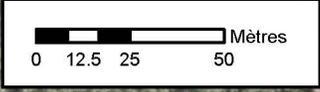
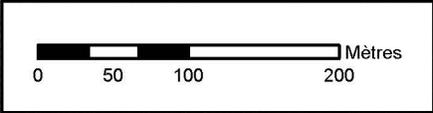
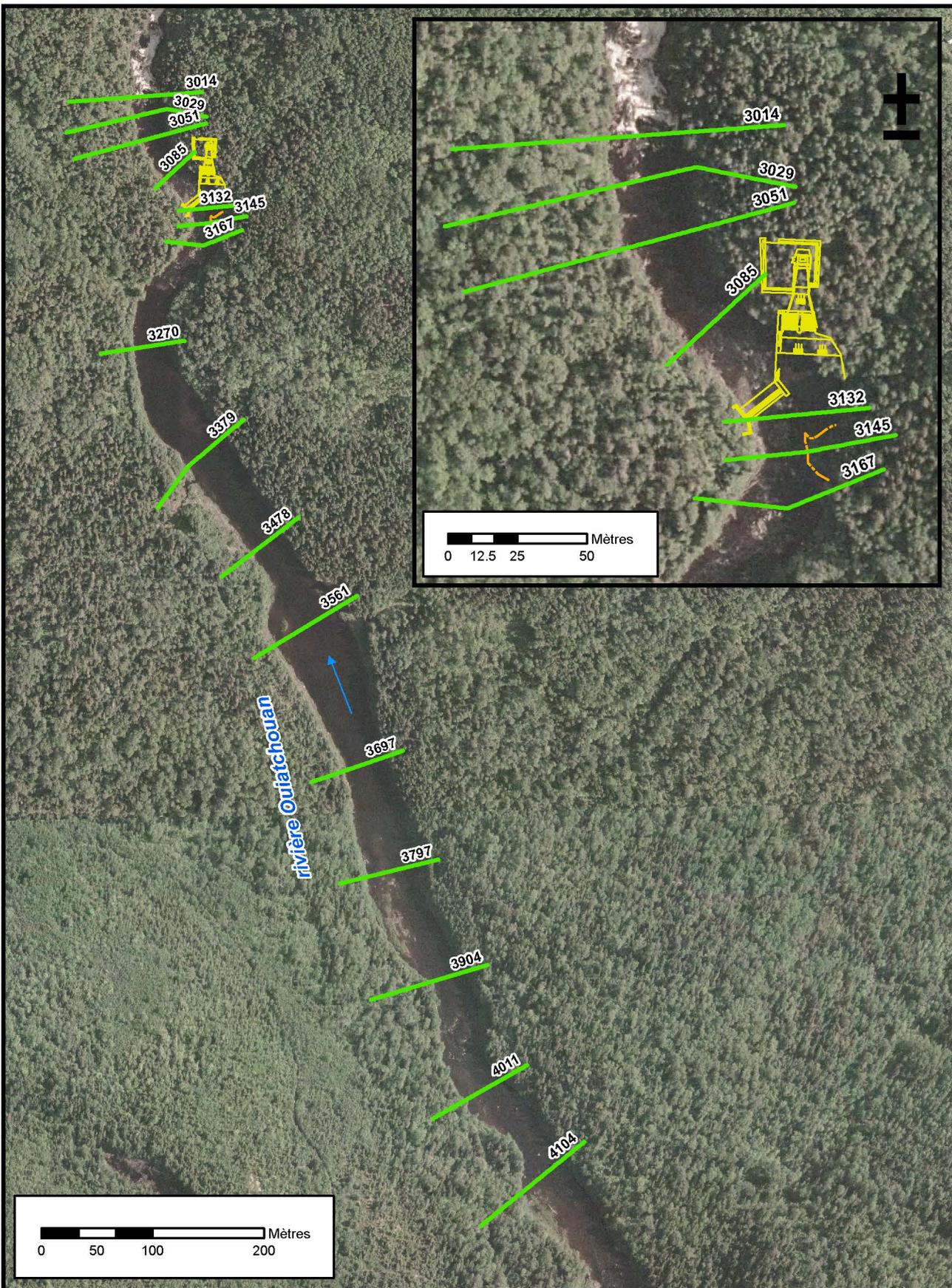


## **Annexe A :**

---

# **Carte de localisation des sections Hec-Ras**





**Légende**

- section HEC-RAS
- barrage
- - - restriction naturelle

**Carte de localisation des sections Hec-Ras**

Fond de carte: Orthophoto		
Projet: 01764	Conçu: J.G.	Dessiné: S.N.
Échelle: 1:3000	Date: 2011/09/07	Carte: 1 de 1



## **Annexe B :**

---

# **Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouatouchouan au droit du site proposé du barrage de Val-Jalbert**





SOCIÉTÉ DE L'ÉNERGIE  
COMMUNAUTAIRE DU LAC-SAINT-JEAN

**DÉVELOPPEMENT DU SITE HYDROÉLECTRIQUE  
CENTRALE VAL-JALBERT**

**Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan  
au droit du site proposé du barrage de Val-Jalbert**

N/Réf. : 01764 (60ET)

**Mars 2010**  
Révision : 01



# SOCIÉTÉ DE L'ÉNERGIE COMMUNAUTAIRE DU LAC-SAINT-JEAN

## DÉVELOPPEMENT DU SITE HYDROÉLECTRIQUE CENTRALE VAL-JALBERT

### Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé du barrage de Val-Jalbert

N/Réf. : 01764 (60ET)

**BPR-Énergie inc.**  
4655, boul. Wilfrid-Hamel  
Québec (Québec) G1P 2J7

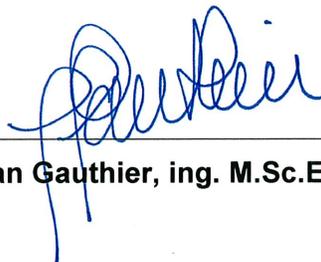
Téléphone : (418) 871-8151  
Télécopieur : (418) 781-1315

Préparé par :



---

Simon Nolin, ing. M. Sc.



---

Jean Gauthier, ing. M.Sc.Eau



---

Pierre Boulanger, ing. M.Sc.

Mars 2010/Rév. 01



<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : i Rév. : 01

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE OUIATCHOUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>3. MESURES DU DÉBIT DE LA RIVIÈRE OUIATCHOUAN.....</b>	<b>3</b>
<b>4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....</b>	<b>6</b>
4.1 BASSINS VERSANTS VOISINS .....	6
4.2 SÉRIES TEMPORELLES DE RÉFÉRENCE .....	6
4.3 CHOIX DES SÉRIES DE RÉFÉRENCE.....	7
4.4 ANALYSE PLUVIOMÉTRIQUE.....	8
<b>5. SÉRIE SYNTHÉTIQUE DES DÉBITS.....</b>	<b>9</b>
5.1 MÉTHODOLOGIE .....	9
5.2 RATIO DES DÉBITS SPÉCIFIQUES .....	10
5.2.1 Résultats.....	10
5.3 RÉGRESSION DES VALEURS OBSERVÉES.....	11
5.3.1 Résultats.....	11
5.4 CHOIX DU MODÈLE.....	13
5.5 SÉRIE SYNTHÉTIQUE DES DÉBITS .....	13
<b>6. DÉBITS EXTRÊMES.....</b>	<b>15</b>
6.1 BARRAGE DES COMMISSAIRES .....	15
6.2 DÉBIT DE CRUE .....	16
6.3 DÉBIT D'ÉTIAGE .....	17
6.3.1 Débit moyen sur 7 jours .....	17
6.3.2 Autre valeurs.....	17
<b>7. CONCLUSION.....</b>	<b>18</b>
<b>8. RÉFÉRENCES .....</b>	<b>18</b>

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : ii
			Rév. : 01

## FIGURES

- Figure 2.1 - Barrage des Commissaires, tirée de la fiche technique (CEHQ 2003)
- Figure 3.1 - Plan de localisation de la station de mesure
- Figure 3.2 - Station de mesure BPR
- Figure 3.3 - Relation "niveau-débit", station de mesure
- Figure 3.4 - Variation des débits mesurés, 14 août au 1er février 2010
- Figure 4.1 - Débits mensuels moyens, 1997-2008
- Figure 5.1 - Débits mesurés et observés, modèle "ratio des débits spécifiques"
- Figure 5.2 - Débits mesurés et calculés, modèles 3 et 4
- Figure 5.3 - Série synthétique complète, 1984-2008 (modèle « ratio des débits spécifiques »)
- Figure 5.4 - Débits moyens mensuels, 1984-2008
- Figure 6.1 - Résultats statistiques, Loi Gumbel (maximum de vraisemblance)
- Figure 6.2 - Résultats statistiques, Loi Gumbel (maximum de vraisemblance)

## TABLEAUX

- Tableau 2.1 – Caractéristiques physiographiques des sous-bassins de la rivière Ouiatchouan
- Tableau 4.1 - Caractéristique physiographiques des bassins versants jaugés
- Tableau 4.2 - Statistiques des séries temporelles de référence
- Tableau 4.3 - Précipitations totales annuelles et débits moyens spécifiques, rivières aux Saumons et Ouiatchouan
- Tableau 5.1 - Résultats et performances des modèles mathématiques
- Tableau 6.1 - Débits maximums au site du barrage projeté

## ANNEXES

- Annexe 1 - Plan de localisation du bassin versant de la rivière Ouiatchouan
- Annexe 2 - Plan de localisation des quatre bassins versants jaugés situés à proximité du bassin de la rivière Ouiatchouan

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 1 Rév. : 01

## 1. INTRODUCTION

La Société de l'Énergie Communautaire de Lac-Saint-Jean a mandaté la firme BPR afin d'évaluer les débits au droit du barrage projeté sur la rivière Ouiatchouan, directement en amont de la chute Maligne.

Dans une première étape, les débits ont été estimés en se basant sur des hypothèses hydrologiques simples. Dans une seconde étape, les calculs de débits ont pu être raffinés grâce à l'installation à l'été 2009 d'une station de mesure du débit de la rivière. Le présent document présente la méthodologie utilisée pour le calcul des débits et les résultats obtenus.

## 2. BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE OUIATCHOUAN

Le bassin versant de la rivière Ouiatchouan au droit du barrage projeté a été tracé sur les cartes à l'échelle 1:50 000 du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). Sa superficie totale est de 909 km<sup>2</sup>. L'annexe 1 présente le plan de localisation de ce bassin versant. Ce bassin a été divisé en trois sous-bassins distincts :

1. sous-bassin du lac des Commissaires (562 km<sup>2</sup>);
2. sous-bassin du lac Bouchette et du lac Ouiatchouan (157 km<sup>2</sup>);
3. sous-bassin aval (190 km<sup>2</sup>).

### Sous-bassin 1

Le sous-bassin 1 est fermé par le barrage des Commissaires (n° X0000748). La figure 2.1 présente une photographie de ce barrage, tirée de sa fiche technique (CEHQ 2003). La station de mesure du débit n° 061602 du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) est située à 0,3 km en aval du barrage des Commissaires. À cet endroit, le régime d'écoulement est influencé mensuellement. Les débits ont été enregistrés à cette station entre 1966 et aujourd'hui.

Le tableau 2.1 présente les caractéristiques physiographiques du sous-bassin 1.

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b> Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 2
			Rév. : 01



Figure 2.1 - Barrage des Commissaires, tirée de la fiche technique (CEHQ 2003)

### Sous-bassins 2 et 3

Les sous-bassins 2 et 3 sont des bassins intermédiaires entre le barrage des Commissaires et le barrage projeté à Val-Jalbert. Les apports d'eau de ces bassins vers la rivière Ouiatchouan sont des apports naturels puisqu'ils ne sont pas contrôlés par aucun ouvrage. Aucune mesure du débit n'est disponible sur les sous-bassins 2 et 3. Dans ce contexte, les débits d'apports doivent être évalués par une méthode théorique.

Le tableau 2.1 présente les caractéristiques physiographiques des sous-bassins 2 et 3.

Tableau 2.1 - Caractéristiques physiographiques des sous-bassins de la rivière Ouiatchouan

Bassin versant	Station n°	Superficie (km <sup>2</sup> )	%lac	elev_moy (m)	p_moy (%)
Sous-bassin 1 (Commissaires)	061602	562	10,1	408,3	9,6
Sous-bassin 2	n.j.	157	7,4	390,5	6,8
Sous-bassin 3	n.j.	190	3,5	330,7	6,8
Sous-bassins 2+3	n.j.	347	5,3	360,6	6,8

% lac : superficie relative des lacs  
elev\_moy : élévation moyenne du bassin versant  
p\_moy : pente moyenne du bassin versant  
n.j. : non jaugé

Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean	Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 3
			Rév. : 01

### 3. MESURES DU DÉBIT DE LA RIVIÈRE OUIATCHOUAN

Une station de mesure a été installée par BPR le 14 août 2009 sur la rivière Ouiatchouan en aval de la chute de Val-Jalbert, dans le secteur du camping. La figure 3.1 présente la localisation de la station.

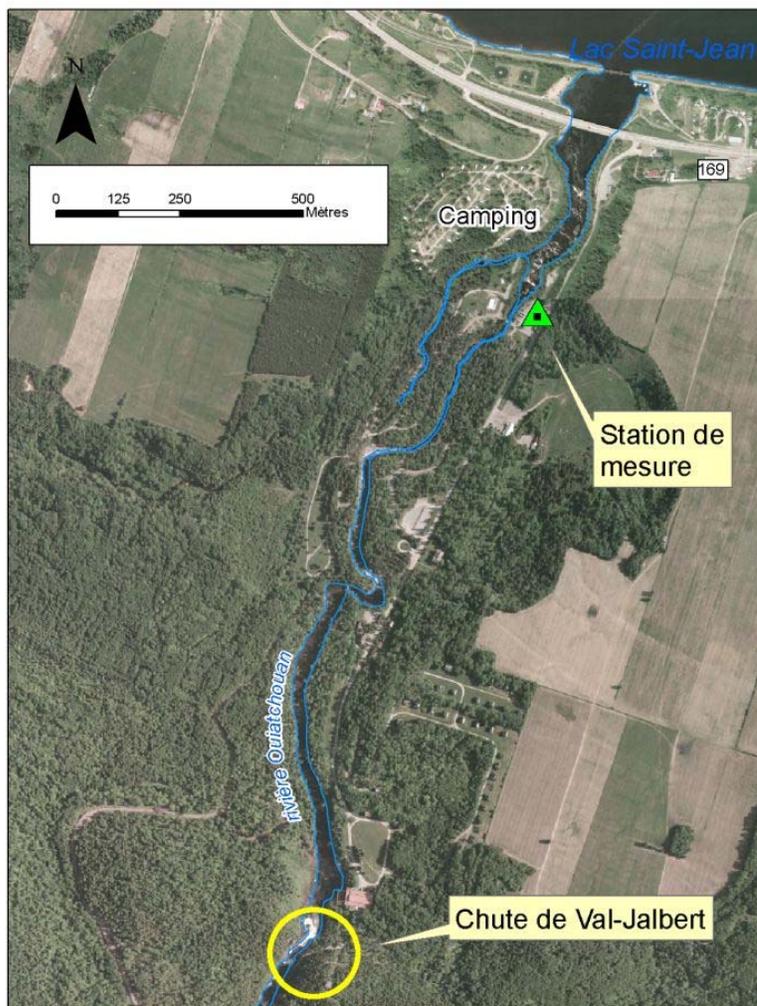


Figure 3.1 - Plan de localisation de la station de mesure

La station de mesure comprend une sonde de pression *Solinst Levelogger* placée dans la rivière et une sonde barométrique *Solinst Barologger* placée à l'air libre. Les données sont enregistrées simultanément à intervalle de 15 minutes. La figure 3.2 présente une photographie de la station de mesure BPR.

Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean	Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 4
			Rév. : 01



Figure 3.2 - Station de mesure BPR

Durant la période d'enregistrement, le débit de la rivière a été mesuré à 6 reprises à l'aide d'un micromoulinet. Les débits mesurés varient entre 6,0 m<sup>3</sup>/s et 23,8 m<sup>3</sup>/s. La figure 3.3 présente la relation « niveau-débit » pour la station de mesure.

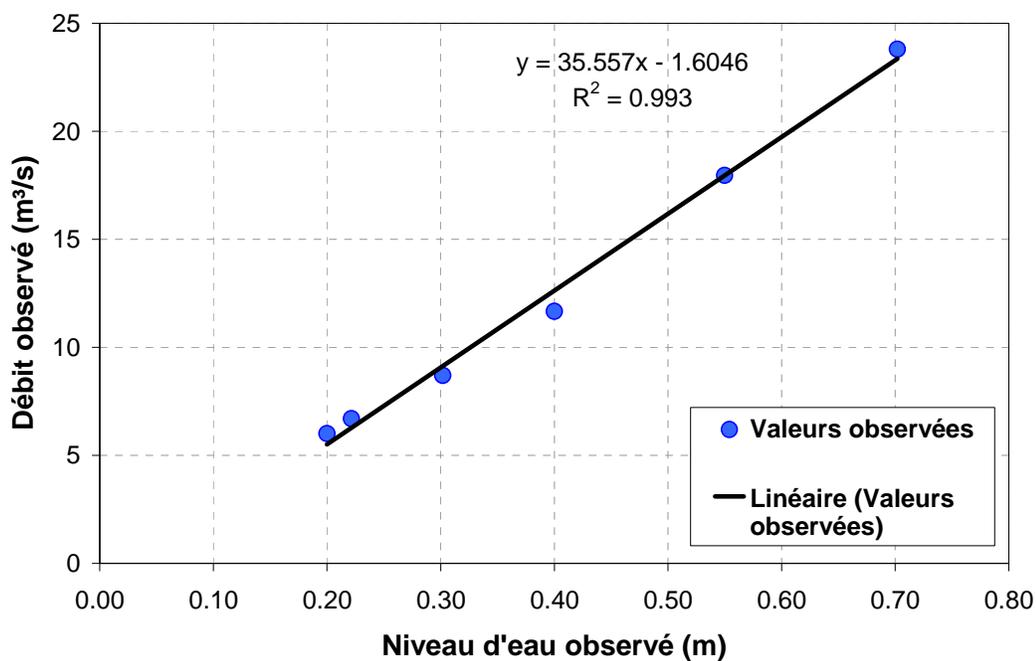


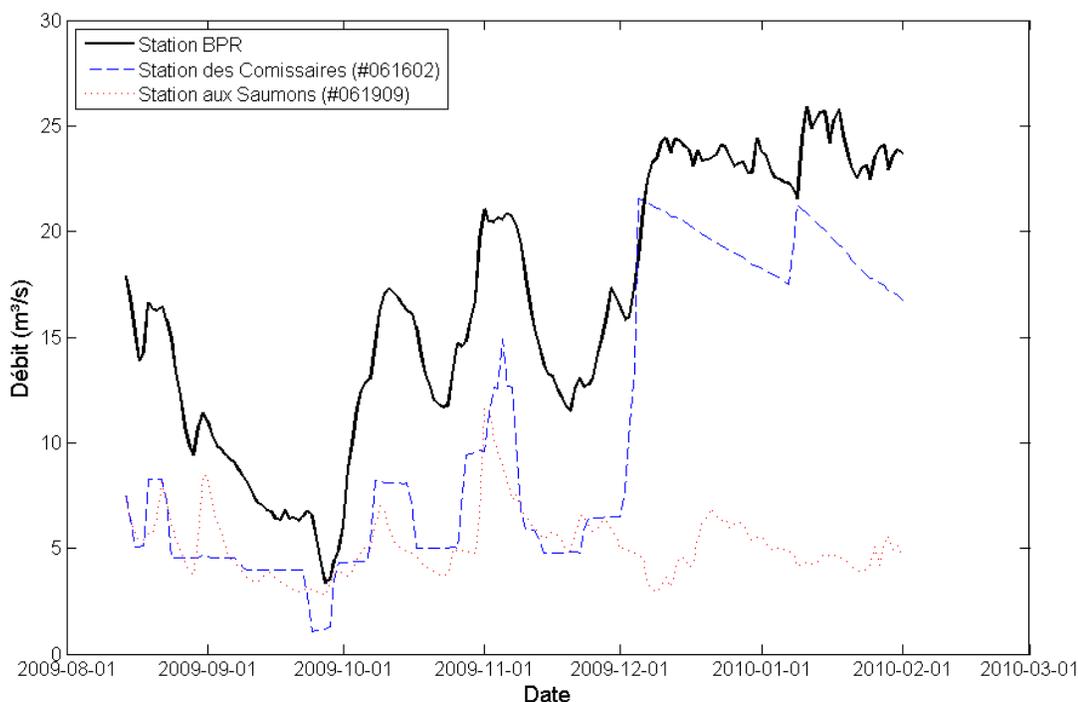
Figure 3.3 - Relation « niveau-débit », station de mesure

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>	Projet n° : 01764 (60ET)	
	Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Date : Mars 2010	Page : 5
			Rév. : 01

La figure 3.4 présente la variation du débit moyen journalier à la station de mesure entre le 14 août et le 1er février 2010 (172 jours). Le débit moyen sur cette période est de 16,5 m<sup>3</sup>/s. La figure 3.4 présente également la variation du débit à la station située directement en aval du barrage des Commissaires (station #061602) et la station située sur la rivière aux Saumons (station #061909), au nord-ouest de la rivière Ouiatchouan.

Sur la figure 3.4, on observe que le barrage des Commissaires a été ouvert au début du mois de décembre en prévision de la période hivernale. Également, on observe que ce barrage a été fermé le 23 septembre 2009 afin de réaliser, entre autres, une mesure du débit en période d'extrême étiage. Le débit au barrage des Commissaires est alors passé en deux jours de 4,0 m<sup>3</sup>/s à 1,1 m<sup>3</sup>/s. Le barrage a été ré-ouvert le 29 septembre pour retourner à un débit d'environ 4,0 m<sup>3</sup>/s. Entre le 23 et le 29 septembre, le débit de la rivière aux Saumons est demeuré relativement stable, variant entre 2,8 m<sup>3</sup>/s et 3,8 m<sup>3</sup>/s.

Au droit de la station de mesure de Val-Jalbert, l'impact de la fermeture du barrage des Commissaires s'est fait ressentir à partir du 25 septembre. Le débit est alors passé en deux jours de 6,6 m<sup>3</sup>/s à 3,4 m<sup>3</sup>/s.



**Figure 3.4 - Variation des débits mesurés, 14 août au 1er février 2010**

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b> Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 6
			Rév. : 01

## 4. CONTEXTE HYDROLOGIQUE

### 4.1 BASSINS VERSANTS VOISINS

Afin de comprendre le contexte hydrologique du bassin versant de la rivière Ouiatchouan, il est nécessaire d'étudier les bassins versants voisins. Quatre bassins versants jaugés ont été identifiés à proximité du bassin de la rivière Ouiatchouan. L'annexe 2 présente un plan de localisation de ces bassins. Le tableau 4.1 présente certaines caractéristique physiographiques des bassins versants jaugés dans le secteur.

**Tableau 4.1 - Caractéristique physiographiques des bassins versants jaugés**

Bassin versant	Station n°	Superficie (km <sup>2</sup> )	%lac	elev_moy (m)	p_moy (%)
Commissaires	061602	562	10,1	408,3	9,6
Aux Écorces	061020	1110	3,8	640,9	13,5
La Belle Rivière	061307	322,3	5,6	351,0	8,4
Aux Saumons	061909	585	3,2	381,9	8,1
Métabetchouan	061502	2280	-	-	-

% lac : superficie relative des lacs,  
elev\_moy : élévation moyenne du bassin versant  
p\_moy : pente moyenne du bassin versant  
n.j. : non jaugé

### 4.2 SÉRIES TEMPORELLES DE RÉFÉRENCE

Le tableau 4.2 présente les statistiques relatives aux bassins versants du tableau précédent. L'écart type du débit spécifique de la station du lac des Commissaires (exprimé en L/s/km<sup>2</sup>) est plus faible que celui des bassins naturels, ce qui démontre l'effet de « lissage » des débits causé par la présence du barrage des Commissaires.

**Tableau 4.2 - Statistiques des séries temporelles de référence**

Bassin	Années de mesures	Débit moyen (m <sup>3</sup> /s)	Écart-type (m <sup>3</sup> /s)	Débit moyen spécifique (L/s/km <sup>2</sup> )	Écart-type spécifique (L/s/km <sup>2</sup> )
Commissaires	1967-2008 (42 ans)	11,5	9,3	20,2	16,5
Aux Écorces	1972-2008 (37 ans)	27,6	30,1	24,9	27,1
La Belle Rivière	1997-2008 (12 ans)	5,9	7,4	18,3	23,0
Aux Saumons	1984-2008 (25 ans)	8,4	11,3	14,4	19,3
Métabetchouan	1965-2008 (40 ans)	49,6	53,5	21,8	23,5

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>	Projet n° : 01764 (60ET)	
	Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Date : Mars 2010	Page : 7
			Rév. : 01

La figure 4.1 présente la variation du débit mensuel moyen aux stations de référence entre les années 1997 et 2008. Sur le sous-bassin 1 (des Commissaires), la période d'étiage hivernal n'est pas aussi sévère que sur les bassins naturels de référence. De la même façon, la présence du barrage des Commissaires atténue les pointes de débit en période de crue.

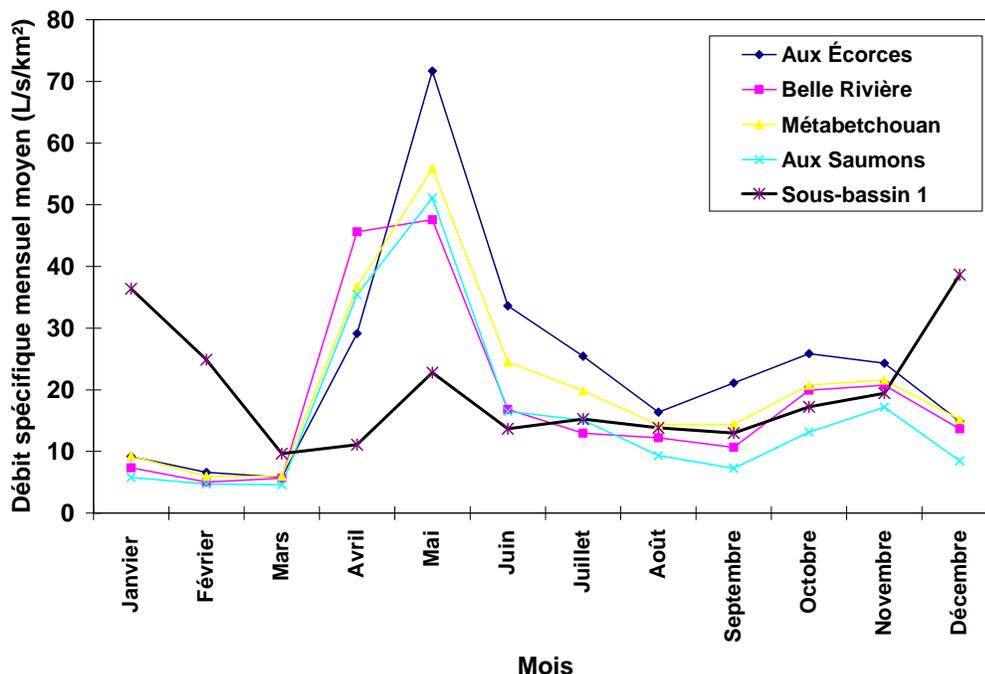


Figure 4.1 - Débits mensuels moyens, 1997-2008

#### 4.3 CHOIX DES SÉRIES DE RÉFÉRENCE

Comme le montre la figure 3.4, le débit de la rivière Ouiatchouan au droit de la station de mesure de BPR est fortement influencé par les manœuvres effectuées au barrage des Commissaires. Ainsi, la station des Commissaires est retenue comme référence pour le sous-bassin 1.

Tel qu'expliqué précédemment, les apports des sous-bassins 2 et 3 sont naturels. Par conséquent, ces apports doivent être calculés par transfert de bassin à partir d'un bassin jaugé voisin où le régime d'écoulement est également naturel. En comparant les valeurs indiquées aux tableaux 4.1 et 4.2, il apparaît que le bassin versant de la Belle Rivière serait celui le plus représentatif en raison des similitudes physiographiques. Cependant, la série temporelle de la Belle Rivière est trop courte (12 ans) pour permettre une analyse statistique de qualité. Le bassin de la rivière aux Écorces, quant à lui, n'est pas représentatif des bassins 2 et 3, notamment en raison des différences d'élévation et de pente moyenne.

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b> Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 8
			Rév. : 01

En raison de la longueur de sa série historique et de la ressemblance de ses paramètres physiographiques, la rivière aux Saumons semble être la plus adaptée pour servir de référence pour le calcul des débits du bassin intermédiaire. Toutefois, il est important de noter que le débit spécifique de la rivière aux Saumons (14,4 L/s/km<sup>2</sup>) est faible en comparaison avec les autres bassins voisins (moyenne de 21,3 L/s/km<sup>2</sup>).

#### 4.4 ANALYSE PLUVIOMÉTRIQUE

Afin de comprendre la différence de débit spécifique entre la rivière aux Saumons et la rivière Ouiatchouan, les précipitations totales annuelles (PTA) ont été analysées. Autour du bassin versant de la rivière Ouiatchouan, la densité spatiale des stations météorologiques est faible. Par conséquent, il est difficile de générer isohyètes de précipitations représentatives à la grandeur du bassin. Dans ce contexte, les valeurs ponctuelles de PTA compilées par Environnement Canada entre 1971 et 2000, aux stations situées à l'intérieur des bassins versants, ont été comparées.

La station météorologique La Doré (#7065640) est située dans le bassin versant de la rivière aux Saumons. La station météorologique Lac-Bouchette (#7063560) est située dans le bassin versant de la rivière Ouiatchouan.

Le tableau 4.3 présente les PTA à ces stations météorologiques (EC) et les débits moyens annuels aux stations hydrométriques correspondantes (CEHQ). Les résultats montrent que le bassin versant de la rivière Ouiatchouan est plus arrosé que le bassin de la rivière Aux Saumons, de l'ordre de 30% plus.

**Tableau 4.3 - Précipitations totales annuelles et débits moyens spécifiques, rivières aux Saumons et Ouiatchouan**

Période	<u>Ouiatchouan</u>	<u>Aux Saumons</u>	P1/P2 Q1/Q2
	P1 : Lac Bouchette Q1 : des Commissaires	P2 : La Dore Q2 : aux Saumons	
<b>1971-2000</b>			
▪ Précipitation totale annuelle (mm)	1033,7	815,8	1,27
<b>1984-2009</b>			
▪ Débit moyen annuel (L/s/km <sup>2</sup> )*	19,4	14,6	1,33

\* 18 années complètes communes

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 9
			Rév. : 01

## 5. SÉRIE SYNTHÉTIQUE DES DÉBITS

### 5.1 MÉTHODOLOGIE

Les débits au droit du barrage projeté sont calculés par la méthode de transfert de bassins. Cette méthode consiste à transférer les valeurs de débits mesurés à un site vers un autre site où les débits sont inconnus. Le « transfert » s'effectue en appliquant un modèle mathématique qui relie le débit mesuré au site de référence (Q1) au débit au site à l'étude (Qo). L'équation suivante est un exemple de formulation utilisée en hydrologie :

$$Q_o = a \cdot Q_1^b$$

Dans l'équation précédente, les constantes « a » et « b » sont inconnues. Lorsque aucune valeur de Qo n'est connue, la méthode habituellement utilisée est de poser l'exposant « b » égal à 1 et de poser « a » égal au ratio des superficies de bassins versants. Cette méthode est considérée valable lorsque les caractéristiques de bassins sont jugées semblables (pluviométrie, pourcentage de lac, élévation moyenne du bassin et pente moyenne du bassin) et lorsque le ratio des superficies de bassins varie entre 0,5 et 2,0. Lorsque des valeurs de Qo sont disponibles sur une période assez longue, il est possible de calibrer le modèle mathématique, c'est-à-dire de définir les valeurs des constantes.

Pour le projet de Val-Jalbert, le transfert de bassin a été réalisé suivant deux approches : (1) ratio des débits spécifiques, (2) régression des valeurs observées. Ces méthodes sont décrites dans les prochaines pages.

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>	Projet n° : 01764 (60ET)	
	Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Date : Mars 2010	Page : 10
			Rév. : 01

## 5.2 RATIO DES DÉBITS SPÉCIFIQUES

Le modèle « ratio des débits spécifiques » est formulé de la façon suivante :

$$Q_{site} = Q_{Commissaires} + Q_{Saumons} \cdot \frac{q_{Commissaires}}{q_{Saumons}} \cdot \frac{A_{Intermédiaire}}{A_{Saumons}}$$

$$Q_{site} = Q_{Commissaires} + Q_{Saumons} \cdot \frac{19,4}{14,6} \cdot \frac{347}{585} = Q_{Commissaires} + 0,788Q_{Saumons}$$

Où  $q$  est le débit spécifique sur la période historique commune d'enregistrement (18 années de 1984 à 2009) et  $A$  est la superficie des bassins versants. L'hypothèse de base de cette équation est que le débit spécifique du bassin intermédiaire est le même que le débit spécifique du bassin du lac des Commissaires.

### 5.2.1 Résultats

La figure 5.1 présente les débits mesurés à la station BPR et les débits calculés par le modèle « ratio des débits spécifiques » entre le 14 août 2009 et le 1<sup>er</sup> février 2010. Les débits moyens mesurés et calculés sur la période sont de 16,5 m<sup>3</sup>/s et de 14,6 m<sup>3</sup>/s, respectivement, soit un écart relatif de 12%. Le modèle représente bien le débit minimum sur la période : 3,4 m<sup>3</sup>/s.

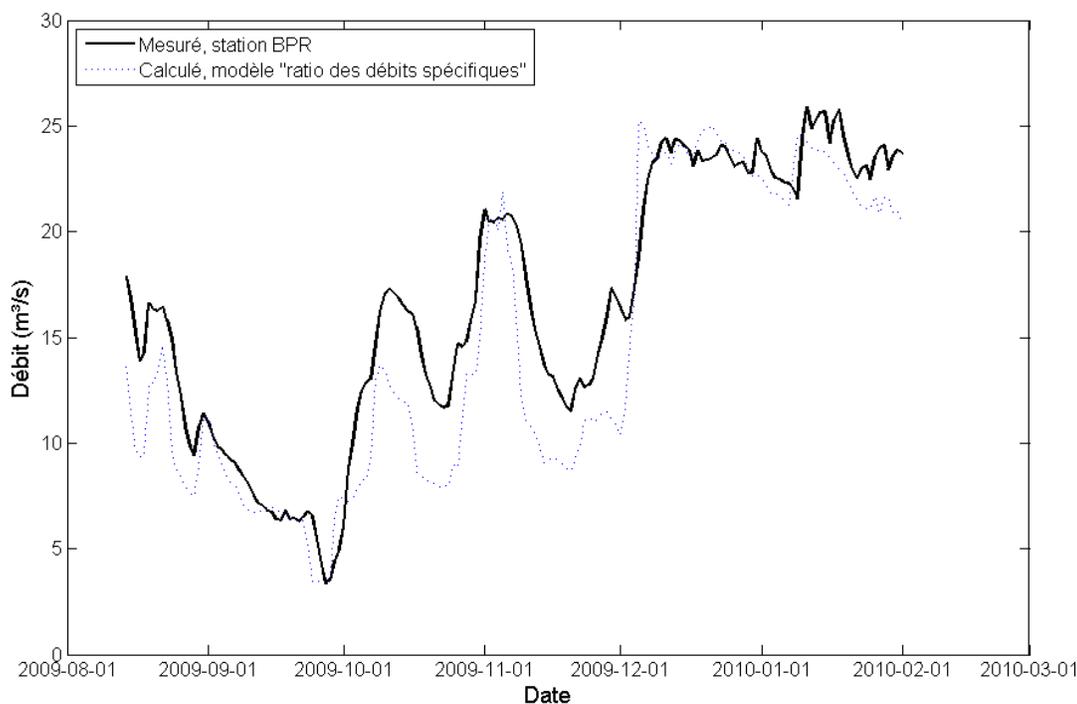


Figure 5.1 - Débits mesurés et observés, modèle « ratio des débits spécifiques »

Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b> Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouatouchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 11 Rév. : 01

### 5.3 RÉGRESSION DES VALEURS OBSERVÉES

À partir des débits mesurés à la station BPR, l'équation suivante a été calibrée afin de déterminer la valeur du paramètre « a » :

$$Q_{site} = Q_{Commissaires} + a \cdot Q_{Saumons}$$

Les performances de ce modèle ont ensuite comparé à celles du modèle « ratio des débits spécifiques » en utilisant quatre (4) critères :

1. Coefficient de corrélation ( $R^2$ ) : doit tendre vers 1;
2. Erreur moyenne absolue (MAE) : doit tendre vers 0;
3. Moindre carré (RMSE) : doit tendre vers 0;
4. Nash-Sutcliff (Nash) : doit tendre vers 1.

#### 5.3.1 Résultats

Le tableau 5.1 présente les résultats du modèle 4 « régression des valeurs observées » en comparaison avec 3 autres modèles « théoriques ». Le modèle 3 est le modèle « ratio des débits spécifiques » tel que présenté précédemment. Le modèle 4 a été calibré à l'aide des algorithmes d'optimisation du logiciel Matlab R2009a.

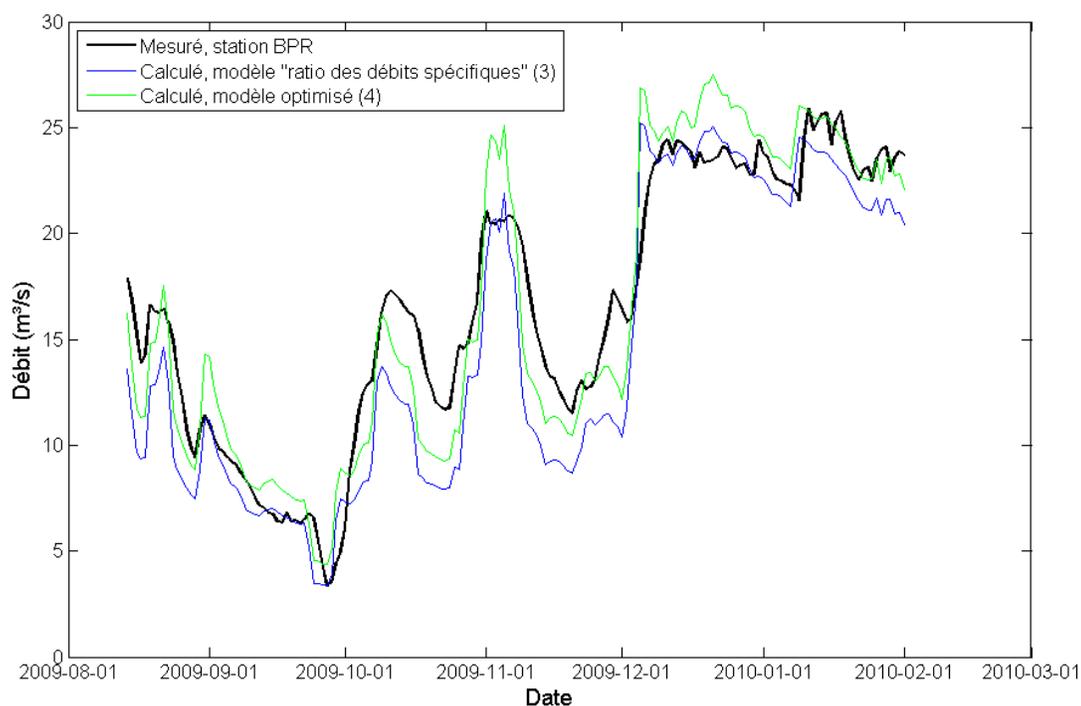
La valeur du coefficient de transfert optimisé (modèle 4) est de 1,146. En comparaison, la valeur du coefficient de transfert est de 0,788 pour le modèle 3. Le débit moyen sur la période, tel que calculé par le modèle 4, est de 16,4 m<sup>3</sup>/s, ce qui est très près de la valeur moyenne mesurée (16,5 m<sup>3</sup>/s).

Tous les critères de performance indiquent que le modèle optimisé (4) est meilleur que le modèle « ratio des débits spécifiques » (3). Toutefois, le modèle 4 surestime le débit minimum mesuré de 3,4 m<sup>3</sup>/s puisqu'il donne un débit de 4,3 m<sup>3</sup>/s (+26%).

La figure 5.2 présente les débits mesurés à la station BPR et les débits calculés par les modèles 3 et 4.

**Tableau 5.1 - Résultats et performances des modèles mathématiques**

Modèle	Description	Formulation	Constantes	R <sup>2</sup>	MAE	RMSE	NASH
1	des Commissaires (ratio des bassins)	$Q_{site} = a \cdot (Q_{commissaires})$	a = 1,617	0,918	4,884	5,714	0,168
2	Ratio des bassins versants	$Q_{site} = Q_{commissaires} + a \cdot Q_{Saumons}$	a = 0,593	0,942	3,099	3,712	0,649
3	Ratio des debits spécifiques	$Q_{site} = Q_{commissaires} + a \cdot Q_{Saumons}$	a = 0,788	0,946	2,313	2,948	0,779
4	Optimisation du coefficient de transfert aux Saumons	$Q_{site} = Q_{commissaires} + a \cdot Q_{Saumons}$	a = 1,146	0,949	1,796	2,243	0,872



**Figure 5.2 - Débits mesurés et calculés, modèles 3 et 4**

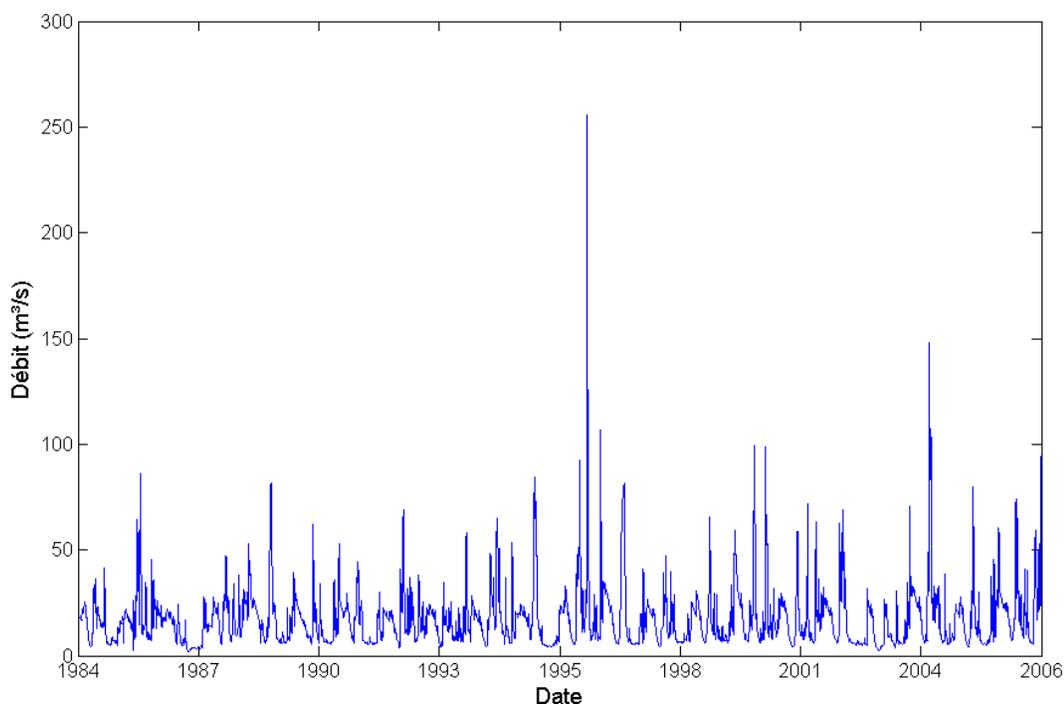
<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>	Projet n° : 01764 (60ET)	
	Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Date : Mars 2010	Page : 13
			Rév. : 01

#### 5.4 CHOIX DU MODÈLE

Le modèle 3 « ratio des débits spécifiques » est le modèle retenu pour la création de la série synthétique. L'analyse des débits mesurés et calculés, sur la période d'enregistrement à la station BPR, montre que le modèle 3 est conservateur d'un point de vue de la production énergétique puisqu'il sous-estime de 12% le débit moyen sur la période. Le modèle 3 représente bien le débit minimum mesuré, ce qui valide son utilisation pour le calcul des débits d'étiage.

#### 5.5 SÉRIE SYNTHÉTIQUE DES DÉBITS

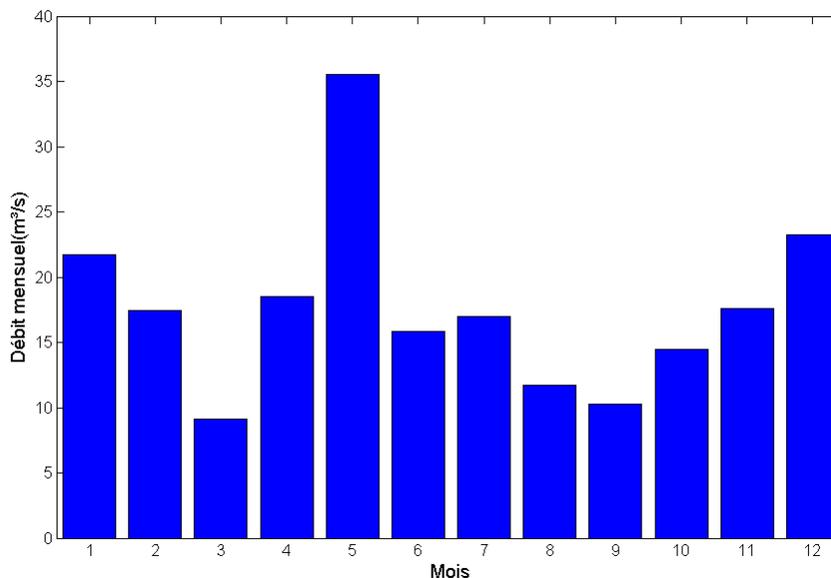
Le modèle « ratio des débits spécifiques » a été appliqué afin de créer la série synthétique des débits au droit du barrage projeté. Cette série comprend 25 années de données entre 1984 et 2008. La figure 5.3 présente la série complète. Le débit moyen entre 1984 et 2008 est de 17,7 m<sup>3</sup>/s. Le débit maximum calculé au site est de 256 m<sup>3</sup>/s, le 21 juillet 1996.



**Figure 5.3 - Série synthétique complète, 1984-2008 (modèle « ratio des débits spécifiques »)**

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>	Projet n° : 01764 (60ET)	
	Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Date : Mars 2010	Page : 14
			Rév. : 01

La figure 5.4 présente la variation des débits moyens mensuels au droit du barrage projeté, selon le modèle « ratio des débits spécifiques ». Le débit maximum survient au mois de mai (35,6 m<sup>3</sup>/s) et le débit minimum survient au mois de mars (9,1 m<sup>3</sup>/s).



**Figure 5.4 - Débits moyens mensuels, 1984-2008**

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 15 Rév. : 01

## 6. DÉBITS EXTRÊMES

### 6.1 BARRAGE DES COMMISSAIRES

Le plan de gestion des eaux retenues du barrage des Commissaires (CEHQ 2009) fournit de l'information sur les débits de crue et les débits d'étiage au droit du barrage.

En période de crue, le débit évacué au barrage est normalement limité à 50 m<sup>3</sup>/s. Toutefois, le débit évacué peut être supérieur comme ce fut le cas en 1996 où le débit évacué a atteint 107,3 m<sup>3</sup>/s. Le débit de crue 1000 ans sortant au barrage, évalué par le CEHQ, est de 140,4 m<sup>3</sup>/s. En appliquant le simple ratio des superficies de bassin entre le site de Val-Jalbert (909 km<sup>2</sup>) et le barrage des Commissaires (562 km<sup>2</sup>), on obtient un débit 1000 ans au site de 227 m<sup>3</sup>/s. La capacité d'évacuation du barrage, communiquée par le CEHQ, est d'environ 190 m<sup>3</sup>/s.

Selon les CEHQ, le débit minimal assuré à la sortie du barrage est de 3,8 m<sup>3</sup>/s. Toutefois, l'analyse des débits historiques journaliers à la station des Commissaires (42 ans entre 1967 et 2008) montre que les débits sont inférieurs à 3,0 m<sup>3</sup>/s 6% du temps, soit l'équivalent de 3 semaines par année en moyenne.

## 6.2 DÉBIT DE CRUE

Les débits maximums annuels (25 ans entre 1984 et 2008) de la rivière Ouiatchouan au droit du barrage projeté ont été analysés à l'aide du logiciel Hyfran, version 1.1. Plusieurs ajustements statistiques ont été testés. La Loi Gumbel (maximum de vraisemblance) a été choisie comme référence. La figure 6.1 présente les résultats d'ajustement statistique. Un facteur de pointe arbitraire de 1,10 a été utilisé pour le calcul des débits maximums instantanés. Le tableau 6.1 présente les débits maximums instantanés estimés au droit du barrage.

Les résultats d'ajustement statistique montrent que le débit moyen journalier de 1996 estimé au site (256 m<sup>3</sup>/s) correspond à un événement de récurrence d'environ 1:1000 ans.

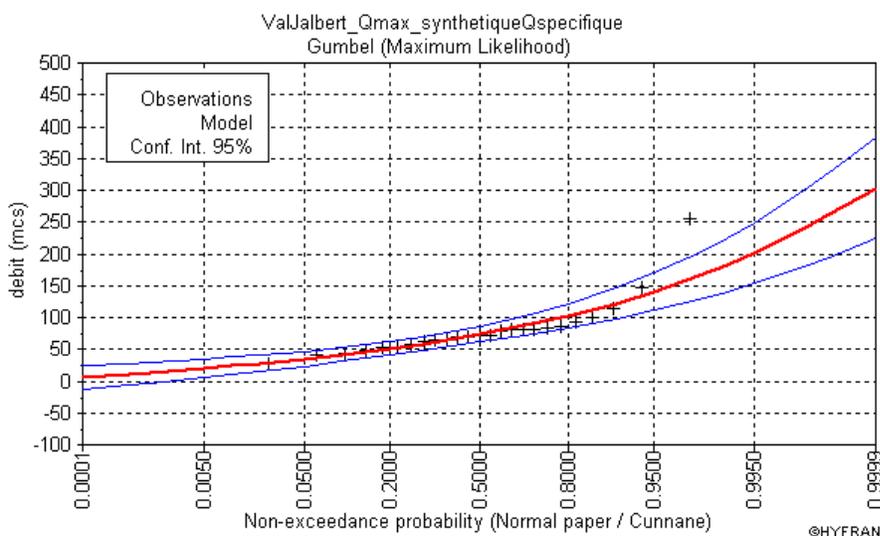


Figure 6.1 - Résultats statistiques, Loi Gumbel (maximum de vraisemblance)

Tableau 6.1 - Débits maximums au site du barrage projeté

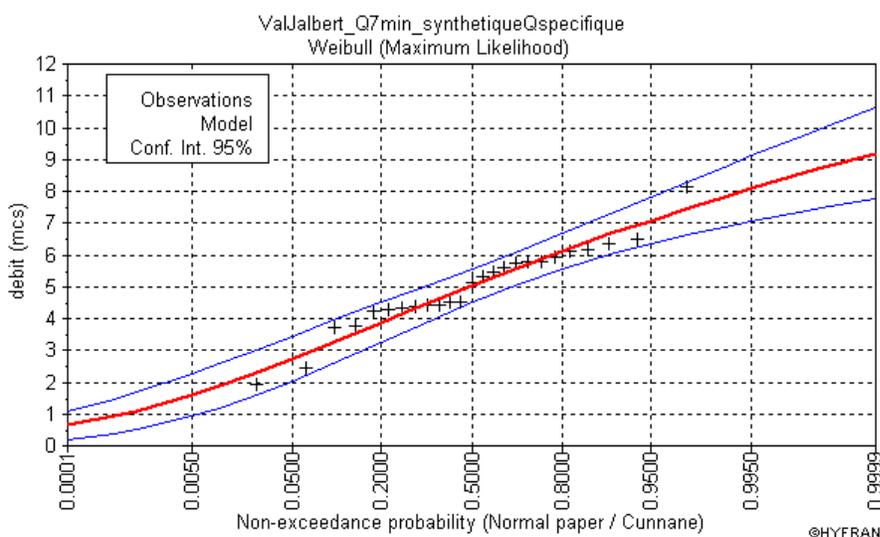
Récurrence (ans)	Maximum journalier (m <sup>3</sup> /s)	Maximum instantané (m <sup>3</sup> /s)
2	73,2	80,5
10	122,2	134,4
50	165,1	181,6
100	183,3	201,6
1000	243,3	267,6

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>	Projet n° : 01764 (60ET)	
	Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Date : Mars 2010	Page : 17
			Rév. : 01

### 6.3 DÉBIT D'ÉTIAGE

#### 6.3.1 Débit moyen sur 7 jours

Les valeurs minimums annuelles (25 ans entre 1984 et 2008) des débits moyens sur 7 jours de la rivière Ouiatchouan au droit du barrage projeté ont été analysées à l'aide du logiciel Hyfran, version 1.1. Plusieurs ajustements statistiques ont été testés. La Loi Weibull (maximum de vraisemblance) a été choisie comme référence. La figure 6.2 présente les résultats d'ajustement statistique. La valeur de  $Q_{2,7}$  (débit minimum moyen sur 7 jours, de récurrence 1:2 ans) est de 5,0 m<sup>3</sup>/s.



**Figure 6.2 - Résultats statistiques, Loi Gumbel (maximum de vraisemblance)**

Le débit  $Q_{2,7}$  a également été calculé à partir des données d'étiage du CEHQ (2004). En appliquant à tout le bassin versant le débit  $Q_{2,7}$  spécifique calculé à la station des Commissaires (4,76 L/s/km<sup>2</sup>), on obtient un  $Q_{2,7}$  de 4,3 m<sup>3</sup>/s au site. Puisque cette valeur est inférieure à celle calculée à partir de la série synthétique, elle sera retenue.

#### 6.3.2 Autre valeurs

Les valeurs suivantes représentent les débits d'étiage :

- 50% du débit moyen annuel (0,5QMA) : 8,8 m<sup>3</sup>/s;
- Débit médian du mois d'août ( $Q_{50}$ août) : 7,5 m<sup>3</sup>/s.

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b> Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Date : Mars 2010	Page : 18
			Rév. : 01

## 7. CONCLUSION

L'installation d'une station de mesure du débit par BPR sur la rivière Ouiatchouan a permis de raffiner les calculs de débits au droit du barrage projeté.

La méthode de transfert de bassin basée sur le « ratio des débits spécifiques » a été retenue afin de générer la série des débits synthétiques au site du barrage projeté. À cet endroit, le débit moyen annuel est de 17,7 m<sup>3</sup>/s. De même, le débit d'étiage  $Q_{2,7}$  est de 4,3 m<sup>3</sup>/s et le débit de crue millénaire (1000 ans) est de 268 m<sup>3</sup>/s.

## 8. RÉFÉRENCES

CEHQ (2003), *Fiche technique en ligne – Barrages des Commissaires (X0000748)*, [http://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no\\_mef\\_lieu=X0000748](http://www.cehq.gouv.qc.ca/barrages/detail.asp?no_mef_lieu=X0000748).

CEHQ (2004), *Débits spécifiques d'étiage annuels évalués aux stations hydrométriques du Québec – carte n°3*.

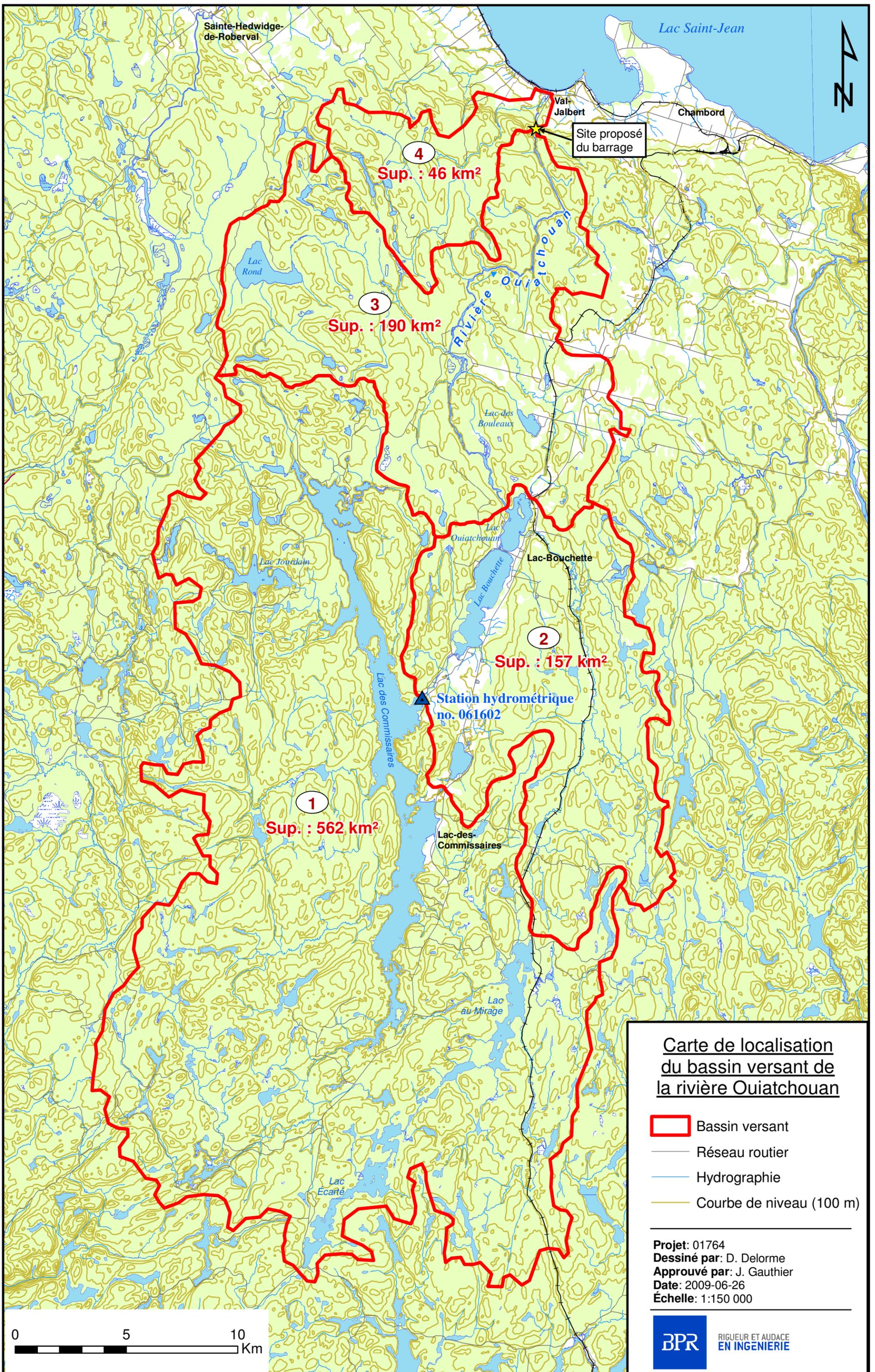
CEHQ (2009), *Plan de gestion des eaux retenues – Barrage des Commissaires X0000748*.

<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Annexes	
		Date : Mars 2010	Rév. : 01

## ***A N N E X E 1***

### ***Plan de localisation du bassin versant de la rivière Ouiatchouan***





Sainte-Hedwidge-de-Roberval

Lac Saint-Jean

Val-Jalbert

Chambord

Site proposé du barrage

4

Sup. : 46 km<sup>2</sup>

3

Sup. : 190 km<sup>2</sup>

Rivière Ouïatchouan

Lac Rond

Lac des Bouleaux

Lac Jovélan

Lac Ouïatchouan

Lac-Bouchette

Lac Bouchette

2

Sup. : 157 km<sup>2</sup>

Lac des Commissaires

Station hydrométrique no. 061602

1

Sup. : 562 km<sup>2</sup>

Lac-des-Commissaires

Lac au Mirage

Lac Ecarté

**Carte de localisation du bassin versant de la rivière Ouïatchouan**

- Bassin versant
- Réseau routier
- Hydrographie
- Courbe de niveau (100 m)

Projet: 01764  
 Dessiné par: D. Delorme  
 Approuvé par: J. Gauthier  
 Date: 2009-06-26  
 Échelle: 1:150 000

0 5 10 Km



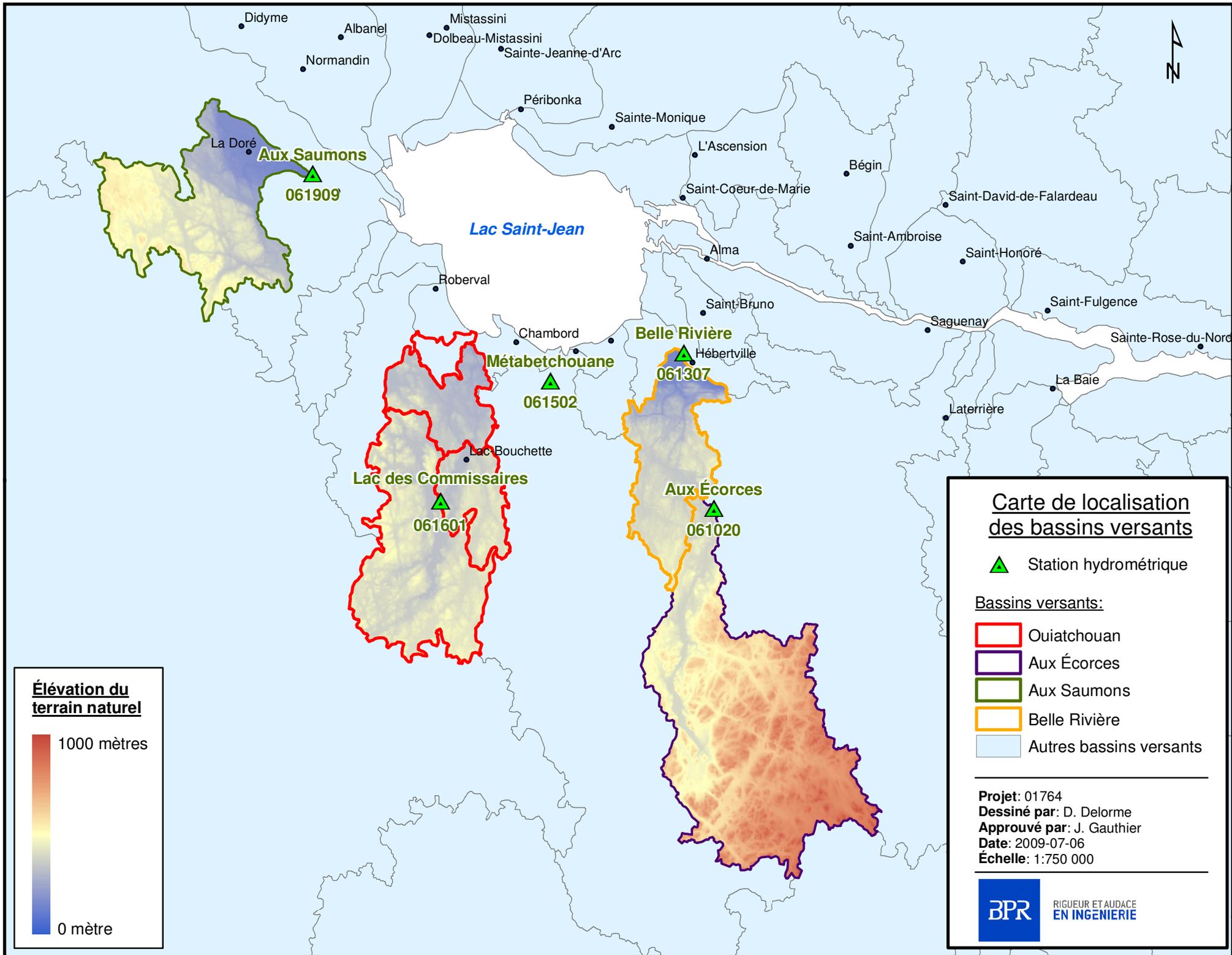


<b>Société de l'énergie communautaire du Lac-Saint-Jean</b>	<b>Développement du site hydroélectrique centrale Val-Jalbert</b>  Analyse hydrologique des débits de la rivière Ouiatchouan au droit du site proposé	Projet n° : 01764 (60ET)	
		Annexes	
		Date : Mars 2010	Rév. : 01

## **A N N E X E 2**

### ***Plan de localisation des quatre bassins versants jaugés situés à proximité du bassin de la rivière Ouiatchouan***





Didyme  
 Albanel  
 Mistassini  
 Dolbeau-Mistassini  
 Sainte-Jeanne-d'Arc

Normandin

Péribonka

Sainte-Monique

La Doré  
**Aux Saumons**

061909

Lac Saint-Jean

Roberval

L'Ascension

Saint-Cœur-de-Marie

Bégin

Saint-David-de-Falardeau

Saint-Ambroise

Saint-Honoré

Saint-Bruno

**Belle Rivière**

061307

**Métabetchouane**

061502

Chambord

Lac Bouchette

**Lac des Commissaires**

061601

**Aux Écorces**

061020

Saguenay

Saint-Fulgence

Sainte-Rose-du-Nord

La Baie

Laterrière

