

# Aménagement hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim sur la rivière Sainte-Anne du Nord

Caractérisation complémentaire des habitats du poisson

*En réponse à la lettre du MDDEP datée du 1er juin 2012*





# **Aménagement hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim sur la rivière Sainte-Anne du Nord**

## **Caractérisation complémentaire des habitats du poisson**

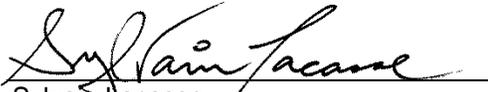
*En réponse à la lettre du MDDEP datée du 1<sup>er</sup> juin 2012*

Réf. : 60271071

Septembre 2012



## Signatures

Rapport préparé par :  Le 24 septembre 2012  
Sylvain Lacasse  
Directeur de projet

Rapport vérifié par :  Le 24 septembre 2012  
Jean-François Bourque  
Chargé de projet



## Équipe de réalisation

### GRUPE AXOR

Simon Gourdeau	Chargé de projet
Isabelle Normandin	Analyste en environnement
Normand Bergeron	Analyste en environnement

### AECOM

Sylvain Lacasse	Directeur de projet, analyses et rédaction
Jean-François Bourque	Chargé de projet, relevés de terrain et analyses
Mathieu Lafond	Analyses et rédaction
Alexander Pépin-Ross	Modélisation hydraulique
David Morissette	Modélisation hydraulique
Robert Dumont	Chef d'équipe pour les relevés de terrain
Sébastien Cloutier	Relevés de terrain et analyses
Julien April	Relevés de terrain et analyses
Martin Beauchesne	Relevés de terrain
Alain Lapointe	Relevés de terrain
Tommy Guilbeault	Relevés de terrain
Michèle Gagnon	Édition du rapport

---

**Référence à citer :** AECOM. 2012. *Aménagement hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim sur la rivière Sainte-Anne du Nord. Caractérisation complémentaire des habitats du poisson.* En réponse à la lettre du MDDEP datée du 1<sup>er</sup> juin 2012. Rapport présenté à la Société Hydro-Canyon Saint-Joachim. 64 pages et annexes.



## Table des matières

<b>Équipe de réalisation</b> .....	<b>V</b>
<b>1 Mise en contexte</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Méthodes</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Relevés physiques complémentaires</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Choix des transects.....	3
2.1.2 Choix des débits étudiés.....	4
2.1.3 Relevés hydrauliques .....	4
2.1.4 Caractérisation du substrat .....	7
<b>2.2 Modélisation hydraulique 1D</b> .....	<b>8</b>
2.2.1 Calibration du modèle en conditions naturelles .....	9
2.2.2 Calibration du modèle en conditions futures .....	10
<b>2.3 Analyse des habitats du poisson à l'aide des indices de qualité d'habitat (IQH)</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Résultats et discussion</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Description des habitats du poisson en conditions hydrologiques normales estivales</b>	<b>17</b>
3.1.1 Caractérisation du substrat .....	17
3.1.2 Habitats potentiels dans la portion amont du bief intermédiaire .....	17
3.1.3 Habitats potentiels dans le bief amont.....	36
<b>3.2 Comparaison des habitats du poisson en conditions naturelles et futures</b> .....	<b>48</b>
3.2.1 Omble de fontaine.....	49
3.2.2 Naseux des rapides et chabot tacheté.....	52
<b>4 Discussion et conclusions</b> .....	<b>59</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>63</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 :	Liste des sections (transects) relevées au cours de la présente étude, en fonction des biefs et des segments homogènes visés .....	4
Tableau 2 :	Classification granulométrique utilisée pour la caractérisation du substrat.....	7
Tableau 3 :	Correspondance des sections relevées (transects) et des sections du modèle HEC-RAS.....	9
Tableau 4 :	Débits simulés en conditions naturelles et futures.....	9
Tableau 5 :	Résultats de calibration du modèle en conditions naturelles .....	10
Tableau 6 :	Indices de qualité d'habitat de l'omble de fontaine pour la fraie, l'alevinage et le repos et l'alimentation des juvéniles et adultes en fonction de la profondeur et de la vitesse.....	12

Tableau 7 :	Indices de qualité d'habitat de l'omble de fontaine pour la fraie et l'alevinage en fonction du substrat .....	13
Tableau 8 :	Indices de qualité d'habitat du naseux des rapides en fonction de la profondeur et de la vitesse de l'eau (fraie, élevage des juvéniles et alimentation des adultes) .....	14
Tableau 9 :	Indices de qualité d'habitat du chabot tacheté en fonction de la profondeur et de la vitesse de l'eau (fraie, élevage des juvéniles et alimentation des adultes) .....	15
Tableau 10 :	Indices de qualité d'habitat du naseux des rapides et du chabot tacheté en fonction du substrat (fraie, élevage des juvéniles et alimentation des adultes).....	15
Tableau 11 :	Proportion (%) des diverses classes de substrat dans les segments homogènes SH10 à SH13	17
Tableau 12 :	Distance à proximité des rives gauche et droite n'ayant pas pu être couverte par le courantomètre à effet Doppler sur chacun des transects et ayant dû faire l'objet d'une extrapolation.....	18
Tableau 13 :	Indices de qualité d'habitat (IQH) et superficies d'habitats pondérées (SHP) pour l'omble de fontaine en fonction des conditions de débit naturelles et futures.....	50
Tableau 14 :	Indices de qualité d'habitat (IQH) et superficies d'habitats pondérées (SHP) pour le naseux des rapides en fonction des conditions de débit naturelles et futures .....	53
Tableau 15 :	Indices de qualité d'habitat (IQH) et superficies d'habitats pondérées (SHP) pour le chabot tacheté en fonction des conditions de débit naturelles et futures .....	56
Tableau 16 :	Bilan des pertes et des gains d'habitats selon la modélisation 1D dans les segments homogènes SH10 à SH13 pour les trois espèces étudiées en fonction des différentes phases de leur cycle vital.....	60

## Liste des figures

Figure 1 :	Évolution des débits enregistrés en 2012 à la station hydrométrique n° 051001 située sur la rivière Montmorency, en comparaison des données historiques pour la période comprise entre 1970 et 2010 (Source : CEHQ) .....	6
Figure 2 :	Courantomètre à effet Doppler utilisé pour les relevés hydrauliques.....	7
Figure 3 :	Localisation approximative des sections relevées au terrain .....	8
Figure 4 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH10-1. ....	21
Figure 5 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH10-1.....	23
Figure 6 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH11-1. ....	25
Figure 7 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH11-1.....	27
Figure 8 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH11-2. ....	29
Figure 9 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH11-2.....	31

Figure 10 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH12-1. ....	33
Figure 11 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH12-1.....	35
Figure 12 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH12-2. ....	37
Figure 13 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH12-2.....	39
Figure 14 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH12-3. ....	41
Figure 15 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH12-3.....	43
Figure 16 :	Délimitation du potentiel d'habitat de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH13-1. ....	45
Figure 17 :	Délimitation du potentiel d'habitat du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH13-1.....	47

## Liste des annexes

Annexe A :	Lettre du MDDEP datée du 1 <sup>er</sup> juin 2012
Annexe B :	Lettre du promoteur datée du 14 juin 2012
Annexe C :	Annexe photographique
Annexe D :	Description du courantomètre à effet Doppler et des limites de l'appareil
Annexe E :	Résultats des simulations hydrauliques



# 1 Mise en contexte

La Société Hydro-Canyon Saint-Joachim Inc. projette de réaliser un aménagement hydroélectrique d'une puissance de 23,2 MW sur la rivière Saint-Anne du Nord. L'étude d'impact sur l'environnement pour ce projet a été déposée au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) en octobre 2011. À la suite de l'analyse de cette étude d'impact et des documents complémentaires<sup>1</sup> déposés par le promoteur, le MDDEP a expédié une lettre au promoteur le 1<sup>er</sup> juin 2012 (annexe A) afin de lui demander de procéder à une caractérisation complémentaire des habitats du poisson dans la portion amont du bief intermédiaire et dans le bief amont. L'engagement d'effectuer cette caractérisation complémentaire était une condition pour obtenir l'avis de recevabilité de l'étude d'impact du projet par le MDDEP. Le promoteur s'est engagé à réaliser cette étude complémentaire à l'été 2012 (annexe B) et ce mandat a été confié à la firme AECOM.

Les objectifs visés par cette étude sont les suivants :

- Effectuer des relevés physiques complémentaires (profondeurs, vitesses, substrats, niveaux d'eau et largeurs mouillées) dans les segments homogènes SH10 à SH14, en ciblant des débits en rivière plus élevés que ceux relevés à l'été 2010, centrés sur le débit médian estival de 18,3 m<sup>3</sup>/s. Ces relevés physiques doivent être effectués le long de sections transversales (transects) représentatives pour chaque segment homogène.
- Créer un modèle hydraulique 1D et calibrer ce modèle à partir des données recueillies sur le terrain afin de simuler les conditions d'écoulement dans la rivière pour des débits compris entre 2,3 m<sup>3</sup>/s et 90 m<sup>3</sup>/s représentatifs des conditions hydrologiques normalement rencontrées lors des périodes de fraie et d'alimentation des espèces visées, soit l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*), le naseux des rapides (*Rhinichthys cataractae*) et le chabot tacheté (*Cottus bairdi*).
- Produire des simulations hydrauliques à l'aide du modèle 1D permettant de comparer les conditions naturelles d'écoulement et les conditions futures en présence des ouvrages qui seront construits en rivière, pour les débits considérés (2,3 à 90 m<sup>3</sup>/s).
- Effectuer une nouvelle analyse de la disponibilité et de la qualité des habitats présents dans les segments homogènes SH10 à SH14 pour l'omble de fontaine, le naseux des rapides et le chabot tacheté, en fonction des étapes critiques de leur cycle vital, soit la fraie et l'alimentation, en distinguant si possible les stades alevins, juvéniles et adultes.
- Réévaluer les impacts appréhendés sur les habitats du poisson et revoir, s'il y a lieu, les mesures d'atténuation, les impacts résiduels et les mesures de compensation proposées.

---

<sup>1</sup> Réponses aux questions et commentaires du MDDEP (1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> séries).



## 2 Méthodes

### 2.1 Relevés physiques complémentaires

#### 2.1.1 Choix des transects

Les relevés physiques complémentaires ont été effectués le long de plusieurs sections transversales (transects), perpendiculairement à l'écoulement de la rivière. Les transects ont été choisis en fonction de leurs caractéristiques représentatives des segments homogènes (SH) visés et en tenant compte de leur accessibilité en regard de la sécurité du personnel affecté aux opérations. Ainsi, pour un segment homogène relativement court (SH10), un seul transect représentatif a été retenu. Inversement, les segments homogènes plus longs (SH11 et SH12) ont été étudiés en fonction d'un plus grand nombre de sections transversales, soit deux transects pour SH11 et trois transects pour SH12. Dans ce dernier segment homogène, un transect a été positionné en aval du futur déversoir (bief intermédiaire), alors que les deux autres transects ont été positionnés dans le bief amont. Dans le cas du segment SH13, un seul transect a pu être effectué puisque les rives très abruptes dans ce secteur du canyon rendent l'accès impossible par les berges à la portion amont de ce segment homogène lorsque les débits sont supérieurs à environ  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il en va de même dans le cas du segment SH14 où aucun transect de relevés n'a pu être effectué en raison de la grande difficulté d'accès à ce secteur de la rivière lorsque les berges sont inondées. Toute intervention dans ce secteur (portion amont de SH13 et segment SH14 en entier) aurait posé des problèmes sérieux sur le plan de la sécurité puisque les rives escarpées augmentaient considérablement les risques de chutes dans le cours d'eau pour les techniciens responsables des opérations. En raison des vitesses de courant élevées dans ce secteur de cascades et de la présence de la chute Sainte-Anne (segment SH9) en aval du tronçon à l'étude, tout risque de chute dans la rivière devait être évité et un plan strict de santé et sécurité au travail (SST) a dû être appliqué. Vu l'impossibilité de pouvoir réaliser d'autres transects plus en amont dans les segments SH13 et SH14, il a été convenu d'effectuer davantage de transects dans le segment SH12 afin d'obtenir des données physiques pour un minimum de trois sections transversales dans le bief amont.

Ainsi, sept transects ont été relevés au total, soit quatre dans le bief intermédiaire (segments SH10 à SH12) et trois dans le bief amont (segments SH12 et SH13) (tableau 1).

Le choix définitif de l'emplacement du transect retenu pour le passage de l'appareil de mesure (courantomètre à effet Doppler) était déterminé par les conditions d'écoulement en surface. Idéalement, la perpendiculaire du transect devait permettre à la plateforme du courantomètre d'effectuer un passage hors des rideaux de bulles (« eau blanche ») et d'éviter les zones de forts clapotis (minimiser le roulis et le tangage).

Le tableau 1 résume la répartition des transects relevés au cours de la présente étude, en fonction des biefs et des segments homogènes visés. Des photos représentatives de chacun des sites de transects, ainsi que des prises de vue en direction aval et amont de ces mêmes transects sont présentées à l'annexe C.

**Tableau 1 : Liste des sections (transects) relevées au cours de la présente étude, en fonction des biefs et des segments homogènes visés**

Bief	Segment homogène	Type de faciès	N° du transect	Coordonnées géographiques (UTM)
Intermédiaire	SH10	Seuil	SH10-1G	5215119.857,276346.415
	SH11	Fosse <sup>A</sup>	SH11-1G	5215139.490,276387.436
	SH11	Fosse <sup>A</sup>	SH11-2G	5215155.534,276401.336
	SH12	Cascade (seuil)	SH12-1G	5215182.700,276478.773
Amont	SH12	Cascade (rapides)	SH12-2G	5215203.746,276523.913
	SH12	Cascade (rapides)	SH12-3G	5215285.475,276577.670
	SH13	Chenal lotique (fosse <sup>B</sup> )	SH13-1G	5215407.910,276664.457
	SH14	Cascade (rapides)	--- <sup>C</sup>	---

<sup>A</sup> : Fosse n° 4 identifiée dans le rapport d'étude d'impact.

<sup>B</sup> : Fosse n° 6 identifiée dans le rapport d'étude d'impact.

<sup>C</sup> : Aucun transect n'a pu être effectué dans le segment SH14.

### 2.1.2 Choix des débits étudiés

Les relevés physiques complémentaires ont été effectués lors de trois campagnes de terrain visant à couvrir une large gamme de débits représentatifs des conditions hydrologiques pouvant être normalement rencontrés lors des périodes de fraie printanière et automnale et d'alimentation estivale.

Les relevés les plus exhaustifs ont été réalisés à des débits se rapprochant du débit médian estival (18,3 m<sup>3</sup>/s). Cette campagne de relevés a été réalisée du 4 au 6 juillet 2012, à des débits compris entre 18 et 25 m<sup>3</sup>/s. Dans le texte qui suit, ces conditions de débits sont nommées « conditions hydrologiques normales estivales ».

Deux autres séries de relevés ont également été effectuées à un débit inférieur (12 m<sup>3</sup>/s, 20 juillet 2012) et à un débit supérieur (61 m<sup>3</sup>/s, 28 juin 2012) au débit médian estival. Un débit de 12 m<sup>3</sup>/s est représentatif de conditions d'étiage estival (probabilité de non-dépassement d'environ 20 % en août et septembre), alors qu'un débit de 61 m<sup>3</sup>/s est représentatif de conditions pouvant être rencontrées en période de décrue printanière, soit vers la fin mai ou le début juin (débit médian d'environ 90 m<sup>3</sup>/s en mai et 30 m<sup>3</sup>/s en juin).

La figure 1 présente l'évolution des débits enregistrés en 2012 à la station hydrométrique n° 051001 située sur la rivière Montmorency (Centre d'expertise hydrique du Québec, CEHQ), une rivière adjacente à la rivière Sainte-Anne du Nord et présentant des débits relativement comparables. À l'examen de cette figure, on constate que les débits enregistrés durant l'ensemble de notre période d'inventaire (soit du 28 juin au 20 juillet 2012) ont couvert une large gamme de débits qui sont représentatifs des conditions hydrologiques historiquement observées entre la fin du mois de mai (fraie des espèces printanières) et la fin du mois d'octobre (fraie automnale de l'omble de fontaine).

### 2.1.3 Relevés hydrauliques

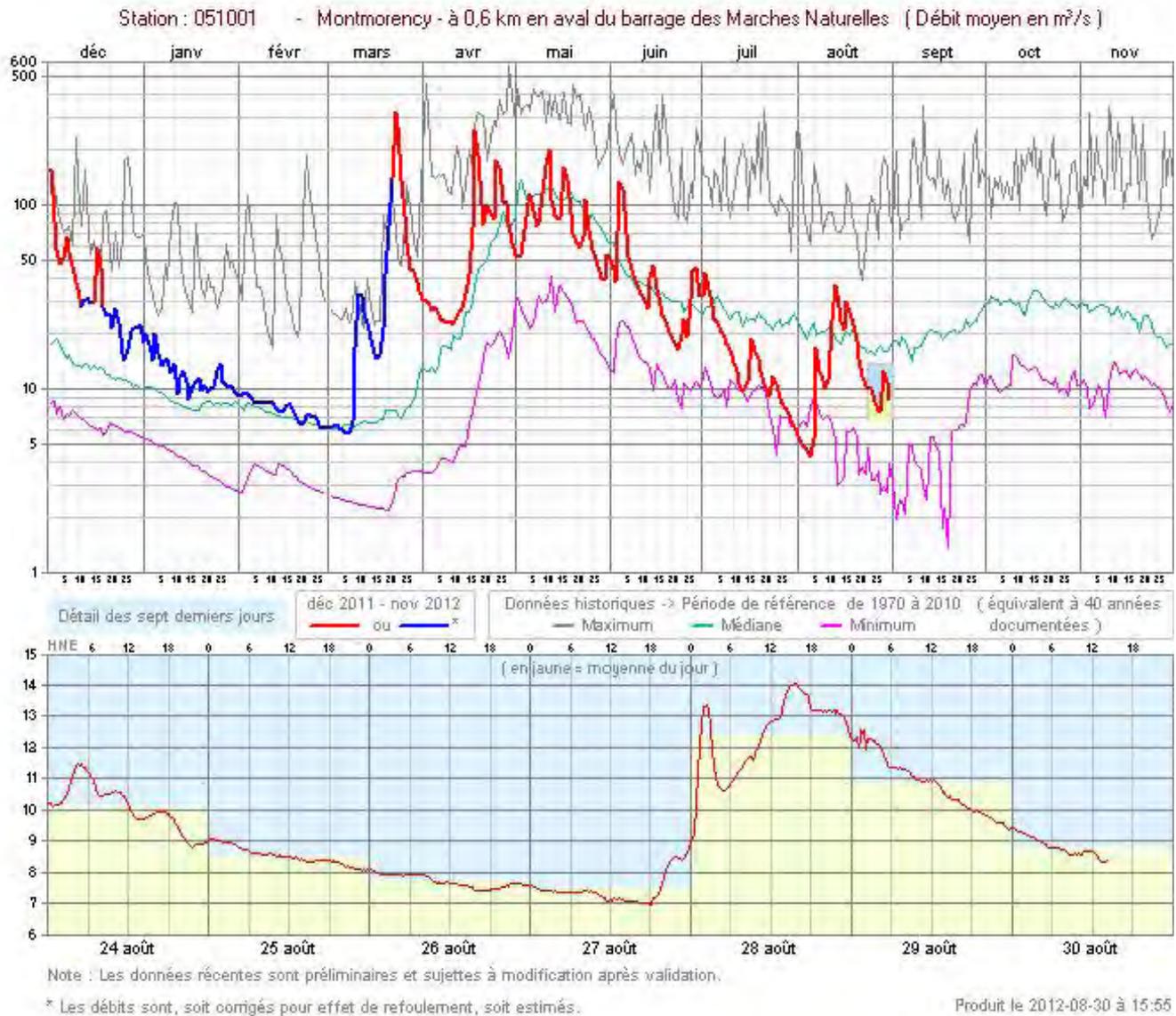
Lors de la campagne réalisée en conditions hydrologiques normales estivales (débits de 18 à 25 m<sup>3</sup>/s), les relevés de vitesses et de profondeurs ont été effectués sur chacun des sept transects. Ces mesures ont été prises en continu sur toute la hauteur de la colonne d'eau à l'aide d'un courantomètre à effet Doppler (*River Surveyor M9* de *SonTek*), en faisant circuler l'appareil d'une rive à l'autre à l'aide d'un système de câbles. Pour des raisons de sécurité, deux personnes étaient requises de chaque côté de la rivière. D'ailleurs, un protocole

sévère de sécurité a dû être élaboré et respecté à la lettre étant donné le danger important de travailler à l'amont de la chute Sainte-Anne. Ainsi, les opérateurs de l'appareil étaient en tout temps attachés à l'aide d'harnais de sécurité à différents points d'ancrage.

Plusieurs passages du courantomètre ont été effectués sur chacun des transects afin de s'assurer de la justesse des mesures effectuées. La position et l'élévation précises du niveau d'eau sur chaque transect ont également été relevées en coordonnées X-Y-Z à l'aide d'un appareil de positionnement satellitaire DGPS RTK (ensemble CAN-NET muni d'un DGPS Trimble R8 et d'un carnet Trimble TSC3, précision < 1 cm).

Le mode de fonctionnement du courantomètre à effet Doppler utilisé et les limites de cet appareil sont expliqués plus en détail à l'annexe D. Une illustration de l'appareil, monté sur sa plateforme, est présentée à la figure 2.

Lors des deux autres campagnes effectuées à des débits respectifs de 12 m<sup>3</sup>/s et 61 m<sup>3</sup>/s, seuls les niveaux d'eau et les largeurs mouillées à chaque transect ont été relevés à l'aide d'un niveau d'arpentage et reliés à des « *bench mark* » temporaires qui avaient été préalablement installés et positionnés avec le DGPS RTK. Un jaugeage a également été réalisé sur le transect n° SH10-1G lors de ces deux campagnes afin de mesurer les débits. Pour la visite au débit de 61 m<sup>3</sup>/s, le jaugeage a été effectué à l'aide du courantomètre à effet Doppler (5 passages), alors que pour la dernière visite à un débit de 12 m<sup>3</sup>/s, le jaugeage a été réalisé à l'aide d'un courantomètre à hélices (Global Water Flowprobe FP101), étant donné que l'utilisation de l'appareil Doppler entraîne une imprécision significative lorsque les niveaux d'eau sont faibles. Dans ce dernier cas, deux passages successifs ont été effectués le long du transect, en prenant des lectures de vitesses et de profondeurs à des intervalles de 1 m de distance (32 points de mesure au total). Les mesures de vitesses avec le courantomètre à hélices ont été prises à 60 % de la hauteur de la colonne d'eau.



**Figure 1 : Évolution des débits enregistrés en 2012 à la station hydrométrique n° 051001 située sur la rivière Montmorency, en comparaison des données historiques pour la période comprise entre 1970 et 2010 (Source : CEHQ)**



**Figure 2 :** Courantomètre à effet Doppler utilisé pour les relevés hydrauliques

#### 2.1.4 Caractérisation du substrat

Les caractéristiques du substrat ont été relevées visuellement à chaque transect par l'équipe en place. Dans chaque cas, la portion visible du lit de la rivière fut caractérisée et les pourcentages de recouvrement associés à chaque classe de substrat ont été notés, en utilisant la charte granulométrique recommandée par le MRNF (2011) (tableau 2). Afin de faciliter ces observations visuelles, celles-ci ont été effectuées au débit le plus faible ( $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ), soit lors de la visite du 20 juillet 2012.

**Tableau 2 :** Classification granulométrique utilisée pour la caractérisation du substrat

Classe granulométrique	Code	Diamètre des particules (mm)
Roc	R	–
Gros bloc	Bx	> 500
Bloc	B	250 à 500
Galet	G	80 à 250
Caillou	C	40 à 80
Gravier	Gr	5 à 40
Sable, limon, argile	S	< 5

Source : MRNF, 2011.

De plus, afin de caractériser le lit de la rivière dans sa partie la plus profonde, soit sur les deux transects du segment SH11 (fosse), des visualisations du fond ont été effectuées à l'aide d'une caméra vidéo sous-marine qui avait été attachée au système de câbles mentionné précédemment. La caméra a été passée d'une rive à l'autre en suivant le lit de la rivière.

## 2.2 Modélisation hydraulique 1D

Une modélisation hydraulique en une dimension (1D) du tronçon à l'étude a été réalisée à l'aide du logiciel de simulation HEC-RAS développé par le *United States Corps Army of Engineers* (USCAE). Le tronçon à l'étude (segments SH10 à SH13) possède une longueur totale d'environ 550 m.

La localisation approximative des sections relevées est présentée à la figure 3. Les données de niveaux d'eau relevés sont présentées au tableau 5.



Figure 3 : Localisation approximative des sections relevées au terrain

Pour les besoins du modèle HEC-RAS, les sections relevées ont été renommées telles que présentées au tableau ci-dessous.

**Tableau 3 : Correspondance des sections relevées (transects) et des sections du modèle HEC-RAS**

N° section	N° section HEC-RAS
SH13-1G	1000
SH12-3G	900
SH12-2G	800
SH12-1G	700
SH11-2G	600
SH11-1G	500
SH10-1G	400

Cinq conditions de débit ont été simulées afin de caractériser les conditions hydrauliques dans le tronçon à l'étude. Ces débits couvrent une large gamme de conditions hydrologiques variant d'un faible étiage estival (2,3 m<sup>3</sup>/s) à une crue printanière moyenne (90 m<sup>3</sup>/s). Les débits simulés sont présentés au tableau 4. Il est à noter qu'en conditions futures, une partie du débit est soutirée à la prise d'eau de la centrale (débit turbiné), alors que le reste du débit est déversé en aval du déversoir et de l'évacuateur de crues, dans le bief intermédiaire. Le débit réservé écologique considéré pour les simulations en conditions futures est de 0,4 m<sup>3</sup>/s, le débit minimal pouvant être turbiné est de 4 m<sup>3</sup>/s, et le débit maximal pouvant être turbiné (débit d'équipement) est de 44 m<sup>3</sup>/s.

**Tableau 4 : Débits simulés en conditions naturelles et futures**

Conditions naturelles	Conditions futures (bief intermédiaire)		Profil HEC-RAS*
	Débit turbiné (m <sup>3</sup> /s)	Débit déversé (m <sup>3</sup> /s)	
Débit total (m <sup>3</sup> /s)			
2,3	0	2,3	1
10	9,6	0,4	2
20	19,6	0,4	3
40	39,6	0,4	4
90	44	46	5

\* Pour référence à l'annexe E.

### 2.2.1 Calibration du modèle en conditions naturelles

La calibration du modèle a visé à reproduire les niveaux d'eau mesurés lors de la campagne de terrain avec une tolérance visée de 10 cm sur la majorité des sections. Cela s'est fait à l'aide d'insertions de seuils (sections transversales hypothétiques) qui ont été observées lors de la visite au terrain, mais également visibles sur les photos aériennes. Ces seuils, difficiles à relever sur le terrain, contrôlent les niveaux d'eau pour les différents segments homogènes (SH) relevés. Un coefficient de Manning de 0,040 a été retenu, ce qui se situe dans l'intervalle habituel pour ce genre de cours d'eau (écoulement en rapides sur fond de gravier et de bloc, sur un tronçon relativement homogène). Une analyse de sensibilité du coefficient de Manning a été réalisée et il a été déterminé que son influence n'était pas significative sur les résultats.

Les résultats de la calibration du modèle sont présentés au tableau 5. Les vitesses d'écoulement ainsi que les niveaux d'eau ont été comparés avec les données brutes relevées sur le terrain. Il est à noter que les relevés de niveau d'eau effectués à la section SH11-1G ont été rejetés puisque ces données sont vraisemblablement erronées étant donné le rehaussement ponctuel du niveau d'eau (en effet, dans tous les cas, on observe un

niveau d'eau supérieur à celui de la section suivante à l'amont). Il en est de même pour les relevés de niveau d'eau effectués aux environs de 20 m<sup>3</sup>/s aux sections SH12-3G et SH13-1G qui sont vraisemblablement erronés (surélévation ponctuelle de la lame d'eau). La cause exacte de ces erreurs n'a pu être déterminée, mais elle relève probablement d'erreurs de lecture sur le terrain au moment de l'installation des « *bench mark* » temporaires ou des relevés subséquents des niveaux d'eau.

**Tableau 5 : Résultats de calibration du modèle en conditions naturelles**

N° de section	N° de section HEC-RAS	Niveau d'eau (m)					
		HEC-RAS	Observé	HEC-RAS	Observé	HEC-RAS	Observé
		12 m <sup>3</sup> /s)	12 m <sup>3</sup> /s	20 m <sup>3</sup> /s	20 m <sup>3</sup> /s	61 m <sup>3</sup> /s	61 m <sup>3</sup> /s
SH13-1G	1000	94,71	<b>94,73</b>	94,98	<b>93,75</b>	95,73	<b>95,63</b>
SH12-3G	900	93,82	<b>93,57</b>	93,94	<b>94,78</b>	94,37	<b>94,38</b>
SH12-2G	800	92,26	<b>92,25</b>	92,39	<b>92,41</b>	92,94	<b>92,85</b>
SH12-1G	700	92,24	<b>92,21</b>	92,37	<b>92,35</b>	92,91	<b>92,92</b>
SH11-2G	600	91,22	<b>91,31</b>	91,40	<b>91,56</b>	92,02	<b>92,03</b>
SH11-1G	500	91,22	<b>91,56</b>	91,39	<b>91,82</b>	91,99	<b>93,13</b>
SH10-1G	400	91,19	<b>91,26</b>	91,35	<b>91,42</b>	91,92	<b>91,85</b>

Note : Les données en rouge n'ont pas été retenues pour la calibration.

### 2.2.2 Calibration du modèle en conditions futures

Afin de limiter les impacts sur le milieu aquatique, il est prévu que les deux seuils naturels de contrôle présents dans le bief intermédiaire, à la sortie des segments SH10 et SH12, seront en partie obstrués afin de maintenir des niveaux d'eau et des surfaces mouillées similaires aux conditions naturelles. Les valeurs de niveaux d'eau et de largeurs mouillées en conditions naturelles à un débit de 2,3 m<sup>3</sup>/s ont donc servi de critère de calibration pour le bief intermédiaire en conditions futures. Ce critère avait été établi dans le cadre de l'étude d'impact de ce projet (voir page 7-62 du rapport d'étude d'impact : AECOM et Groupe AXOR, 2011)

Le déversoir est inséré au modèle à la section fictive n° 750, tout juste en amont du transect SH12-1G, et impose un changement de débit sur le tronçon d'intérêt en aval, ce qui justifie les modifications aux différents seuils à l'aval. Le débit soutiré par la prise d'eau de la centrale est soustrait du débit total en rivière dans le modèle (voir tableau 4). Les ouvrages prévus (déversoir et évacuateur) sont insérés dans le modèle à l'aide d'une structure unique à crête déversante fixée à l'élévation 100,0 m et d'une largeur de 50 m. Celle-ci reproduit l'effet sur le niveau d'eau du bief amont de l'utilisation des vannes de l'évacuateur et de la crête déversante de 40 m du déversoir pour l'étendue des débits étudiés. Les conditions hydrauliques en amont du déversoir sont donc également modifiées, en tenant compte d'un niveau normal d'exploitation à la cote 100,0 m.

## 2.3 Analyse des habitats du poisson à l'aide des indices de qualité d'habitat (IQH)

Une nouvelle analyse de la disponibilité et de la qualité des habitats présents dans les segments homogènes SH10 à SH13 a été réalisée à partir des données prises sur le terrain à un débit de 18 à 25 m<sup>3</sup>/s, ainsi qu'à partir des résultats des simulations hydrauliques décrites précédemment. Cette analyse a été faite pour l'omble de fontaine, le naseux des rapides et le chabot tacheté, en fonction des étapes critiques de leur cycle vital, soit la fraie et l'alimentation, en distinguant si possible les stades alevins, juvéniles et adultes. Pour ce faire, les conditions physiques d'habitats en termes de substrat, de profondeur et de vitesse d'écoulement ont été comparées aux préférences d'habitats reconnues pour ces trois espèces, en utilisant des modèles d'habitats (IQH).

Un modèle d'habitat consiste en une représentation mathématique des préférences d'une espèce donnée quant à son habitat au cours d'une phase précise de son cycle vital. Les préférences d'habitat peuvent s'exprimer par le biais d'IQH spécifiques qui varient de 0 à 1 en fonction des diverses variables physiques du milieu (vitesse, profondeur, granulométrie, etc.), où une valeur de 1 représente les conditions optimales pour l'espèce considérée, alors qu'une valeur de 0 représente des conditions d'habitat non recherchées par l'espèce. La représentation graphique de ces indices prend l'allure d'une courbe en forme de cloche nommée courbe d'acceptabilité ou courbe de préférence d'habitat (*habitat suitability index model*). Il y a autant d'indices spécifiques que de variables physiques considérées. La fusion de ces indices donne un IQH global qui permet d'identifier les meilleurs habitats de la zone d'étude pour une espèce donnée et pour une phase particulière de son cycle vital.

Plusieurs auteurs ont déjà décrit les conditions d'habitat optimales recherchées par l'omble de fontaine, le naseux des rapides et le chabot tacheté à différents stades de vie, soit la fraie, l'alevinage et l'alimentation (Baker et Coon, 1997; Bradbury *et al.*, 1999; Edwards *et al.*, 1983; Jirka et Homa, 1990; 1983; Persinger, 2003; Petty et Crossman, 2007; Raleigh, 1982; Scruton *et al.*, 2000). Ces informations ont été étudiées afin de déterminer quels sont les meilleurs modèles d'habitats à considérer pour l'analyse du potentiel d'habitats sur la rivière Sainte-Anne du Nord. Les tableaux 6 à 10 présentent les différentes valeurs d'IQH pour la vitesse d'écoulement, la profondeur de l'eau et le substrat ayant été retenues dans le cadre de la présente étude pour décrire les besoins de l'omble de fontaine, du naseux des rapides et du chabot tacheté.

Comme mentionné précédemment, un IQH de 1 représente un milieu présentant des conditions optimales pour les besoins du poisson. Dans le cadre de cette étude, les indices de 0,5 et plus ont été considérés afin d'obtenir un portrait d'habitat plus représentatif. En effet, un indice compris entre 0,5 et 1 indique la présence de conditions non optimales d'habitats, mais tout de même intéressantes pour l'espèce visée. Il est probable que le poisson fréquente des milieux présentant des conditions légèrement moins favorables à ses besoins lorsque les habitats de qualité optimale sont limités dans un cours d'eau. À cette fin, tous les habitats dont l'IQH est supérieur ou égal à 0,5 ont été considérés comme potentiellement favorables dans le cadre de la présente étude.

### Omble de fontaine

Dans le cas de la fraie de l'omble de fontaine, le modèle d'habitats de Raleigh (1982) a été considéré pour la vitesse d'écoulement. Pour le paramètre de profondeur, l'IQH a été tiré de Bradbury *et al.* (1999), alors que dans le cas du substrat, nous avons adapté le modèle de Raleigh (1982) puisque ce dernier modèle accorde une valeur trop élevée aux substrats de cailloux en comparaison du gravier. Or, il est largement reconnu que l'omble de fontaine est une espèce qui fraie préférentiellement sur un substrat de gravier (voir Therrien et Lachance, 1997). Par conséquent, nous avons attribué un indice optimal de 1 pour le gravier et de 0,2 pour les cailloux en se basant sur Therrien et Lachance (1997) qui mentionnent que le diamètre optimal du substrat de fraie se situe entre 9 et 50 mm. Une valeur de 0 a été attribuée aux autres classes de substrat.

En ce qui concerne les habitats des alevins, des juvéniles et des adultes, les IQH ont été adaptés de Baker et Coon (1997) en utilisant les courbes de préférence basées sur la fréquence d'utilisation des habitats (« *use models* »), respectivement pour les individus de taille inférieure à 75 mm de longueur (alevins, 0+) et les individus de taille supérieure à 125 mm (individus âgés de 1 an et plus, pouvant être des juvéniles immatures ou des adultes). Cependant, les modèles de Baker et Coon (1997) ont dû être adaptés afin d'être plus polyvalents puisque ces modèles mettent l'emphase sur les conditions recherchées lorsque les individus se nourrissent de dérive larvaire et négligent les conditions d'habitats recherchées pour l'abri et le repos. Or, il est reconnu que les alevins d'omble de fontaine sont fréquemment retrouvés près des rives des cours d'eau, à l'abri des refuges riverains, là où les vitesses de courant sont souvent nulles ou quasi nulles. Par exemple, sur la rivière Portneuf (Haute-Côte-Nord), il a été démontré que la majorité (90 %) des alevins d'omble de fontaine utilisent les habitats d'élevage situés à moins de 5 m de distance de la rive (Alliance Environnement 2008). Ainsi, la courbe d'IQH de Baker et Coon (1997) pour les alevins a été adaptée pour que les vitesses de 0 m/s se voient attribuer un IQH de 1 (optimal). La courbe d'IQH pour la vitesse d'écoulement chez les juvéniles et les adultes, provenant de Baker et Coon (1997), a été adaptée de la même façon. De plus, la courbe d'IQH pour la profondeur a également été adaptée dans le cas des adultes en fonction de Bradbury *et al.* (1999) puisqu'il est reconnu que des profondeurs

supérieures à 0,5 m ne constituent pas un facteur limitant pour ce stade de vie, pour les profondeurs maximales rencontrées dans la rivière Sainte-Anne du Nord (profondeur maximale de 6,5 m enregistrée dans le segment SH11). Ainsi, un IQH de 1 a été attribué aux profondeurs supérieures à 0,5 m.

Mentionnons finalement que le modèle de Jirka et Homa (1990) pour le type de substrat a été utilisé dans le cas des alevins (taille comprise entre 25 et 100 mm). Dans le cas des juvéniles de plus grande taille et des adultes, aucun modèle pour le substrat n'a été appliqué puisque cette espèce apparaît peu sélective en fonction d'un substrat donné à ce stade de vie. En effet, la littérature scientifique ne se prononce pas précisément sur le substrat recherché par les individus âgés de 1 an et plus. Par conséquent, seuls les modèles d'habitats basés sur la vitesse et la profondeur ont été appliqués chez les ombles de fontaine juvéniles et adultes.

Ainsi, selon les modèles d'habitats retenus (tableaux 6 et 7), il apparaît que les géniteurs d'omble de fontaine affectionnent les milieux peu profonds (< 2 m), à courant variant de faible à rapide (15-75 cm/s) et constitués de gravier pour les activités de fraie. Les alevins recherchent des eaux calmes (vitesse de 0-40 cm/s) et peu profondes (15-45 cm) et un substrat plus grossier se composant principalement de gravier, de cailloux et de galets. Chez les juvéniles et les adultes, les vitesses recherchées sont également de faible vitesse (0-40 cm/s), mais ils fréquentent de plus grandes profondeurs que les alevins (> 0,2 m).

**Tableau 6 : Indices de qualité d'habitat de l'omble de fontaine pour la fraie, l'alevinage et le repos et l'alimentation des juvéniles et adultes en fonction de la profondeur et de la vitesse**

Fraie				Alevinage				Juvéniles et adultes (repos et alimentation)			
Prof. (cm)	IQH	Vit. (cm/s)	IQH	Prof. (cm)	IQH	Vit. (cm/sec)	IQH	Prof. (cm)	IQH	Vit. (cm/s)	IQH
0 à 100	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
100 à 200	1	5	0,15	5	0	5	1	5	0	5	1
200 à 500	0,2	10	0,3	10	0,35	10	1	10	0	10	1
500 à 1000	0,2	15	0,45	15	1	15	1	15	0,15	15	1
1000 et +	0	20	0,6	20	1	20	1	20	0,65	20	1
		25	0,75	25	1	25	1	25	0,85	25	1
		30	0,9	30	1	35	0,85	30	1	30	0,85
		35	1	35	1	40	0,55	35	1	35	0,75
		40	1	40	0,5	45	0,3	40	1	40	0,5
		45	1	45	0,45	50	0,15	45	1	45	0,4
		50	1	50	0,3	55	0,1	50	1	50	0,3
		55	1	55	0,2	60	0,05	55	1	55	0,25
		60	1	60	0,1	65	0	60	1	60	0,18
		65	0,85	65	0,05			70	1	65	0,15
		70	0,7	70	0			80	1	70	0,1
		75	0,55	80	0			90	1		
		80	0,4	90	0			100	1		
		85	0,25								
		90	0,1								
		95	0								

Adapté de Raleigh (1982), Baker et Coon (1997) et de Bradbury *et al.* (1999).

**Tableau 7 : Indices de qualité d'habitat de l'omble de fontaine pour la fraie et l'alevinage en fonction du substrat**

Fraie		Alevinage	
Substrat	IQH	Substrat	IQH
Sable	0	Mat. Org.	0,4
Gravier	1	Argile	0,25
Cailloux	0,2	Limon	0,3
Galet	0	Sable	0,3
Bloc	0	Gravier	1
Gros Blocs	0	Cailloux	0,9
Roc	0	Galet	0,9
		Bloc	0,4
		Gros Blocs	0,4
		Roc	0,2

Adapté de Raleigh (1982), Therrien et Lachance (1997) et Jirka et Homa (1990).

### Naseux des rapides

En ce qui concerne le naseux des rapides, les préférences d'habitats pour la fraie, les juvéniles (excluant les alevins) et les adultes s'avèrent assez similaires puisque cette espèce affectionne des vitesses d'écoulement rapides, de faibles profondeurs et des substrats grossiers variant du gravier aux blocs. La fraie du naseux des rapides a généralement lieu sur des radiers (seuils), sur fond de gravier (Scott et Crossman, 1974; Bernatchez et Giroux, 2000). Il peut également frayer sur du substrat variant entre 5 et 20 cm de diamètre (caillou et galet), pourvu que des abris soient présents à proximité (Edwards *et al.*, 1983). Ces mêmes types de substrat, ainsi que les blocs, sont également utilisés par les juvéniles et les adultes. Par conséquent, des modèles d'habitats plus généraux répondant aux besoins pour la fraie, l'élevage des juvéniles et l'alimentation des adultes ont été retenus dans le cas du naseux des rapides, à l'exception du substrat où une distinction a été apportée entre la fraie et les stades juvénile et adulte. Les indices de qualité d'habitat sont adaptés de Bradbury *et al.* (1999) pour le substrat et de Edwards *et al.* (1983) pour la profondeur et la vitesse d'écoulement.

Ainsi, selon les modèles d'habitats retenus pour les stades juvénile et adulte (tableaux 8 et 10), le naseux des rapides est une espèce recherchant les milieux peu profonds (0,2-1,0 m), véloces (20-95 cm/s) et dont le substrat est caractérisé par des blocs, galets, cailloux et gravier. Dans le cas de la fraie, les mêmes caractéristiques sont recherchées, exception faite du substrat qui est préférentiellement composé de gravier, cailloux et galets.

Dans le cas des alevins, ils sont retrouvés dans les zones abritées présentant des eaux calmes et peu profondes au cours de leurs premiers mois d'existence (Edwards *et al.* 1983; Scott et Crossman, 1974). Pour ce stade de vie en particulier, les modèles d'habitats utilisés pour les alevins d'omble de fontaine ont été jugés applicables également pour les alevins du naseux des rapides.

**Tableau 8 : Indices de qualité d'habitat du naseux des rapides en fonction de la profondeur et de la vitesse de l'eau (fraie, élevage des juvéniles et alimentation des adultes)**

Vitesse (cm/s)		IQH	Profondeur (m)	IQH
0	5	0,03	0	0
5	10	0,09	0,2	0,6
10	15	0,18	0,4	1
15	20	0,35	0,6	1
20	25	0,52	0,8	1
25	30	0,7	1	0,6
30	35	0,85	1,2	0
35	40	0,93	1,4	0
40	45	0,99	1,6	0
45	50	1		
50	55	1		
55	60	1		
60	65	1		
65	70	0,98		
70	75	0,95		
75	80	0,82		
80	85	0,68		
85	90	0,55		
90	95	0,47		
95	100	0,41		

Adapté de Edwards *et al.* (1983).

### Chabot tacheté

Chez le chabot tacheté, les informations disponibles dans la littérature scientifique ne permettent pas une analyse aussi fine que chez l'omble de fontaine en fonction des différents stades de vie. Par conséquent, des modèles d'habitats plus généraux répondant aux besoins pour la fraie, l'élevage des juvéniles et l'alimentation des adultes ont été retenus dans le cas du chabot tacheté. Les indices de qualité d'habitat sont adaptés de Bradbury *et al.* (1999) pour le substrat et de Persinger (2003) pour la profondeur et la vitesse d'écoulement. Selon ces auteurs, ainsi que Petty et Grossman (2007), les adultes utiliseraient généralement un substrat de plus grande taille que les jeunes stades de vie, mais il est difficile de traduire ces préférences en termes d'IQH à défaut de pouvoir compter sur des modèles d'habitats plus précis. En effet, les préférences d'habitats de cette espèce ont été relativement peu étudiées par les chercheurs en comparaison de celles des autres espèces.

Selon les modèles d'habitats retenus (tableaux 9 et 10), on trouve le chabot tacheté dans des milieux à substrat grossier (blocs et galets) ou fins (sableux, argileux et/ou limoneux). Il fréquente les milieux peu profonds (15 à 52 cm) dont la vitesse varie de faible à rapide (6 à 81 cm/s).

**Tableau 9 : Indices de qualité d'habitat du chabot tacheté en fonction de la profondeur et de la vitesse de l'eau (fraie, élevage des juvéniles et alimentation des adultes)**

Profondeur (m)	IQH	Vitesse (m/s)	IQH
0	0	0,02	0,2
0,12	0,2	0,06	0,5
0,15	0,5	0,14	1
0,18	1	0,63	1
0,46	1	0,81	0,5
0,52	0,5	1,02	0,2
0,64	0,2		
1	0		

Adapté de Persinger (2003).

**Tableau 10 : Indices de qualité d'habitat du naseux des rapides et du chabot tacheté en fonction du substrat (fraie, élevage des juvéniles et alimentation des adultes)**

Naseux des rapides (fraie)		Naseux des rapides (juvéniles et adultes)		Chabot tacheté (fraie, juvéniles et adultes)	
Substrat	IQH	Substrat	IQH	Substrat	IQH
Roc	0	Roc	0	Roc	0
Gros Blocs	0	Gros Blocs	1	Gros Blocs	1
Blocs	0	Blocs	1	Blocs	1
Galet	1	Galet	1	Galet	1
Cailloux	1	Cailloux	1	Cailloux	0
Gravier	1	Gravier	1	Gravier	0
Sable	0	Sable	0	Sable	1
Limon	0	Limon	0	Limon	1

Adapté de Bradbury *et al.* (1999) et de Edwards *et al.* (1983).



## 3 Résultats et discussion

### 3.1 Description des habitats du poisson en conditions hydrologiques normales estivales

#### 3.1.1 Caractérisation du substrat

Le pourcentage de recouvrement des différentes classes granulométriques du substrat est présenté au tableau 11 pour chacun des segments homogènes et des transects étudiés au cours de la présente étude.

Dans le cas du segment SH11 (fosse), le lit de la rivière n'était pas visible de la surface dans sa partie la plus profonde. Les enregistrements vidéo effectués sur les deux transects de ce segment indiquent que le fond de cette fosse présente majoritairement les mêmes caractéristiques granulométriques que la portion aval du segment (voir transect SH11-1, tableau 11), soit une dominance de galets et de cailloux dans la partie la plus profonde de la fosse, alors que les pentes plus abruptes de la fosse ainsi que la zone peu profonde à proximité des rives sont dominées par le roc. La profondeur maximale enregistrée dans cette fosse est de 6,5 m (transect SH11-2), ce qui est un peu plus élevé que ce qui avait été estimé dans le rapport d'étude d'impact et ses addenda.

**Tableau 11 : Proportion (%) des diverses classes de substrat dans les segments homogènes SH10 à SH13**

Transect	Roc	Gros bloc	Bloc	Galet	Caillou	Gravier	Sable
SH10-1	15	5	40	30	5	0 <sup>A</sup>	5
SH11-1	15	5	5	20	35	5	15
SH11-2	85	5	5	0	0	0	5
SH12-1	75	0	10	10	5	0	0
SH12-2	15	55	15	10	0	0	5
SH12-3	0	35	20	20	15	0	10
SH13-1	5	10	55	20	10	0	0

<sup>A</sup> : Des pochettes de gravier d'environ 0,5 m<sup>2</sup> de superficie sont présentes à quelques endroits derrière des blocs (micro-habitats potentiels pour la fraie) dans le segment SH10. Par contre, étant donné la faible superficie et l'instabilité de ces pochettes, ces micro-habitats pourraient être lessivés lors des épisodes de crues et ils ne peuvent probablement être utilisés que ponctuellement.

#### 3.1.2 Habitats potentiels dans la portion amont du bief intermédiaire

Des figures ont été préparées (figures 4 à 17) afin d'illustrer les habitats potentiels sur chacun des transects, en conditions hydrologiques normales estivales (débits de 18 à 25 m<sup>3</sup>/s). Ces figures illustrent, à l'aide d'un encadré rouge, les habitats potentiels en termes de profondeurs et de vitesses d'écoulement, pour des IQH compris entre 0,5 (habitat de qualité moyenne) et 1 (habitat optimal), pour chacune des espèces visées et des stades de vie considérés. Il est cependant important de mentionner que, pour que l'analyse soit complète, on doit également tenir compte des types de substrat sur chacun des transects. En effet, un habitat pourrait être théoriquement propice en termes de profondeurs et de vitesses (encadré rouge sur les figures), mais s'avérer totalement inadéquat si les substrats recherchés par une espèce donnée sont absents ou très peu présents dans ce secteur.

Il convient également de mentionner que l'utilisation du courantmètre à effet Doppler présente certaines limites qui sont exposées à l'annexe D et qui ne permettent pas d'obtenir des données hydrauliques sur la totalité du transect. En effet, une zone « aveugle » et une zone d'interférence empêchent de recueillir des données sur une certaine hauteur, respectivement en surface et près du fond de la rivière (annexe D). De même, le fait que l'appareil soit monté sur une plateforme implique qu'il ne peut pas démarrer à la limite de l'eau sur les différents transects, ce qui fait en sorte qu'une bande de 0,5 à 2 m de largeur près de chaque rive n'a pas pu être couverte par l'appareil (tableau 12). Dans ce cas, nous avons extrapolé l'habitat potentiel sur chacune des figures (encadré rouge) au-delà de la distance ayant été relevée par l'appareil Doppler à chaque extrémité du transect, lorsque les conditions de profondeurs et de vitesses semblaient adéquates pour une espèce à proximité des rives. Cela explique pourquoi certains encadrés rouges excèdent la distance de parcours sur les différentes figures présentées aux pages suivantes.

**Tableau 12 : Distance à proximité des rives gauche et droite n'ayant pas pu être couverte par le courantmètre à effet Doppler sur chacun des transects et ayant dû faire l'objet d'une extrapolation.**

Transect	Distance en rive gauche (m)	Distance en rive droite (m)
SH10-1	0,5	2,0
SH11-1	1,0	2,0
SH11-2	1,0	0,5
SH12-1	0,5	1,0
SH12-2	1,5	0,5
SH12-3	1,5	2,0
SH13-1	0,8	0,8

#### Segment SH10 (transect SH10-1)

Le segment SH10 (seuil) offre un potentiel d'habitat pour l'omble de fontaine à proximité de chacune de ses rives. En effet, l'effet de bordure atténue la vitesse de l'écoulement à proximité des rives gauche et droite. Les conditions de vitesse et de profondeur permettant la présence d'un habitat de fraie sont retrouvées de part et d'autre du cours d'eau, sur une bande d'environ 5 à 10 m de largeur (figure 4). Cependant, les caractéristiques du substrat ne sont pas favorables à la fraie de cette espèce puisqu'on y retrouve principalement des galets (30 %), des blocs (40 %) et du roc (15 %). Dans cette perspective, ce segment homogène ne représente pas un habitat de qualité pour la fraie de l'omble de fontaine puisque cette espèce privilégie le gravier et, dans une moindre mesure, les cailloux pour la reproduction. On ne peut toutefois pas exclure complètement que l'omble de fontaine puisse se reproduire à cet endroit puisqu'on a noté que du gravier est présent sous forme de pochettes d'environ 0,5 m<sup>2</sup> de superficie derrière certains blocs. Ces pochettes de gravier pourraient potentiellement faire office de micro-habitats pour la fraie de l'omble de fontaine. Il importe cependant de préciser que ce matériel est probablement transporté chaque printemps vers l'aval de la rivière compte tenu des conditions hydrauliques qui prévalent dans ce secteur de la rivière. Rappelons également que les pêches effectuées en 2010 dans le cadre de l'étude d'impact de ce projet ont révélé l'absence d'alevins d'omble de fontaine dans le tronçon de rivière à l'étude (AECOM et Groupe AXOR, 2011), ce qui constitue un bon indicateur du potentiel réel des habitats de fraie dans ce secteur.

De bonnes conditions de profondeur et de vitesse pour l'alevinage de l'omble de fontaine sont également rencontrées à proximité des rives, sur une bande d'environ 5 m de largeur ou moins (figure 4). Bien que les 25 premiers centimètres près de la surface du cours d'eau soient dépourvus d'informations en raison des limites de l'appareil Doppler (« zone aveugle »), on suppose que les conditions de vitesse sous-jacentes correspondent

aux conditions retrouvées dans la couche supérieure. La présence d'un substrat grossier dominé par les blocs et galets, notamment en rive gauche, en fait un habitat potentiel pour les alevins de cette espèce.

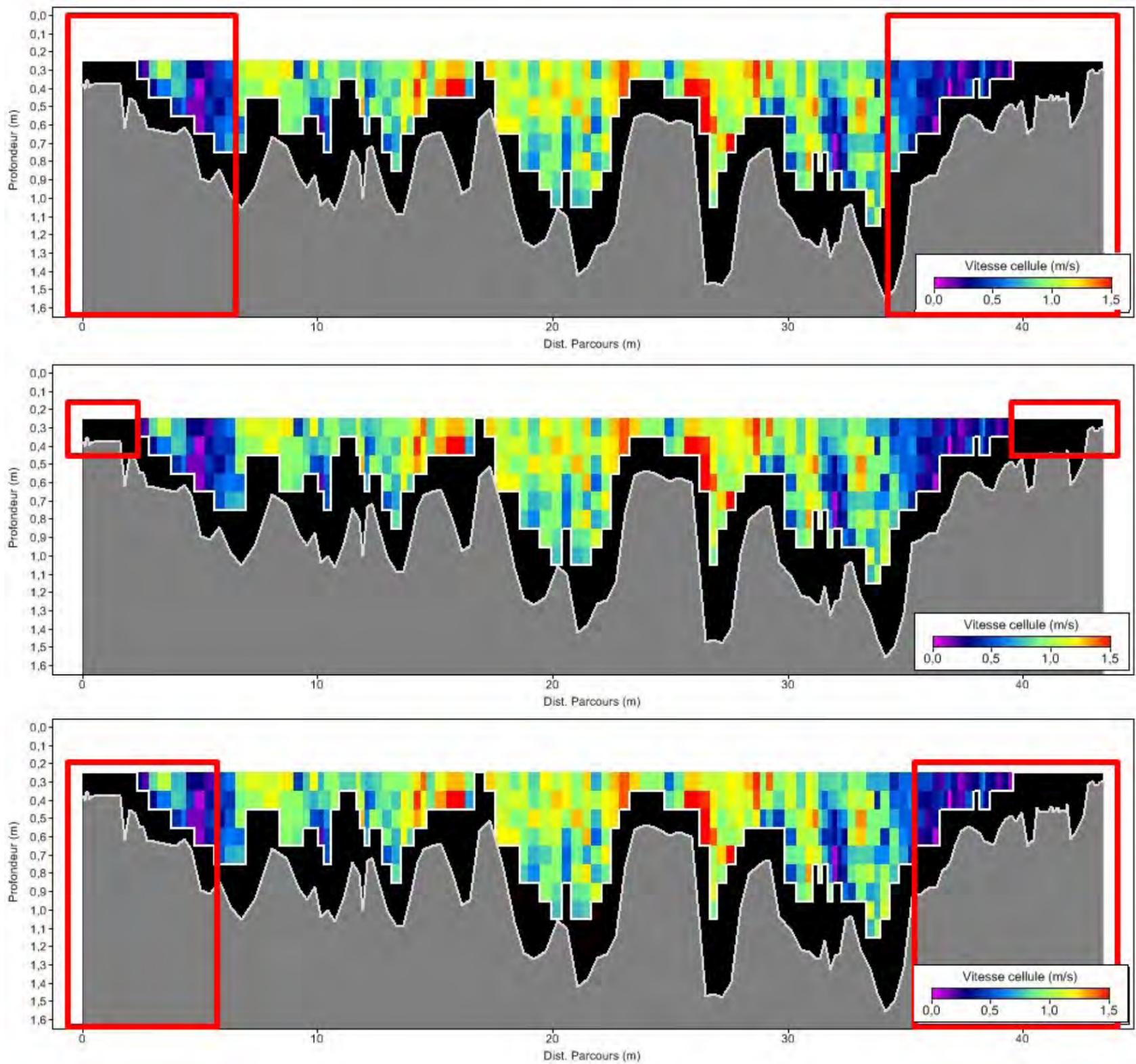
La même situation s'observe chez les adultes et les juvéniles d'omble de fontaine puisqu'une bande de 5 à 10 m de largeur près de chaque rive offre de bonnes conditions de profondeur et de vitesse pour ces stades de vie (figure 4). En considérant que le substrat n'est pas un critère qualitatif de l'habitat des individus âgés de 1 an et plus, on suppose que les eaux peu véloces à proximité des rives gauche et droite constituent un habitat de qualité pour ces individus.

Par conséquent, le segment SH10 s'avère être un milieu favorable près de chaque rive pour l'omble de fontaine, aux stades alevin, juvénile et adulte. Pour la fraie de cette espèce, les habitats s'avèrent de faible qualité à l'exception des micro-habitats de gravier (pochettes) qui pourraient être utilisés par les géniteurs.

Le segment SH10 semble également représenter un habitat favorable pour le naseux des rapides. En effet, la profondeur varie d'une manière générale entre 0,2 et 1 m, le substrat est grossier (70 % de blocs et galets) et la vitesse d'écoulement se situe dans les limites recherchées par cette espèce (figure 5). La majeure partie du segment SH10 est donc considérée comme un habitat potentiel pour l'élevage des juvéniles et l'alimentation des adultes du naseux des rapides et dans une moindre mesure pour la fraie, à l'exception de quelques zones plus profondes pouvant atteindre jusqu'à 1,5 m de profondeur. La fraie du naseux pourrait s'effectuer dans les micro-habitats de gravier (pochettes), tels que décrits précédemment dans le cas de l'omble de fontaine, ou sur les surfaces de cailloux et galets qui couvrent une surface totale de 35 % de ce segment.

Le potentiel d'habitat pour le chabot tacheté est cependant plus limité. Seulement une section d'environ 5 m de largeur en rive gauche semble favorable pour cette espèce, lorsqu'on considère l'ensemble des caractéristiques de profondeur, de vitesse et de substrat. En rive droite, la vitesse du courant est trop lente et le substrat est davantage dominé par la roche-mère. Au centre de la rivière, les profondeurs sont trop importantes pour le chabot tacheté dans le segment SH10 (figure 5).





**Figure 4 :** Délimitation du potentiel d'habitat<sup>2</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH10-1.

<sup>2</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.



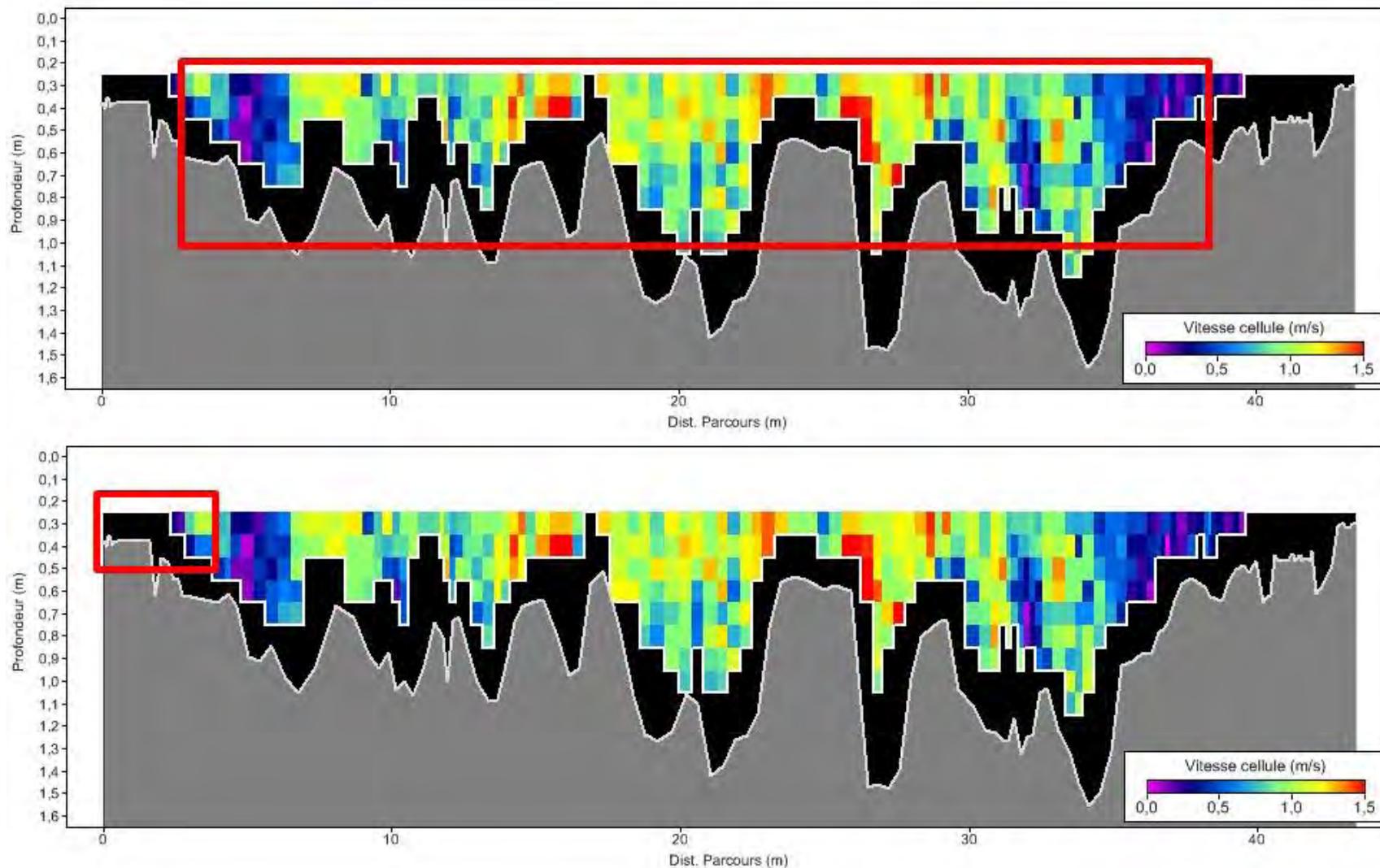


Figure 5 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>3</sup> du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH10-1.

<sup>3</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

### Segment SH11 (transect SH11-1)

Le transect SH11-1, situé dans la portion aval de la fosse SH11, présente sur l'ensemble de sa largeur un bon IQH de vitesse d'écoulement pour la fraie de l'omble de fontaine. En effet, le courant occupe plusieurs valeurs variant entre 15 et 75 cm/s. Cependant, c'est uniquement en bordure de la rivière que la profondeur est adéquate pour les activités de reproduction (0-2 m), tel qu'illustré à la figure 6. Pour ce qui est du substrat en présence, soit principalement des cailloux (35 %), des galets (20 %), du roc (15 %) et du sable (15 %), il ne correspond pas à un environnement de qualité pour la fraie. En effet, bien que les cailloux représentent le substrat le plus abondant et qu'ils peuvent être utilisés pour la fraie de l'omble de fontaine, c'est le gravier qui constitue le substrat privilégié par cette espèce et ce type de substrat ne couvre que 5 % du lit dans le secteur du transect SH11-1. Ainsi, le potentiel de fraie demeure limité pour l'omble de fontaine dans ce secteur.

En ce qui concerne l'alevinage de l'omble de fontaine, les rives gauche et droite du transect SH11-1 semblent présenter des conditions adéquates, avec des profondeurs de l'eau variant entre 15 et 45 cm et des vitesses entre 0 et 40 cm/s, sur une bande entre 5 et 10 m de largeur près de chaque rive (figure 6). Cependant, le substrat est peu avantageux en termes d'IQH en rive droite, étant dominé par la roche-mère. En rive gauche, les conditions d'habitats sont intéressantes pour les alevins en raison de la présence d'un substrat plus grossier (dominance de cailloux et de galets).

Les IQH de vitesse et de profondeur pour les ombles adultes et juvéniles sont propices sur la majeure partie du transect SH11-1, à l'exception d'une petite zone d'écoulement plus rapide du côté droit de la fosse où les vitesses excèdent généralement 0,4 m/s (figure 6).

Ainsi, la portion aval de la fosse SH11 présente donc des conditions potentielles d'habitat favorables pour les ombles de fontaine adultes et juvéniles. En ce qui concerne l'alevinage et la fraie de l'omble de fontaine, ce secteur de la fosse SH11 offre un potentiel nettement plus limité.

En ce qui concerne le naseux des rapides et le chabot tacheté, le potentiel d'habitat que représente le transect SH11-1 se limite aux extrémités situées en rives gauche et droite (figure 7). En effet, la profondeur est le facteur limitant qui détermine les limites d'habitat potentiel pour ces deux espèces dans le segment SH11-1. Le centre du cours d'eau étant caractérisé par une fosse dont la profondeur varie entre 2,5 et 4 m, les rives peu profondes s'avèrent être le seul milieu favorable à la présence de ces poissons, sur une largeur de 5 à 10 m près de chaque rive. Puisque le naseux peut occuper une plus grande gamme de profondeurs, son habitat se trouve à être plus étendu que celui du chabot (figure 7). Le substrat, composé principalement de cailloux et de galets et, dans une moindre mesure, de sable et de blocs, est également favorable au naseux et au chabot, à divers stades de vie.

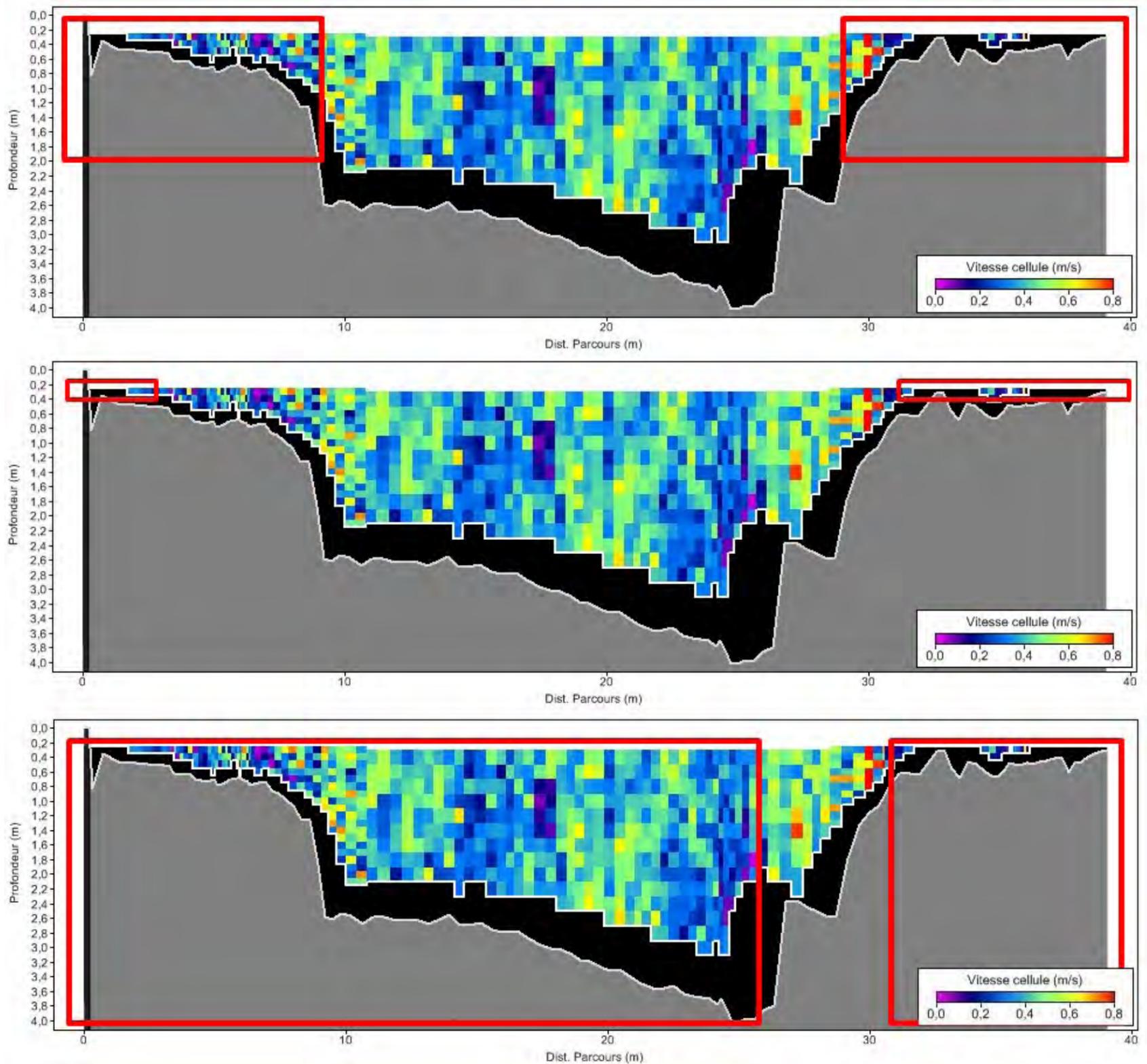


Figure 6 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>4</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH11-1.

<sup>4</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.



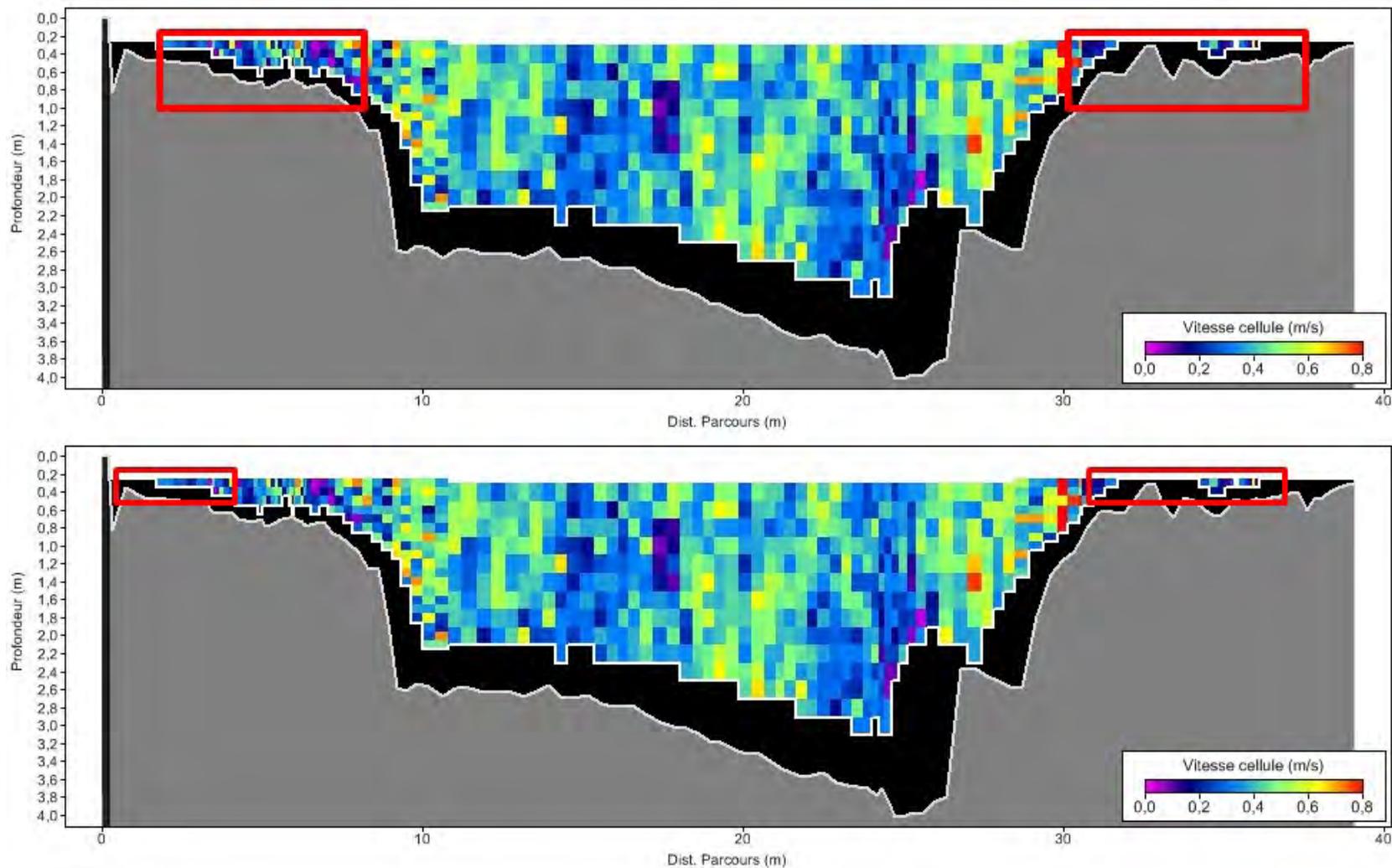


Figure 7 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>5</sup> du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH11-1.

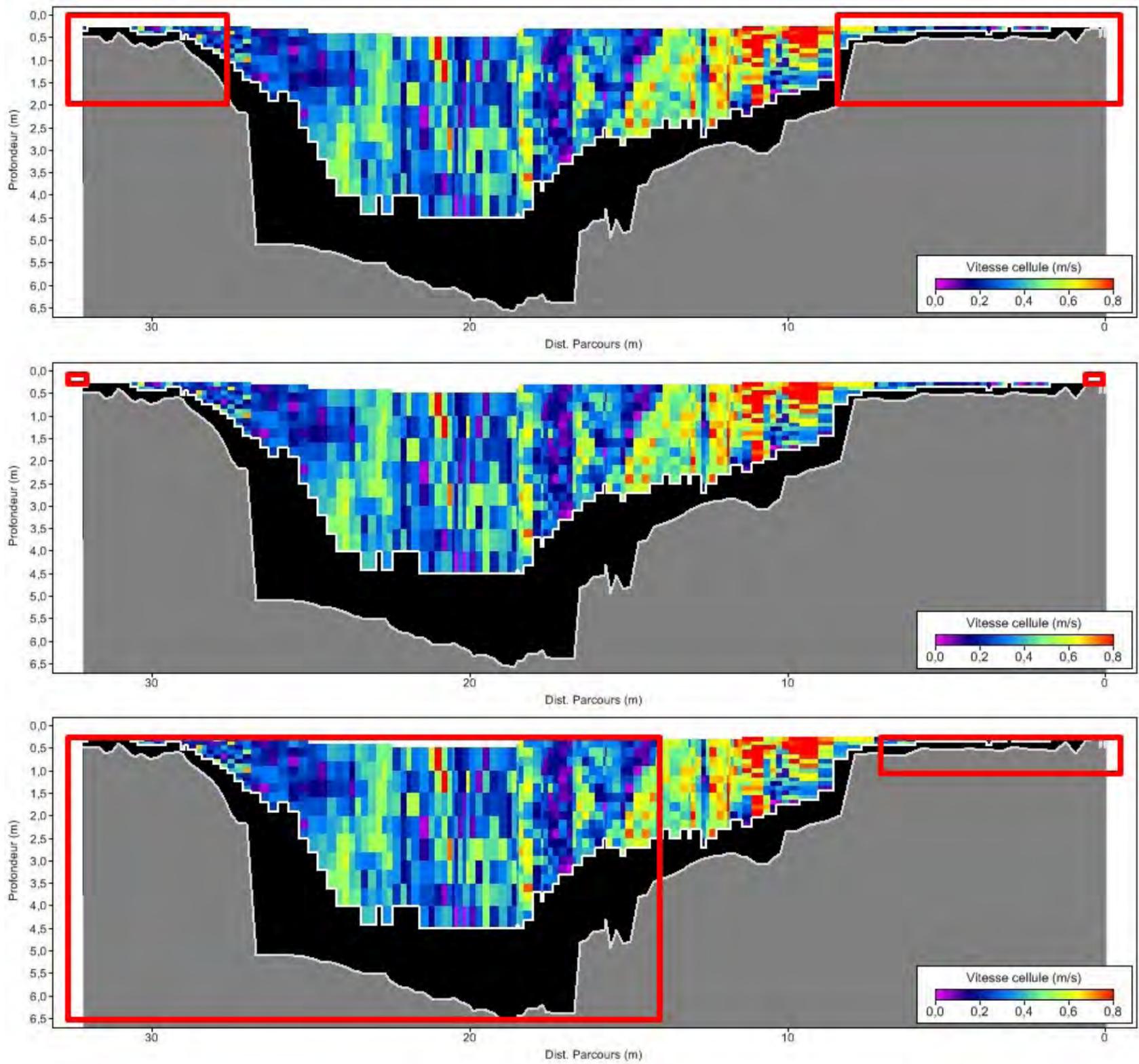
<sup>5</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

### Segment SH11 (transect SH11-2)

Le potentiel d'habitat pour l'omble de fontaine sur le transect SH11-2, situé dans la portion amont de la fosse SH11, est montré à la figure 8. Le substrat dans ce secteur présente de faibles IQH pour l'alevinage de l'omble de fontaine, alors qu'il n'offre aucun potentiel pour la fraie, comme en témoigne le tableau 8. En effet, le roc (85 %), les gros blocs (5 %), les blocs (5 %) et le sable (5 %) ne font pas office de substrat adéquat pour les œufs et les alevins, malgré le fait que les valeurs de profondeur et de vitesse retrouvées près des rives soient potentiellement adéquates pour la fraie et l'alevinage de l'omble de fontaine. Dans la partie plus profonde de la fosse, on retrouve davantage de cailloux et de galets, tel que révélé par les enregistrements vidéos (voir section 3.1.1), mais ces substrats ne peuvent pas être utilisés pour la fraie, ni pour l'alevinage, car ils se retrouvent à des profondeurs trop importantes.

En ce qui concerne les ombles adultes et juvéniles, les IQH de vitesse et de profondeur sont propices sur la majeure partie du transect SH11-2, à l'exception d'une zone d'écoulement plus rapide du côté droit de la fosse où les vitesses excèdent généralement 0,4 m/s (figure 8). Cette situation est très similaire à celle observée sur le transect précédent (SH11-1). Ainsi, si l'on combine les observations provenant des deux transects réalisés dans le segment SH11, on peut conclure que la majeure partie de cette fosse présente des conditions d'habitat favorables pour les ombles de fontaine adultes et juvéniles, en conditions hydrologiques normales estivales.

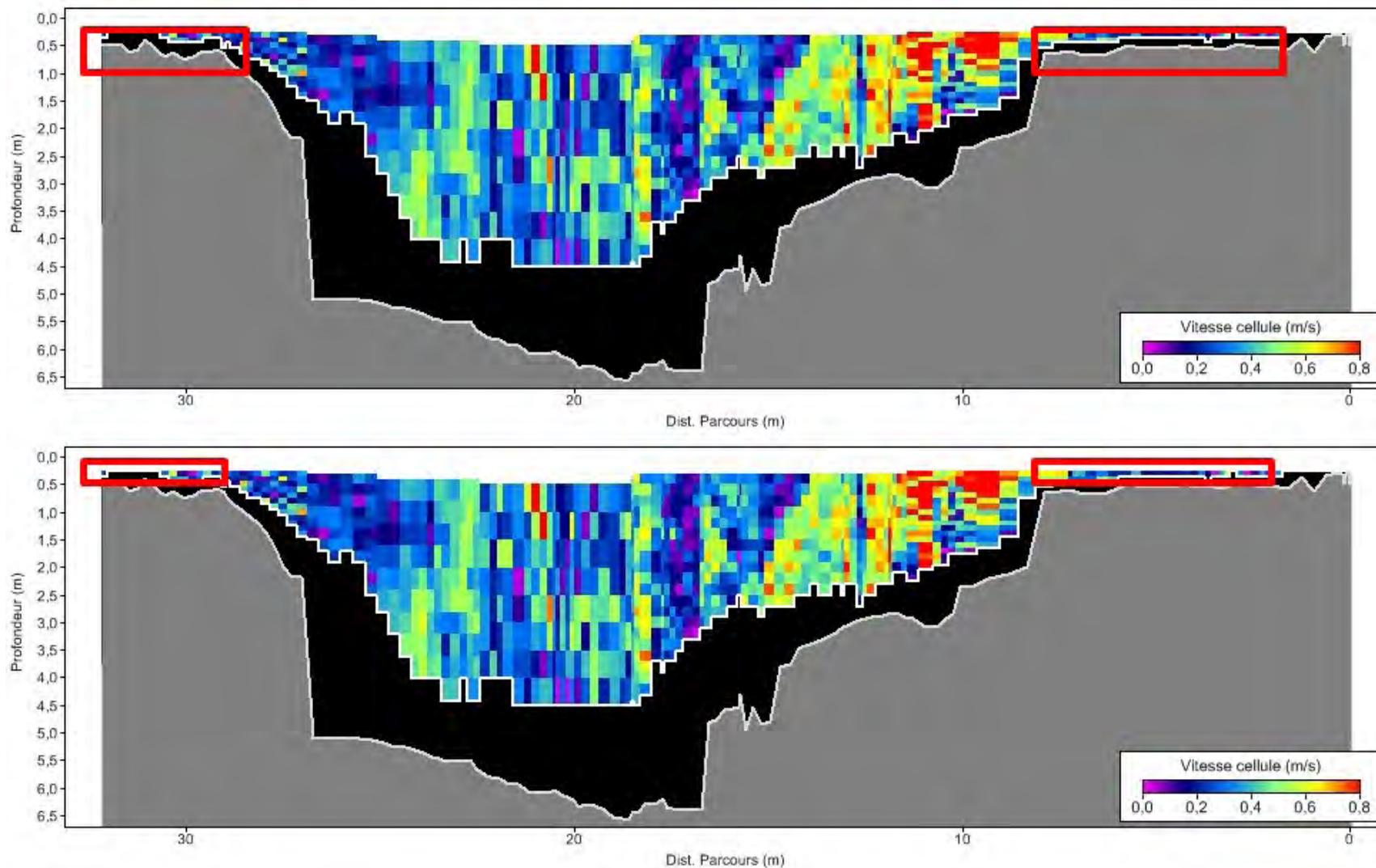
Tout comme pour le transect précédent (SH11-1), l'habitat potentiel pour le naseux et le chabot se limite aux abords du cours d'eau, soit dans les eaux n'excédant pas une profondeur de 1 m pour le naseux et 0,5 m pour le chabot. Selon les valeurs de profondeur et de vitesse enregistrées, l'habitat du naseux et du chabot s'étend sur environ 4 m en rive gauche et 7 m en rive droite (figure 9). Bien que les données de vitesse soient limitées à proximité des rives en raison de la « zone aveugle », on suppose que les conditions à cet endroit sont contenues à l'intérieur de la plage de vitesses recherchées par le naseux et le chabot. En regard du substrat, on note une prédominance du roc, lequel constitue un élément défavorable pour ces deux espèces et contribue à diminuer la valeur de l'IQH global. Du point de vue du substrat, le transect SH11-2 ne représente pas un bon habitat pour le naseux et le chabot pour l'ensemble des stades de vie.



**Figure 8 :** Délimitation du potentiel d'habitat<sup>6</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH11-2.

<sup>6</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.





**Figure 9 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>7</sup> du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH11-2.**

<sup>7</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

### Segment SH12 (transect SH12-1)

Le transect SH12-1 est situé sur un seuil dans la portion aval du segment SH12. Compte tenu de l'absence de gravier et du fait que les cailloux ne comptent que pour 5 % du substrat, il s'avère que ce transect ne présente pas un bon IQH pour la fraie de l'omble de fontaine, en dépit de vitesses et de profondeurs qui auraient pu être adéquates pour la reproduction (figure 10). Il en va de même dans le cas de l'alevinage puisque le roc est largement dominant dans ce secteur (75 % de recouvrement), alors que les substrats grossiers recherchés par les alevins (cailloux, galets et blocs) composent seulement 25 % du substrat dans ce secteur. En termes de profondeur, on peut supposer qu'une mince bande de quelques mètres de largeur le long de chaque rive pourrait convenir à l'alevinage, en dépit de l'absence de données plus précises dans ce secteur en raison des limites imposées par l'utilisation de l'appareil Doppler.

En ce qui concerne l'habitat des adultes et juvéniles, la rive gauche semble présenter un bon potentiel en termes de profondeur et de vélocité sur une distance d'environ 15 m (figure 10). En rive droite, le potentiel d'habitat est considéré élevé pour les adultes et juvéniles sur moins de 10 m de largeur à partir de la rive. Au centre de la rivière, les vitesses d'écoulement sont trop rapides pour les ombles adultes et juvéniles.

Les conditions de profondeur et de vélocité pour le naseux des rapides et le chabot tacheté semblent favorables en rive droite du segment sur environ 10 m et 5 m de largeur respectivement (figure 11). En rive gauche, il est possible que les profondeurs et les vitesses soient favorables pour le chabot sur quelques mètres seulement. Le potentiel d'habitat y est difficile à délimiter en raison des limites imposées par l'utilisation de l'appareil Doppler. Pour ce qui est du naseux des rapides, l'habitat est propice pour cette espèce à une certaine distance de la rive gauche, sur une largeur d'environ 8 m. La dominance du roc (75 %) contribue à abaisser la valeur de l'IQH global pour ces deux espèces. Les blocs (10 %), les galets (10 %) et les cailloux (5 %) peuvent néanmoins contribuer à augmenter le potentiel d'habitat et favoriser la présence de ces espèces dans le secteur. Cependant, le potentiel de fraie est plus limité pour le naseux dans ce secteur en raison de l'absence de gravier et de la faible représentation des cailloux et des galets.

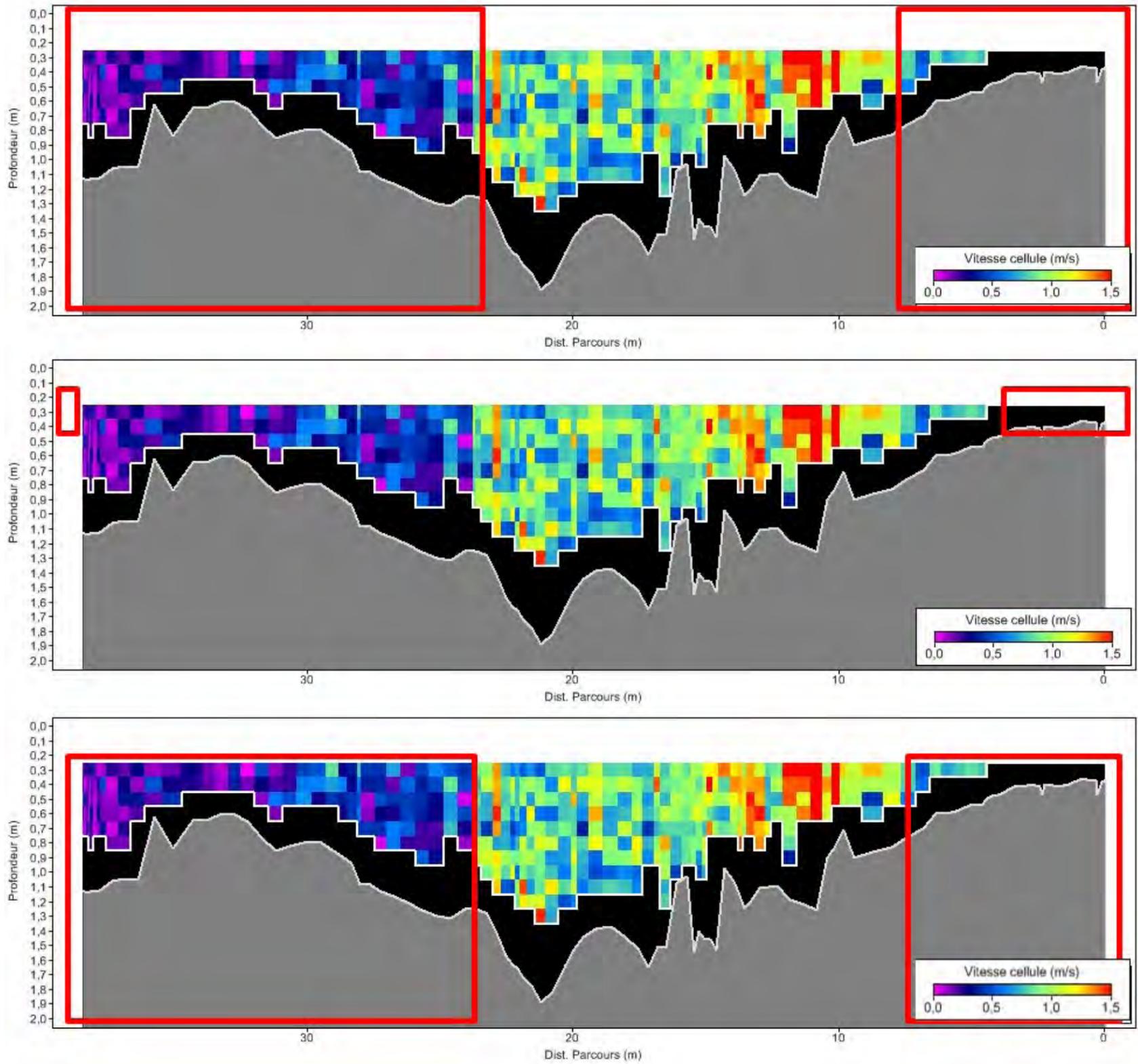


Figure 10 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>8</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH12-1.

<sup>8</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.



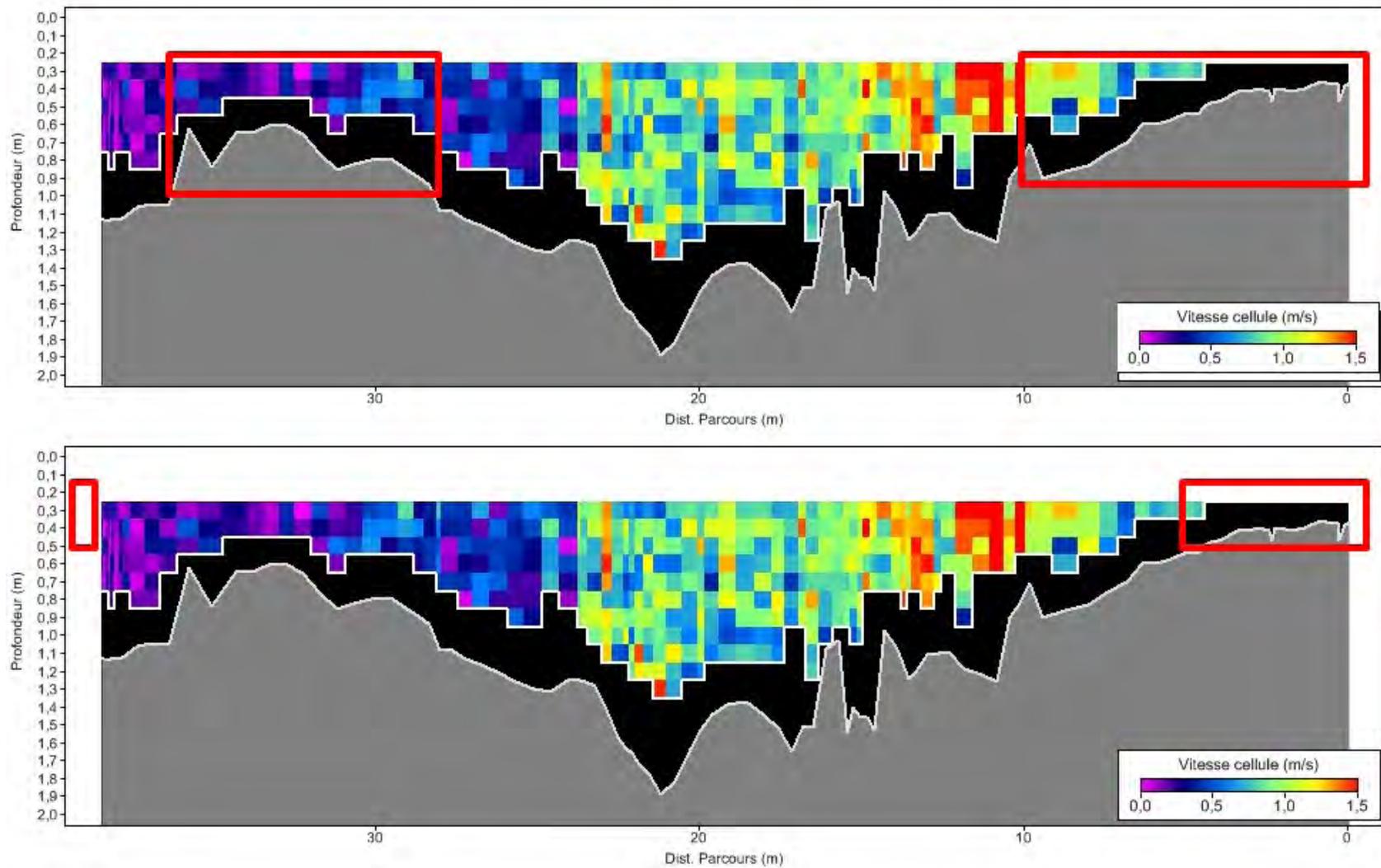


Figure 11 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>9</sup> du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH12-1.

<sup>9</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

### 3.1.3 Habitats potentiels dans le bief amont

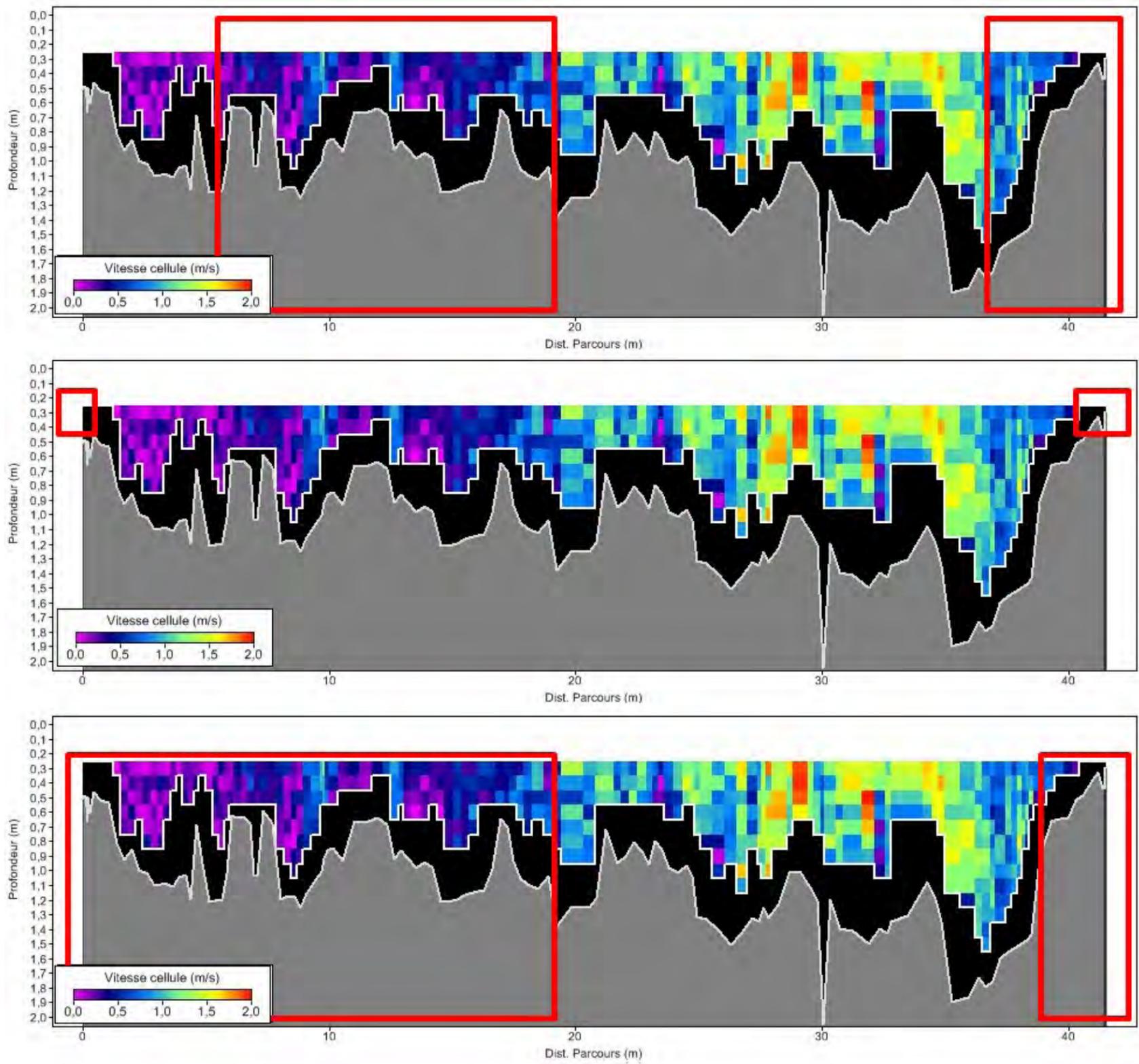
#### Segment SH12 (transect SH12-2)

Le transect SH12-2 est situé dans une zone de rapides (cascades), en amont du futur déversoir. Il est caractérisé par une vitesse adéquate pour la fraie de l'omble de fontaine (entre 15-75 cm/s) près de la rive gauche sur environ 15 m de largeur, ainsi qu'à proximité de la rive droite sur environ 5 m de largeur (figure 12). Toutefois, on ne trouve pas de substrat propice à la fraie de l'omble de fontaine (gravier) dans ce secteur.

En ce qui concerne l'alevinage de l'omble de fontaine, les conditions adéquates ne sont généralement pas rencontrées pour la profondeur, le lit de la rivière étant situé à plus de 0,5 m de profondeur sur la majeure partie du transect (figure 12). De plus, le substrat ne présente pas de bons IQH pour l'alevinage en raison de la prédominance des gros blocs (55%), des blocs (15%) et du roc (15%).

En ce qui concerne les ombles adultes et juvéniles, le secteur en rive gauche semble constituer un habitat favorable au niveau de la profondeur et de la vitesse sur environ 20 m de largeur. La rive droite peut présenter un habitat potentiel sur quelques mètres (4 m) également. Sur le reste du transect, les vitesses d'écoulement sont trop rapides pour les ombles adultes et juvéniles (figure 12).

En ce qui concerne le naseux des rapides, le transect SH12-2 apparaît présenter un potentiel d'habitat sur environ 25 m à partir de la rive gauche, après quoi la vitesse devient trop importante (figure 13). En rive droite, un potentiel se révèle également sur près de 3 m de largeur, après quoi la profondeur chute rapidement jusqu'à 1,8 m. Dans le cas du chabot tacheté, les conditions de profondeur sont généralement inadéquates sur ce transect. Les zones aveugles, situées en rive gauche (1,5 m) et droite (0,5 m), sont néanmoins susceptibles de présenter un potentiel d'habitat pour cette espèce (figure 13). Le substrat grossier, défini dans ce segment par les gros blocs, les blocs et les galets (80 % de recouvrement au total), s'avère être favorable à la présence du chabot et du naseux. Cependant, le potentiel de fraie est nettement plus limité pour le naseux dans ce secteur en raison de la faible représentation des galets (10 %) et de l'absence de cailloux et de gravier.



**Figure 12 :** Délimitation du potentiel d'habitat<sup>10</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH12-2.

<sup>10</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.



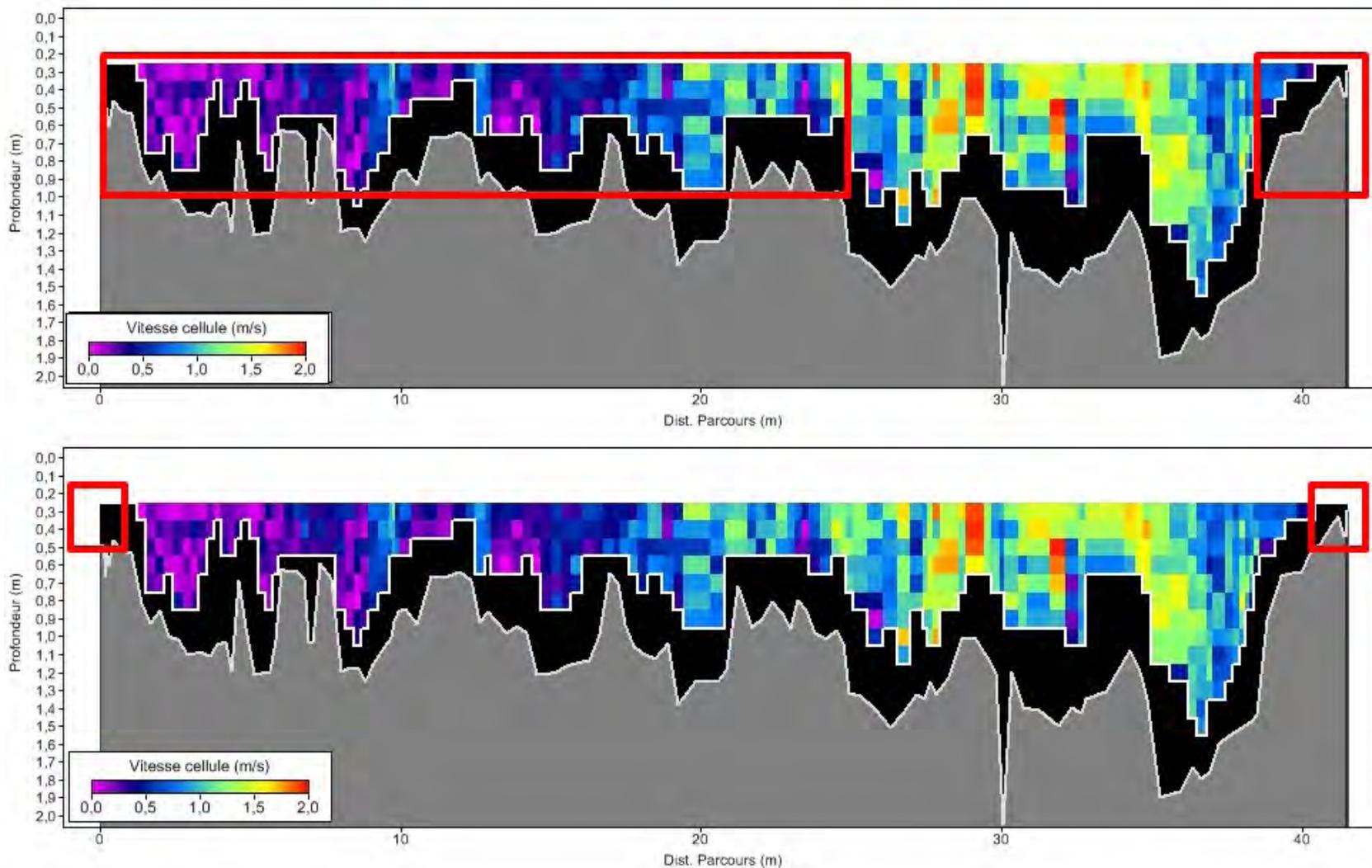


Figure 13 : Délimitation du potentiel d’habitat<sup>11</sup> du naseus des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH12-2.

<sup>11</sup> La délimitation du potentiel d’habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

### Segment SH12 (transect SH12-3)

Le transect SH12-3 est également situé dans une zone de rapides (cascades), mais il est caractérisé par un substrat plus diversifié composé de gros blocs (35 %), de blocs (20 %), de galets (20 %), de cailloux (15 %) et de sable (10 %). La vitesse du cours d'eau est également très variable sur toute la largeur (figure 14). En effet, il semble exister trois ou quatre zones potentiellement favorables pour la fraie de l'omble de fontaine en termes de vitesses, soit sur 6 m en rive gauche, 8 m en rive droite et sur environ 14 m au centre du cours d'eau. Toutefois, l'absence de gravier limite grandement le potentiel de fraie de l'omble de fontaine dans ce secteur.

Les conditions hydrauliques présentent de bons IQH en termes de vitesse pour l'alevinage de l'omble de fontaine, mais pas en termes de profondeur. En effet, la profondeur du cours d'eau dépasse 0,5 m sur l'ensemble de la largeur du transect. Cependant, il est probable que les portions qui ont été retranchées par l'appareil Doppler près de chaque rive présentent des conditions adéquates pour les alevins sur une faible largeur de 2 m ou moins (figure 14). La présence d'un substrat grossier et diversifié est favorable à la présence d'alevins à l'intérieur de ces minces bandes riveraines.

En ce qui concerne les ombles adultes et juvéniles, on trouve des conditions favorables dans les zones de plus faible vitesse, soit en bordure ainsi qu'au centre du cours d'eau. Sur la majeure partie du transect, les vitesses d'écoulement sont toutefois trop rapides pour les adultes et juvéniles (figure 14).

Par ailleurs, il semble exister plusieurs microhabitats disposant de vitesses d'écoulement et de profondeurs adéquates pour le naseux des rapides sur le transect SH12-3, tel qu'illustré à la figure 15. Les rives gauche et droite présentent un bon potentiel pour cette espèce sur une largeur d'environ 5 m. Le lit irrégulier de la rivière au transect SH12-3 offre également deux autres sections d'environ 2-3 m de largeur où la profondeur est favorable au naseux au centre du cours d'eau. Dans le cas du chabot tacheté, l'habitat potentiel est régi par la profondeur, qui apparaît être favorable uniquement aux abords du cours d'eau sur environ 2-3 m de largeur de chaque côté (figure 15). La nature du substrat grossier sur ce transect (gros blocs, blocs, galets et cailloux dominants, 90 % de recouvrement au total) est propice à la présence du chabot et du naseux sur ce transect, à diverses phases de leur cycle vital.

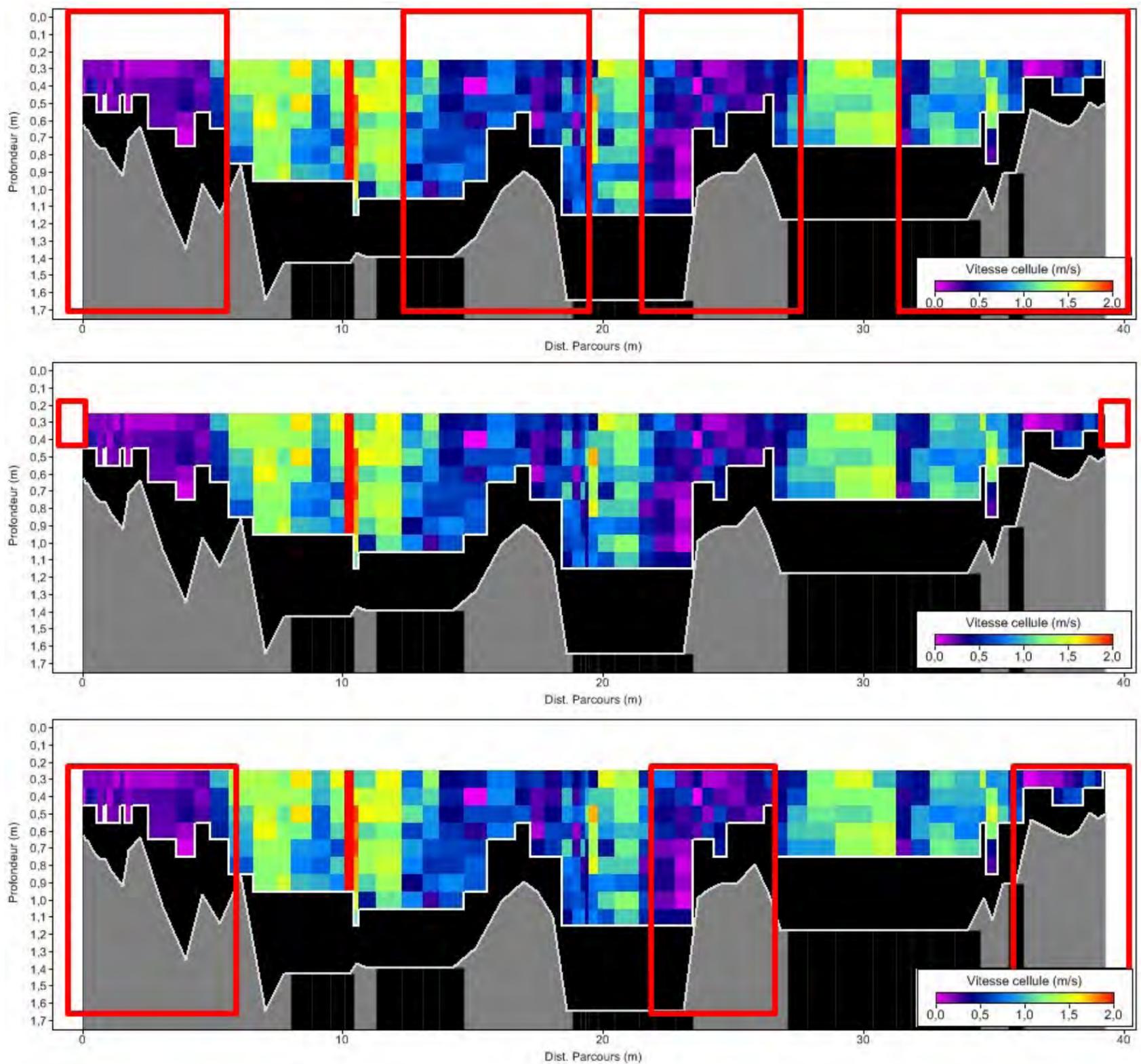


Figure 14 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>12</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH12-3.

<sup>12</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.



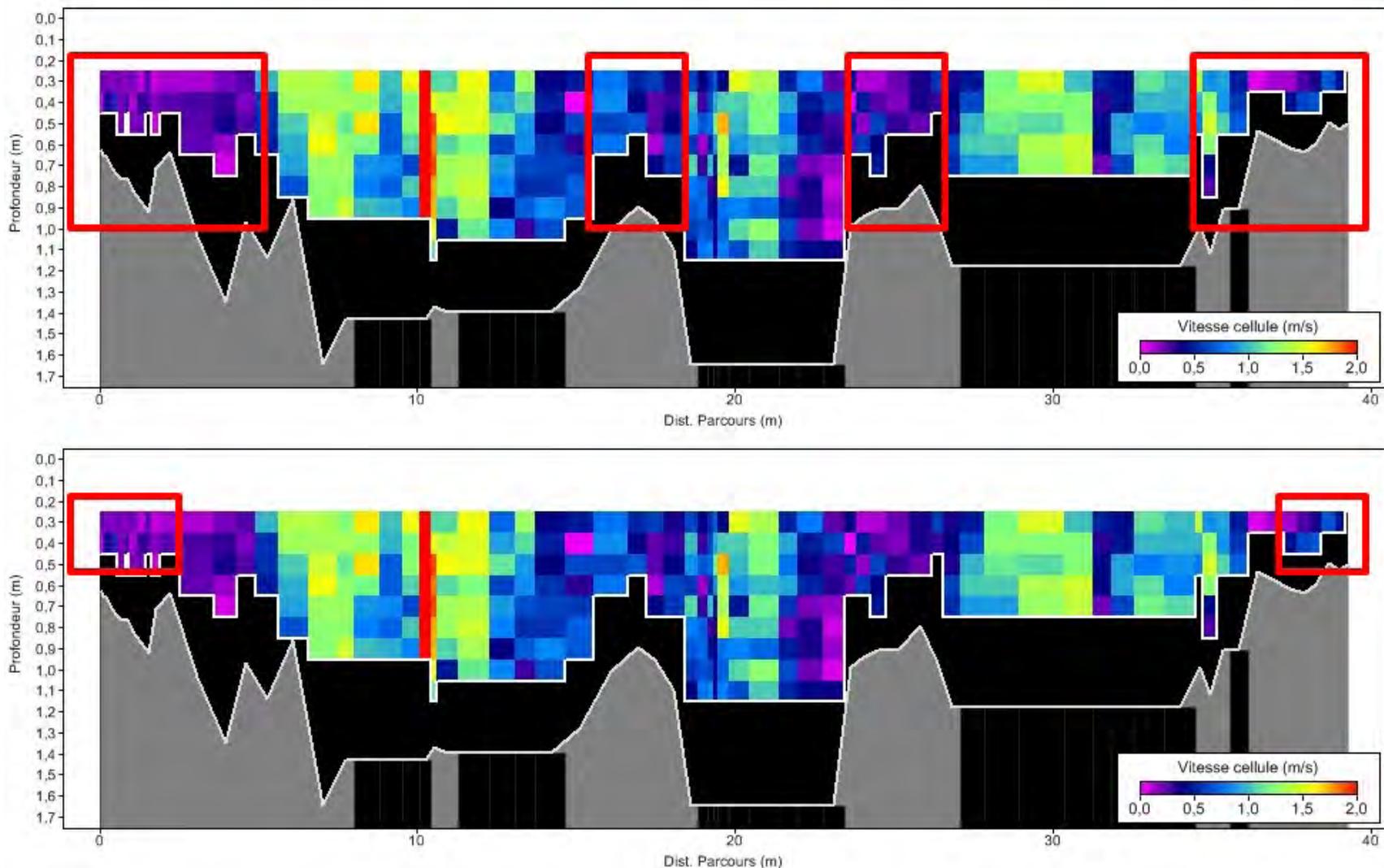


Figure 15 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>13</sup> du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH12-3.

<sup>13</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

### Segment SH13 (transect SH13-1)

Le segment SH13 (chenal lotique) est caractérisé par la présence d'une fosse ayant une profondeur moyenne de près de 1,75 m (figure 16). Pour la fraie de l'omble de fontaine, la profondeur et la vitesse de l'eau apparaissent adéquates sur la majeure partie du transect, mais la nature du substrat agit négativement sur l'IQH global. En effet, le lit du cours d'eau à cet endroit est composé en majeure partie de blocs (55%), de galets (20%) et de cailloux (10%) et il ne renferme aucun gravier (0%) pouvant être utilisé par les géniteurs d'omble de fontaine.

L'habitat d'alevinage ne présente un bon IQH pour la profondeur qu'à proximité des rives, sur environ 2 m de largeur, après quoi la profondeur devient trop importante pour les alevins d'omble de fontaine (figure 16). La faible proportion de cailloux et de galets (30 % au total) pourrait également limiter la présence d'alevins sur ce transect, quoique la présence d'une grande quantité de blocs (55 %) peut fournir des abris propices à ce stade de vie.

Pour ce qui est des ombles adultes et juvéniles, les rives gauche et droite du segment SH13 semblent posséder les attributs de profondeur et de vitesse favorables sur une dizaine de mètres de largeur. Les vitesses sont toutefois trop rapides au centre du chenal d'écoulement (figure 16).

Dans le cas du naseux des rapides et du chabot tacheté, le principal facteur limitant sur le transect SH13-1 est la profondeur de l'eau. L'habitat potentiel de ces deux espèces se limite donc à une bande de quelques mètres de largeur en bordure des rives (figure 17). Aucune contrainte n'est observée concernant la nature du substrat pour ces espèces sur ce transect puisque la présence de gros blocs, blocs, galets et cailloux (95 % de recouvrement au total) est propice à la présence du chabot et du naseux sur ce transect, à diverses phases de leur cycle vital.

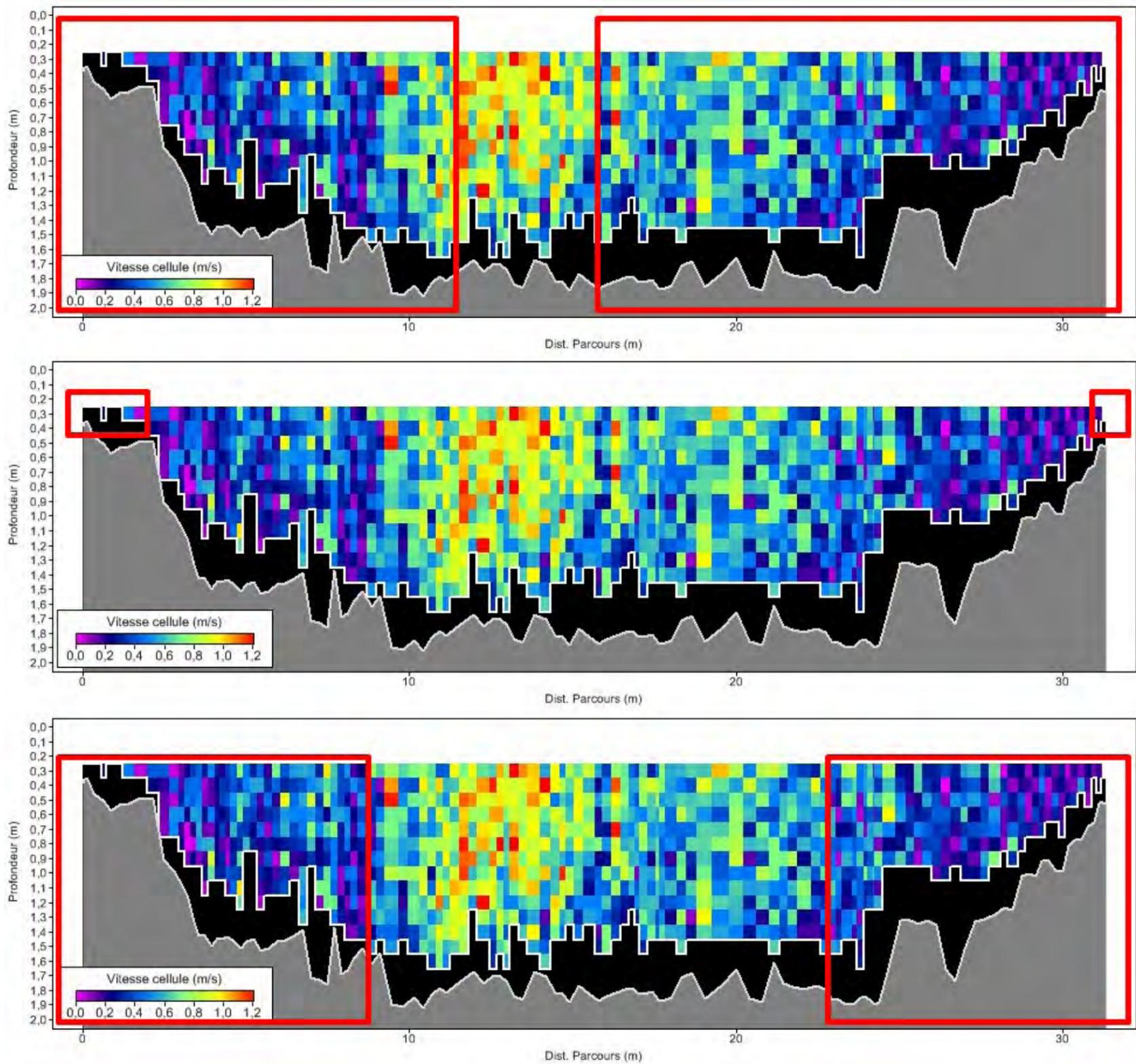


Figure 16 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>14</sup> de fraie (figure du haut), d'alevinage (figure du milieu) et de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles (figure du bas) de l'omble de fontaine sur le transect SH13-1.

<sup>14</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.



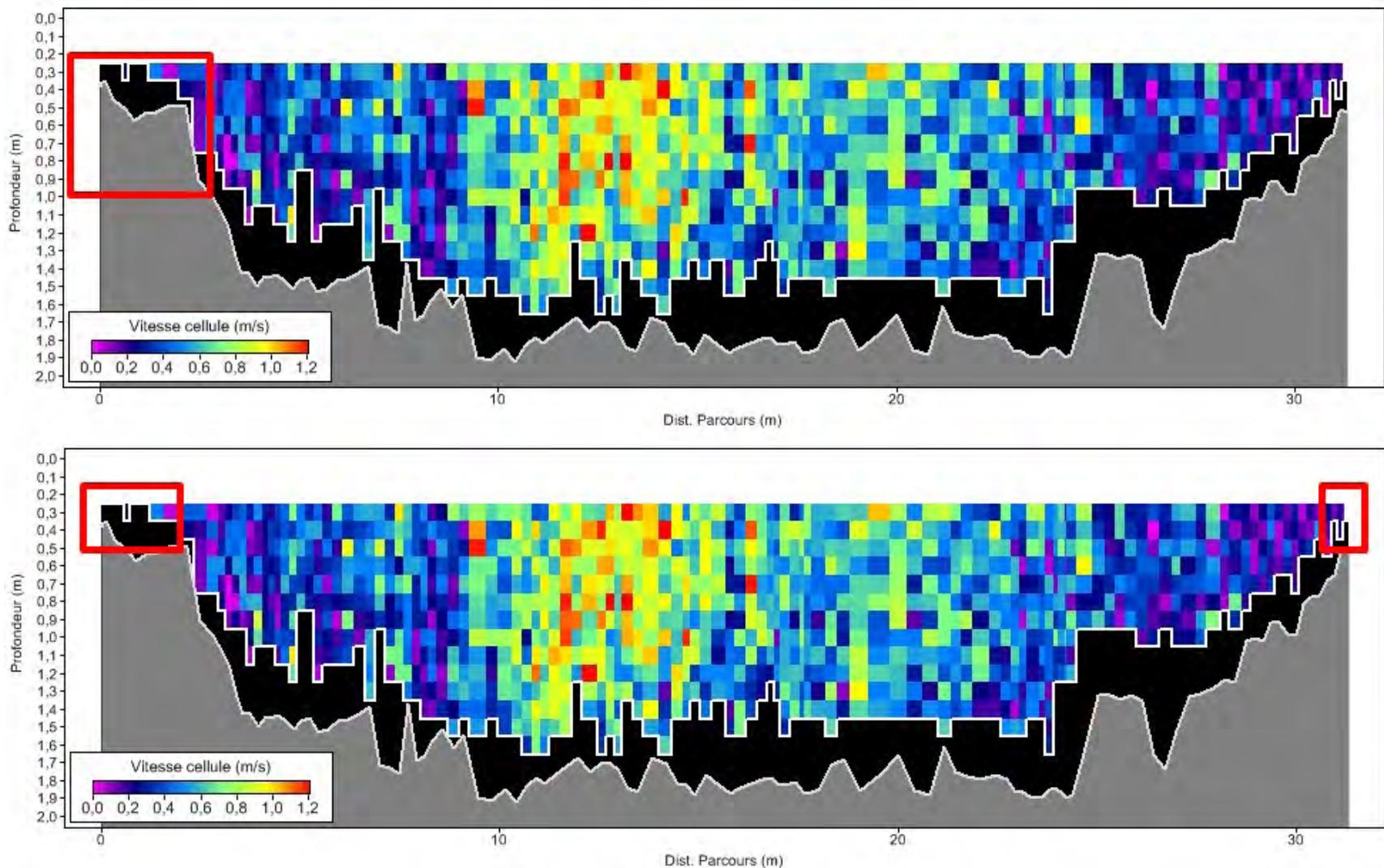


Figure 17 : Délimitation du potentiel d'habitat<sup>15</sup> du naseux des rapides (figure du haut) et du chabot tacheté (figure du bas) sur le transect SH13-1.

<sup>15</sup> La délimitation du potentiel d'habitat repose sur la vitesse et la profondeur seulement et elle ne tient pas compte de la qualité du substrat.

## 3.2 Comparaison des habitats du poisson en conditions naturelles et futures

Dans l'optique d'évaluer les effets des modifications de débits et de niveau d'eau sur les habitats des poissons, une comparaison des paramètres physiques de la rivière en conditions naturelles et futures a été effectuée, en utilisant les résultats des simulations hydrauliques (modélisation 1D). Il est important de préciser qu'un modèle hydraulique 1D fournit une vitesse et une profondeur moyennes pour chacun des transects et des débits analysés et que les comparaisons entre les conditions naturelles et futures ont été réalisées sur cette base.

Pour chaque espèce et chaque phase du cycle vital, un IQH global a été calculé en combinant les IQH spécifiques pour le substrat, la vitesse et la profondeur. Plusieurs méthodes existent pour calculer une valeur d'IQH global à partir des valeurs individuelles d'IQH déterminées pour différents paramètres (AHMADI-NEDUSHAN *et al.*, 2006). Les méthodes les plus couramment utilisées sont la moyenne arithmétique, la moyenne géométrique et la multiplication des différents indices, avec ou sans pondération des indices. On peut également choisir d'utiliser la plus faible valeur parmi les différents indices comme valeur d'IQH global (principe du « facteur limitant »). Chacune de ces méthodes présente ses avantages et ses inconvénients (AHMADI-NEDUSHAN *et al.*, 2006). Par exemple, la méthode multiplicative considère que les poissons choisissent un paramètre physique indépendamment l'un de l'autre, ce qui n'est pas toujours le cas. Par ailleurs, la moyenne arithmétique suppose que les bonnes conditions d'habitats rencontrées pour un paramètre physique (par exemple, la vitesse de courant) peut compenser pour la pauvreté de l'habitat pour un autre paramètre physique (par exemple, la profondeur). De façon générale, les tests réalisés dans le cadre de la présente étude ont révélé que la moyenne arithmétique avait tendance à surestimer les valeurs d'IQH global et les superficies d'habitats pondérées, alors que la méthode multiplicative avait tendance à les sous-estimer. Afin de mieux refléter les conditions d'habitats présentes dans la zone d'étude et décrites à la section 3.1, il a été convenu de calculer l'IQH global en effectuant la moyenne des IQH de profondeur et de vitesse et de multiplier ensuite la valeur obtenue par l'IQH de substrat. Cette façon de faire permet d'accorder une plus forte pondération à l'IQH de substrat, considérant qu'il s'agit d'un facteur déterminant dans le choix d'un site pour la reproduction de l'omble de fontaine (substrat préférentiel de gravier) ou pour l'alevinage de cette espèce (substrat grossier offrant des abris pour les alevins). La même méthode a aussi été appliquée pour les autres espèces.

Dans le cas du substrat, l'IQH spécifique est calculé en faisant la somme de l'IQH de chaque classe de substrat pondéré par son pourcentage de recouvrement :

$$\text{IQH substrat} = (\text{IQH}_{\text{roc}} \times \%_{\text{roc}}) + (\text{IQH}_{\text{blocs}} \times \%_{\text{blocs}}) + \text{etc.}$$

Nous avons considéré que la répartition spatiale des différents types de substrat et leurs pourcentages de recouvrement ne seront pas significativement modifiés par la réalisation du projet et que, par conséquent, les IQH spécifiques pour le substrat demeurent les mêmes en conditions naturelles et futures. Dans le cas de la vitesse et de la profondeur, les IQH spécifiques ont été calculés à partir des valeurs fournies par le modèle 1D en conditions naturelles et futures.

La superficie d'habitat pondérée (SHP) fut ensuite calculée pour chacun des segments homogènes en effectuant le produit de l'IQH global par la superficie du segment, cette dernière ayant été déterminée à partir des valeurs de largeur mouillée provenant du modèle 1D en conditions naturelles et futures. La superficie d'habitat pondérée donne ainsi une information quant à la qualité et la disponibilité générale d'habitats dans chaque segment.

Les résultats d'IQH global et de SHP en différentes conditions de débit sont présentés au tableau 13 pour l'omble de fontaine et au tableau 14 pour le naseux des rapides et le chabot tacheté. Pour chaque tableau, les conditions naturelles et futures sont comparées. À noter que les biefs « intermédiaire » et « amont » ont été distingués dans ces tableaux (bief intermédiaire : transects SH10-1 à SH12-1, bief amont : transects SH12-2 à SH13-1). Rappelons que le segment SH14 n'a pas pu être relevé pour des raisons d'accessibilité et de sécurité; cependant, les conclusions qui peuvent être tirées des segments SH12 et SH13 sont transposables au segment SH14 puisque le type d'écoulement est relativement uniforme dans l'ensemble du bief amont.

### 3.2.1 Omble de fontaine

#### Modifications des habitats en fonction des variations naturelles de débits

Avant de comparer les habitats en conditions naturelles et futures (voir sous-section suivante), il est important de vérifier comment les fluctuations naturelles des débits peuvent modifier les conditions d'habitats pour chacune des phases du cycle vital de l'omble de fontaine dans le tronçon de rivière à l'étude.

Pour toutes les conditions de débits analysées en conditions naturelles, la rivière Sainte-Anne présente des IQH globaux moyens supérieurs ou égaux à 0,5 pour les individus adultes et juvéniles (habitats de repos et d'alimentation) et ce, autant dans le bief amont que dans le bief intermédiaire (tableau 13 a, b, c, d, e). On remarque également que la réduction des débits en conditions naturelles a nettement tendance à améliorer la qualité des habitats pour les adultes et juvéniles d'omble de fontaine. Pour des débits de 20 m<sup>3</sup>/s ou moins, les IQH globaux moyens pour les adultes et juvéniles atteignent des valeurs élevées, supérieures à 0,7 dans les deux biefs. En termes de SHP, les valeurs les plus élevées en conditions naturelles sont obtenues à un débit d'étiage estival de 10 m<sup>3</sup>/s. En dessous de ce débit, la perte de surfaces mouillées entraîne une réduction des SHP.

En ce qui concerne les alevins, on remarque encore une fois que la réduction des débits en conditions naturelles tend à accroître la qualité des habitats d'alevinage pour l'omble de fontaine. Les conditions d'habitats les plus favorables (IQH > 0,2) ainsi que les plus fortes valeurs de SHP sont obtenues pour les débits les plus faibles (2,3 m<sup>3</sup>/s et 10 m<sup>3</sup>/s) (tableau 13 a, b). De façon générale, on constate que la qualité et la disponibilité des habitats pour les alevins sont nettement moins élevées que dans le cas des adultes, et ce, pour toutes les conditions de débits analysées.

Les habitats de fraie de l'omble de fontaine présentent des IQH globaux moyens très faibles (< 0,1) dans tous les secteurs et pour tous les débits analysés, ce qui s'explique principalement par la faible représentation du gravier dans la zone d'étude (tableau 13). En règle générale, les variations de débits en conditions naturelles ont moins d'influence sur la qualité et la disponibilité des habitats de fraie que dans le cas des habitats des alevins et des adultes. Néanmoins, on remarque que l'augmentation des débits a légèrement tendance à accroître la disponibilité des habitats de fraie jusqu'à un débit de 40 m<sup>3</sup>/s, au-delà duquel les valeurs d'IQH et de SHP tendent à redescendre en raison de l'augmentation des vitesses d'écoulement et des profondeurs.

En somme, la rivière présente, en conditions naturelles, des caractéristiques d'habitats qui sont surtout favorables à l'établissement des ombles de fontaine adultes et juvéniles (IQH > 0,5), tel que cela avait été précisé dans le rapport d'étude d'impact. Les conditions d'alevinage et de fraie sont nettement moins favorables pour l'omble de fontaine dans le tronçon de rivière étudié puisque les IQH globaux moyens sont systématiquement inférieurs à 0,3 pour les alevins et inférieurs à 0,1 pour la reproduction, ce qui concorde avec le fait qu'aucun alevin n'a été récolté lors des pêches effectuées en 2010 dans le cadre de l'étude d'impact de ce projet. Cette situation s'explique par la prédominance des substrats grossiers dans la rivière, non propices à la fraie, et par les vitesses et profondeurs qui sont généralement trop importantes pour les alevins.

**Tableau 13 : Indices de qualité d'habitat (IQH) et superficies d'habitats pondérées (SHP) pour l'omble de fontaine en fonction des conditions de débit naturelles et futures**

a) Q naturel = 2,3 m<sup>3</sup>/s ; Q futur = 2,3 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Alevinage				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,013	0,005	0,002	0,002	0,270	0,111	0,270	0,189	1,000	0,412	1,000	0,699
SH12-3	0,015	0,002	0,003	0,002	0,283	0,031	0,283	0,172	0,325	0,036	1,000	0,609
SH12-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,073	0,208	0,136	1,000	0,352	1,000	0,656
SH12-1	0,007	0,001	0,007	0,001	0,211	0,044	0,163	0,034	1,000	0,207	1,000	0,209
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,012	0,113	0,013	1,000	0,108	1,000	0,117
SH11-1	0,078	0,011	0,069	0,010	0,330	0,046	0,330	0,048	1,000	0,138	1,000	0,146
SH10	0,010	0,001	0,007	0,001	0,419	0,043	0,405	0,069	0,750	0,078	1,000	0,170
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,009	0,007	0,002	0,004	0,253	0,216	0,253	0,497	0,775	0,800	1,000	1,964
Intermédiaire	0,024	0,013	0,021	0,013	0,268	0,145	0,253	0,164	0,938	0,530	1,000	0,642

b) Q naturel = 10 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 10 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Alevinage				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,005	0,002	0,002	0,002	0,270	0,123	0,270	0,188	1,000	0,457	1,000	0,698
SH12-3	0,015	0,003	0,003	0,002	0,283	0,060	0,283	0,172	0,500	0,106	1,000	0,608
SH12-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,076	0,208	0,136	0,925	0,339	1,000	0,655
SH12-1	0,010	0,002	0,005	0,001	0,163	0,035	0,163	0,034	0,925	0,197	1,000	0,207
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,021	0,113	0,012	1,000	0,185	1,000	0,108
SH11-1	0,096	0,016	0,062	0,009	0,330	0,054	0,330	0,046	1,000	0,165	1,000	0,140
SH10	0,010	0,002	0,005	0,001	0,122	0,024	0,540	0,065	0,650	0,126	1,000	0,121
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,007	0,005	0,002	0,004	0,253	0,259	0,253	0,496	0,808	0,902	1,000	1,961
Intermédiaire	0,029	0,020	0,018	0,010	0,182	0,133	0,286	0,157	0,894	0,672	1,000	0,576

c) Q naturel = 20 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 20 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Alevinage				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,008	0,004	0,004	0,002	0,270	0,132	0,270	0,188	1,000	0,488	1,000	0,698
SH12-3	0,015	0,004	0,005	0,003	0,283	0,077	0,283	0,172	0,500	0,136	1,000	0,608
SH12-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	0,012	0,208	0,136	0,650	0,247	1,000	0,655
SH12-1	0,010	0,002	0,005	0,001	0,024	0,005	0,163	0,034	0,650	0,142	1,000	0,207
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,026	0,113	0,012	0,925	0,212	1,000	0,108
SH11-1	0,120	0,027	0,062	0,009	0,182	0,041	0,330	0,046	0,750	0,170	1,000	0,140
SH10	0,009	0,002	0,005	0,001	0,000	0,000	0,540	0,065	0,550	0,113	1,000	0,121
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,008	0,008	0,003	0,006	0,195	0,221	0,253	0,496	0,717	0,871	1,000	1,961
Intermédiaire	0,035	0,031	0,018	0,010	0,080	0,072	0,286	0,157	0,719	0,637	1,000	0,576

d) Q naturel = 40 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 40 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Alevinage				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,012	0,006	0,005	0,003	0,149	0,077	0,270	0,188	0,750	0,389	1,000	0,698
SH12-3	0,015	0,005	0,008	0,005	0,028	0,009	0,283	0,172	0,500	0,156	1,000	0,608
SH12-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,136	0,500	0,200	1,000	0,655
SH12-1	0,009	0,002	0,005	0,001	0,000	0,000	0,163	0,034	0,550	0,124	1,000	0,207
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,062	0,015	0,113	0,012	0,750	0,181	1,000	0,108
SH11-1	0,120	0,030	0,062	0,009	0,017	0,004	0,330	0,046	0,590	0,149	1,000	0,140
SH10	0,006	0,001	0,005	0,001	0,000	0,000	0,540	0,065	0,500	0,110	1,000	0,121
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,009	0,011	0,004	0,008	0,059	0,086	0,253	0,496	0,583	0,745	1,000	1,961
Intermédiaire	0,034	0,033	0,018	0,010	0,020	0,019	0,286	0,157	0,598	0,564	1,000	0,576

e) Q naturel = 90 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 90 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 46 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Alevinage				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,009	0,005	0,011	0,008	0,000	0,000	0,243	0,172	0,550	0,315	0,925	0,656
SH12-3	0,015	0,005	0,017	0,010	0,000	0,000	0,254	0,157	0,500	0,183	0,925	0,571
SH12-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,138	0,500	0,220	1,000	0,664
SH12-1	0,005	0,001	0,007	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,122	0,500	0,115
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,113	0,028	0,500	0,131	1,000	0,246
SH11-1	0,012	0,003	0,120	0,031	0,000	0,000	0,017	0,004	0,500	0,137	0,590	0,152
SH10	0,005	0,001	0,008	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	0,124	0,500	0,114
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,008	0,011	0,009	0,018	0,000	0,000	0,235	0,467	0,517	0,717	0,950	1,890
Intermédiaire	0,006	0,006	0,034	0,034	0,000	0,000	0,032	0,032	0,500	0,514	0,648	0,627

### Comparaison des habitats en conditions naturelles et futures

En ce qui concerne le potentiel d'habitat pour les alevins, les juvéniles et les adultes, les résultats obtenus indiquent que la qualité et la disponibilité des habitats (IQH global et SHP) augmenteront suite à la réalisation du projet, aussi bien dans le bief intermédiaire que dans le bief amont. Cet effet est observable pour chacun des débits analysés, soit entre 2,3 et 90 m<sup>3</sup>/s, les seules exceptions étant notées dans le bief intermédiaire où une légère baisse de SHP est observée pour les individus adultes et juvéniles en conditions futures à des débits de 10 et 20 m<sup>3</sup>/s (tableau 13b et c), ce qui s'explique par la réduction des surfaces mouillées en dépit de l'obstruction des échancrures des seuils naturels qui sera réalisé dans ce secteur. Dans le cas des ombles adultes et juvéniles, on anticipe que les conditions d'habitats seront optimales dans le futur (IQH de 1) dans tous les segments homogènes et à tous les débits, sauf pour les forts débits (90 m<sup>3</sup>/s) où on obtient un IQH global moyen de 0,95 dans le bief amont et de 0,65 dans le bief intermédiaire. Il importe cependant de préciser que ces dernières valeurs constituent une amélioration par rapport aux conditions qui prévalent actuellement pour ce même débit (90 m<sup>3</sup>/s).

Les ombles de fontaine adultes et juvéniles et, dans une moindre mesure, les alevins, seront donc favorisés par la réduction générale des vitesses d'écoulement, tant dans le bief amont que dans le bief intermédiaire, ce qui va dans le sens des prévisions annoncées dans le rapport d'étude d'impact. En conditions hydrologiques normales estivales (débit de 20 m<sup>3</sup>/s), un gain global d'habitat de 0,36 ha est anticipé chez les alevins et de 1,03 ha chez les adultes et juvéniles dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13) (tableau 13c).

Dans le cas de la reproduction de l'omble de fontaine, l'effet inverse est observé puisque les résultats obtenus indiquent qu'une légère perte de qualité et de disponibilité des habitats de fraie est anticipée en conditions futures

pour tous les débits analysés, à l'exception des plus forts débits ( $90 \text{ m}^3/\text{s}$ ) où un gain d'habitats est attendu dans chacun des biefs. Si l'on considère que l'omble de fontaine se reproduit en octobre à des débits qui se rapprochent normalement de  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ , la perte d'habitats de fraie anticipée à ce débit s'établit à  $0,026 \text{ ha}$ , soit  $260 \text{ m}^2$ , dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13) (tableau 13d). Ces pertes potentielles d'habitats de fraie sont cependant jugées trop minimes pour avoir une quelconque influence sur la population de cette espèce dans la zone d'étude, d'autant plus que ces micro-habitats de fraie apparaissent inutilisés dans les conditions actuelles puisqu'aucun alevin n'avait été récolté lors des pêches électriques effectuées à l'été 2010 dans le cadre de l'étude d'impact.

### 3.2.2 Naseux des rapides et chabot tacheté

#### Modifications des habitats en fonction des variations naturelles de débits

Dans le cas du naseux des rapides, la qualité et la disponibilité des habitats atteignent leur niveau le plus élevé à un débit de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , correspondant à des conditions hydrologiques normales estivales (tableau 14c). En effet, à ce débit, les IQH globaux pour les juvéniles et les adultes atteignent une valeur moyenne de  $0,45$  dans le bief amont et de  $0,34$  dans le bief intermédiaire. La réduction des débits en dessous de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  a tendance à réduire les valeurs d'IQH et de SHP, et le même phénomène s'observe lorsque les débits augmentent au-dessus de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  (tableau 14). De façon globale, les caractéristiques de la rivière en conditions naturelles procurent des habitats dont la qualité varie de moyenne à faible pour les juvéniles et les adultes du naseux des rapides, selon les débits analysés, puisque les IQH globaux demeurent généralement en dessous de  $0,5$ , à l'exception de certains segments comme SH10 ou SH12-2 qui obtiennent des valeurs d'IQH global supérieures à  $0,5$  à des débits de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  ou moins. Dans le cas des habitats de fraie du naseux des rapides, les mêmes tendances s'observent en fonction des débits. Les IQH globaux pour la fraie du naseux demeurent systématiquement plus faibles que dans le cas des juvéniles et des adultes puisque les valeurs moyennes se situent en dessous de  $0,2$  dans chacun des secteurs et pour chacun des débits analysés (tableau 14).

En ce qui concerne le chabot tacheté, la qualité et la disponibilité des habitats atteignent leur niveau le plus élevé dans le bief amont à un débit de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  (IQH global de  $0,42$ ), alors que dans le bief intermédiaire, les valeurs les plus élevées d'IQH global et de SHP sont plutôt obtenues à un débit de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  (IQH global de  $0,25$ ). Comme dans le cas du naseux des rapides, les caractéristiques de la rivière en conditions naturelles procurent des habitats dont la qualité varie de moyenne à faible pour le chabot tacheté, selon les débits analysés, puisque les IQH globaux demeurent généralement en dessous de  $0,5$  (tableau 15). Pour ces deux espèces, le bief amont semble représenter un habitat de meilleure qualité que le bief intermédiaire pour répondre aux besoins des différentes phases de leur cycle vital, à l'exception de la fraie du naseux des rapides pour laquelle les habitats présentent un meilleur potentiel dans le bief intermédiaire.

Ainsi, les résultats obtenus indiquent que, contrairement à l'omble de fontaine, la réduction des débits en conditions naturelles n'a pas tendance à améliorer la qualité des habitats chez le naseux des rapides et le chabot tacheté puisque ces deux espèces recherchent des conditions d'écoulement plus rapides pour compléter les différentes phases de leur cycle vital (alimentation des juvéniles et des adultes et reproduction). En effet, les débits se rapprochant des conditions hydrologiques normales estivales ( $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ) semblent procurer les meilleures conditions d'habitats pour ces deux espèces lorsqu'on combine les biefs intermédiaire et amont.

Cependant, les alevins du naseux des rapides préfèrent les zones abritées à faible courant le long des rives, des conditions qui s'apparentent davantage à celles recherchées par les alevins d'omble de fontaine. Comme chez cette dernière espèce, la réduction des débits en conditions naturelles a tendance à améliorer la qualité et la disponibilité des habitats d'alevinage pour le naseux des rapides (voir tableau 13).

**Tableau 14 : Indices de qualité d'habitat (IQH) et superficies d'habitats pondérées (SHP) pour le naseux des rapides en fonction des conditions de débit naturelles et futures**a) Q naturel = 2,3 m<sup>3</sup>/s ; Q futur = 2,3 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,027	0,011	0,005	0,003	0,086	0,035	0,014	0,010
SH12-3	0,105	0,012	0,005	0,003	0,270	0,030	0,014	0,008
SH12-2	0,059	0,021	0,002	0,001	0,472	0,166	0,012	0,008
SH12-1	0,089	0,018	0,082	0,017	0,148	0,031	0,136	0,028
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,002	0,000
SH11-1	0,054	0,007	0,027	0,004	0,063	0,009	0,032	0,005
SH10	0,313	0,032	0,191	0,032	0,716	0,074	0,436	0,074
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,064	0,044	0,004	0,007	0,276	0,231	0,013	0,026
Intermédiaire	0,114	0,058	0,075	0,053	0,232	0,114	0,151	0,107

b) Q naturel = 10 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 10 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,027	0,012	0,005	0,003	0,086	0,039	0,014	0,010
SH12-3	0,140	0,030	0,005	0,003	0,360	0,076	0,014	0,008
SH12-2	0,093	0,034	0,002	0,001	0,740	0,271	0,012	0,008
SH12-1	0,139	0,029	0,077	0,016	0,231	0,049	0,129	0,027
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,002	0,002	0,000
SH11-1	0,156	0,026	0,009	0,001	0,182	0,030	0,011	0,001
SH10	0,350	0,068	0,145	0,018	0,800	0,155	0,332	0,040
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,087	0,076	0,004	0,007	0,395	0,387	0,013	0,026
Intermédiaire	0,161	0,123	0,058	0,035	0,306	0,236	0,118	0,068

c) Q naturel = 20 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 20 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,078	0,038	0,014	0,009	0,247	0,120	0,043	0,030
SH12-3	0,175	0,048	0,016	0,010	0,450	0,123	0,041	0,025
SH12-2	0,080	0,030	0,002	0,001	0,640	0,243	0,012	0,008
SH12-1	0,120	0,026	0,077	0,016	0,200	0,044	0,129	0,027
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,010	0,002	0,000
SH11-1	0,297	0,067	0,009	0,001	0,347	0,078	0,011	0,001
SH10	0,341	0,070	0,145	0,018	0,780	0,161	0,332	0,040
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,111	0,116	0,010	0,020	0,446	0,486	0,032	0,062
Intermédiaire	0,190	0,164	0,058	0,035	0,342	0,292	0,118	0,068

d) Q naturel = 40 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 40 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,149	0,077	0,027	0,019	0,470	0,244	0,086	0,060
SH12-3	0,175	0,054	0,032	0,019	0,450	0,140	0,081	0,049
SH12-2	0,035	0,014	0,009	0,006	0,276	0,110	0,072	0,047
SH12-1	0,071	0,016	0,077	0,016	0,119	0,027	0,129	0,027
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,012	0,002	0,000
SH11-1	0,300	0,076	0,009	0,001	0,350	0,088	0,011	0,001
SH10	0,187	0,041	0,145	0,018	0,428	0,094	0,332	0,040
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,119	0,145	0,023	0,044	0,399	0,494	0,080	0,156
Intermédiaire	0,140	0,133	0,058	0,035	0,237	0,221	0,118	0,068

e) Q naturel = 90 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 90 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 46 m<sup>3</sup>/s

	Fraie				Repos et alimentation des juvéniles et adultes			
	Conditions naturelles		Conditions futures		Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
SH13	0,143	0,082	0,128	0,090	0,451	0,258	0,404	0,286
SH12-3	0,140	0,051	0,149	0,092	0,360	0,132	0,383	0,236
SH12-2	0,000	0,000	0,026	0,017	0,000	0,000	0,208	0,138
SH12-1	0,000	0,000	0,051	0,012	0,000	0,000	0,085	0,020
SH11-2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,009	0,026	0,006
SH11-1	0,123	0,034	0,300	0,077	0,144	0,039	0,350	0,090
SH10	0,000	0,000	0,082	0,019	0,000	0,000	0,188	0,043
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,094	0,133	0,101	0,199	0,270	0,390	0,331	0,660
Intermédiaire	0,031	0,034	0,108	0,108	0,044	0,048	0,162	0,159

### Comparaison des habitats en conditions naturelles et futures

#### Naseux des rapides

En ce qui concerne le naseux des rapides, pour des conditions de débit variant entre 2,3 et 40 m<sup>3</sup>/s, il apparaît que la réalisation du projet engendrera une diminution de la qualité et de la disponibilité des habitats de fraie et de repos et d'alimentation des juvéniles et adultes, autant dans le bief intermédiaire que dans le bief amont (tableau 14 a, b, c, d). La seule exception est observée à un débit de 90 m<sup>3</sup>/s où une amélioration du potentiel d'habitats se fera sentir pour cette espèce (tableau 14 e). Cependant, dans le cas des alevins, un gain d'habitats est plutôt anticipé à tous les débits, tout comme chez les alevins d'omble de fontaine (tableau 13).

Si l'on considère que la reproduction du naseux des rapides se déroule généralement en mai et juin, on peut établir que les débits pouvant être observés durant la période de fraie et d'incubation des œufs se situent entre 90 m<sup>3</sup>/s (mai) et 40 m<sup>3</sup>/s (juin). À un débit de 90 m<sup>3</sup>/s, on anticipe un gain d'habitat de 0,14 ha pour la fraie du naseux dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13) (tableau 14e), alors qu'à un débit de 40 m<sup>3</sup>/s, on appréhende plutôt une perte d'habitat de fraie de 0,20 ha dans le même tronçon. Ainsi, on pourrait donc s'attendre à un gain d'habitat de fraie chez cette espèce au moment de la crue printanière, à une réduction graduelle de ce gain en période de décrue, puis finalement à une perte d'habitat de fraie suite à la crue printanière, lorsque le débit de la rivière redescend pour rejoindre son niveau estival normal.

En conditions hydrologiques normales estivales (débit de 20 m<sup>3</sup>/s), correspondant à la principale période d'alimentation des juvéniles et des adultes, une perte globale d'habitat de 0,65 ha est anticipée chez le naseux des rapides dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13) (tableau 14c). Dans le cas des alevins du naseux, on anticipe plutôt un gain d'habitats de l'ordre de 0,36 ha en conditions futures (à un débit de 20 m<sup>3</sup>/s) puisque, comme on l'a mentionné précédemment, les modèles d'habitats pour les alevins d'omble de fontaine peuvent être transposés à ceux du naseux des rapides.

### Chabot tacheté

De façon générale, la réalisation du projet engendrera une diminution de la qualité et de la disponibilité des habitats pour le chabot tacheté dans les biefs intermédiaire et amont pour des débits de 2,3 à 20 m<sup>3</sup>/s et une augmentation de la qualité et de la disponibilité des habitats pour des débits de 40 à 90 m<sup>3</sup>/s (tableau 15).

Si l'on considère que la reproduction du chabot tacheté se déroule généralement en mai et juin, on peut établir que les débits pouvant être observés durant la période de fraie et d'incubation des œufs se situent entre 90 m<sup>3</sup>/s (mai) et 40 m<sup>3</sup>/s (juin). À ces débits, on anticipe un gain d'habitat variant entre 0,20 ha (40 m<sup>3</sup>/s) et 0,76 ha (90 m<sup>3</sup>/s) pour la fraie du chabot dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13) (tableau 15e).

En conditions hydrologiques normales estivales (débit de 20 m<sup>3</sup>/s), correspondant à la principale période d'alimentation des juvéniles et des adultes, une perte globale d'habitat de 0,19 ha est anticipée chez le chabot tacheté dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13) (tableau 15c). Enfin, en ce qui concerne les alevins du chabot tacheté, le manque de connaissances scientifiques sur cette phase du cycle vital ne nous permet pas de statuer plus précisément sur les modifications d'habitats anticipées en conditions futures dans le tronçon à l'étude.

**Tableau 15 : Indices de qualité d'habitat (IQH) et superficies d'habitats pondérées (SHP) pour le chabot tacheté en fonction des conditions de débit naturelles et futures**

a) Q naturel = 2,3 m<sup>3</sup>/s ; Q futur = 2,3 m<sup>3</sup>/s

	Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
<b>SH13</b>	0,319	0,131	0,043	0,030
<b>SH12-3</b>	0,425	0,047	0,043	0,026
<b>SH12-2</b>	0,361	0,127	0,043	0,028
<b>SH12-1</b>	0,085	0,018	0,060	0,013
<b>SH11-2</b>	0,000	0,000	0,026	0,003
<b>SH11-1</b>	0,169	0,023	0,113	0,016
<b>SH10</b>	0,800	0,083	0,600	0,102
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,368	0,306	0,043	0,083
Intermédiaire	0,263	0,124	0,200	0,134

b) Q naturel = 10 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 10 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
<b>SH13</b>	0,319	0,146	0,043	0,030
<b>SH12-3</b>	0,425	0,090	0,043	0,026
<b>SH12-2</b>	0,425	0,156	0,085	0,056
<b>SH12-1</b>	0,100	0,021	0,030	0,006
<b>SH11-2</b>	0,056	0,010	0,008	0,001
<b>SH11-1</b>	0,225	0,037	0,023	0,003
<b>SH10</b>	0,600	0,116	0,480	0,058
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,390	0,392	0,057	0,111
Intermédiaire	0,245	0,185	0,135	0,068

c) Q naturel = 20 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 20 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
<b>SH13</b>	0,425	0,207	0,213	0,148
<b>SH12-3</b>	0,425	0,116	0,213	0,129
<b>SH12-2</b>	0,425	0,161	0,149	0,097
<b>SH12-1</b>	0,100	0,022	0,030	0,006
<b>SH11-2</b>	0,075	0,017	0,008	0,001
<b>SH11-1</b>	0,225	0,051	0,023	0,003
<b>SH10</b>	0,300	0,062	0,480	0,058
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,425	0,484	0,191	0,375
Intermédiaire	0,175	0,152	0,135	0,068

d) Q naturel = 40 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 40 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 0,4 m<sup>3</sup>/s

	Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
<b>SH13</b>	0,425	0,221	0,298	0,208
<b>SH12-3</b>	0,085	0,026	0,298	0,181
<b>SH12-2</b>	0,213	0,085	0,298	0,195
<b>SH12-1</b>	0,075	0,017	0,030	0,006
<b>SH11-2</b>	0,075	0,018	0,008	0,001
<b>SH11-1</b>	0,225	0,057	0,023	0,003
<b>SH10</b>	0,140	0,031	0,480	0,058
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,241	0,332	0,298	0,583
Intermédiaire	0,129	0,123	0,135	0,068

e) Q naturel = 90 m<sup>3</sup>/s ; Q futur amont = 90 m<sup>3</sup>/s et Q futur intermédiaire = 46 m<sup>3</sup>/s

	Conditions naturelles		Conditions futures	
	IQH Global	SHP (ha)	IQH Global	SHP (ha)
<b>SH13</b>	0,319	0,182	0,425	0,301
<b>SH12-3</b>	0,000	0,000	0,425	0,262
<b>SH12-2</b>	0,000	0,000	0,425	0,282
<b>SH12-1</b>	0,000	0,000	0,050	0,011
<b>SH11-2</b>	0,038	0,010	0,075	0,018
<b>SH11-1</b>	0,045	0,012	0,225	0,058
<b>SH10</b>	0,000	0,000	0,140	0,032
	<i>moyenne</i>	<i>total</i>	<i>moyenne</i>	<i>total</i>
Amont	0,106	0,182	0,425	0,846
Intermédiaire	0,021	0,022	0,123	0,120

## 4 Discussion et conclusions

D'une manière générale, la réalisation du projet entraînera une amélioration des conditions d'habitats pour l'omble de fontaine, principalement en ce qui concerne les phases de repos et d'alimentation des adultes et juvéniles et, dans une moindre mesure, pour le repos et l'alimentation des alevins. En conditions hydrologiques normales estivales (débit de 20 m<sup>3</sup>/s), un gain d'habitat de 1,03 ha est anticipé chez les adultes et juvéniles et de 0,36 ha chez les alevins dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13). Dans le cas de la fraie de l'omble de fontaine, une perte d'habitats de faible ampleur est anticipée suite à la réalisation du projet. Si l'on considère que l'omble de fontaine se reproduit en octobre à des débits qui se rapprochent normalement de 40 m<sup>3</sup>/s, la modélisation 1D effectuée suggère une perte d'habitats de fraie à ce débit de 0,026 ha, soit 260 m<sup>2</sup>, dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13).

L'effet inverse est appréhendé chez le chabot tacheté et le naseux des rapides puisque, en conditions hydrologiques normales estivales (débit de 20 m<sup>3</sup>/s), des pertes d'habitats pour l'alimentation des juvéniles et des adultes sont anticipées chez ces deux espèces, ces pertes étant évaluées à 0,65 ha chez le naseux et à 0,19 ha chez le chabot. En contrepartie, un gain d'habitats d'alevinage de l'ordre de 0,36 ha est attendu chez le naseux à ce même débit.

En ce qui concerne la période de fraie printanière, on anticipe un gain d'habitats variant entre 0,20 ha (40 m<sup>3</sup>/s) et 0,76 ha (90 m<sup>3</sup>/s) pour le chabot tacheté dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13). Le portait est plus complexe dans le cas du naseux des rapides puisque, à un débit de 90 m<sup>3</sup>/s, on anticipe un gain d'habitat de 0,14 ha pour la fraie du naseux dans l'ensemble des segments étudiés (SH10 à SH13), alors qu'à un débit de 40 m<sup>3</sup>/s, on appréhende plutôt une perte d'habitat de fraie de 0,20 ha dans le même tronçon.

Le tableau 16 résume les pertes et gains d'habitats anticipés dans le tronçon à l'étude (segments homogènes SH10 à SH13) selon la modélisation 1D effectuée. À noter qu'aucune extrapolation n'a été tentée dans le cas du segment SH14 puisqu'il fut impossible de réaliser des transects de relevés dans ce segment pour des raisons d'accessibilité et de sécurité. Cependant, étant donné que les conditions d'écoulement sont similaires dans le segment SH14 (cascades) à celles rencontrées dans les segments SH12 et SH13, les conclusions obtenues pour ces derniers segments peuvent être également extrapolées au segment SH14. Cependant, on doit tenir compte du fait que le segment SH14 se situe plus loin en amont et qu'il sera moins influencé par le rehaussement des niveaux d'eau et le ralentissement des vitesses d'écoulement que les segments SH12 et SH13. Par conséquent, les impacts anticipés dans SH14 seront de moindre ampleur que dans SH12 et SH13.

**Tableau 16 : Bilan des pertes et des gains d'habitats selon la modélisation 1D dans les segments homogènes SH10 à SH13 pour les trois espèces étudiées en fonction des différentes phases de leur cycle vital**

Espèce	Gain (+) ou perte (-) d'habitats <sup>A</sup>		
	Repos et alimentation (adultes et juvéniles)	Alevinage	Fraie
<b>Ombles de fontaine</b>	+ 1,03 ha (20 m <sup>3</sup> /s)	+ 0,36 ha (20 m <sup>3</sup> /s)	- 0,026 ha (40 m <sup>3</sup> /s)
<b>Naseux des rapides</b>	- 0,65 ha (20 m <sup>3</sup> /s)	+ 0,36 ha (20 m <sup>3</sup> /s)	- 0,20 ha (40 m <sup>3</sup> /s) + 0,14 ha (90 m <sup>3</sup> /s)
<b>Chabot tacheté</b>	- 0,19 ha (20 m <sup>3</sup> /s)	Non déterminé <sup>B</sup>	+ 0,20 ha (40 m <sup>3</sup> /s) + 0,76 ha (90 m <sup>3</sup> /s)

A : Le débit ayant été pris en considération pour le calcul des gains et des pertes d'habitats pour chaque phase du cycle vital est indiqué entre parenthèses.

B : Les modèles existants ne permettent pas de statuer sur les gains ou pertes d'habitats potentiels associés à cette phase du cycle de vie.

Dans le cas de l'omble de fontaine, les pertes d'habitats de fraie appréhendées sont jugées trop minimes pour avoir une quelconque influence sur la population de cette espèce dans la zone d'étude, d'autant plus que ces micro-habitats de fraie apparaissent inutilisés dans les conditions actuelles puisqu'aucun alevin n'avait été récolté lors des pêches électriques effectuées à l'été 2010 dans le cadre de l'étude d'impact. Le gain d'habitat de repos et d'alimentation anticipé pour les adultes et juvéniles pourrait toutefois avoir un effet positif sur la population d'omble de fontaine dans ce secteur, tel qu'anticipé dans le rapport d'étude d'impact (AECOM et Groupe AXOR, 2011).

En regard du naseux des rapides et du chabot tacheté, bien que certains effets positifs soient anticipés sur la fraie (pour des débits se situant entre 40 et 90 m<sup>3</sup>/s) ainsi que sur l'alevinage du naseux, on pourrait tout de même s'attendre à une légère diminution potentielle de l'abondance de ces deux espèces dans le secteur qui sera touché par le projet en raison de la perte d'habitat de repos et d'alimentation en période estivale qui pourrait affecter ces deux espèces dans le tronçon étudié.

Considérant que le naseux et le chabot constituent des proies potentielles pour l'omble de fontaine, un impact potentiel pourrait être anticipé sur l'alimentation de cette dernière espèce. Cependant, dans un tronçon de rivière comme celui faisant l'objet de la présente étude, il est probable que la principale source alimentaire pour l'omble de fontaine soit constituée d'invertébrés au stade larvaire en dérive. En effet, la rivière Sainte-Anne du Nord présente plusieurs kilomètres de rapides et de cascades composées de substrat grossier qui sont productifs en invertébrés, et ce, jusqu'au barrage des Sept-Chutes situé environ 10 km en amont. Étant donné que le rehaussement du niveau d'eau dans le bief amont n'affectera qu'une faible proportion de ce tronçon de rivière, soit sur une distance d'environ 0,7 km, la dérive larvaire demeurera la principale source alimentaire pour l'omble de fontaine. À cela s'ajoutera la productivité benthique accrue provenant des rives et de la végétation (arbres et arbustes) qui seront ennoyées en bordure du bief amont.

Compte tenu de la petite taille des ombles de fontaine capturés dans la zone d'étude (longueur moyenne de 173 mm) et de la grande disponibilité de la dérive larvaire, nous considérons que les poissons-proies ne doivent constituer qu'une faible proportion du régime alimentaire des ombles de fontaine dans la zone d'étude. En effet, on sait que cette espèce est très opportuniste et qu'elle a tendance à se nourrir des proies les plus abondantes dans le milieu. On sait également que le régime piscivore augmente généralement avec la taille des poissons, de sorte que des ombles de petite taille sont plus susceptibles de se nourrir d'invertébrés que de poissons-proies. Par conséquent, les pertes d'habitats de repos et d'alimentation et la diminution potentielle d'abondance anticipées chez le naseux et le chabot ne devraient pas se répercuter de façon significative chez l'omble de fontaine. Selon notre jugement, ces impacts potentiels sur ces deux espèces de poissons-proies ne nécessitent pas l'application de mesures de compensation puisqu'aucun impact significatif n'est appréhendé sur l'alimentation et l'abondance de l'omble de fontaine.

Il convient également de mentionner que les pertes d'habitats de repos et d'alimentation, évaluées dans le cas du naseux et du chabot, pourraient également être sans effet sur les populations de ces deux espèces puisque l'immigration d'individus en provenance du secteur amont de la rivière, non touché par la réalisation du projet, pourrait venir naturellement compenser la diminution potentielle d'abondance de ces espèces dans le tronçon à l'étude. Considérant l'absence d'alevins observée lors de nos inventaires, il est fort probable que ces mouvements d'immigration soient un phénomène important permettant de soutenir les populations de poissons dans la zone d'étude chez toutes les espèces considérées.

En conclusion, les résultats de la présente étude viennent appuyer les principaux constats qui avaient été précédemment établis dans le rapport d'étude d'impact et ses addenda. Un impact résiduel jugé négatif et de faible importance avait été déterminé dans le rapport d'étude d'impact (AECOM et Groupe AXOR, 2011) et ce jugement demeure adéquat sur la base des résultats obtenus lors de la présente étude. Les mesures d'atténuation proposées pour la portion amont du bief intermédiaire, soit le maintien d'un débit réservé écologique de 0,4 m<sup>3</sup>/s en période d'eau libre et l'obstruction des échancrures des seuils naturels situés à la sortie des segments SH10 et SH12 vont permettre de limiter les pertes de surfaces mouillées et les pertes d'habitats qui auraient été autrement plus importantes en conditions estivales dans les segments SH10 à SH12, tout en assurant un renouvellement de l'eau suffisant pour maintenir une qualité de l'eau adéquate pour les poissons dans ce secteur. En effet, les largeurs mouillées en conditions futures dans les segments SH10 à SH12 du bief intermédiaire seront maintenues légèrement supérieures à celles observées en conditions naturelles à un débit de 2,3 m<sup>3</sup>/s, tel que le démontrent les résultats des simulations hydrauliques présentées à l'annexe E. Aucune mesure complémentaire d'atténuation ou de compensation n'est proposée sur la base des résultats obtenus et des impacts présentés dans la présente étude.



## Bibliographie

- AECOM CONSULTANTS INC. et GROUPE AXOR Inc. 2011. *Aménagement hydroélectrique du Canyon Sainte-Anne sur la rivière Sainte-Anne-du-Nord. Projet Hydro-Canyon Saint-Joachim. Étude d'impact sur l'environnement*. Volumes 1 et 2. Pagination multiple et annexes.
- ALLIANCE ENVIRONNEMENT inc. 2008. *Dérivation partielle de la rivière Portneuf. Suivi environnemental 2007 en phase d'exploitation. Productivité de l'omble de fontaine*. Rapport présenté à Hydro-Québec. 118 p. et annexes.
- AHMADI-NEDUSHAN, B., A. ST-HILAIRE, M. BÉRUBÉ, É. ROBICHAUD, N. THIÉMONGE and B. BOBÉE. 2006. *A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment*. River Research and Applications. 22 : 503-523.
- BAKER, A. E. et T. G. COON. 1997. "Development and Evaluation of Alternative Habitat Suitability Criteria for Brook Trout." *Transactions of the American Fisheries Society*, 126:1, 65-76.
- BERNATCHEZ, L. et M. GIROUX. 2000. *Les poissons d'eau douce du Québec et leur répartition dans l'est du Canada*. Editions Broquet. 350 p.
- BRADBURY, C., M. M. ROBERGE et C. K. MINNS. 1999. "Life History Characteristics of Freshwater Fishes Occuring in Newfoundland and Labrador, with Major Emphasis on Lake Habitat Characteristics." *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 150.
- BRAZO, D. C., C. R. LISTON, et R. C. ANDERSON. 1978. "Life History of the Longnose Dace in the Surge Zone of Eastern Lake Michigan near Ludington, Michigan." *Trans. Amer. Fish. Sco.* 107:550-556.
- EDWARDS, E. A., H. LI et C. B. SCHRECK. 1983. *Habitat Suitability Index Models: longnose Dace*. U.S. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.33. 13 p.
- JIRKA, K. J. et J. HOMA Jr. 1990. "Development and preliminary evaluation of suitability index curves for juvenile brook trout." *Rivers* 1: 207-217.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (MRNF). 2011. *Guide de normalisation des méthodes d'inventaire ichtyologique en eaux intérieures*, Tome I, Acquisition de données, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Service de la faune aquatique, Québec. 137 p.
- PERSINGER, J. W. 2003. *Developing Habitat Suitability Criteria for individual Species and Habitat Guilds in the Shenandoah River Basin*. 183 p. + appendices.
- PETTY, J. T. et G. D. GROSSMAN. 2007. "Size-Dependent Territoriality of Mottled Sculpin in a Southern Appalachian Stream." *Transactions of the American Fisheries Society*, 136:1750-1761.
- RALEIGH, R. F. 1982. *Habitat suitability index models : Brook Trout*. U.S. Department of the Interior, Fish and wildlife service. FWS/OBS-82/10.24.42, 42 p. <http://www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/hsi/hsi-024.pdf>
- SCOTT, W. B. et E. J. CROSSMAN. 1973. *Freshwater Fishes of Canada*. Bulletin 184. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, 965 p.
- SCRUTON, D. A., S. C. RILEY, B. A. BENNETT, F. T. BOWDRING et K. D. CLARKE. 2000. "A Review of habitat Suitability Criteria Applicable to Four Salmonid Species in Newfoundland, Canada." *Can. Manuscr. Rep. Fish.. Aquat. Sci.* No. 2548 : vi + 56 p. + appendices.

TERRIEN, J. et S. LACHANCE. 1997. Outil diagnostique décrivant la qualité de l'habitat de l'omble de fontaine en rivière au Québec, phase I: Revue de la documentation et choix des variables. Ministère SCOTT ET CROSSMAN. 1974.

**Annexe A**  
**Lettre du MDDEP datée du**  
**1<sup>er</sup> juin 2012**



Le 1<sup>er</sup> juin 2012

Monsieur Simon Goudreau  
Chargé de projet  
Société Hydro-Canyon Saint-Joachim  
1555, rue Peel, bureau 1100  
Montréal (Québec) H3A 3L8

**Objet : Caractérisation physique complémentaire concernant le projet  
d'aménagement hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim sur la  
rivière Sainte-Anne-du-Nord  
Dossier 3211-12-179**

Monsieur,

Nous avons procédé à l'analyse de la deuxième série de réponses que vous nous avez adressée. Cette analyse nous amène à constater que plusieurs interrogations demeurent quant à la description des habitats du poisson dans la portion amont du bief intermédiaire et dans le bief amont. Ces interrogations ne nous permettent pas d'avoir une bonne compréhension de la valeur des habitats présents, des impacts qui peuvent découler de la réalisation de votre projet et des mesures d'atténuation et de compensations requises pour rendre le projet acceptable sur le plan environnemental. Pour cette raison, l'étude d'impact, y compris les documents complémentaires, est toujours jugée non recevable. Vous devez compléter votre étude en prenant en considération les éléments soulevés et les demandes d'information complémentaires que vous trouverez ci-dessous.

De façon générale, la description actuelle des habitats repose sur des données partielles de vitesses et de profondeurs mesurées à de très faibles débits, soit 2,3 m<sup>3</sup>/s et 9,7 m<sup>3</sup>/s. Ces derniers ne correspondent pas à des débits généralement rencontrés lors des périodes de fraie ou d'alimentation des espèces présentes dans la rivière Sainte-Anne-du-Nord, les débits moyens étant beaucoup plus élevés. La caractérisation des habitats présents, ainsi que la valeur attribuée à chacun de ces habitats en fonction des espèces présentes, reposent donc sur des données qui ne sont pas représentatives de celles généralement observées dans cette rivière.

À titre d'exemple, en ce qui concerne le chabot tacheté, bien que cette espèce ait été pêchée en plus grand nombre que l'omble de fontaine dans les zones des biefs intermédiaire et amont, elle n'a pas été retenue pour la caractérisation des habitats du poisson, contrairement à l'omble de fontaine et au naseux des rapides. Selon ce que vous avancez, le substrat et l'écoulement observés ne sont pas recherchés par cette espèce. Toutefois, une consultation rapide de la littérature récente, dont un article de Petty et Grossman (2007)<sup>1</sup>, indique que les jeunes chabots tachetés occupent des microhabitats dominés par du silt, du sable et du gravier (*silt, sand, and gravel*), alors que les poissons de plus de 5 cm de longueur sont retrouvés dans des habitats plus profonds dominés par des galets et des blocs (*cobble and boulder substrata*). Des vitesses relativement élevées semblent également recherchées par l'espèce. Pour cette raison, vous devez revoir la caractérisation des habitats présents en considérant également cette espèce qui est une proie de l'omble de fontaine.

#### **INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES À FOURNIR**

Afin de mieux décrire les habitats du poisson présents dans la portion amont du bief intermédiaire et dans le bief amont et d'en évaluer leur importance, vous devez d'abord compléter l'échantillonnage des données déjà récoltées et procéder à leur interprétation.

Ainsi, vous devez réaliser une caractérisation physique plus exhaustive de chaque segment de la portion amont du bief intermédiaire et du bief amont, à des débits représentatifs de ceux normalement observés dans la rivière Saint-Anne-du-Nord. Pour ce faire, des transects doivent être effectués dans chaque segment homogène (SH-10 à SH-14). À intervalle régulier le long de ces transects, la vitesse de l'eau et la profondeur doivent être mesurées ainsi que la largeur du cours d'eau en surface. En complément, des stations doivent être réalisées dans chacun des segments homogènes afin de compléter la description du substrat, notamment dans la fosse du segment SH-11.

Par la suite, vous devez procéder à l'interprétation des données obtenues afin de décrire les habitats du poisson présents dans les segments identifiés et les superficies que ces habitats occupent. Cette description doit être faite en fonction des données de vitesses et de profondeurs mesurées dans la rivière, et ce, pour différentes étapes vitales du cycle de vie des espèces répertoriées. Ces étapes sont les périodes de fraie printanière ou automnale, ainsi que d'alimentation de l'omble de fontaine, du naseux des rapides et du chabot tacheté. Les préférences des alevins et des juvéniles doivent également être pris en considération, notamment pour le naseux des rapides dont les alevins sont retrouvés en abondance dans les zones protégées présentant des eaux

---

<sup>1</sup> PETTY, J. T. ET G. D. GROSSMAN. 2007. *Size-Dependent Territoriality of Mottled Sculpin in a Southern Appalachian Stream*. Transaction of the American Fisheries Society, **136**:1750-1761.

calmes et peu profondes (Edwards *et al.* 1983)<sup>2</sup>. L'appréciation de la qualité des habitats présents doit reposer sur les préférences d'habitat de ces espèces en rivière et être notamment appuyée par une modélisation hydraulique 1-D réalisée selon les règles de l'art. Un tel exercice devrait permettre une interprétation plus objective des superficies mouillées comparativement à la méthode que vous avez retenue qui repose uniquement sur des photographies prises à quelques débits selon des points de vue qui diffèrent.

Finalement, cette meilleure description des habitats vous permettra de réévaluer les impacts appréhendés sur les habitats du poisson présents ou potentiellement présents, et revoir, s'il y a lieu, les mesures d'atténuation, les impacts résiduels et les mesures de compensation proposées.

Je vous prie de recevoir, Monsieur, mes meilleures salutations.

Le chef par intérim du Service des projets  
en milieu hydrique,



Yves Rochon

---

<sup>2</sup> EDWARDS, E. A., H. LI, ET C. B. SCHRECK. 1983. *Habitat Suitability Index Models: Longnose Dace*. U.S. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.33. 13 p.



**Annexe B**  
**Lettre du promoteur datée du**  
**14 juin 2012**





Le 14 juin 2012

M. Yves Rochon  
Directeur par intérim  
Service des projets en milieu hydrique  
Direction des Évaluations Environnementales  
Ministère du Développement Durable,  
de l'Environnement et des Parcs  
Édifice Marie-Guyart, 6<sup>ème</sup> étage  
675, Boulevard René Lévesque Est, C.P. 83  
Québec (QC) G1R 5V7

**Objet :    Projet d'aménagement hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim  
          Sur la rivière Sainte-Anne-du-Nord - Étude d'impact  
          V/Réf. : 3211-12-179**

---

Monsieur Rochon,

Pour faire suite à votre lettre du 1<sup>er</sup> juin 2012, nous vous soumettons, par la présente, nos engagements relativement aux données additionnelles requises pour assurer la recevabilité de l'étude d'impact du projet d'aménagement hydroélectrique Hydro-Canyon Saint-Joachim.

Conformément à votre demande, de nouveaux transects hydrauliques complémentaires à ceux déjà réalisés seront entrepris sur le site du projet, en ciblant des débits en rivière plus élevés, centrés sur le débit médian estival de 18,3 m<sup>3</sup>/s. Pour chacun des segments homogènes SH10 à SH14, un nouveau site de transect sera établi et des relevés de vitesses et profondeurs seront effectués à intervalles réguliers le long de ces transects. La position, l'élévation et la largeur mouillée de chaque section de transect seront également documentées. Le débit de base visé pour l'établissement des transects sera donc le débit médian estival. Deux autres ensembles de relevés seront par la suite entrepris, à un débit inférieur et à un débit supérieur au débit médian.

Une analyse des données obtenues sera par la suite effectuée pour produire un modèle 1D à l'aide du programme HEC-RAS. Le modèle sera calibré pour générer une simulation de la variation des conditions le long des transects entre des débits de 2,3 m<sup>3</sup>/s et de 90 m<sup>3</sup>/s. Il faut noter que la précision du modèle pourrait être difficile à garantir pour les débits supérieurs à 50 m<sup>3</sup>/s, vue l'impossibilité d'obtenir des mesures en rivière en période de très fort débit. Néanmoins, les données de transect, les données LiDAR et les orthophotos obtenues lors de

- ❑ MRC de la Côte-de-Beaupré, 3 rue de la Seigneurie, Château-Richer, Qc, G0A 1N0
- ❑ Municipalité de Saint-Joachim, 172 rue de l'Église, Saint-Joachim, Qc, G0A 3X0
- ❑ PMO (Gestion de Projet), 1555, rue Peel, Bureau 1100, Montréal, Qc, H3A 3L8

la campagne de terrain 2010 seront mises à contribution pour raffiner la validité du modèle pour les simulations à bas débit.

Tel que demandé, une caractérisation complémentaire des types de substrat sera également réalisée dans les segments homogènes SH10 à SH14. Un rapport complémentaire de tous les résultats de cette campagne de terrain sera par la suite déposé au MDDEP dans les délais préalablement établis. Conformément à votre demande, il contiendra une caractérisation des habitats de l'omble de fontaine, du naseux des rapides et du chabot tacheté, en fonction des étapes critiques de leur cycle vital. Une mise à jour de l'analyse de la disponibilité et de la qualité des habitats présents dans les segments investigués sera également incluse.

Nous désirons néanmoins profiter de la présente pour rappeler que lors de la campagne de terrain 2010, les conditions en rivière n'ont pas permis d'effectuer des relevés de transects sécuritaires à un débit de plus de 9,7 m<sup>3</sup>/s. Les vitesses importantes, la présence de zones d'eau trop profonde pour qu'un individu puisse garder pied (fosses), la prépondérance de larges blocs dans le chenal de la rivière mettant à risque la sécurité d'un individu qui pourrait perdre pied ainsi que la présence de la chute à proximité ont tous été des facteurs limitant la possibilité d'obtenir des relevés supplémentaires. Dû aux risques pour la sécurité du personnel de terrain, à un débit de 2,3 m<sup>3</sup>/s, seulement 5 des 8 transects tentés purent être entièrement complétés, les trois autres ne contenant que des données partielles provenant des bordures de la rivière. À un débit de 9,7 m<sup>3</sup>/s, seulement 3 de ces transects purent être entièrement complétés de façon sécuritaire.

Afin d'améliorer au maximum les chances de réussite de la campagne de terrain à venir, un radeau autonome équipé d'un radar Doppler sera utilisé. Cet instrument permettra de compléter les techniques habituelles reposant sur l'utilisation d'embarcations et de systèmes de câbles pour permettre à un individu de prendre physiquement des relevés à travers le chenal de la rivière. Cet équipement étant normalement opéré de la rive, il devrait augmenter les chances de succès sur le site. Nous croyons toutefois important de mentionner qu'il demeure un risque que certaines des données recherchées ne puissent être obtenues. Sachez que tous les efforts en deçà des limites de la sécurité seront toutefois déployés pour tenter la prise de ces données.

En espérant que ces informations vous permettront de considérer la recevabilité de l'étude d'impact conditionnellement à la réalisation des engagements ci-dessus, nous vous remercions de votre collaboration et vous prions d'agréer, Monsieur Rochon, l'expression de nos meilleures salutations.

Simon Gourdeau  
Chargé de Projet

cc. : M. Marc Dubeau, Maire – Municipalité de Saint-Joachim  
M. Pierre Lefrançois, Préfet – MRC La Côte-de-Beaupré

**Annexe C**  
**Annexe photographique**



**Photos prises à un débit de 12 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH10-1**



**Site du transect SH10-1 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH10-1 – vue vers l'aval**



**Site du transect SH11-1**



**Site du transect SH11-1 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH11-1 – vue vers l'aval**

**Photos prises à un débit de 12 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH11-2**



**Site du transect SH11-2 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH11-2 – vue vers l'aval**



**Site du transect SH12-1**



**Site du transect SH12-1 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH12-1 – vue vers l'aval**

**Photos prises à un débit de 12 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH12-2**



**Site du transect SH12-2 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH12-2 – vue vers l'aval**



**Site du transect SH12-3**



**Site du transect SH12-3 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH12-3 – vue vers l'aval**

**Photos prises à un débit de 12 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH13-1**



**Site du transect SH13-1 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH13-1 – vue vers l'aval**

Photos prises à un débit de 20 m<sup>3</sup>



Site du transect SH10-1



Site du transect SH10-1 – vue vers l'amont



Site du transect SH10-1 – vue vers l'aval



Site du transect SH11-1



Site du transect SH11-1 – vue vers l'amont



Site du transect SH11-1 – vue vers l'aval

**Photos prises à un débit de 20 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH11-2**



**Site du transect SH11-2 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH11-2 – vue vers l'aval**



**Site du transect SH12-1**



**Site du transect SH12-1 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH12-1 – vue vers l'aval**

**Photos prises à un débit de 20 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH12-2**



**Site du transect SH12-2 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH12-2 – vue vers l'aval**



**Site du transect SH12-3**



**Site du transect SH12-3 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH12-3 – vue vers l'aval**

**Photos prises à un débit de 61 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH10-1**



**Site du transect SH10-1 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH10-1 – vue vers l'aval**

**Photos prises à un débit de 61 m<sup>3</sup>**



**Site du transect SH11-1**



**Site du transect SH11-1 – vue vers l'amont**



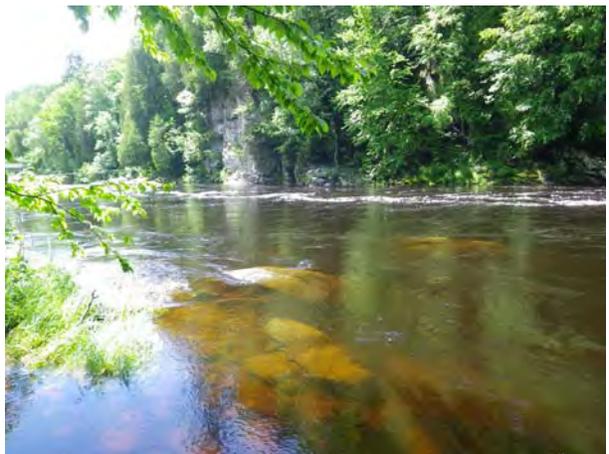
**Site du transect SH11-1 – vue vers l'aval**



**Site du transect SH11-2**



**Site du transect SH11-2 – vue vers l'amont**



**Site du transect SH11-2 – vue vers l'aval**

Photos prises à un débit de 61 m<sup>3</sup>



Site du transect SH12-1



Site du transect SH12-1 – vue vers l'amont



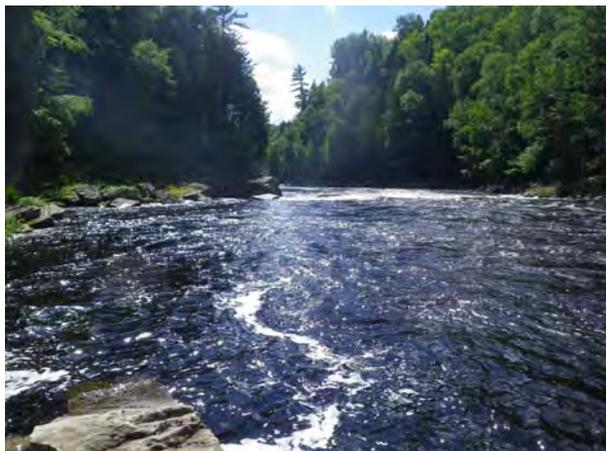
Site du transect SH12-1 – vue vers l'aval



Site du transect SH12-2



Site du transect SH12-2 – vue vers l'amont



Site du transect SH12-2 – vue vers l'aval

Photos prises à un débit de 61 m<sup>3</sup>



Site du transect SH12-3



Site du transect SH12-3 – vue vers l'amont



Site du transect SH12-3 – vue vers l'aval



Site du transect SH13-1



Site du transect SH13-1 – vue vers l'amont



Site du transect SH13-1 – vue vers l'aval



**Annexe D**  
**Description du courantomètre à**  
**effet Doppler et des limites de**  
**l'appareil**



## Courantomètre à effet Doppler

L'appareil utilisé est un courantomètre à effet Doppler *River Surveyor M9* de *SonTek*®, une division de YSI Inc. Le *M9* est doté de deux séries de quatre transducteurs (*transducer*) (1 MHz et 3 MHz), utilisés selon la profondeur étudiée, permettant les lectures courantométriques, et d'un échosondeur vertical de 0,5 MHz permettant des relevés bathymétriques précis (figure 1). La figure 2 illustre l'appareil monté sur sa plateforme (radeau).

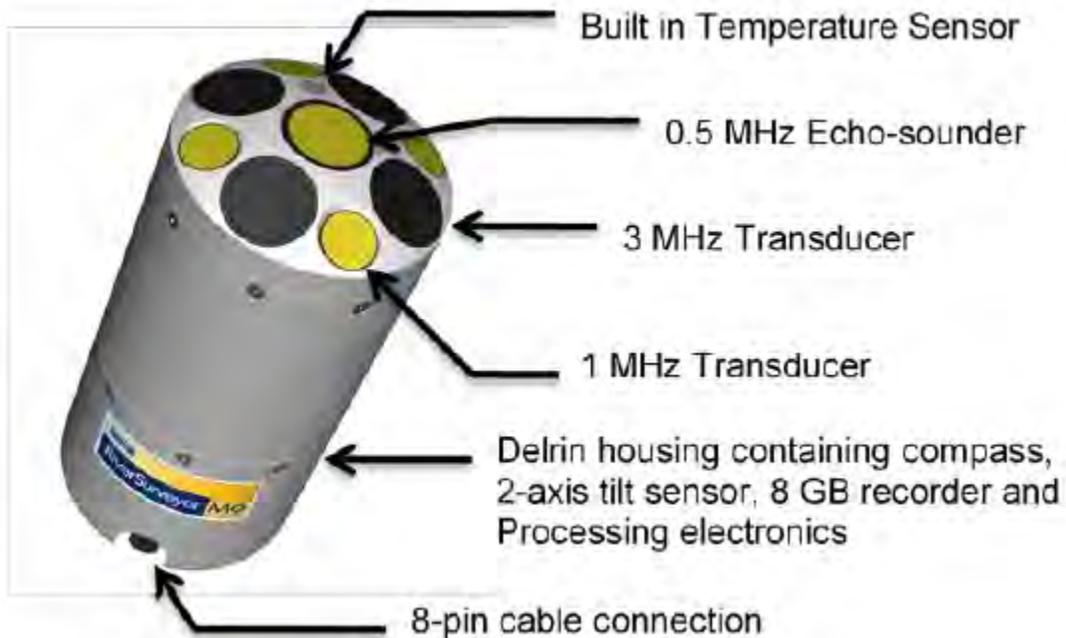


Figure 1. Courantomètre à effet Doppler, *River Surveyor M9* de *SonTek*® (Source : YSI Inc.)



Figure 2. Courantomètre à effet Doppler monté sur sa plateforme, en mode opération. (Source : YSI Inc.)

## Limites de l'appareil

La profondeur de la première mesure du courantomètre à effet Doppler correspond à la profondeur de montage des transducteurs dans la plateforme (*transducer draft*) (ici = 15 cm) (figure 3), à laquelle s'additionne la portée, communément appelée « zone aveugle » (*blanking distance*). La portée correspond à la distance, entre les transducteurs et la première mesure, où les faisceaux (*main beam*) ne sont pas encore formés, soit : 10 cm en opération à 3 MHz (cas présent). Par conséquent, on obtient une zone aveugle de 25 cm de hauteur en surface de la rivière où aucune donnée de courantométrie n'est disponible.

De plus, en raison de l'interférence générée par l'écho sur le fond des lobes latéraux (*side lobe interference*), les lectures de vitesses de courant près du fond ne sont pas considérées. Conséquemment, on obtient une seconde zone à proximité du lit de la rivière où aucune donnée de courantométrie n'est disponible. La figure 4 illustre ces deux phénomènes en un schéma simplifié présentant le faisceau d'un courantomètre à effet Doppler.

La vitesse de déplacement de l'appareil ainsi que son positionnement en trois dimensions sont tenus en compte à chaque instant durant la prise de données et sont intégrés aux calculs. L'intégration de ces paramètres est possible grâce au gyrocompas interne de l'appareil ainsi qu'à la connexion DGPS-RTK de l'antenne utilisée.



**Figure 3. Détail du dessous de la plateforme du courantomètre à effet Doppler *River Surveyor M9* permettant de voir la profondeur de montage de 15 cm. (Source : modifié de YSI Inc.)**

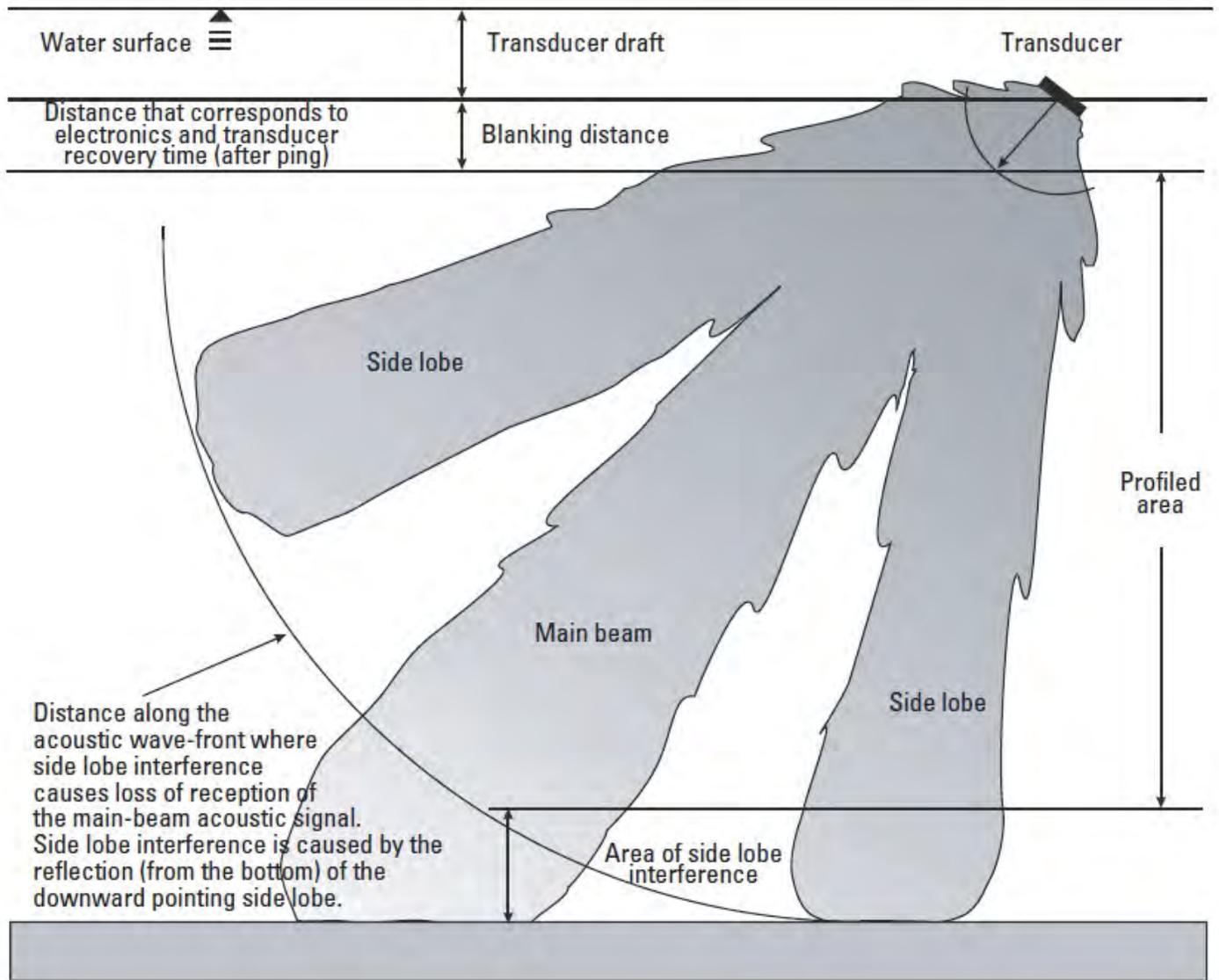


Figure 4. Schéma simplifié d'un faisceau typique d'un courantomètre à effet Doppler. (Source : Simpson 2001)

## Logiciel de courantométrie

L'interprétation et la représentation des données courantologiques a été effectuée grâce au logiciel *RiverSurveyor Live* de *SonTek*®. L'avantage de ce logiciel est qu'il permet de calculer les mesures de débits sur l'intégralité du profil en dépit des limites en surface et au fond exposées au point précédent. En effet, sur la base des calculs standards en dynamique des fluides, le logiciel estime par interpolation les débits au fond et en surface à partir des valeurs mesurées. De plus, lorsque la plateforme ne peut se rendre directement en berge pour démarrer et terminer le profil, l'intégration des valeurs de distance entre la berge et l'appareil ainsi que le type de berge (inclinée ou abrupte) permettent de compléter le calcul du débit pour un profil donné. La figure 5 illustre ces trois estimés intégrés au logiciel *RiverSurveyor Live* de *SonTek*®.

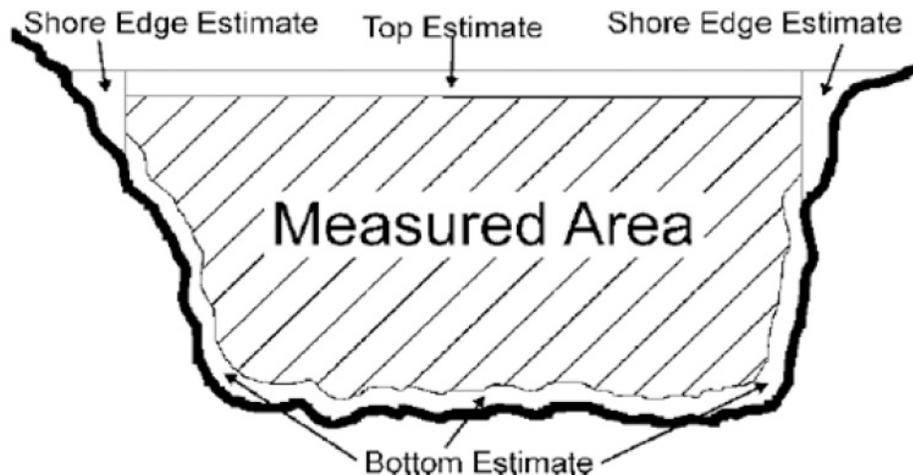


Figure 5. Schéma illustrant les estimés d'un profil courantométrique type. (Source : YSI Inc.)

### Références :

Simpson, M.R. 2001. Discharge measurements using a broad-band acoustic Doppler current profiler, United States Geological Survey, Sacramento, 123 p.

SonTek. 2011. RiverSurveyor S5/M9 System Manual. SonTek, a Division of YSI Inc., San Diego, 156 p.

**Annexe E**  
**Résultats des simulations**  
**hydrauliques**



Les résultats numériques des simulations hydrauliques en conditions naturelles sont présentés au tableau suivant (E1). La profondeur moyenne à chaque transect a été calculée en faisant une moyenne des différences entre le niveau d'eau calculé et chaque point du fond de la rivière relevé. Un profil longitudinal du tronçon à l'étude et des extraits HEC-RAS de chaque transect sont présentés à la fin de la présente annexe.

**Tableau E1: Résultats des simulations hydrauliques en conditions naturelles**

Section	Débit total	Niveau d'eau	Largeur mouillée	Profondeur moyenne	Vitesse moyenne
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
SH13-1G	2.3	94.0	33.0	1.5	0.1
SH12-3G	2.3	93.5	11.1	0.2	1.3
SH12-2G	2.3	92.0	35.2	0.7	0.1
SH12-1G	2.3	92.0	41.4	0.7	0.1
SH11-2G	2.3	90.7	16.6	3.6	0.0
SH11-1G	2.3	90.7	21.2	1.7	0.1
SH10-1G	2.3	90.6	20.8	0.3	0.4
SH13-1G	10	94.6	36.6	2.0	0.1
SH12-3G	10	93.8	21.2	0.3	1.6
SH12-2G	10	92.2	36.7	0.8	0.3
SH12-1G	10	92.2	42.5	0.8	0.3
SH11-2G	10	91.1	28.4	2.4	0.1
SH11-1G	10	91.1	25.3	1.9	0.2
SH10-1G	10	91.1	38.8	0.5	0.5
SH13-1G	20	95.0	39.0	2.3	0.2
SH12-3G	20	93.9	27.3	0.4	1.9
SH12-2G	20	92.4	38.0	1.0	0.5
SH12-1G	20	92.4	43.6	1.0	0.5
SH11-2G	20	91.4	35.3	2.2	0.3
SH11-1G	20	91.4	34.9	1.6	0.4
SH10-1G	20	91.4	41.2	0.8	0.7
SH13-1G	40	95.4	41.5	2.5	0.4
SH12-3G	40	94.2	31.1	0.6	2.3
SH12-2G	40	92.7	40.0	1.2	0.8
SH12-1G	40	92.7	45.3	1.2	0.7
SH11-2G	40	91.7	37.1	2.4	0.4
SH11-1G	40	91.7	38.8	1.7	0.6
SH10-1G	40	91.7	44.1	1.0	0.9
SH13-1G	90	96.1	45.8	3.0	0.7
SH12-3G	90	94.6	36.6	0.9	2.8
SH12-2G	90	93.3	44.0	1.7	1.2
SH12-1G	90	93.2	48.7	1.7	1.1
SH11-2G	90	92.4	40.4	2.8	0.8
SH11-1G	90	92.3	42.2	2.2	1.0
SH10-1G	90	92.2	49.5	1.4	1.3

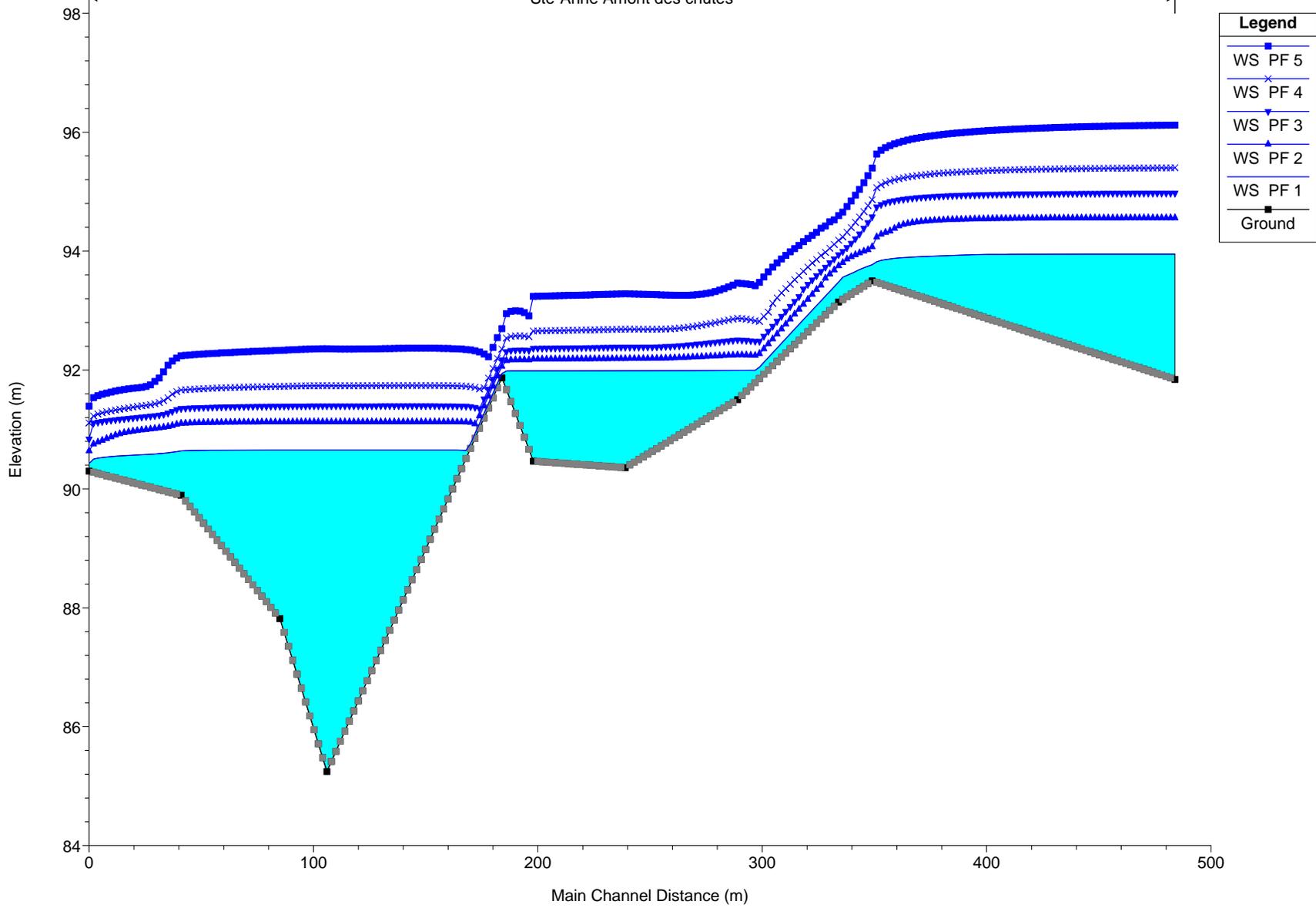
Les résultats des simulations en conditions futures à la suite de la mise en opération du barrage et de la centrale sont présentés au tableau suivant (E2). Les informations sur les niveaux d'eau et les largeurs mouillées en conditions naturelles sont présentées dans ce tableau afin de valider les modifications effectuées aux seuils de contrôle lors de la phase de calibration.

**Tableau E2 : Résultats des simulations hydrauliques en conditions futures**

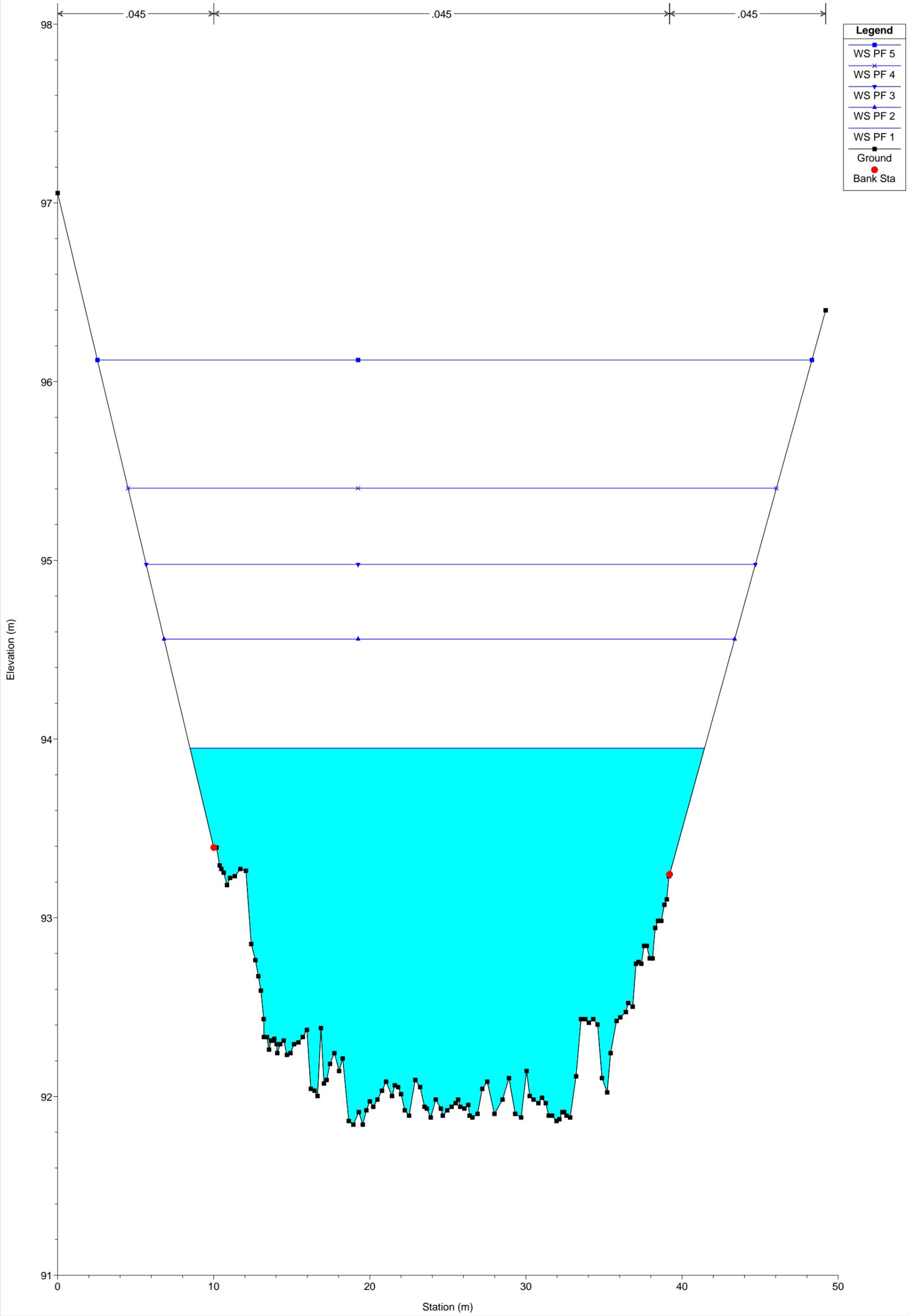
Section	Débit Total	Niveau d'eau	Niveau d'eau (conditions naturelles)	Largeur mouillée	Largeur mouillée (conditions naturelles)	Profondeur moyenne	Vitesse moyenne
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
SH13-1G	2.3	100.1	94.0	55.9	33.0	6.1	0.01
SH12-3G	2.3	100.1	93.5	60.9	11.1	5.3	0.01
SH12-2G	2.3	100.1	92.0	65.6	35.2	7.1	0.01
SH12-1G	2.3	92.1	92.0	41.8	41.4	0.7	0.08
SH11-2G	2.3	90.9	90.7	18.0	16.6	3.5	0.04
SH11-1G	2.3	90.9	90.7	22.5	21.2	1.8	0.06
SH10-1G	2.3	90.9	90.6	33.9	20.8	0.4	0.09
SH13-1G	10	100.0	94.6	55.8	36.6	6.1	0.01
SH12-3G	10	100.0	93.8	60.8	21.2	5.3	0.01
SH12-2G	10	100.0	92.2	65.5	36.7	7.1	0.02
SH12-1G	0.4	92.0	92.2	41.4	42.5	0.7	0.02
SH11-2G	0.4	90.7	91.1	16.6	28.4	3.7	0.01
SH11-1G	0.4	90.7	91.1	21.6	25.3	1.7	0.01
SH10-1G	0.4	90.7	91.1	24.2	38.8	0.3	0.03
SH13-1G	20	100.0	95.0	55.8	39.0	6.1	0.06
SH12-3G	20	100.0	93.9	60.8	27.3	5.3	0.06
SH12-2G	20	100.0	92.4	65.5	38.0	7.1	0.04
SH12-1G	0.4	92.0	92.4	41.4	43.6	0.7	0.02
SH11-2G	0.4	90.7	91.4	16.6	35.3	3.7	0.01
SH11-1G	0.4	90.7	91.4	21.6	34.9	1.7	0.01
SH10-1G	0.4	90.7	91.4	24.2	41.2	0.3	0.03
SH13-1G	40	100.0	95.4	55.8	41.5	6.1	0.1
SH12-3G	40	100.0	94.2	60.8	31.1	5.3	0.1
SH12-2G	40	100.0	92.7	65.5	40.0	7.1	0.1
SH12-1G	0.4	92.0	92.7	41.4	45.3	0.7	0.02
SH11-2G	0.4	90.7	91.7	16.6	37.1	3.7	0.01
SH11-1G	0.4	90.7	91.7	21.6	38.8	1.7	0.01
SH10-1G	0.4	90.7	91.7	24.2	44.1	0.3	0.03
SH13-1G	90	100.5	96.1	56.7	45.8	6.4	0.3
SH12-3G	90	100.5	94.6	61.7	36.6	5.6	0.3
SH12-2G	90	100.5	93.3	66.4	44.0	7.4	0.2
SH12-1G	46	92.8	93.2	45.9	48.7	1.3	0.8
SH11-2G	46	91.9	92.4	37.9	40.4	3.7	0.2
SH11-1G	46	91.9	92.3	39.7	42.2	1.8	0.6
SH10-1G	46	91.8	92.2	45.6	49.5	1.1	0.9

St-Anne Plan: Plan 10 17/09/2012

Ste-Anne Amont des chutes

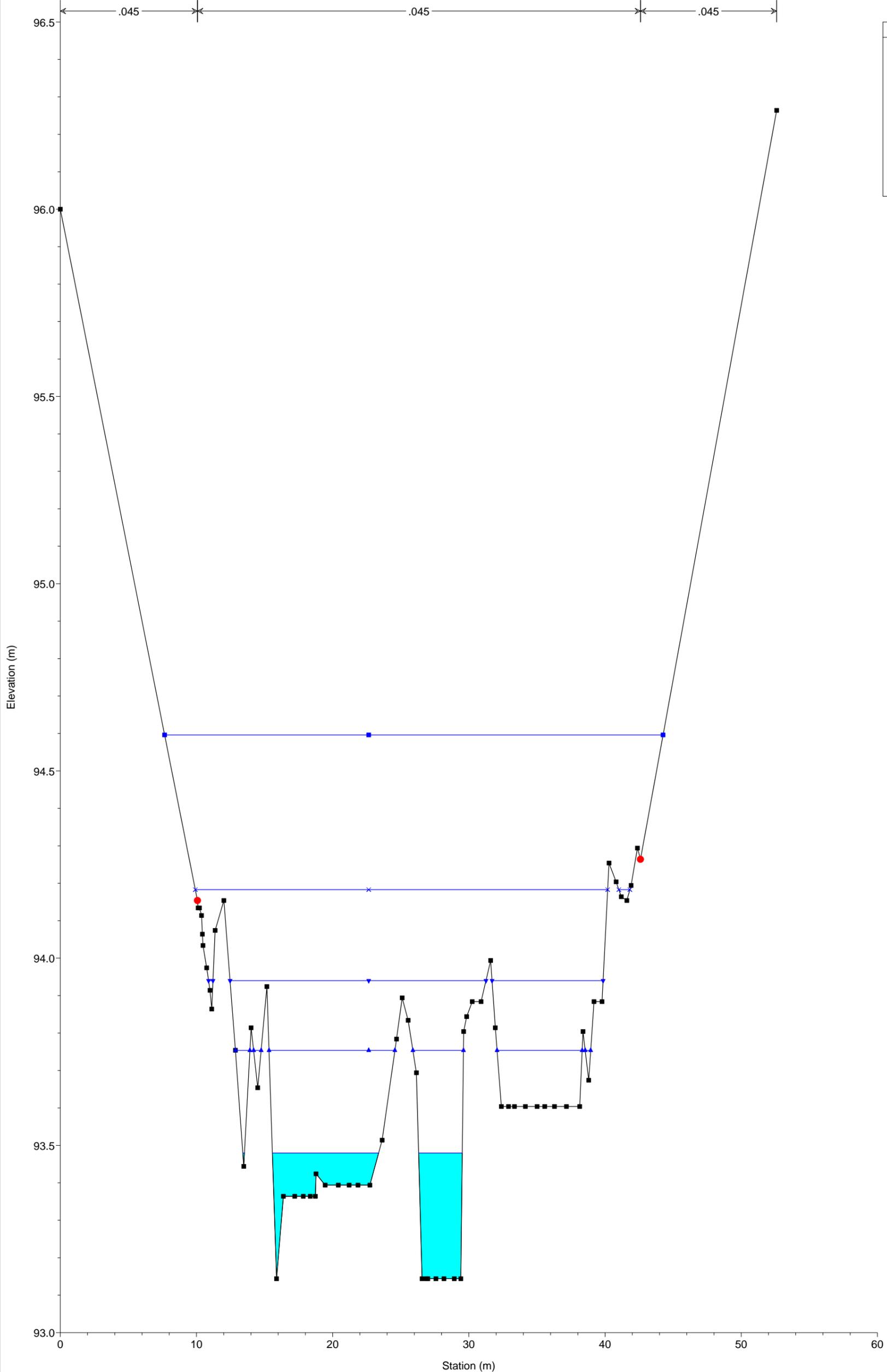


Plan 10 2012-09-05  
Geom: Geo\_initiale Flow: Ste-Anne\_Cond\_Nat  
RS = 1000 SH13-1G

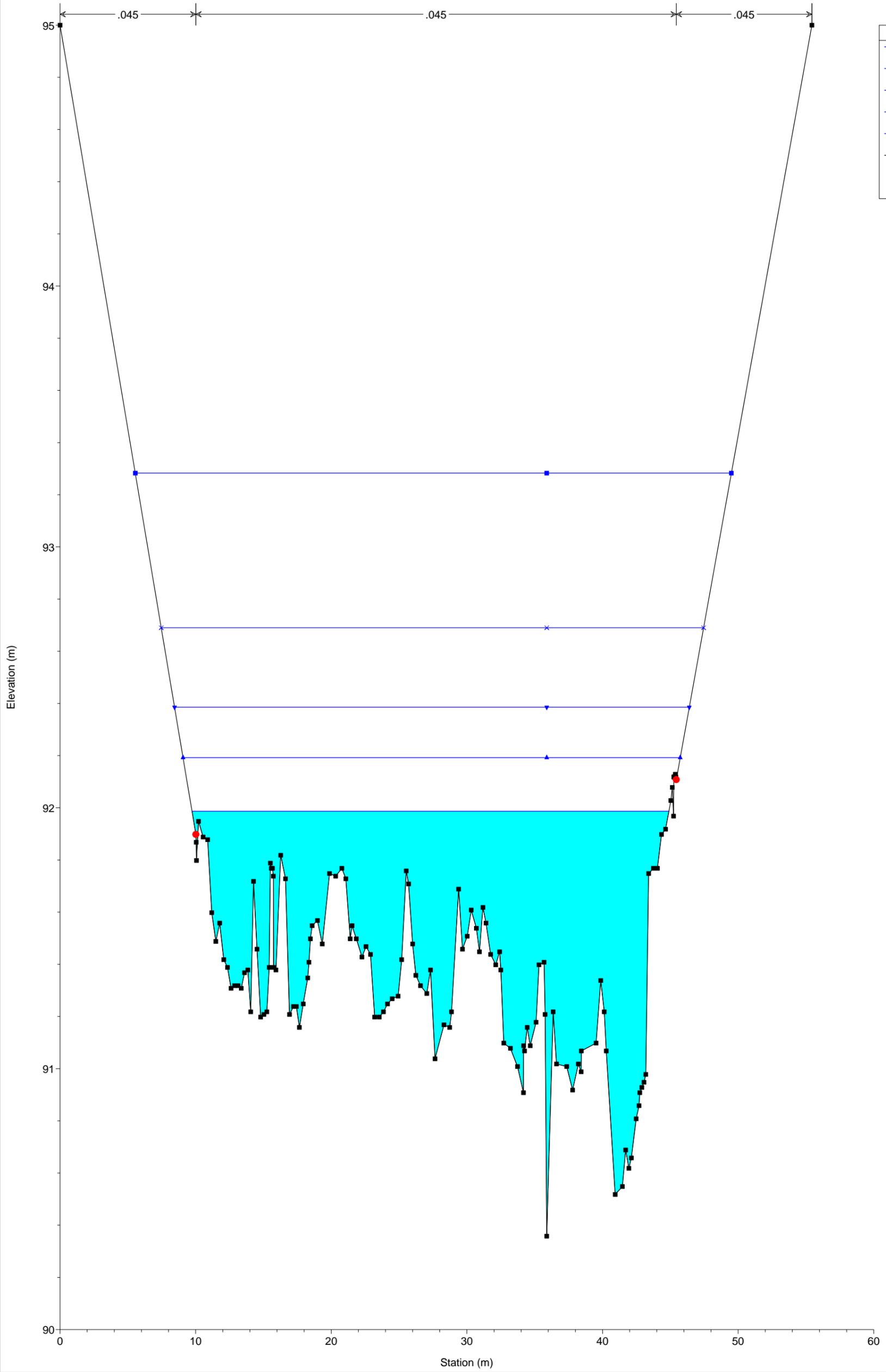


- Legend**
- WS PF 5
  - WS PF 4
  - WS PF 3
  - WS PF 2
  - WS PF 1
  - Ground
  - Bank Sta

- Legend**
- WS PF 5
  - WS PF 4
  - WS PF 3
  - WS PF 2
  - WS PF 1
  - Ground
  - Bank Sta

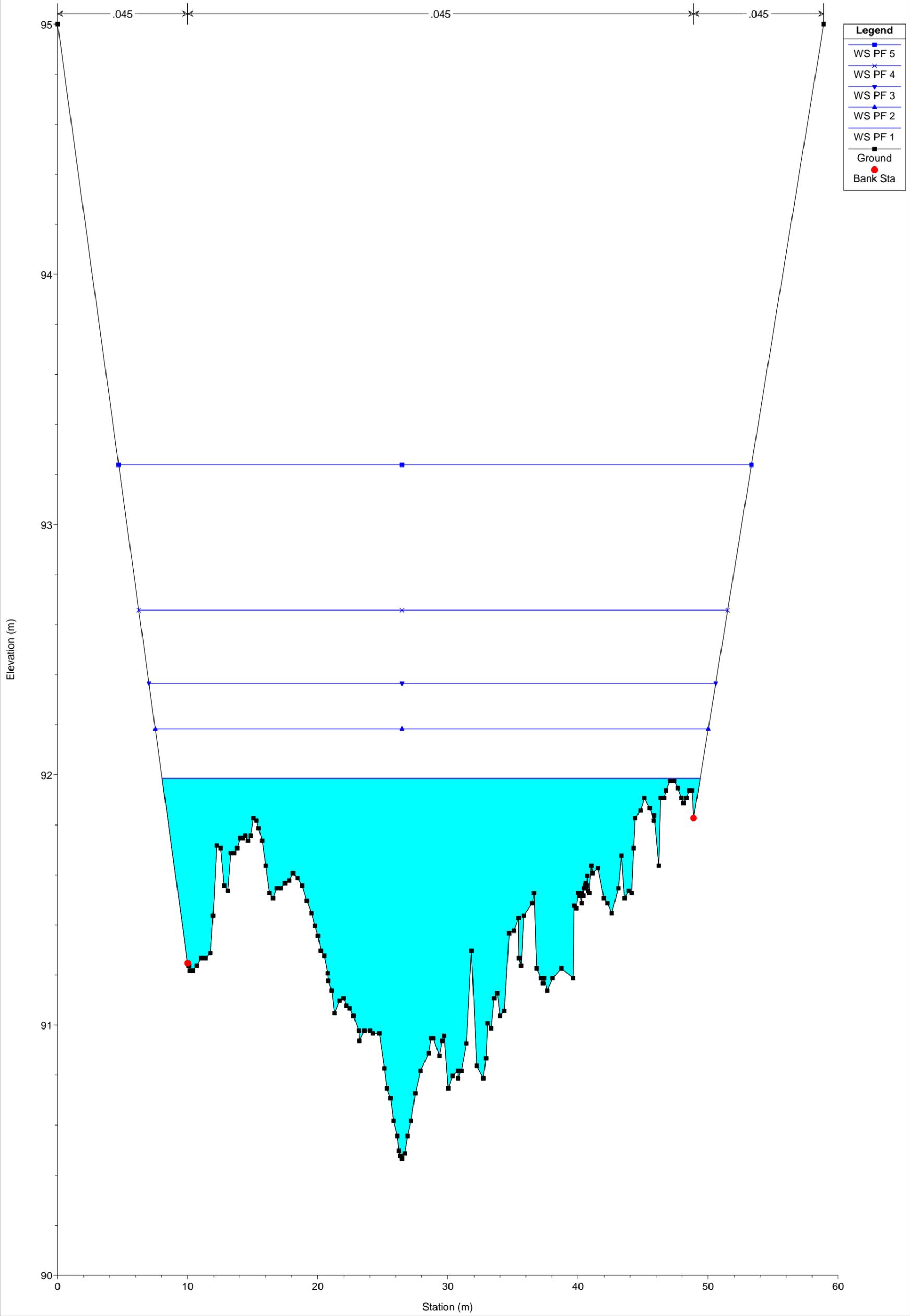


Plan 10 2012-09-05  
Geom: Geo\_initiale Flow: Ste-Anne\_Cond\_Nat  
RS = 800 SH12-2G



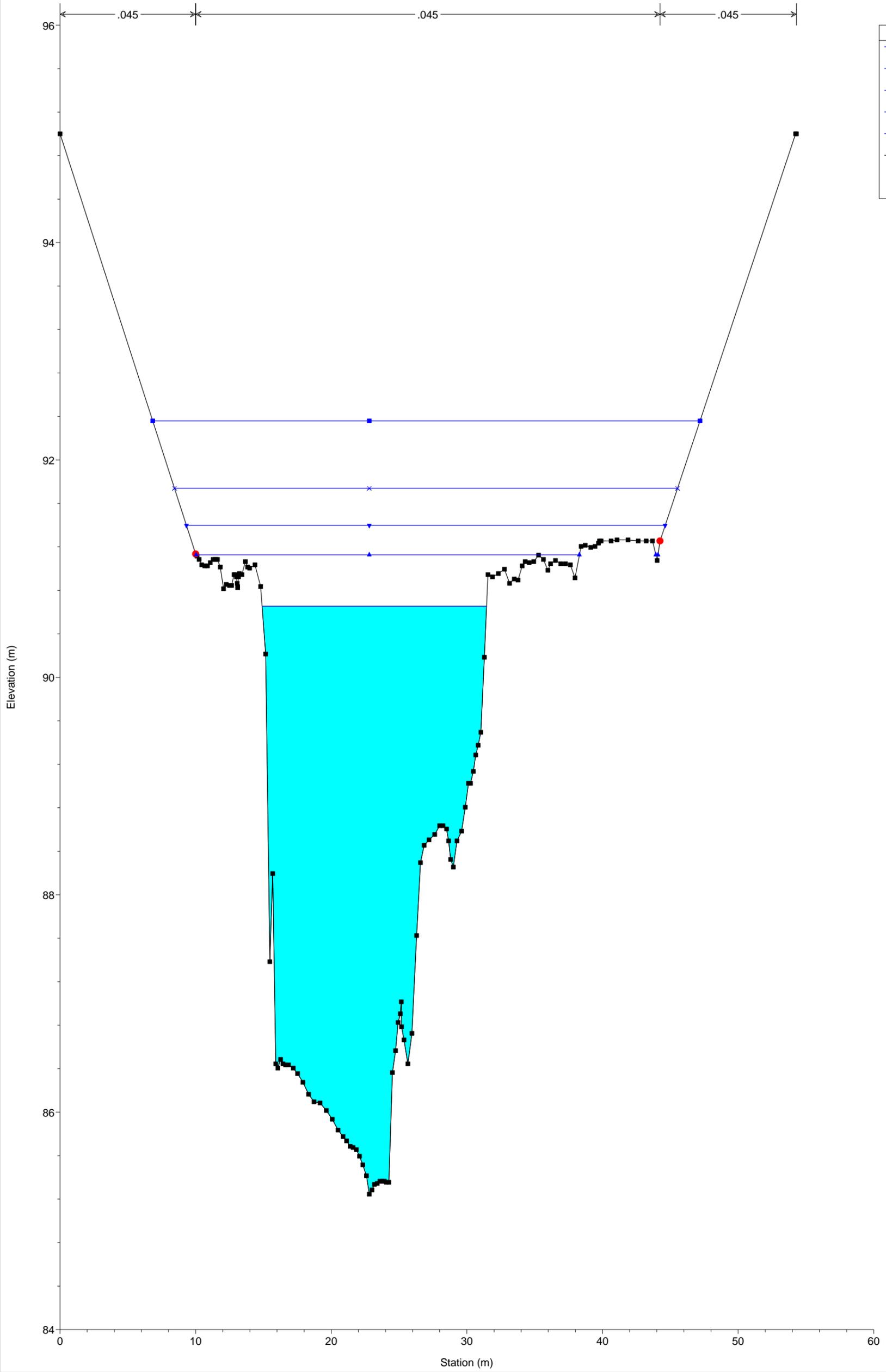
- Legend**
- WS PF 5
  - WS PF 4
  - WS PF 3
  - WS PF 2
  - WS PF 1
  - Ground
  - Bank Sta

Plan 10 2012-09-05  
Geom: Geo\_initiale Flow: Ste-Anne\_Cond\_Nat  
RS = 700 SH12-1G



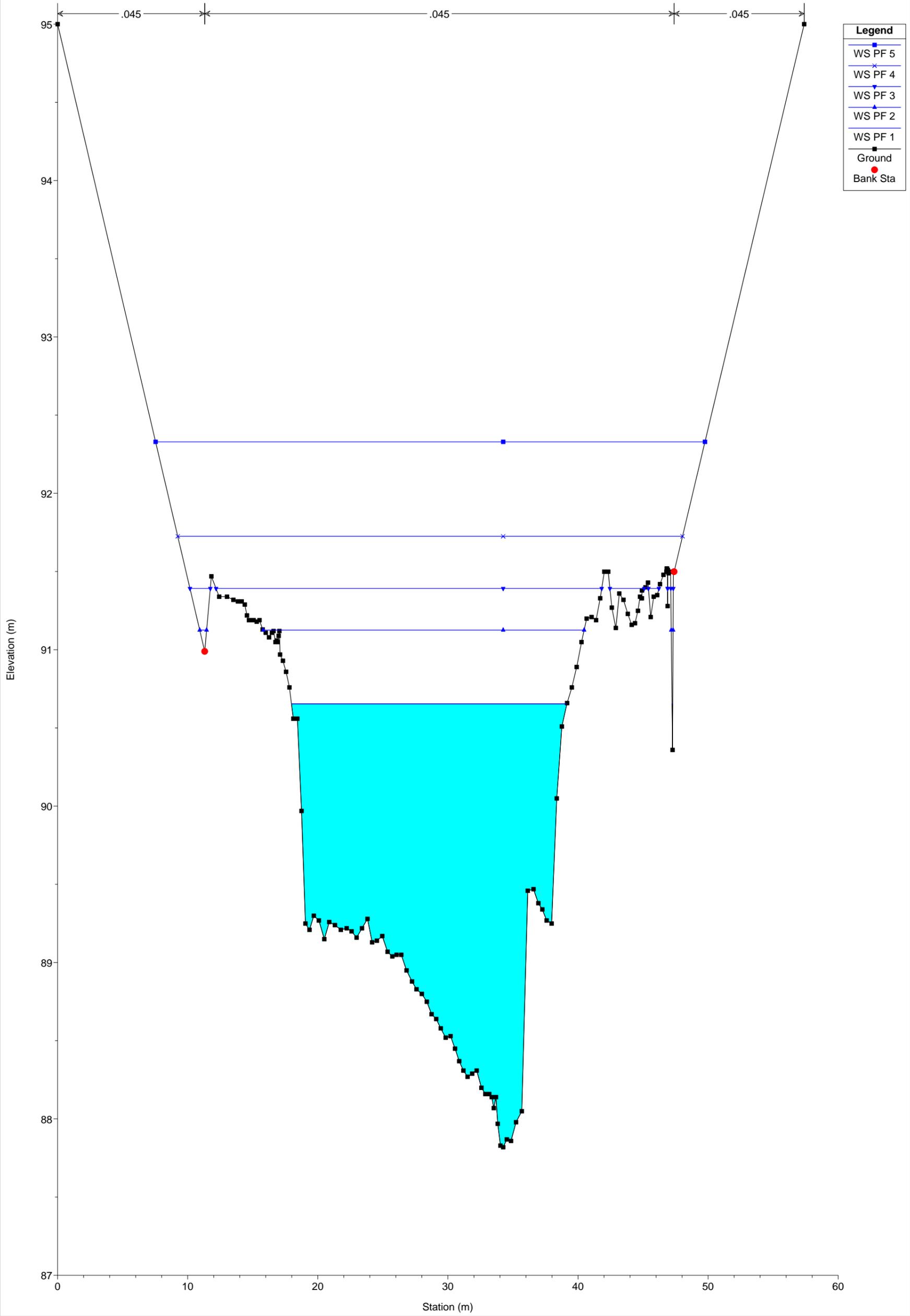
- Legend**
- WS PF 5
  - WS PF 4
  - WS PF 3
  - WS PF 2
  - WS PF 1
  - Ground
  - Bank Sta

Plan 10 2012-09-05  
Geom: Geo\_initiale Flow: Ste-Anne\_Cond\_Nat  
RS = 600 SH11-2G



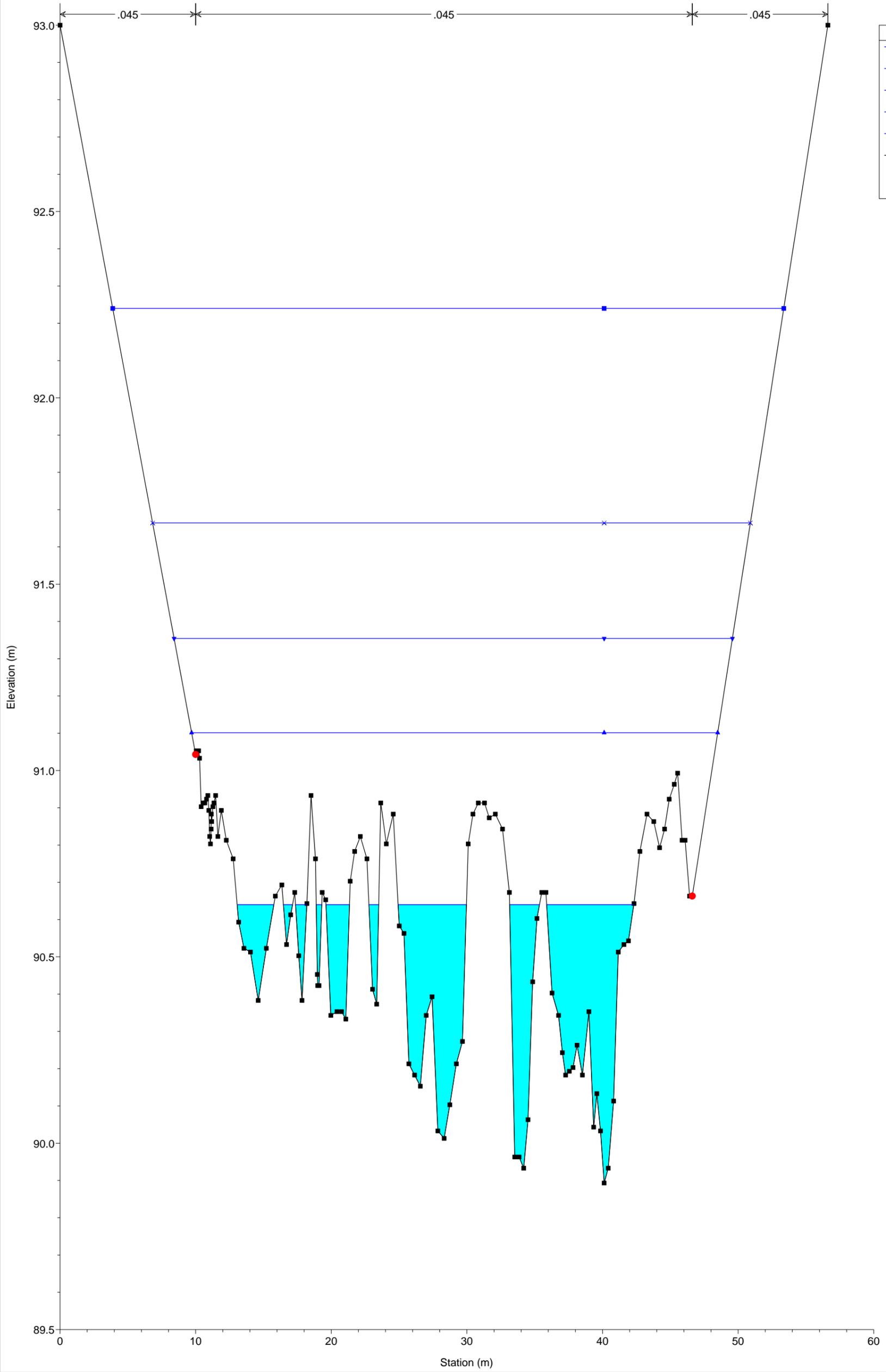
Legend	
WS PF 5	■
WS PF 4	×
WS PF 3	▼
WS PF 2	▲
WS PF 1	■
Ground	■
Bank Sta	●

Plan 10 2012-09-05  
Geom: Geo\_initiale Flow: Ste-Anne\_Cond\_Nat  
RS = 500 SH11-1G



- Legend**
- WS PF 5
  - WS PF 4
  - WS PF 3
  - WS PF 2
  - WS PF 1
  - Ground
  - Bank Sta

Plan 10 2012-09-05  
Geom: Geo\_initiale Flow: Ste-Anne\_Cond\_Nat  
RS = 400 SH10-1G-II

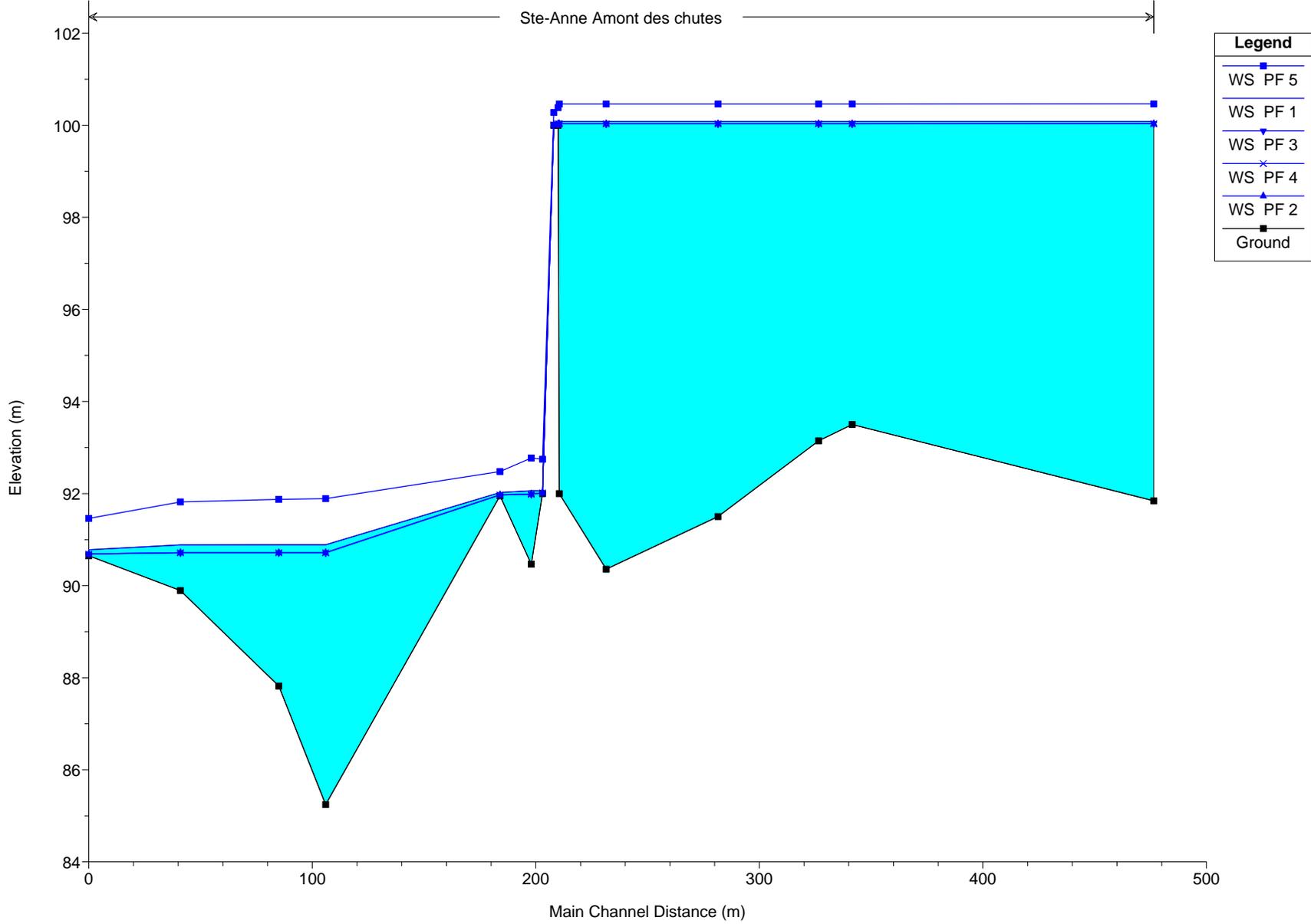


**Legend**

- WS PF 5
- WS PF 4
- WS PF 3
- WS PF 2
- WS PF 1
- Ground
- Bank Sta

St-Anne Plan: Conditions futures\_modif 17 sept 17/09/2012

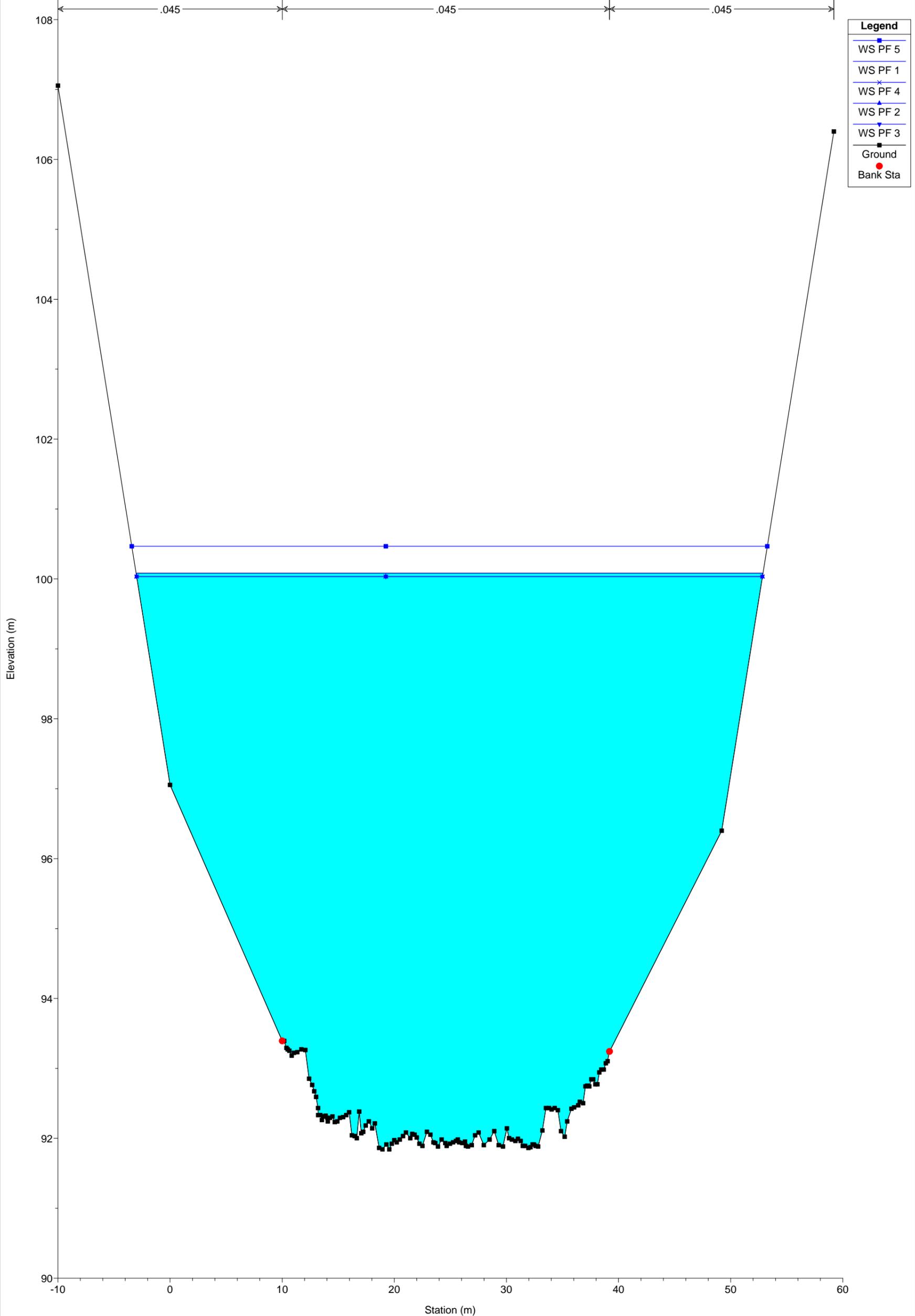
Ste-Anne Amont des chutes



Plan 11 2012-09-05

Geom: Geo\_OPÉRATION\_Seuils\_modifiés Flow: Ste-Anne\_OPÉRATION

RS = 1000 SH13-1G

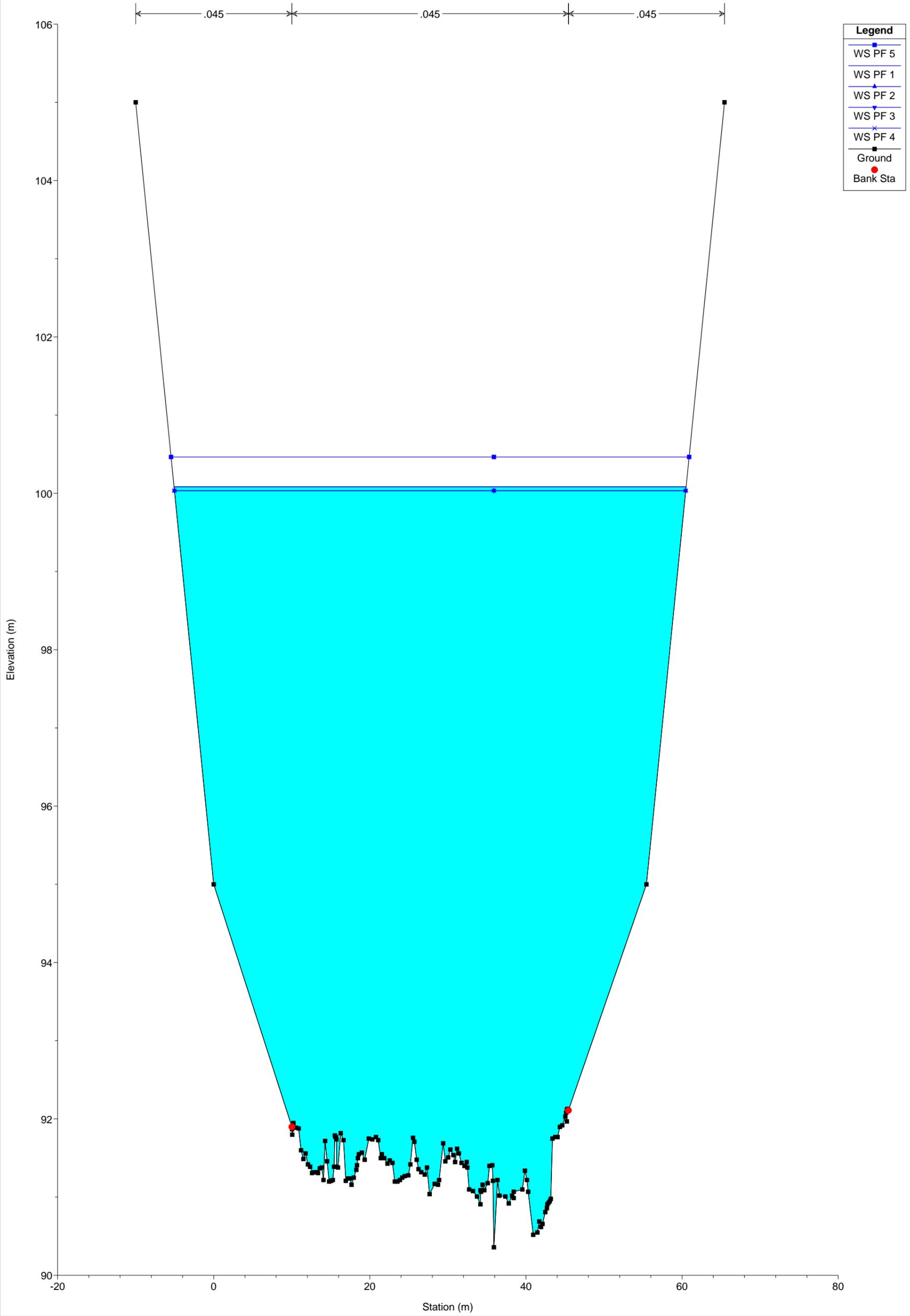




Plan 11 2012-09-05

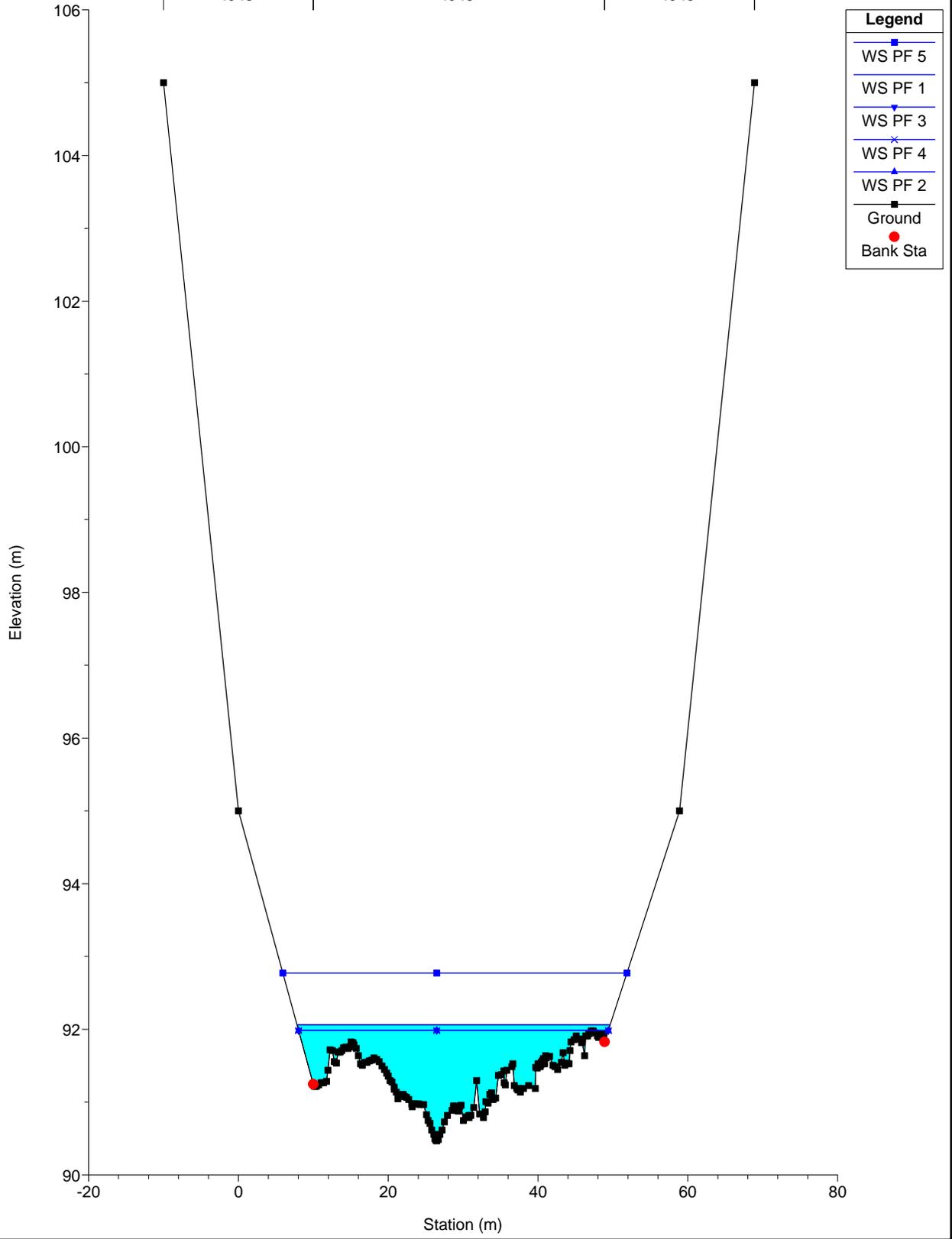
Geom: Geo\_OPÉRATION\_Seuils\_modifiés Flow: Ste-Anne\_OPÉRATION

RS = 800 SH12-2G

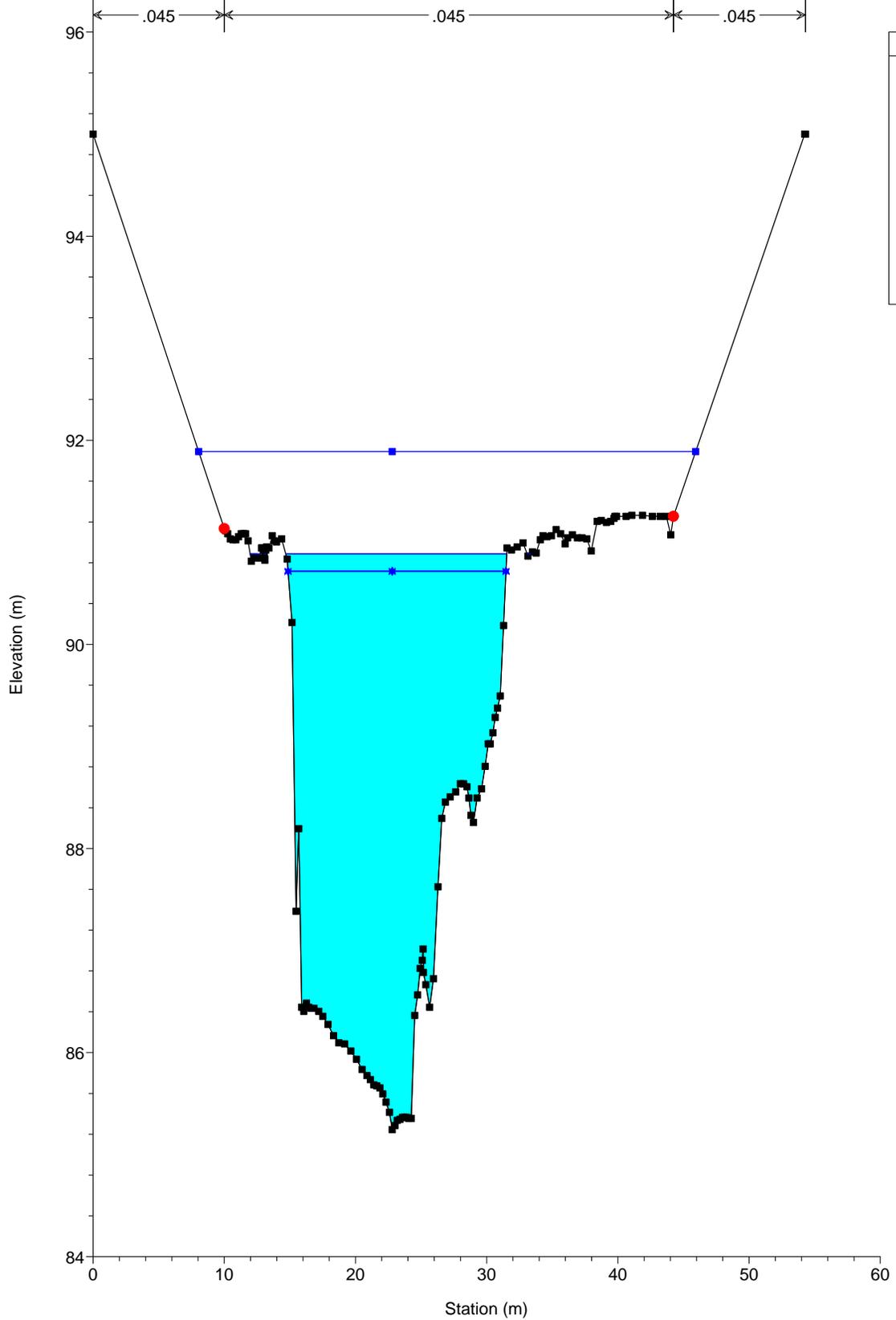


St-Anne Plan: Conditions futures\_modif 17 sept 17/09/2012  
SH12-1G

← .045 → ← .045 → ← .045 →

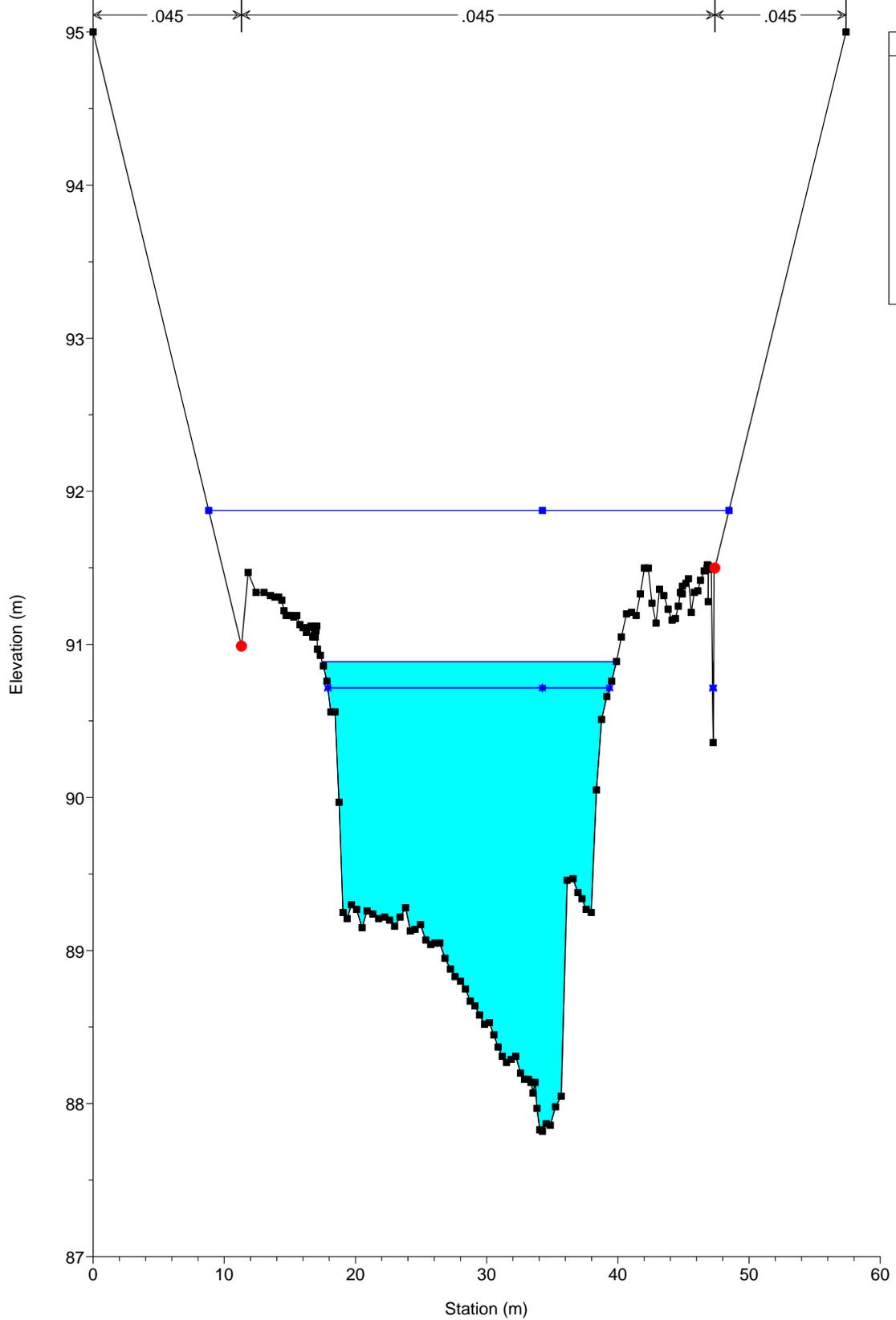


St-Anne Plan: Conditions futures\_modif 17 sept 17/09/2012  
SH11-2G



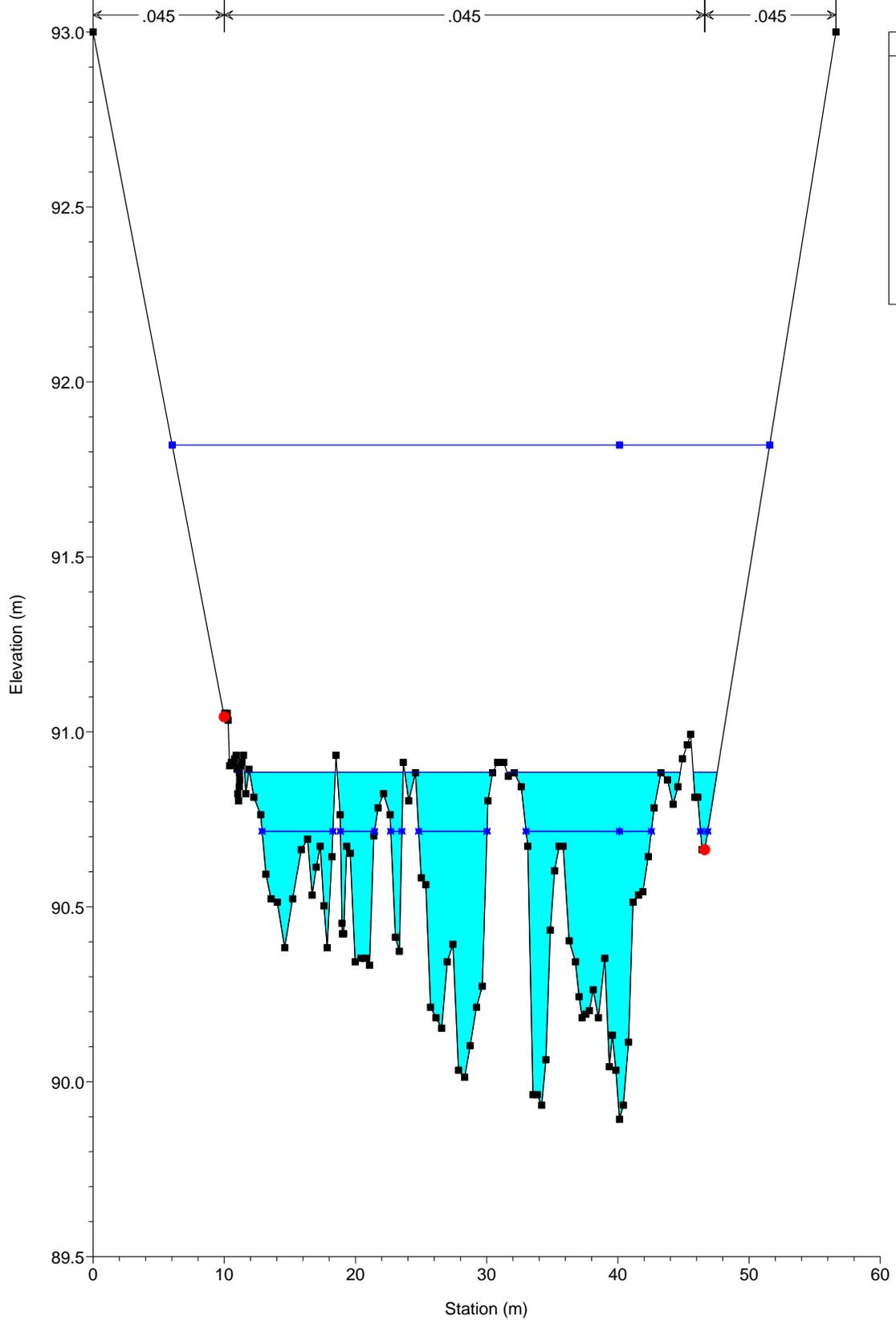
Legend	
■	WS PF 5
—	WS PF 1
▼	WS PF 3
×	WS PF 4
▲	WS PF 2
■	Ground
●	Bank Sta

St-Anne Plan: Conditions futures\_modif 17 sept 17/09/2012  
SH11-1G



Legend	
WS PF 5	■
WS PF 1	—
WS PF 3	▼
WS PF 4	×
WS PF 2	▲
Ground	■
Bank Sta	●

St-Anne Plan: Conditions futures\_modif 17 sept 17/09/2012  
SH10-1G-II



Legend	
WS PF 5	■
WS PF 1	—
WS PF 3	▼
WS PF 4	×
WS PF 2	▲
Ground	■
Bank Sta	●



1950 Sherbrooke Ouest, bureau 400, Montréal (Québec) H3H 1E7  
TÉLÉPHONE : 514.846.4000 – TÉLÉCOPIEUR : 514.846.7209

SEPTEMBRE 2011