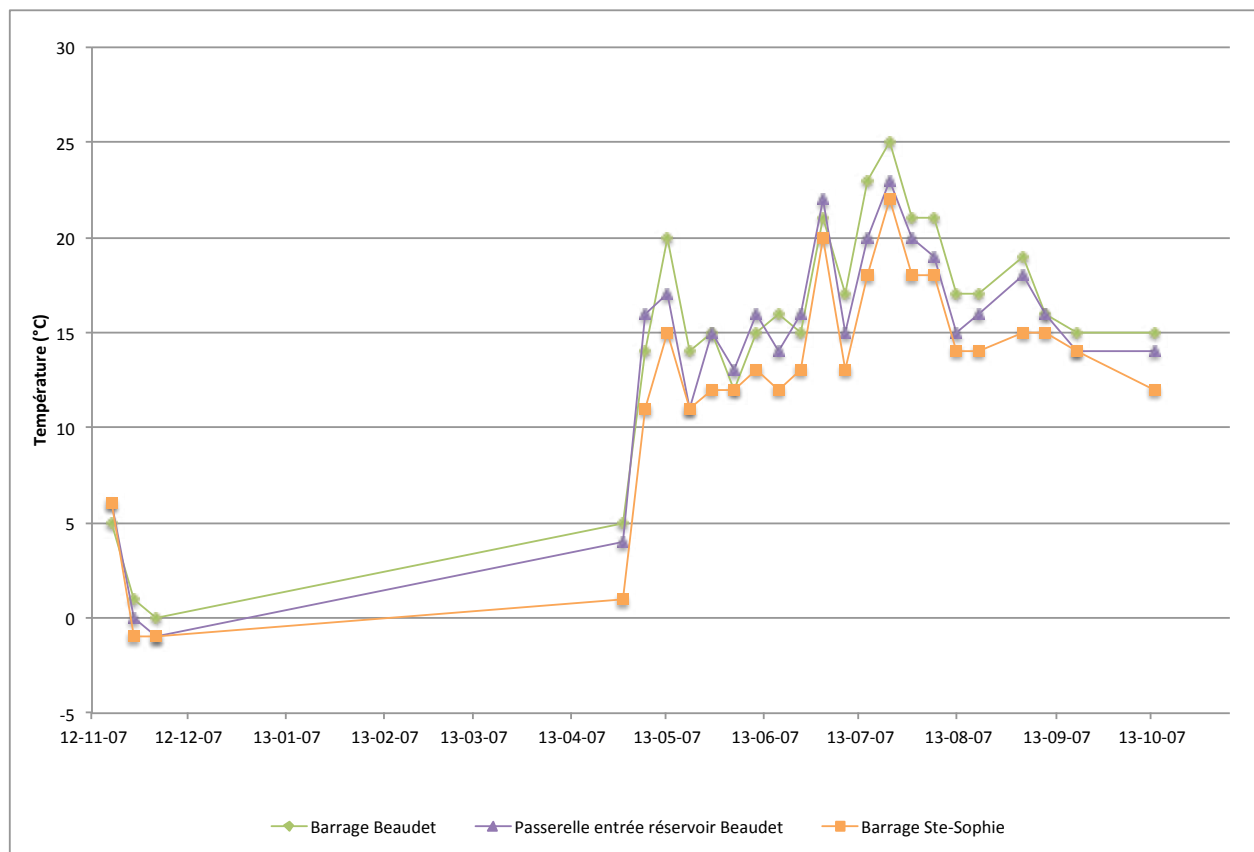


Figure 4.4: Température

## 4.5 Turbidité

L'analyse de la figure 4.5 et des données des tableaux 4.1 à 4.3 fait ressortir les points suivants pour le paramètre "turbidité":

1. À l'exception d'un événement associé à la pluie du 2 septembre, la turbidité des eaux en provenance du secteur forestier est excellente avec une moyenne de 2,5 NTU);
2. Le passage en secteur agricole se traduit par une légère hausse de la turbidité avec une moyenne de 4,8 NTU à la passerelle;
3. En revanche, la hausse est plus prononcée à l'intérieur même du réservoir avec une moyenne qui passe de 4,8 NTU à 14,6 NTU. La croissance d'algues et de plantes aquatiques, la dégradation de la matière organique morte pourraient expliquer cette hausse;
4. La même tendance est observée pour les valeurs maximales (9-14-78 NTU);
5. Au tableau 4.3, on peut constater que la pluie du 2 septembre entraîne une hausse de la turbidité en provenance du secteur forestier (32 NTU) et à la passerelle (secteur forestier + secteur agricole) (62 NTU), mais sans encore avoir affecté celle du réservoir (7,6 NTU). Cette valeur est toutefois discutable, car on verra à la section suivante que les MES étaient déjà en hausse et mesurées au réservoir. Toutefois, ce qui est plus important de constater est que l'évaluation des impacts d'une pluie doit se faire sur plusieurs jours consécutifs et non sur une seule journée.

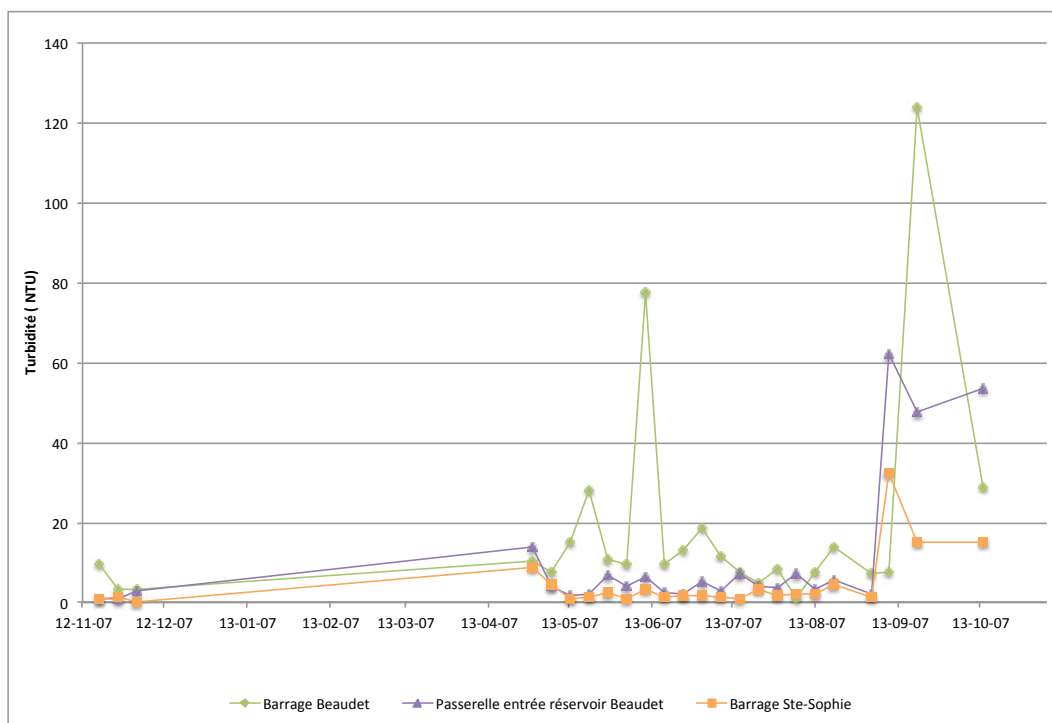


Figure 4.5: Turbidité

## 4.6 Matières en suspension (MES)

L'analyse des données de matières en suspension (MES) charriées par la rivière sera faite sous l'angle des concentrations, des charges et des solides décantables et non-décantables.

### 4.6.1 Concentration

De l'analyse de la figure 4.5, et des données des tableaux 4.1 à 4.3, on peut tirer les points suivants pour le paramètre "MES- concentration":

1. Les valeurs de MES des eaux en provenance du secteur forestier sont basses avec une moyenne de 4,8 mg/L;
2. Le même constat s'applique pour les MES à la passerelle (moyenne de 6,0 mg/l) et une moyenne légèrement plus élevée au barrage (14,4 mg/l). Ici encore on peut supposer que l'activité biologique dans le réservoir peut être responsable de cette hausse;
3. Il est clair toutefois que la situation change lorsque les pluies (ou le résultat net d'emportement de solides d'une pluie) sont plus importantes. Au tableau 4.3, on peut constater que la pluie du 2 septembre entraîne une hausse des MES en provenance du secteur forestier (37 mg/L) et à la passerelle (agricole et forestier) (87 mg/l). Cela se répercute par une concentration similaire à la sortie du barrage à 85 mg/l;
4. Pour expliquer que les concentrations et les charges (voir section suivante) à la passerelle et au barrage sont semblables, il faut que la rivière passe directement au barrage ou que le réservoir entier atteigne une concentration d'équilibre et ce qui entre égale ce qui sort.

Malheureusement nous n'avons pas de donnée pour étayer l'une ou l'autre de ces hypothèses. Ce que l'on sait toutefois c'est que lors d'épisodes où la rivière charrie de grandes quantités de solides, le réservoir entier devient turbide et de couleur brunâtre ce qui laisse supposer un potentiel d'uniformisation des concentrations des MES.

Sur ce point nous savons que le volume liquide du réservoir en 2014 est de 1000000 m<sup>3</sup>, soit 550 000 m<sup>3</sup> de moins qu'en 1977 (Étude de Lemay, 2014). Avec un débit moyen annuel de 8 m<sup>3</sup>/s, le temps de rétention moyen du réservoir est de 1,44 jour. Lors de la pluie du 2 septembre 2013, le débit moyen quotidien enregistré au barrage était de 50 m<sup>3</sup>/s; le temps de rétention était alors réduit à 5,5 heures. Lorsque l'on sait que le débit de la rivière peut atteindre plus de 200 m<sup>3</sup>/s, il arrive donc que le temps de rétention du réservoir soit moins de 1 heure.

Ici, la notion de mélange complet et de remise en suspension de solides déposés est très probable. Une analyse avec un traceur (rhodamine, ou à la limite les MES, etc.) permettrait de mieux comprendre le comportement hydraulique du réservoir et le processus de remplissage du réservoir.

S'il y a "mélange complet" du réservoir, la concentration dans le réservoir atteindra une concentration "à l'équilibre" en relation avec la concentration entrante. Une fois la pluie passée, le réservoir Beaudet devient alors un gigantesque décanteur "statique" de 1 000 000 m<sup>3</sup> à une concentration "x" en solides décantables. Une couche de sédiments se dépose jusqu'à la prochaine et ainsi de suite.

Il est clair que le programme de caractérisation devra être bonifié pour permettre une analyse de ce qui se passe dans le réservoir lors d'une pluie (durée du suivi allant du jour 1 au débit de base jusqu'au jour "y" avec retour au débit de base).

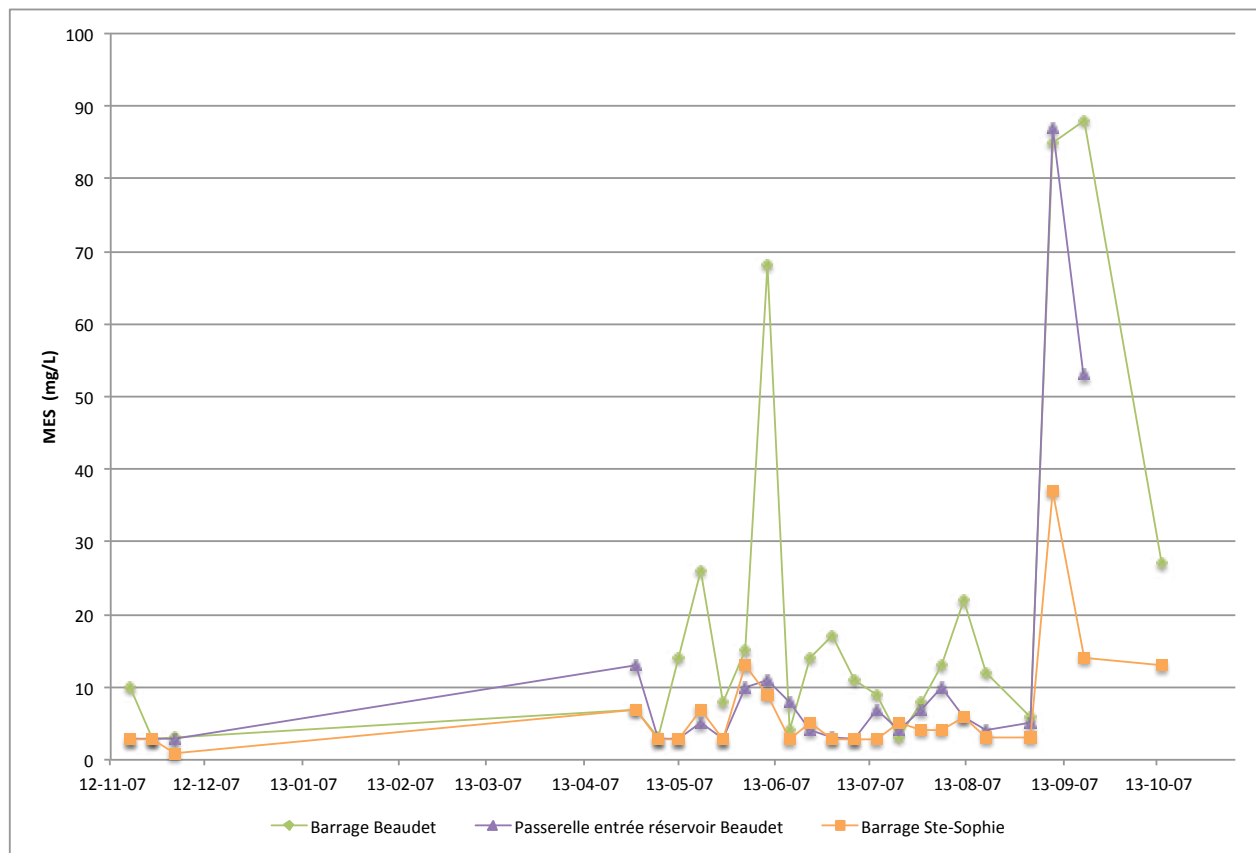


Figure 4.6: MES (Concentration)

### 4.6.2 Charges

Les figures 4.7 et 4.8 sont les mêmes sauf que la figure 4.7 est présentée pour faire ressortir l'écart spectaculaire de solides charriés par la rivière lors de certains événements de pluies par rapport à la moyenne.

Pour la période à l'étude, la charge moyenne en MES à la passerelle est de 3500 kg/d alors qu'elle est de 379 000 kg/d lors du 3 septembre (Q moyen de 50 m<sup>3</sup>/s). On peut supposer que des situations encore plus sévères (on a eu près de 600 mg/l de MES en 2005 contre 85 mg/l le 3 septembre 2013) se produisent, mais le programme de caractérisation mis à l'essai en 2013 n'a pas permis de les faire ressortir.

Il est intéressant de constater que les données du tableau 4.1 et la figure 4.8 révèlent qu'il y a plus de solides qui sortent du réservoir (7800 kg/d en moyenne) comparativement à ce qui entre (3500 kg/d). Ceci va dans le sens de plusieurs références qui rapportent que la production de biomasse dans un réservoir peut être une cause très importante de remplissage d'un réservoir. Conséquemment, le bilan massique, entre l'entrée et la sortie du réservoir, est incomplet, car il ne tient pas compte de l'accumulation de biomasse déposée dans le fond du réservoir chaque année.

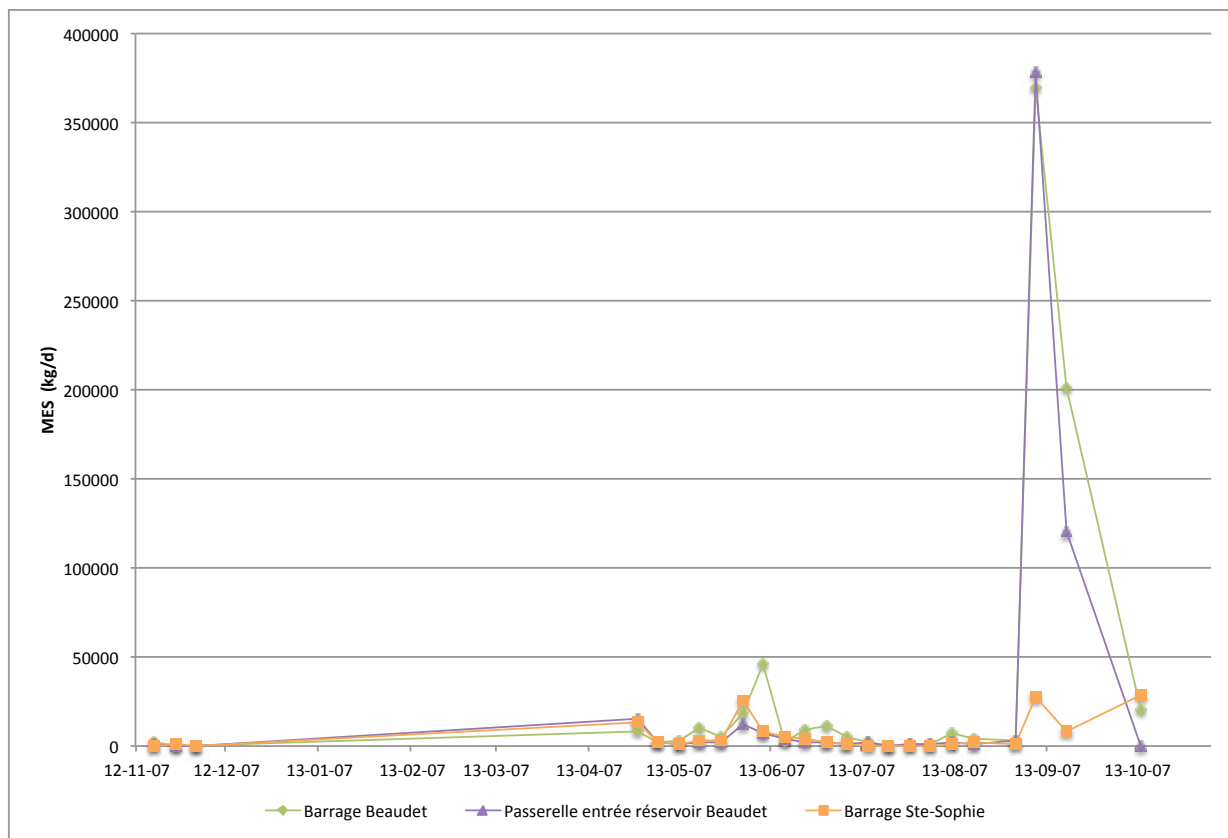


Figure 4.7: MES (Charges avec valeurs du 3 septembre)

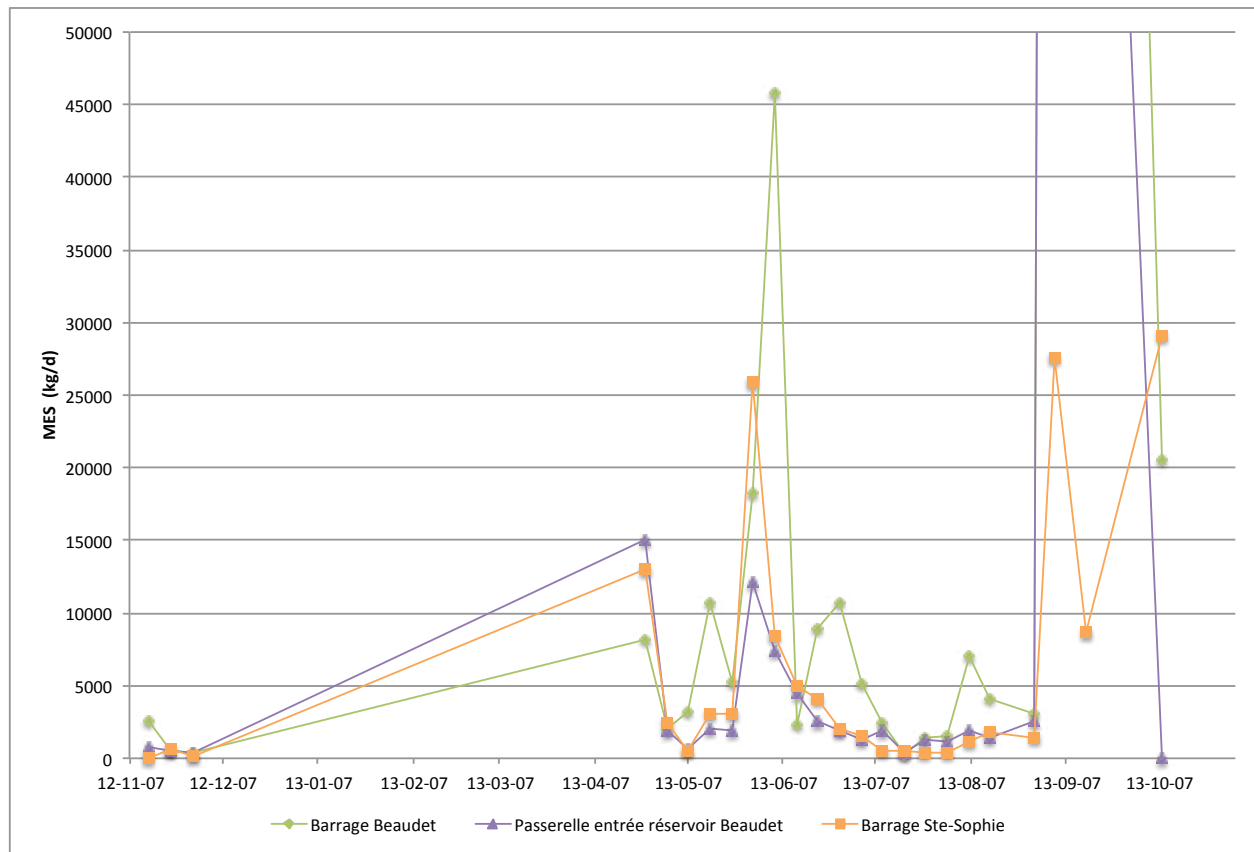


Figure 4.8: MES (Charges sans les valeurs du 3 septembre)

#### 4.6.3 MES décantables et non décantables

Au cours du programme de caractérisation nous avons étudié la notion de solides décantables et non-décantables afin de faire un ressortir des éléments de réponses au phénomène de remplissage du réservoir.

Les données des tableaux 4.1. à 4.3 et la figure 4.9 font ressortir que:

1. Les MES en provenance du secteur forestier sont décantables à seulement 12%. Cette fraction augmente à 25% à la passerelle (secteur forestier + agricole) et à 40% à la sortie du réservoir;
2. Les résultats ci-dessus vont dans le sens que les solides en provenance du secteur forestier sont plus du type colloïdal (feuilles mortes décomposées. Etc.). En passant par le secteur agricole, où l'érosion de solides plus grossiers (silt, sable fin) est plus importante, la fraction décantable augmente. Dans le réservoir, les solides biologiques produits semblent donc aussi avoir une propension plus importante à la décantation.

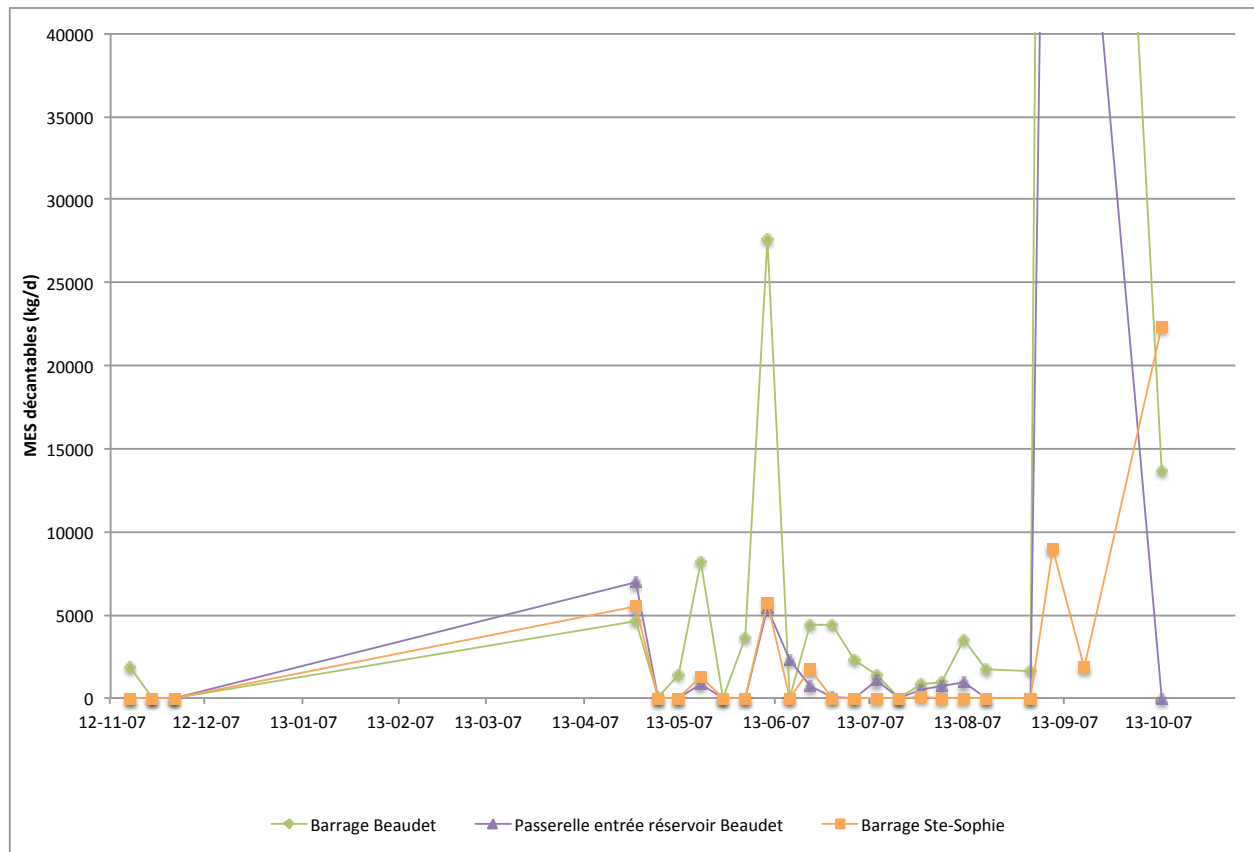


Figure 4.9: MES (Charges solides décantables)

## 4.7 Phosphore total

L'analyse de la figure 4.10 semble faire ressortir qu'il y a "production" de phosphore au niveau du réservoir (on voit une tendance avec un seuil 0,02 mg/l pour le secteur forestier et la passerelle et un seuil 0,04 mg/l pour le réservoir).

Le phosphore n'est pas une substance qui peut être produite. Les variations de ce paramètre au niveau du réservoir sont nécessairement reliées à un bilan massique d'intrants, d'extrants, d'utilisation/relargage par les plantes et même de phosphore accumulé dans les sédiments du réservoir.

Le programme de caractérisation de 2013 fait ressortir qu'il faut aller plus loin dans l'étude de ce paramètre. Il s'agit d'un point important, car le phosphore est considéré comme le facteur limitatif à la croissance des plantes. Plusieurs études ayant révélé que le taux de remplissage d'un réservoir pourrait provenir en forte proportion du cycle annuel de croissance/mortalité des planques aquatiques, on ne peut pas passer à côté d'une meilleure compréhension du rôle de ce paramètre dans le réservoir Beaudet.

Les concentrations en phosphore mesurées se situent dans les gammes indiquées dans le portrait final de Copernic et dépassent le seuil d'eutrophisation de 0,02 mg/l établi par le MDDEFP. Ce seuil est la concentration en phosphore au-delà de laquelle il y a une prolifération excessive des algues et des plantes aquatiques dans un lac (MDDEP, 2011).

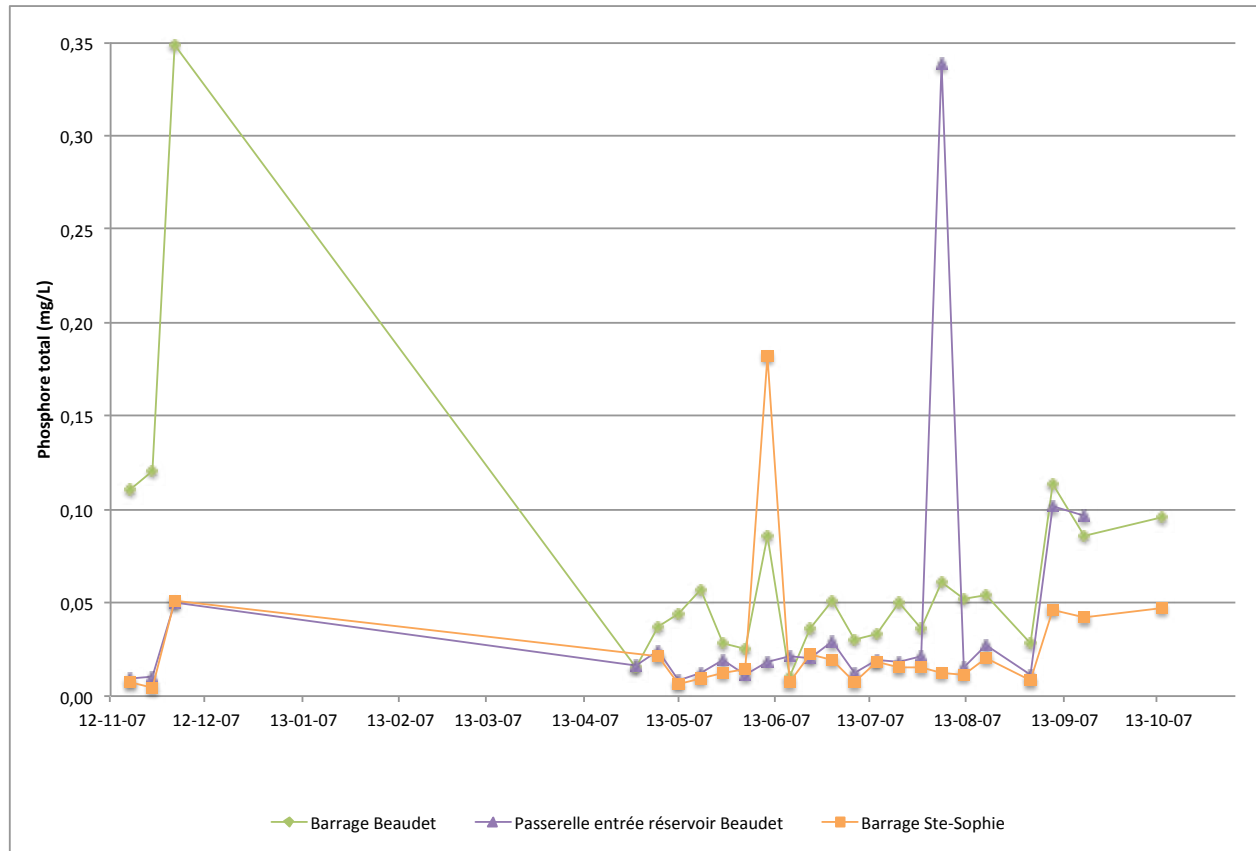


Figure 4.10: Phosphore total

#### 4.8 Formes azotées Azote Kjeldahl et nitrites-nitrates

L'analyse des formes azotées (figures 4.11 et 4.12 et tableaux 4.1 à 4.3) révèle les points suivants:

1. Il y a augmentation progressive des formes azotées (azote Kjeldahl et nitrites-nitrates) du secteur forestier vers le barrage Beaudet;
2. Les concentrations de nitrites-nitrates (figure 4.12) se situent dans la gamme associée à des activités humaines (0,2 à 3 mg/l). Pour le secteur forestier, les rejets d'eaux usées en provenance de St-Fortunat pourraient expliquer la moyenne de 0,29 mg/l.

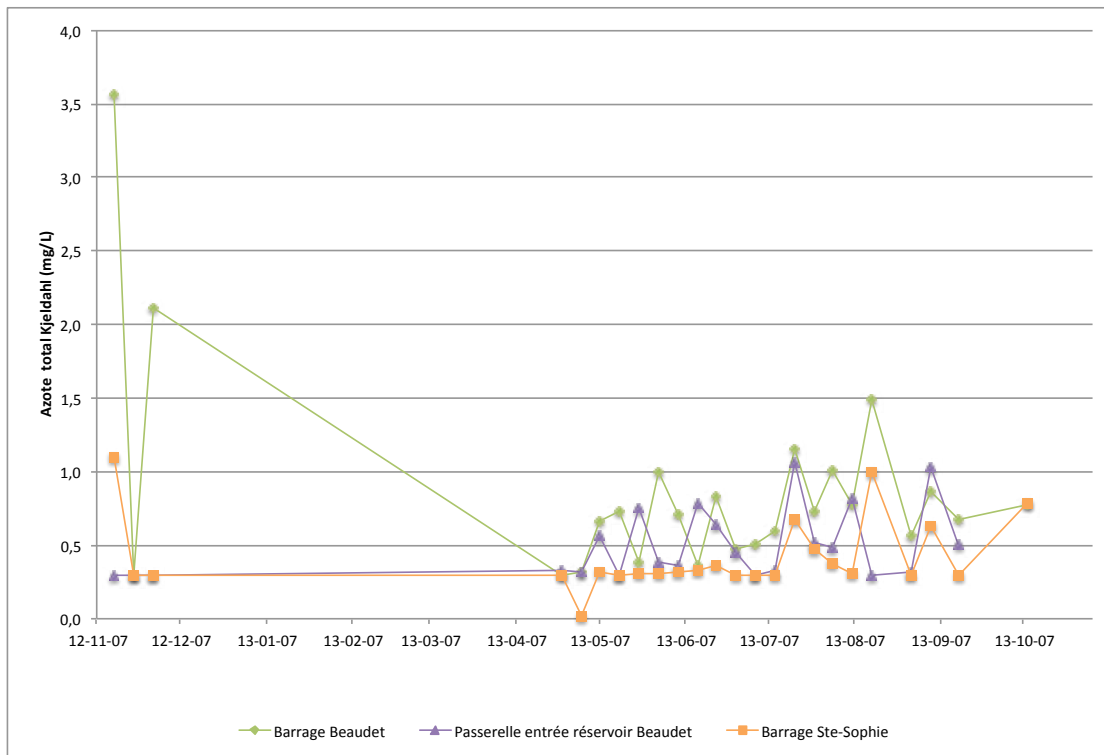


Figure 4.11: Azote Kjeldahl

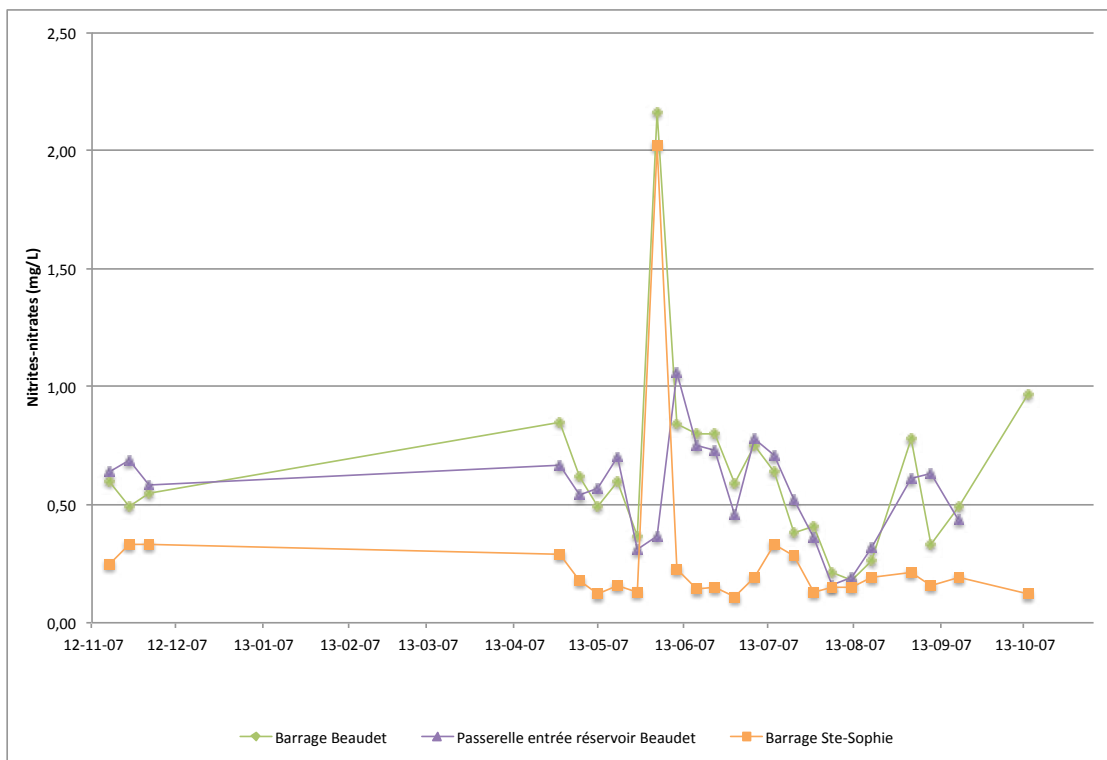


Figure 4.12: Nitrites-nitrates

## 4.9 Carbone organique total (COT) et coliformes fécaux

L'analyse des paramètres "Carbone organique total" et coliformes fécaux à partir des figures 4.13 et 4.14 et des données des tableaux 4.1 à 4.3 fait ressortir les points suivants:

1. En moyenne, le carbone organique total se situe sous la barre des 5 mg/l pour tous les secteurs;
2. Des pointes sont toutefois observées et proviennent la plupart du temps du secteur forestier. Ces pointes se répercutent aux 2 autres points de mesures situés en aval ce qui vient appuyer que les valeurs mesurées au barrage Ste-Sophie soient vraies. Les pointes les plus importantes se produisent à l'automne 2013. La provenance de ce carbone aurait pu être attribuée à la décomposition de feuilles mortes. Toutefois, la figure 4.14 portant sur les coliformes fécaux laisse peu de doute sur l'origine humaine de ces apports. Ici, l'origine humaine ne peut être reliée au réseau d'égouts non traités de la ville de St-Fortunat, car le phénomène serait observé à longueur d'année. Il faut ici envisager le déversement de fosses septiques dans les fossés ou même les cours d'eau durant cette période traditionnellement intense de vidange de fosses;
3. Il va de soi que la présence d'oies dans le réservoir contribue à la hausse des coliformes fécaux dans le réservoir (comme observé en novembre 2012, figure 4.14 et à l'automne 2013 en plus de ce qui venait du secteur forestier);
4. Sur une base moyenne toutefois, les apports en coliformes fécaux provenant du secteur forestier et forestier/agricole se situent à 84 UFC/100 ml et augmentent à 251 UFC/par 100 ml dans le réservoir. Les oies contribuent à hausser cette moyenne au réservoir, mais la figure 4.14 fait ressortir 3 pointes durant la période estivale qui se produit uniquement dans le réservoir. Là encore il y a aura lieu d'investiguer plus à fond l'origine de ces pointes localisées au réservoir (trop-pleins de réseaux d'égout?)



## 5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

### 5.1 Conclusion

1. Le programme de caractérisation réalisé en 2013 a permis de jeter les bases d'un programme d'un suivi permanent pour suivre l'évolution et l'efficacité des travaux de restauration qui seront réalisés au cours des prochains 10-20 ans;
2. Le programme doit toutefois être bonifié pour les prochaines fois afin d'apporter des réponses à des questionnements importants soulevés par les résultats obtenus;
3. Le programme de suivi a permis de conclure sur plusieurs points, sous réserve d'un plus grand nombre de données à venir pour appuyer statistiquement ces conclusions;
  - a. Les équations utilisées pour estimer les débits au barrage Ste-Sophie semblent suffisantes pour les besoins du suivi;
  - b. La mesure du débit en temps réels au barrage Ste-Sophie pourrait aider à la gestion du barrage Beaudet;
  - c. Il y a réchauffement des eaux en moyenne de 3°C entre le secteur forestier et la sortie au barrage Beaudet;
  - d. Le processus de remplissage du réservoir est probablement plus le résultat d'une phase de décantation après chacune des périodes de fortes pluies que des apports durant ces événements;
  - e. Le phosphore dans le réservoir se situe au-dessus du seuil favorable à la croissance des plantes aquatiques et des algues;
4. Le programme s'est toutefois révélé incomplet à expliquer les points suivants:
  - a. Le bilan réel de sédimentation des MES dans le réservoir à la suite d'une pluie associée à des apports significatifs de sédiments;
  - b. La hausse de phosphore dans le réservoir;
  - c. Les apports en coliformes fécaux du secteur forestier et les hausses subites ponctuelles dans le réservoir.
  - d. La contribution des plantes aquatiques dans le taux de remplissage du réservoir.

### 5.2 Recommandations

Pour bonifier le programme de caractérisation, les recommandations suivantes sont émises:

1. Voir si le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) serait intéressé à obtenir en temps réel les données de débit au barrage de Ste-Sophie pour améliorer la stratégie de gestion des eaux au barrage Beaudet. Le cas échéant,

- voir si les experts du CEHQ pourraient nous aider à mieux définir les équations de mesure du débit au barrage (étalonnage, etc.);
2. Il serait utile de pouvoir mesurer le débit au barrage Ste-Sophie à longueur d'année;
  3. En plus du programme régulier, mettre l'emphase sur la caractérisation d'événements qui charrient de grandes quantités de solides vers le réservoir. S'assurer d'avoir au moins une caractérisation avec une pointe de débit à 100-200 m<sup>3</sup>/s a barrage de Ste-Sophie;
  4. La mise en place d'une sonde de turbidité en continu à la passerelle aiderait à générer des activités de caractérisation, mais en plus elle pourrait éventuellement servir dans la gestion du barrage Beaudet;
  5. Étant donné la disponibilité limitée du personnel de la station de filtration à réaliser ce type de caractérisation, sommes toutes exigeantes en termes de temps et de ressources, voir s'il ne serait pas possible de confier ces travaux à Copernic. Le cas échéant, nous pourrions revoir en groupe le programme de caractérisation et transférer toutes les connaissances du suivi de 2013 à Copernic;
  6. Il y aurait lieu de faire une analyse plus poussée de la nature des solides (organique, sable, silt, etc.) aux 3 points de mesures;
  7. Il faudrait faire plus de mesures de coliformes fécaux à l'automne au barrage de Ste-Sophie pour essayer de comprendre d'où viennent les pointes observées en 2013;
  8. Faire un programme de caractérisation spécifique pour le réservoir en fonction d'un événement à forts apports en sédiments. Le programme doit permettre d'obtenir une meilleure compréhension du processus de remplissage du réservoir;
  9. Faire un programme de caractérisation spécifique pour le réservoir afin de réaliser des bilans de phosphore et mieux comprendre et expliquer les hausses observées dans le réservoir.

## **ANNEXE 1**

**Points d'échantillonnage et mesure du débit a barrage de Ste-Sophie**

## Barrage Ste-Sophie

**Localisation :**



**Échantillonnage :**

- Rue des Poiriers, sur le barrage, échantillonner près de l'enregistreur de hauteur d'eau
- Échantillon instantané ;
- Volume totale à prélever : 4000 mL
- Noter vos lectures sur le formulaire de suivi

Paramètres :	Traitement de l'échantillon			Mode d'échantillonnage			Volume à prélever (mL)	Commentaires
	Eau potable	Épuration	Labo externe	Échantillon instantané	Mesure direct sur échantillon	Lecture sur afficheur		
Date	X					X	---	1
Heure	X					X	---	1
pH	X				X		---	2,3
Température de l'eau	X				X		---	2,3
Turbidité	X				X		---	2,3
Carbone Organique Total (COT)	X				X		---	2,3
MES totale		X		X			1000	4
MES décantables et non-décantables		X		X			1000	4
N tot		X		X			50	4
P tot	X			X			50	4
Coliformes fécaux			X	X			250	5

**Note 1 :** Aviser MCR de la date et de l'heure de l'échantillonnage.

**Note 2 :** Prélever un échantillon dans le contenant en plastique prévu à cette fin, et y mesurer le paramètre.

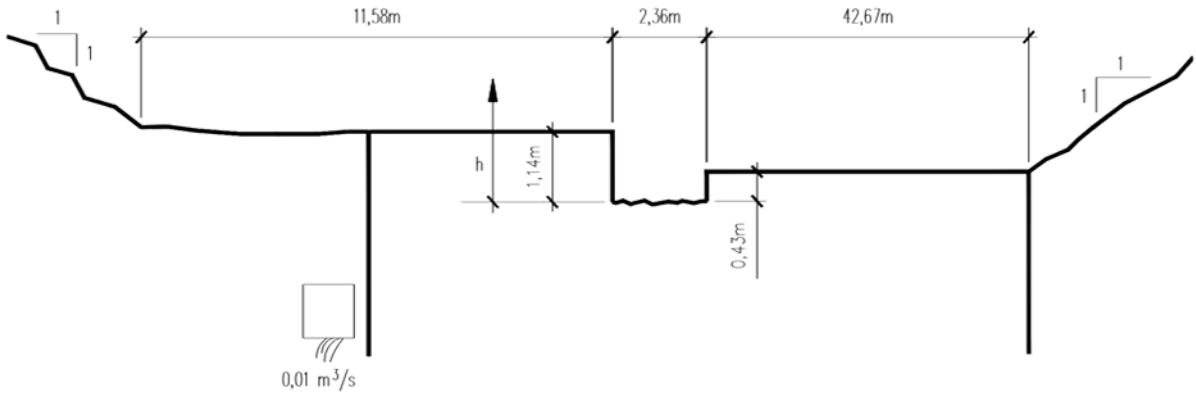
**Note 3 :** S'assurer que l'appareil de mesure portatif est bien calibré (pHmètre, Turbidimètre, COT mètre).

**Note 4 :** Prélever 4 litres dans le contenant en plastique prévu à cette fin, 3 Litres seront envoyés à l'épuration pour analyse et l'autre Litre servira à faire les analyse à l'interne.

**Note 5 :** Utiliser la bouteille pré-identifiée et fournie par le laboratoire externe.

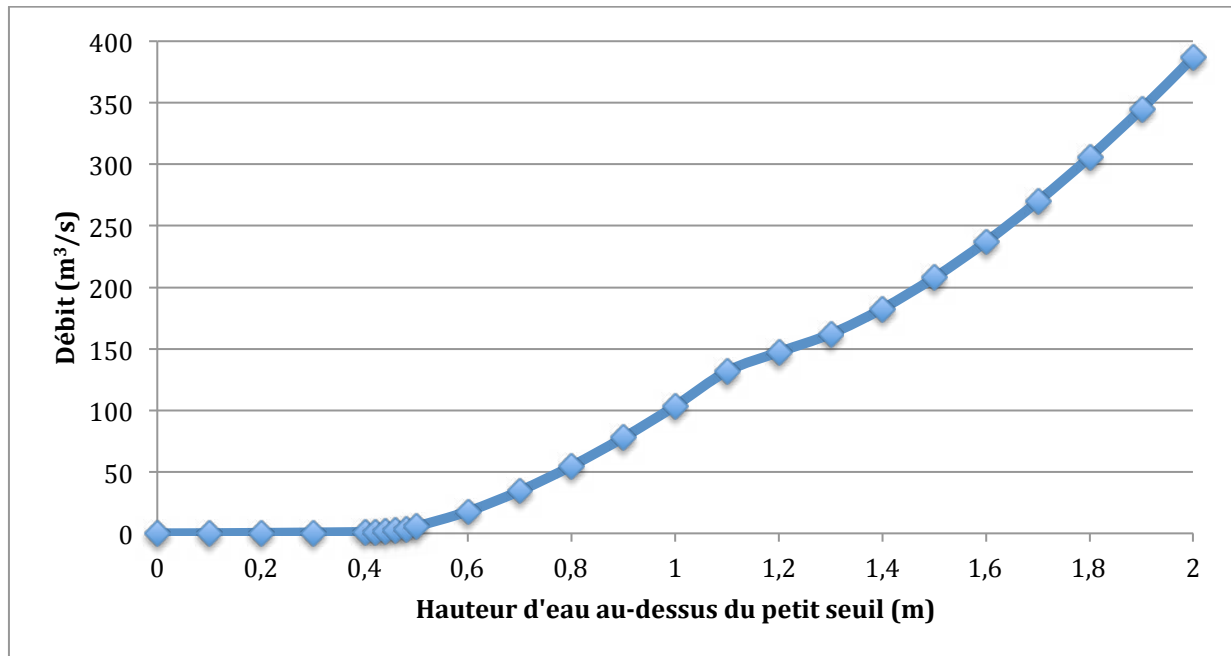
Barrage Ste-Sophie  
Équations pour estimer le débit au barrage

1- Croquis pour référence



2- Équations

Équation	h(m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	h=0	Q= 0,01 m <sup>3</sup> /s
2	0<h<0,43	Q= 0,01+ 4,29*h <sup>1,5</sup>
3	0,430001<h<1,14	Q= 1,22+ 238*(h-0,43) <sup>1,5</sup>
4	1,140001<h	Q= 143+ 5,29*[56+2*(h-1,14)]*(h-1,14) <sup>1,5</sup>



## PASSERELLE ENTRÉE RÉSERVOIR BEAUDET

### Localisation :



### Échantillonnage :

- Du stationnement municipal de la rue des Mésanges, en amont de la passerelle, soit du côté droit, échantillonner vis-à-vis la cinquième poutre verticale ;
- Échantillon instantané ;
- Volume totale à prélever : 4000 mL
- Noter vos lectures sur le formulaire de suivi

Paramètres :	Traitement de l'échantillon			Mode d'échantillonnage			Volume à prélever (mL)	Commentaires
	Eau potable	Épuration	Labo externe	Échantillon instantané	Mesure direct sur échantillon	Lecture sur afficheur		
Date	X					X	---	1
Heure	X					X	---	1
pH	X				X		---	2,3
Température de l'eau	X				X		---	2,3
Turbidité	X				X		---	2,3
Carbone Organique Total (COT)	X				X		---	2,3
MES totale		X		X			1000	4
MES décantables et non-décantables		X		X			1000	4
N tot		X		X			50	4
P tot	X			X			50	4
Coliformes fécaux			X	X			250	5

**Note 1 :** Aviser MCR de la date et de l'heure de l'échantillonnage.

**Note 2 :** Prélever un échantillon dans le contenant en plastique prévu à cette fin, et y mesurer le paramètre.

**Note 3 :** S'assurer que l'appareil de mesure portatif est bien calibré (pHmètre, Turbidimètre, COT mètre).

**Note 4 :** Prélever 4 litres dans le contenant en plastique prévu à cette fin, 3 Litres seront envoyés à l'épuration pour analyse et l'autre Litre servira à faire les analyse à l'interne.

**Note 5 :** Utiliser la bouteille pré-identifiée et fournie par le laboratoire externe.

## BARRAGE BEAUDET

### Localisation :



### Échantillonnage :

- En amont de barrage, soit du côté réservoir, échantillonner vis-à-vis une pelle ouverte (normalement la #2 et/ou la #3 sont ouvertes) ;
- Échantillon instantané ;
- Volume totale à prélever : 4000 mL
- Noter vos lectures sur le formulaire de suivi

Paramètres :	Traitement de l'échantillon			Mode d'échantillonnage			Volume à prélever (mL)	Commentaires
	Eau potable	Épuration	Labo externe	Échantillon instantané	Mesure directe sur échantillon	Lecture sur afficheur		
Date	X					X	---	1
Heure	X					X	---	1
pHh	X				X		---	2,3
Température de l'eau	X				X		---	2,3
Turbidité	X				X		---	2,3
Carbone Organique Total (COT)	X				X		---	2,3
MES totale		X		X			1000	4
MES décantables et non-décantables		X		X			1000	4
N tot		X		X			50	4
P tot	X			X			50	4
Coliformes fécaux			X	X			250	5

**Note 1 :** Aviser MCR de la date et de l'heure de l'échantillonnage.

**Note 2 :** Prélever un échantillon dans le contenant en plastique prévu à cette fin, et y mesurer le paramètre.

**Note 3 :** S'assurer que l'appareil de mesure portatif est bien calibré (pHmètre, Turbidimètre, COT mètre).

**Note 4 :** Prélever 4 litres dans le contenant en plastique prévu à cette fin, 3 Litres seront envoyés à l'épuration pour analyse et l'autre Litre servira à faire les analyse à l'interne.

**Note 5 :** Utiliser la bouteille pré-identifiée et fournie par le laboratoire externe.