

PROJET N°LIFNAT/FR/000083

PROGRAMME DE CONSERVATION DE  
L'APRON DU RHONE (*ZINGEL ASPER*) ET  
DE SES HABITATS

## **FRANCHISSEMENT DU SEUIL DE LA DROME**

Critères de dimensionnement  
Etude sur modèle réduit : définition  
de la rugosité de la partie rivière  
artificielle

Octobre 2006







Compagnie Nationale du Rhône

## **FRANCHISSEMENT DU SEUIL DE LA DROME**

### **Critères de dimensionnement**

#### **Etude sur modèle réduit : Définition de la rugosité de la partie rivière artificielle**

OCTOBRE 2006



---

Groupe d'Hydraulique Appliquée aux Aménagements Piscicoles  
et à la Protection de l'Environnement

**CSP - CEMAGREF - GHAAPPE Institut de Mécanique des Fluides**

Avenue du professeur Camille Soula, 31400 Toulouse ; Tél. : 05 61 28 58 69 ; Télécopie : 05 61 28 58 97



## SOMMAIRE

1	CONTEXTE.....	4
2	DONNEES DU SITE .....	6
2.1	Hydrologie.....	6
2.2	Le seuil .....	6
3	DIMENSIONNEMENT DE LA PASSE A BASSINS.....	8
3.1	Caractéristiques de la passe à bassins (Notice DI-OHF 06-009) : .....	8
3.2	Caractéristiques de la passe à bassins proposée : .....	9
4	LA RIVIERE ARTIFICIELLE .....	12
4.1	Caractéristiques de la rivière de contournement (Notice DI-OHF 06-009).....	12
4.2	Caractéristiques de la rivière de contournement proposée.....	12
5	ETUDE SUR MODELE REDUIT.....	17
5.1	Description .....	17
5.2	Métrologie .....	17
5.2.1	Débit : .....	17
5.2.2	Vitesse : .....	17
5.2.3	Hauteur d'eau : .....	17
5.3	Série d'essais n°1 .....	17
5.4	Série d'essais n°2 .....	21
5.5	Série d'essais n°3 .....	25



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### FIGURES :

<i>Figure 1 : Cartes de situation</i> .....	5
<i>Figure 2 : Coupe transversale du seuil</i> .....	6
<i>Figure 3 : Vue de profil du dispositif de franchissement</i> .....	12
<i>Figure 4 : Schéma vue de dessus d'une partie de la section courante de la rivière artificielle</i> .....	13
<i>Figure 5 : Coupe (1) au niveau d'un épi</i> .....	14
<i>Figure 6 : Coupe (2) au niveau d'une rangée de blocs</i> .....	14
<i>Figure 7 : Schéma vue de dessus d'une partie de la section aval de la rivière artificielle</i> .....	15
<i>Figure 8 : Coupe (3) au niveau d'une rangée de deux blocs</i> .....	15
<i>Figure 9 : Coupe (4) au niveau d'une rangée trois blocs</i> .....	15
<i>Figure 10 : Vue de profil du bassin de repos</i> .....	16
<i>Figure 11 : Vue de profil du bassin de raccordement</i> .....	16
<i>Figure 12 : Comparaison entre les pentes 4 et 5% des vitesses maximales et des débits unitaires en fonction des tirants d'eau pour des rugosités à faces planes</i> .....	18
<i>Figure 13 : Comparaison entre les pentes 4 et 5% des vitesses maximales et des débits unitaires en fonction des tirants d'eau pour des rugosités cylindriques</i> .....	19
<i>Figure 14 : Localisation des points de mesures</i> .....	21
<i>Figure 15 : Boîte à moustache des vitesses à mi hauteur en fonction des débits</i> .....	24
<i>Figure 16 : Boîte à moustache des vitesses à proximité du fond en fonction des débits</i> .....	24
<i>Figure 17 : Relation entre la vitesse débitante et les débit</i> .....	25
<i>Figure 18 : Localisation des profils de mesures pour la série d'essais N°3</i> .....	27
<i>Figure 19 : Profils des vitesses des 8 transects (T1 à T8) pour <math>Q=0.82 \text{ m}^3/\text{s}</math></i> .....	28
<i>Figure 20 : Profils des vitesses des 8 transects (T1 à T8) pour <math>Q=1.39 \text{ m}^3/\text{s}</math></i> .....	29
<i>Figure 21 : Boîtes à moustache des vitesses mesurées à 10 cm de la surface, à mi hauteur et à 15 cm du fond pour un débit de <math>0.82 \text{ m}^3/\text{s}</math></i> .....	30
<i>Figure 22 : Boîtes à moustache des vitesses mesurées à proximité de la surface, à mi hauteur et à 15 cm du fond pour un débit de <math>1.39 \text{ m}^3/\text{s}</math></i> .....	30
<i>Figure 23 : Relation entre le tirant d'eau et le débit (comparaison avec et sans augmentation de la rugosité de fond)</i> .....	31

### PHOTOS :

<i>Planche Photo 1 : Série d'essais N°1</i> .....	20
<i>Planche Photo 2 : Série d'essais N°2</i> .....	22
<i>Planche Photo 3 : Série d'essais N°3</i> .....	26





# 1 CONTEXTE

Un seuil a été construit en 1993 pour limiter l'érosion régressive du lit et des berges de la rivière suite à des extractions excessives de granulats.

Cet ouvrage est situé dans le département de la Drôme, sur la commune de Livron à l'aval du pont de l'autoroute A7 franchissant la rivière Drôme, et à environ 1600 m en amont de la confluence avec le Rhône (figure 1).

Une passe à poissons à bassins successifs a été intégrée dans le seuil à environ 35 m de la berge. Au vu des difficultés pour entretenir cette passe, peu accessible depuis la rive, et des nouveaux objectifs piscicoles, visant en particulier à décloisonner les habitats de l'apron, la CNR au titre de ses missions d'intérêt général, s'est engagée à réaliser un nouveau dispositif de franchissement.

La construction de ce nouvel ouvrage spécifique en rive droite à l'amont du seuil existant devra donc assurer la libre circulation de toutes les espèces présentes et plus particulièrement de l'apron (inclus dans la liste rouge des espèces) et de l'alose (prochaine étape du « plan migrateurs »). L'intégration paysagère dans l'environnement local et la valorisation du site font également partie des objectifs recherchés.

La notice DI-OHF 06-009 de la C.N.R. donne une description de l'ouvrage comportant trois parties : une prise d'eau comportant un bassin de dégrèvement, une section de régulation des niveaux d'eau dans l'ouvrage, et la rivière de contournement.

Le GHAAPPE/IMFT s'est vu confier par la CNR la réalisation d'un modèle physique en canal rectangulaire visant :

- à définir la rugosité du fond et les singularités permettant de réduire les vitesses dans la rivière de contournement à des valeurs acceptables pour les espèces-cibles, en particulier l'apron.
- à affiner le dimensionnement de la section de régulation et de la section de transition section de régulation-rivière de contournement.

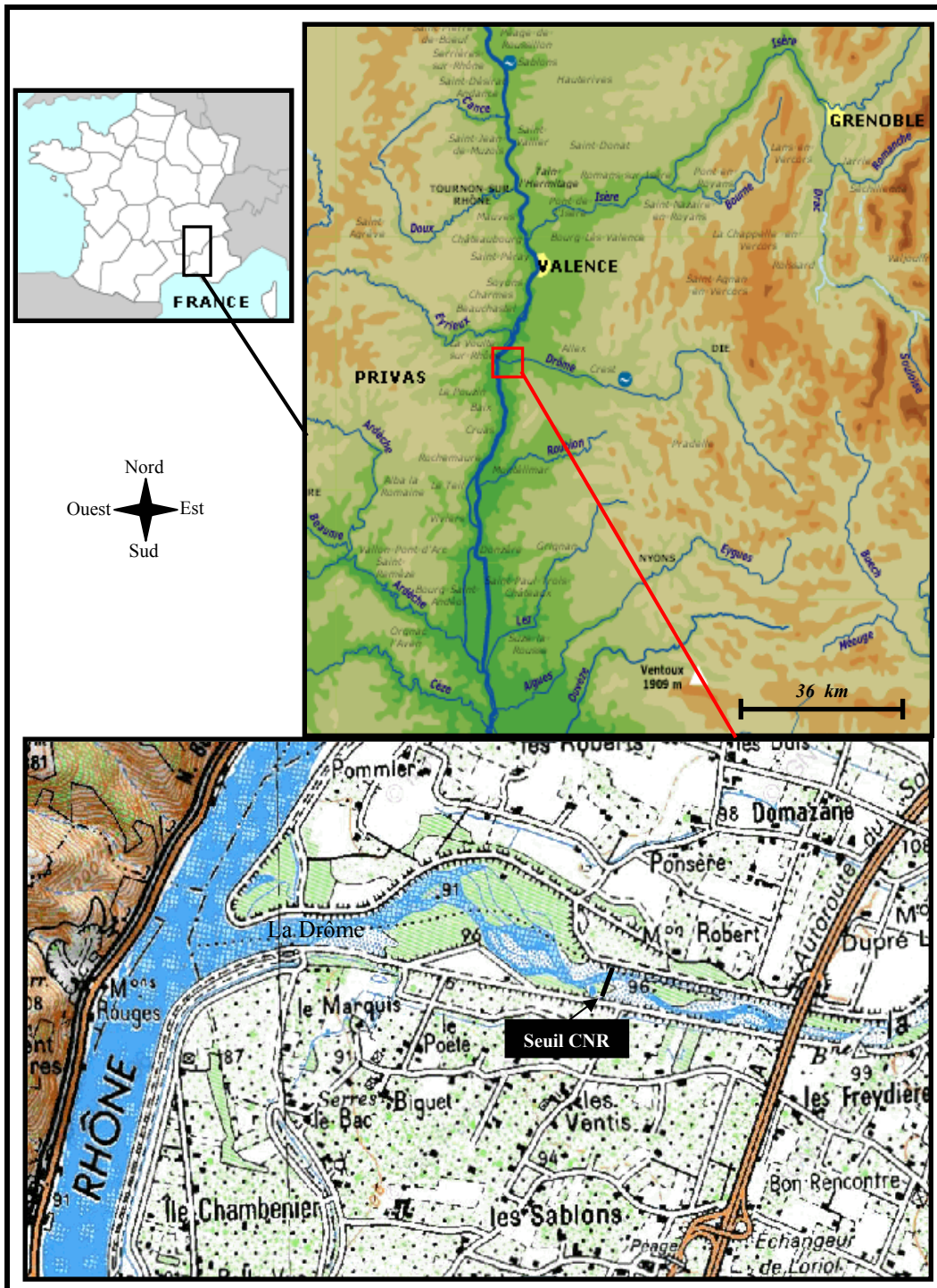


Figure 1 : Cartes de situation

## 2 DONNEES DU SITE

### 2.1 Hydrologie

La Drôme présente un régime pluvio-nival marqué par des hautes eaux en février-mars, et parfois en mai-juin dues à la fonte des neiges. L'étiage estival sévère atteint son maximum en août, mais peut être observée parfois encore pendant l'automne.

Le contexte hydrologique de la Drôme au droit du seuil CNR peut être résumé au travers des valeurs de débit qui figurent ci-dessous :

Etiage: 0.5 m<sup>3</sup>/s  
1er quartile: 8 m<sup>3</sup>/s  
Médiane: 14 m<sup>3</sup>/s  
Module: 25 m<sup>3</sup>/s  
3ème quartile: 48 m<sup>3</sup>/s  
2x module: 50 m<sup>3</sup>/s

### 2.2 Le seuil

#### Caractéristiques du seuil

Longueur en crête : 160 m

Hauteur : 4 m

Profil en V : un point bas à 94.50 NGF, un point haut en rive gauche à 95.31 NGF, un autre point haut en rive droite à 95.15 NGF (figure 2).

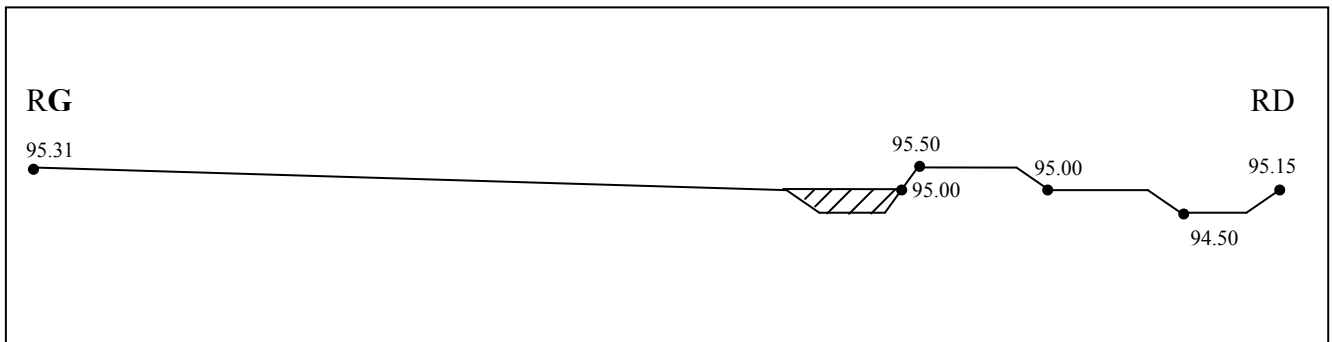


Figure 2 : Coupe transversale du seuil

Le seuil initial comporte une échancrure à une distance d'environ 45 m de la rive droite. Il a été décidé que cette échancrure serait comblée et remplacée par une nouvelle échancrure de mêmes caractéristiques en rive droite contre la berge ne modifiant pas la relation-cote amont-débit et permettant de favoriser la création et le maintien du chenal principal d'écoulement de la Drôme en rive droite, garantissant ainsi l'alimentation de la passe ainsi qu'une concentration des débits du côté du nouvel ouvrage de franchissement.

Cette nouvelle échancrure est capable de débiter environ 5 m<sup>3</sup>/s avant le début de la surverse sur le reste du seuil.

### Niveaux de la Drôme en amont et aval immédiat du seuil :

Le niveau en aval immédiat du seuil est fonction du débit de la Drôme ainsi que du niveau de remplissage et des dragages effectués dans le piège à graviers.

Config	Q-Drôme	Zamont	Zaval piège à graviers plein	Zaval piège à graviers vide
	m <sup>3</sup> /s	m NGF	m NGF	m NGF
ETIAGE	0.5	94.5	92.27	91.17
	5	95.04		
	15	95.22		
MODULE	25	95.32	92.82	92.18
2x MODULE	50	95.49	93.13	92.48

### 3 DIMENSIONNEMENT DE LA PASSE A BASSINS

#### 3.1 Caractéristiques de la passe à bassins (Notice DI-OHF 06-009) :

Les données ci-dessous sont issues de la notice DI-OHF 06-009 :

- Nombre de bassins : 5
- Nombre de chute : 6
- Largeur des bassins : 2.80 m
- Longueur des bassins : 3 m
- Largeur de la fente : 0.50 m
- Pente de l'ouvrage : 4%
- Longueur de la passe : 15 m
- Cote déversement fente amont : 93.60
- Dénivellation par bassin : 0.12 m

Ces éléments et l'utilisation du logiciel Cassiopée nous permettent d'obtenir les caractéristiques géométriques de la passe à bassins ainsi que le fonctionnement hydraulique donnant les fourchettes de valeurs de certains paramètres (débit, chute, puissance dissipée, hauteur d'eau) (tableaux ci-dessous).

#### *Caractéristiques géométriques*

n° bassin	Mu Orif	Larg. Fent	Mu Fent	Cote dév Fente	Cote Rad amt pa.	Cote Rad mi-bas.	Long Bas.	Larg Bas.	Larg Ech 1	Alpha Ech 1	Cote seuil Ech 1
1	0.7	0.5	0.7	93.6	93.6		3	2.8	2	0.4	95.5
						93.54					
2	0.7	0.5	0.7	93.48	93.48		3	2.8	2	0.4	95.38
						93.42					
3	0.7	0.5	0.7	93.36	93.36		3	2.8	2	0.4	95.26
						93.3					
4	0.7	0.5	0.7	93.24	93.24		3	2.8	2	0.4	95.14
						93.18					
5	0.7	0.5	0.7	93.12	93.12		3	2.8	2	0.4	95.02
						93.06					
6	0.7	0.5	0.7	93	93		3	2.8	2	0.4	94.9

#### *Caractéristiques du fonctionnement hydraulique pour plusieurs hypothèses de niveau d'eau aval (niveau d'eau au raccordement bassins-rivière de contournement)*

#### ETIAGE

cote amont m NGF	cote aval m NGF	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
94.50	94.00	37-56	0.863-1.009	0.069-0.097	0.43
94.50	94.10	24-44	0.877-1.091	0.051-0.083	0.40
94.50	94.20	14-31	0.89-1.17	0.035-0.059	0.36
94.50	94.30	7-18	0.912-1.262	0.022-0.047	0.30
94.50	94.40	2-7	0.935-1.35	0.010-0.025	0.22

## MODULE

cote amont m NGF	cote aval m NGF	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
95.32	94.40	100-124	1.51-1.63	0.141-0.170	1.002
95.32	94.60	77-78	1.66	0.12	0.92
95.32	94.70	58-64	1.67-1.74	0.098-0.108	0.86
95.32	94.80	43-53	1.68-1.82	0.079-0.094	0.82

## 2x MODULE

cote amont m NGF	cote aval m NGF	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
95.49	94.60	97-117	1.7-1.81	0.139-0.160	1.09
95.49	94.70	85-92	1.78-1.82	0.128-0.136	1.05
95.49	94.80	71-74	1.83-1.85	0.113-0.117	1
95.49	94.90	53-65	1.84-1.92	0.082-0.108	0.95

Le débit dans la passe en étiage est très sensible au niveau d'eau raccordement passe-rivière de contournement : le débit varie de 0.22 m<sup>3</sup>/s à 0.43 m<sup>3</sup>/s lorsque le niveau au raccordement varie de 94.40 à 94.00.

Le débit dans la passe est de l'ordre de 0.82-1 m<sup>3</sup>/s pour le module et de 0.95-1.1 m/s pour 50 m<sup>3</sup>/s dans la Drôme.

La passe est calée pour être en régime « pseudo-uniforme » pour le module (cote amont 95.32, cote aval 94.60), les chutes étant de 12 cm entre bassins.

Pour un débit de 2 fois le module, les chutes peuvent atteindre 17 cm.

Il a paru intéressant de porter quelques modifications au projet avec pour objectif d'augmenter significativement le débit dans la passe. La géométrie de la passe a été modifiée de manière à absorber pratiquement tout le débit d'étiage (0.4-0.5 m<sup>3</sup>/s) et avoir un fractionnement optimal de la chute (0.15 m de chutes entre bassins) pour la situation la plus défavorable, à savoir pour un débit de 50 m<sup>3</sup>/s.

On a décidé de modifier et de remonter de 10 cm (de 94.50 m à 94.60 m) la cote de l'échancrure à l'amont de la prise d'eau en rive droite en l'élargissant de façon à ne pas modifier sensiblement la relation hauteur débit en eau moyenne et forte et limiter l'abaissement du niveau d'eau amont en étiage sévère. Cela permet d'atténuer les différences de niveau à prendre en compte dans la passe à bassin.

La pente de la passe à bassin a été portée à 5%, la largeur totale des fentes à 0.60 m (soit deux fentes de 0.3 m de largeur).

### **3.2 Caractéristiques de la passe à bassins proposée :**

- Nombre de bassins : 5
- Nombre de chute : 6
- Largeur des bassins : 3 m
- Longueur des bassins : 2.8 m (3 m en incluant l'épaisseur de la cloison)
- Largeur totale des fentes : 0.60 m
- Pente de l'ouvrage : 5%
- Longueur de la passe : 15 m
- Cote déversement fente amont : 93.60
- Dénivellation par bassin : 0.15 m

### Caractéristiques géométriques de la passe à bassins proposée

n° bassin	Mu Orif	Larg. Fent	Mu Fent	Cote dév Fente	Cote Rad amt pa.	Cote Rad mi-bas.	Long Bas.	Larg Bas.	Larg Ech 1	Alpha Ech 1	Cote seuil Ech 1
1	0.7	0.6	0.7	93.6	93.6	93.525	2.80	3	2	0.4	95.6
2	0.7	0.6	0.7	93.45	93.45	93.375	2.80	3	2	0.4	95.45
3	0.7	0.6	0.7	93.3	93.3	93.225	2.80	3	2	0.4	95.3
4	0.7	0.6	0.7	93.15	93.15	93.075	2.80	3	2	0.4	95.15
5	0.7	0.6	0.7	93	93	92.925	2.80	3	2	0.4	95
6	0.7	0.6	0.7	92.85	92.85		2.80	3	2	0.4	94.85

### Fonctionnement de la passe en fonction du niveau d'eau aval (étiage)

cote amont m NGF	cote aval m NGF	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
94.60	94.5	2-9	1.048-1.585	0.010-0.027	0.304
<b>94.60</b>	<b>94.4</b>	<b>7-23</b>	<b>1.025-1.495</b>	<b>0.020-0.050</b>	<b>0.418</b>
<b>94.60</b>	<b>94.3</b>	<b>15-41</b>	<b>1.004-1.407</b>	<b>0.032-0.071</b>	<b>0.498</b>
94.60	94.2	26-59	0.985-1.321	0.045-0.090	0.557

### Conditions d'écoulement dans la passe en étiage (niveau aval à 94.40)

cote Amont 94.6

n° bassin	Niveau d'eau m NGF	P/v (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Vit. Débitante (m/s)	Cote radier mi-bassin m NGF	Cloison N°	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	94.55	23	1.025	0.146	93.525			
						2	0.042	0.418
2	94.508	17	1.133	0.132	93.375			
						3	0.035	0.418
3	94.473	13	1.248	0.119	93.225			
						4	0.029	0.418
4	94.445	10	1.37	0.109	93.075			
						5	0.024	0.418
5	94.42	7	1.495	0.1	92.925			
						6	0.02	0.418

cote Aval 94.4

### Fonctionnement de la passe en fonction du niveau d'eau aval (module)

cote amont m NGF	cote aval m NGF	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
95.32	94.40	134-137	1.63-1.64	0.152-0.155	1.25
<b>95.32</b>	<b>94.60</b>	<b>86-103</b>	<b>1.66-1.78</b>	<b>0.110-0.129</b>	<b>1.15</b>
95.32	94.70	65-85	1.68-1.86	0.091-0.115	1.09
95.32	94.80	47-70	1.69-1.94	0.071-0.101	1.02

## Conditions d'écoulement dans la passe au module (niveau aval à 94.65)

Cote Amont 95.32

n° bassin	Niveau d'eau m NGF	P/v (W/m3)	Tmoy (m)	Vit. Débitante (m/s)	Cote radier mi-bassin m NGF	Cloison N°	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	95.198	95	1.673	0.239	93.525	1	0.122	1.119
2	95.079	90	1.704	0.234	93.375	2	0.118	1.119
3	94.965	85	1.74	0.23	93.225	3	0.114	1.119
4	94.855	80	1.78	0.224	93.075	4	0.11	1.119
5	94.75	75	1.825	0.219	92.925	5	0.105	1.119
						6	0.1	1.119

Cote Aval 94.65

## Fonctionnement de la passe en fonction du niveau d'eau aval (2x module)

cote amont m NGF	cote aval m NGF	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )	Tmoy (m)	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
<b>95.49</b>	<b>94.60</b>	<b>128-129</b>	<b>1.816-1.823</b>	<b>0.148-0.149</b>	<b>1.356</b>
<b>95.49</b>	<b>94.70</b>	<b>102-113</b>	<b>1.828-1.900</b>	<b>0.125-0.137</b>	<b>1.302</b>
95.49	94.80	81-99	1.840-1.975	0.100-0.125	1.247
95.49	94.90	59-85	1.851-2.047	0.072-0.114	1.188

## Conditions d'écoulement dans la passe à 2 fois le module (niveau aval à 94.70)

Cote Amont 95.49

n° bassin	Niveau d'eau m NGF	P/v (W/m3)	Tmoy (m)	Vit. Débitante (m/s)	Cote radier mi-bassin m NGF	Cloison N°	Chute (m)	Débit (m <sup>3</sup> /s)
1	95.353	113	1.828	0.254	93.525	1	0.137	1.302
2	95.218	111	1.843	0.252	93.375	2	0.135	1.302
3	95.085	108	1.86	0.25	93.225	3	0.133	1.302
4	94.954	105	1.879	0.247	93.075	4	0.131	1.302
5	94.825	102	1.9	0.245	92.925	5	0.128	1.302
						6	0.125	1.302

Cote Aval 94.70

La passe à bassins est dimensionnée pour fonctionner de 0.4-0.5 m<sup>3</sup>/s à 1.30 m<sup>3</sup>/s pour 2 x le module. On aura de l'ordre de 0.30 à 0.40 m de différence de niveau d'eau à l'aval de la passe à bassins entre l'étiage et 2 fois le module.



## 4 LA RIVIERE ARTIFICIELLE

### 4.1 Caractéristiques de la rivière de contournement (Notice DI-OHF 06-009)

Pente longitudinale 1.5%

Longueur :  $(94.49-91.17)/0.014 = 237$  m

Section trapézoïdale, lit horizontal 1 m largeur, pente des talus 10H/1V sur 40 cm de hauteur (soit 4 m de largeur), talus 2H/1V jusqu'à la cote du terrain naturel.

Hauteur d'eau en étiage : 0.17 m

Hauteur d'eau au module : 0.32 m

Hauteur d'eau à 2 fois le module : 0.34 m

Cote eau amont rivière : 94.49, 94.63, 94.65 respectivement pour l'étiage, le module, 2 fois le module.

### 4.2 Caractéristiques de la rivière de contournement proposée

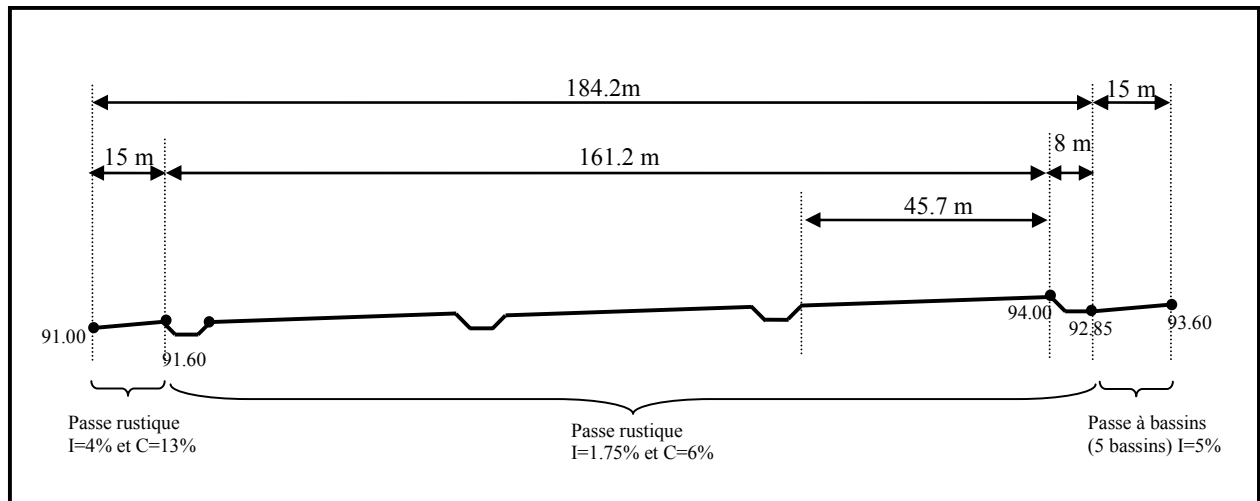


Figure 3 : Vue de profil du dispositif de franchissement

La rivière de contournement proposée est constituée de deux parties (figure 3):

- une section courante allant de la cote 91.60 à 94.00 NGF, avec un pente longitudinale de 1.5% (soit une longueur de 160 m) ou de 1.75 % (longueur 137.2 m). Son profil de forme trapézoïdale présente un lit horizontal de 1.5 m de largeur flanqué de 2 talus à 2H/1V sur 0.80 m de hauteur (soit au total 4.7 m de largeur) suivit d'une banquette puis de talus à 2H/1V (à déterminer) jusqu'à la cote du terrain naturel.
- une partie aval à une pente longitudinale de 4% (longueur 15 m) de 91.00 à 91.60 NGF.

**Nota : il est possible d'adopter une pente comprise entre 1.5% et 1.75%**

Quatre bassins de repos d'une longueur de 8m (soit 32 m au total) sont intégrés dans cette passe rustique. Ils favoriseront le repos de l'apron. Un de ces bassins de repos est un bassin intermédiaire entre la passe à bassins et la rivière de contournement, un autre sépare les deux parties de la rivière de contournement.

La longueur totale de cette passe rustique est de 207 m pour une pente de 1.5% (184.2 m pour 1.75%). Le fond du chenal central sur toute la longueur sera constitué de gros galets de la Drôme (D75-D90).

La cote de l'eau en amont rivière artificielle est de 94.40, 94.65, 94.70 m NGF respectivement pour l'étiage, le module, 2 fois le module (tableau ci-dessous).

Ainsi les hauteurs d'eau dans la rivière sont égales à 0.40 m en étiage ( $0.500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 0.65 m au module ( $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et 0.70 m à 2 fois le module ( $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Config	Q-Drôme	Zamont passe à bassin	Q-passes	Zamont rivière artificielle et Z aval passe à bassin	Zaval rivière artificielle (piège à graviers vide-plein)
	$\text{m}^3/\text{s}$	m NGF	$\text{m}^3/\text{s}$	m NGF	m NGF
ETIAGE	0.5	94.6	0.5	94.40	91.17-92.27
MODULE	25	95.32	1.1	94.65	92.18-92.82
2x MODULE	50	95.49	1.3	94.70	92.48-93.13

### Configuration dans la section courante (pente 1.5%-1.75%)

Dans cette partie les macro-rugosités sont disposées de la manière suivante :

- une alternance d'un côté à un autre d'épis (figure 4) espacés longitudinalement de 5 m, dans le but de créer un écoulement sinueux. Ces épis sont inclinés vers le bas sur leur sommet (18.75%) (figure 5) ce qui permet de déverser par-dessus les épis dans des conditions plus importantes que l'étiage pour éviter que tout le débit à ce niveau ne passe par la partie non obstruée. Pour casser le jet on place à côté de chaque épis un menhir de 0.4 m de haut.
- Entre chaque épi, une rangée de deux blocs (de 0.5 m de large sur 0.8 m de haut) est disposée sur le chenal central dans le but de diminuer les vitesses (figure 6).

Cette configuration donne ainsi une concentration en enrochement voisine de 6%.

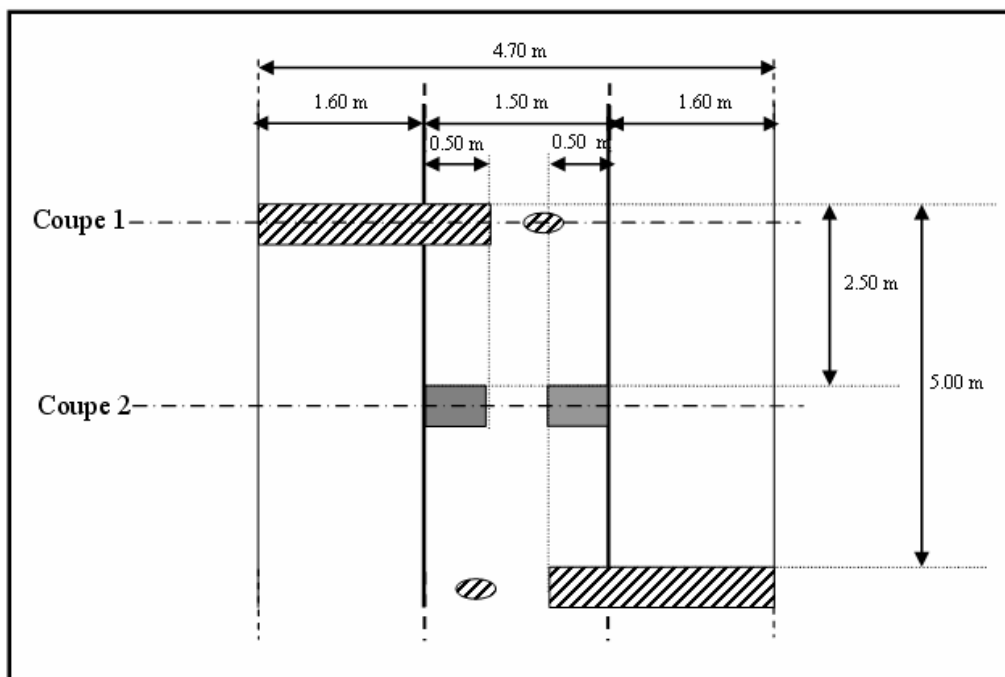


Figure 4 : Schéma vue de dessus d'une partie de la section courante de la rivière artificielle

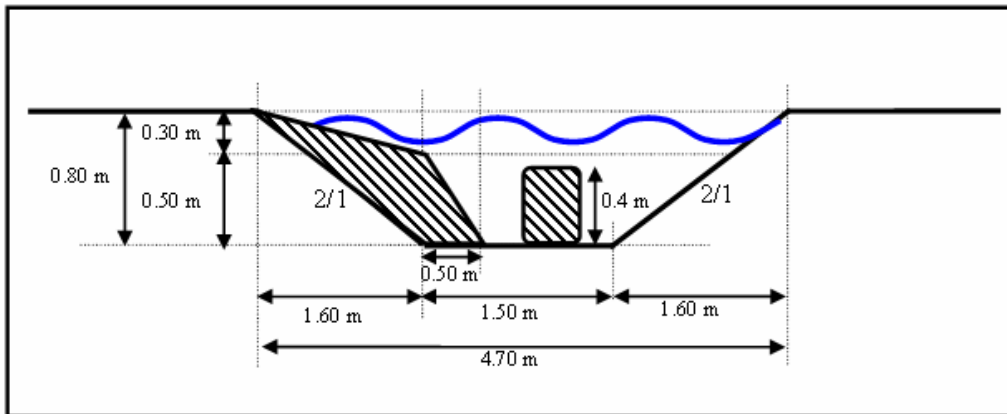


Figure 5 : Coupe (1) au niveau d'un épi

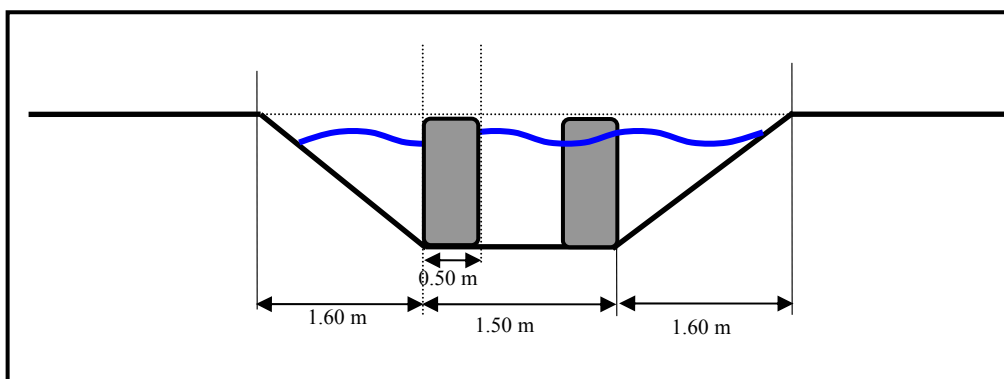


Figure 6 : Coupe (2) au niveau d'une rangée de blocs

### **Configuration dans la partie aval à pente 4% et de concentration 13%**

La forte variabilité des conditions de la Drôme à l'aval du seuil (à savoir une différence d'environ 2 m entre l'étiage avec le piège à graviers vide et 2 fois le module avec le piège à graviers plein) implique qu'un linéaire important puisse être noyé à l'extrémité aval de la rivière de contournement. C'est la raison pour laquelle une pente plus importante a été adoptée pour la partie aval.

On adopte dans cette zone de 15 m de long une section d'écoulement voisine à celle de la section courante mais avec un chenal central de 2.40 m de large et des berges verticales de 0.60 m de haut et de chaque côté un lit mineur rugueux de 1.15 m. Sur le chenal central seront disposés une série de blocs (largeur 0.40 m x hauteur utile 0.60 m) à une concentration de 13% (espacement latéraux et longitudinaux voisins de 1-1.2 m) (figure 7, 8 et 9).

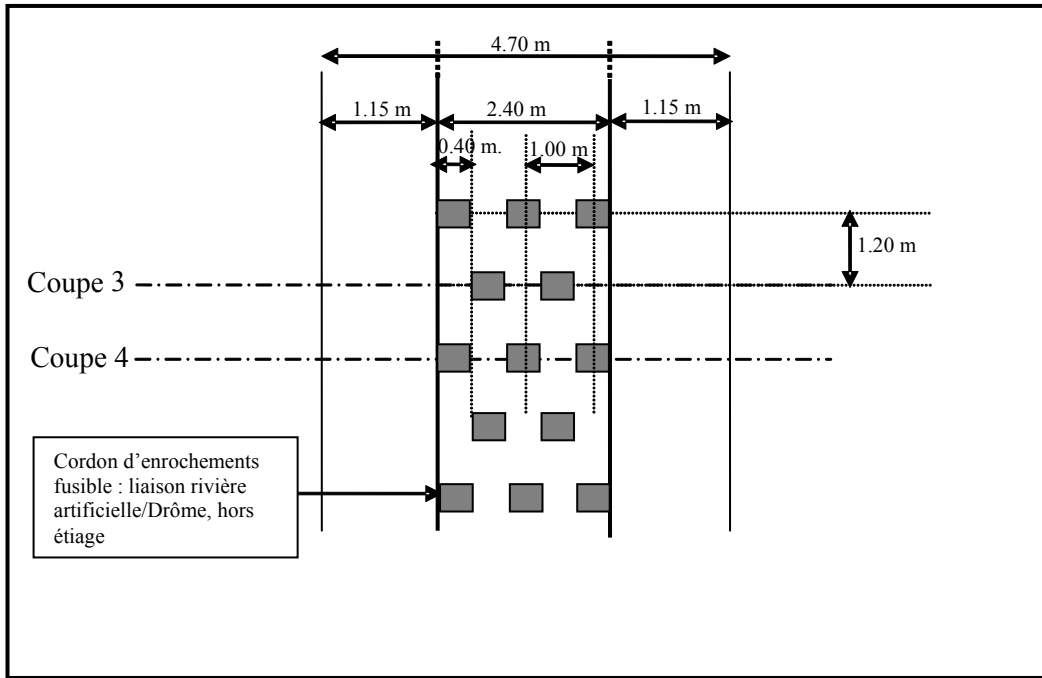


Figure 7 : Schéma vue de dessus d'une partie de la section aval de la rivière artificielle

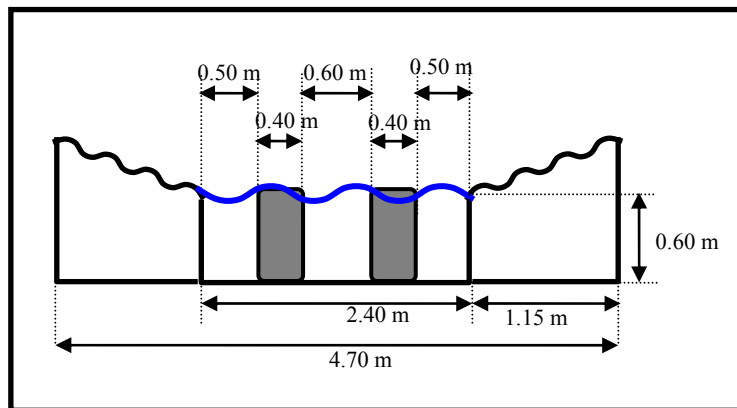


Figure 8 : Coupe (3) au niveau d'une rangée de deux blocs

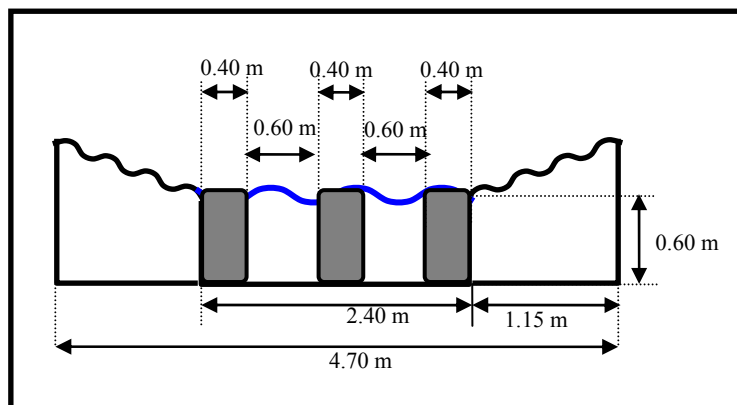


Figure 9 : Coupe (4) au niveau d'une rangée de trois blocs.

## Configuration dans les bassins de repos

### Bassins de repos intermédiaires (figure 10)

Longueur 8 mètres, profondeur minimale (étiage) 0.80 m avec 2 gros blocs.

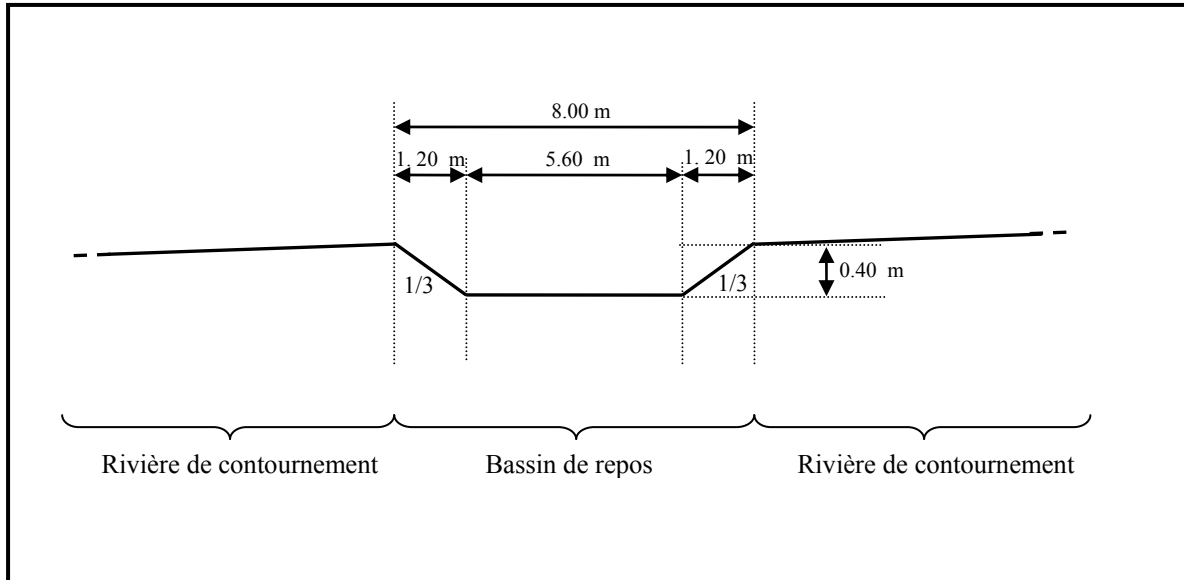


Figure 10 : Vue de profil du bassin de repos

### Bassin de raccordement avec la section de contrôle (figure 11)

Cote départ rivière sur 1.50 m : 94.00

Cote arrivée radier passe à bassins : 92.85

Longueur : 8 m environ

Raccordement par un plan incliné pente 1/2 à 1/3

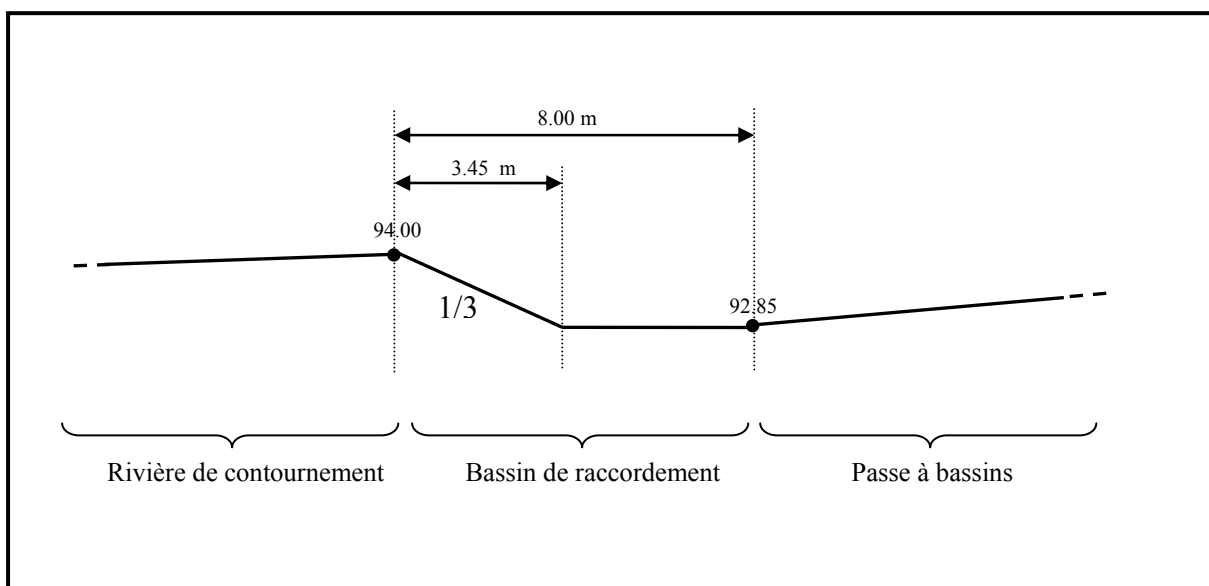


Figure 11 : Vue de profil du bassin de raccordement

## **5 ETUDE SUR MODELE REDUIT**

### **5.1 Description**

L'étude a été réalisée dans le hall d'essais Castex, à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse sur un canal d'une longueur de 7 m, d'une largeur utile de 0.625 m dans un premier temps puis de 1 m après modification, et d'inclinaison variable (de 0% à 10% environ). Ce canal est alimenté en eau brute de Garonne par une station de pompage en circuit semi fermé pour un débit maximal de 50 l/s. Le modèle représentera une tranche d'écoulement de rivière. Trois séries d'essais ont été effectuées. La première (dans une section rectangulaire) comme référence pour une concentration de 13% de blocs régulièrement répartis et des pentes de 1.5% à 5%. La seconde (dans une section rectangulaire) pour 1.5-2% pour déterminer grossièrement l'organisation des singularités dans la future rivière de contournement. La troisième dans une section trapézoïdale représentant toute la section en travers de cette rivière pour affiner l'organisation des blocs et des épis et effectuer les mesures de vitesses.

### **5.2 Métrologie**

#### **5.2.1 Débit :**

Les débits dans les canaux sont mesurés à l'aide de débitmètres électromagnétiques KRHONE. La précision de la mesure est de 0.5%.

#### **5.2.2 Vitesse :**

Les vitesses sont mesurées dans la passe avec un courantomètre/débitmètre portable FLO-MATE 2000 fabriqué par Marsh Mcbirney. La précision de la mesure est de 2% (généralement la mesure est intégrée sur 15 secondes).

#### **5.2.3 Hauteur d'eau :**

Pour obtenir une mesure du tirant d'eau intégrée sur la largeur du canal, une lame en plexiglas a été disposée au milieu du canal perpendiculairement à l'écoulement. Cette lame de plexiglas est fixée à un appareil électronique mesurant la différence de hauteur.

En amont de la passe on effectue une mesure de la cote du niveau d'eau au moyen d'une pointe limnimétrique.

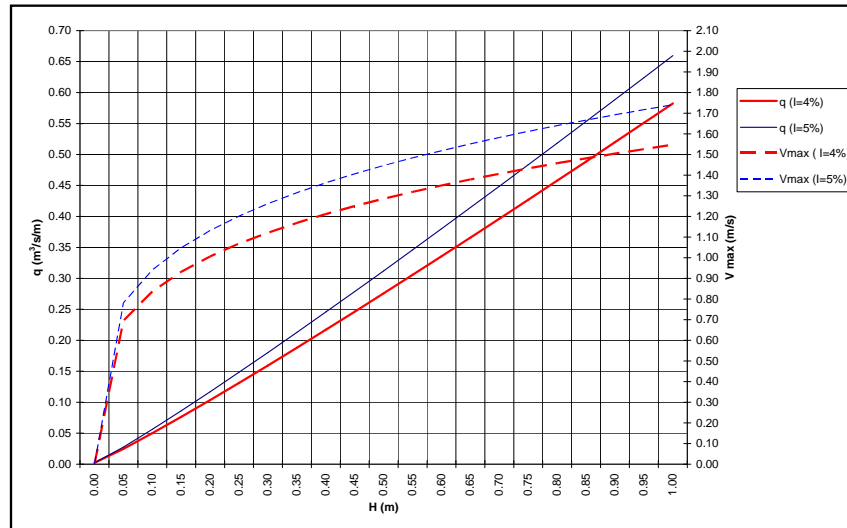
### **5.3 Série d'essais n°1**

Pour dimensionner la partie aval de la rivière artificielle à plus forte pente, on a testé à plusieurs pentes et débits une concentration de blocs de 13% (espacement relatifs latéraux et longitudinaux respectifs de 2.5 et 3). Deux formes de blocs ont été testées (rugosités cylindriques et rugosités à faces planes). Cette série d'essais nous a permis d'obtenir des relations donnant les hauteurs d'écoulement, les vitesses débitantes et maximales en fonction du débit unitaire et de la pente.

On présente les résultats pour les pentes de 4% et 5%, 4% étant la pente adoptée pour la partie aval de l'ouvrage. Les résultats sont présentés pour des rugosités à face amont plane et à face amont cylindrique, la réalité se situe entre ces deux extrêmes.

Les résultats présentés dans les tableaux et graphiques suivants (figure 12 et 13) donne une fourchette sur les valeurs des vitesses maximales, des vitesses débitantes et des puissances dissipées.

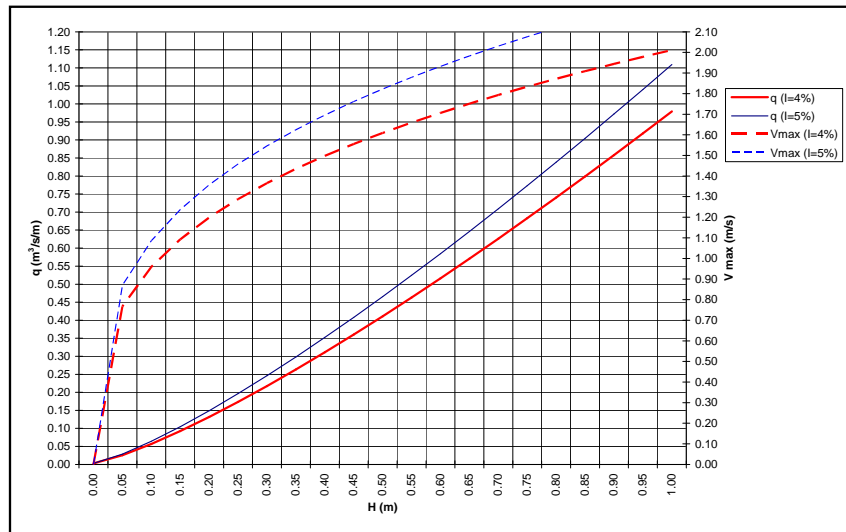
**Rugosités à faces planes :  $C=13\%$ ,  $D=0.4\text{ m}$  et  $I = 4\%$  et  $5\%$**



**Figure 12 : Comparaison entre les pentes 4 et 5% des vitesses maximales et des débits unitaires en fonction des tirants d'eau pour des rugosités à faces planes.**

Pente	Hauteur d'eau (m)	Débit unitaire ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ )	Vitesse max (m/s)	Vitesse débitante (section non obstruée) (m/s)	Vitesse débitante (section contractée) (m/s)	Puissance dissipée ( $\text{W}/\text{m}^3$ )
4%	0.30	0.16	1.12	0.53	0.89	209
4%	0.35	0.19	1.17	0.54	0.90	211
4%	0.40	0.22	1.21	0.54	0.90	213
4%	0.45	0.25	1.25	0.55	0.91	215
4%	0.50	0.28	1.29	0.55	0.92	216
4%	0.55	0.31	1.32	0.56	0.93	218
4%	0.60	0.34	1.35	0.56	0.93	220
4%	0.65	0.37	1.38	0.56	0.94	221
4%	0.70	0.40	1.41	0.57	0.94	222
4%	0.75	0.43	1.43	0.57	0.95	223
4%	0.80	0.46	1.46	0.57	0.95	225
5%	0.30	0.18	1.26	0.60	1.00	295
5%	0.35	0.21	1.31	0.61	1.01	298
5%	0.40	0.25	1.36	0.61	1.02	301
5%	0.45	0.28	1.41	0.62	1.03	304
5%	0.50	0.31	1.45	0.62	1.04	306
5%	0.55	0.35	1.48	0.63	1.05	309
5%	0.60	0.38	1.52	0.63	1.06	311
5%	0.65	0.41	1.55	0.64	1.06	313
5%	0.70	0.45	1.58	0.64	1.07	314
5%	0.75	0.48	1.61	0.64	1.07	316
5%	0.80	0.52	1.64	0.65	1.08	318

**Rugosités cylindriques:  $C=13\%$ ,  $D=0.4\text{ m}$  et  $I = 4\%$  et  $5\%$**



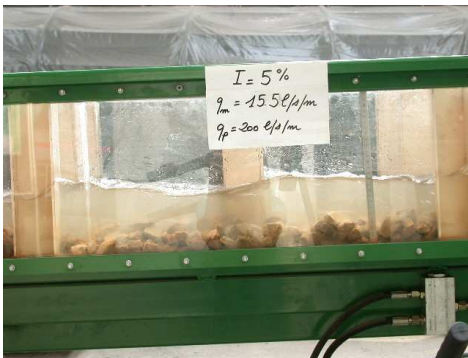
**Figure 13 : Comparaison entre les pentes 4 et 5% des vitesses maximales et des débits unitaires en fonction des tirants d'eau pour des rugosités cylindriques.**

Pente	Hauteur d'eau (m)	Débit unitaire (m³/s/m)	Vitesse max (m/s)	Vitesse débitante (section non obstruée) (m/s)	Vitesse débitante (section contractée) (m/s)	Puissance dissipée (W/m²)
4%	0.30	0.22	1.37	0.73	1.21	285
4%	0.35	0.26	1.43	0.75	1.25	295
4%	0.40	0.31	1.50	0.78	1.30	305
4%	0.45	0.36	1.56	0.80	1.33	314
4%	0.50	0.41	1.61	0.82	1.37	323
4%	0.55	0.46	1.66	0.84	1.40	330
4%	0.60	0.52	1.71	0.86	1.43	338
4%	0.65	0.57	1.75	0.88	1.46	345
4%	0.70	0.63	1.79	0.89	1.49	351
4%	0.75	0.68	1.83	0.91	1.52	357
4%	0.80	0.74	1.87	0.93	1.54	363
5%	0.30	0.25	1.55	0.82	1.37	402
5%	0.35	0.30	1.62	0.85	1.42	418
5%	0.40	0.35	1.70	0.88	1.47	432
5%	0.45	0.41	1.76	0.91	1.51	445
5%	0.50	0.47	1.82	0.93	1.55	457
5%	0.55	0.52	1.88	0.95	1.59	468
5%	0.60	0.58	1.93	0.97	1.62	478
5%	0.65	0.65	1.98	0.99	1.66	488
5%	0.70	0.71	2.03	1.01	1.69	497
5%	0.75	0.77	2.08	1.03	1.72	506
5%	0.80	0.84	2.12	1.05	1.75	514





$I=5\%$   $q_{\text{prototype}}=100$  l/s/m.



$I=5\%$ ,  $q_{\text{prototype}}=200$  l/s/m.



$I=5\%$   $q_{\text{prototype}}=400$  l/s/m.

**Planche Photo 1 : Série d'essais N°1**

#### 5.4 Série d'essais n°2

On a essayé d'optimiser assez grossièrement dans le canal rectangulaire existant la disposition, la dimension et la forme d'une série d'épis alternés et de blocs isolés. On a effectué sur la configuration paraissant la plus favorable pour une pente de 2% une première série de mesures de vitesses et de tirants d'eau pour des débits de 400, 700 et 980 l/s correspondant aux ordres de grandeurs des débits qui seront observés dans la partie centrale de la rivière de contournement (planche photo 2). L'échantillon de mesures de vitesses est composé d'une quinzaine de points (figure 14) par débit répartis sur un motif avec des mesures prises à mi-profondeur et à proximité du fond.

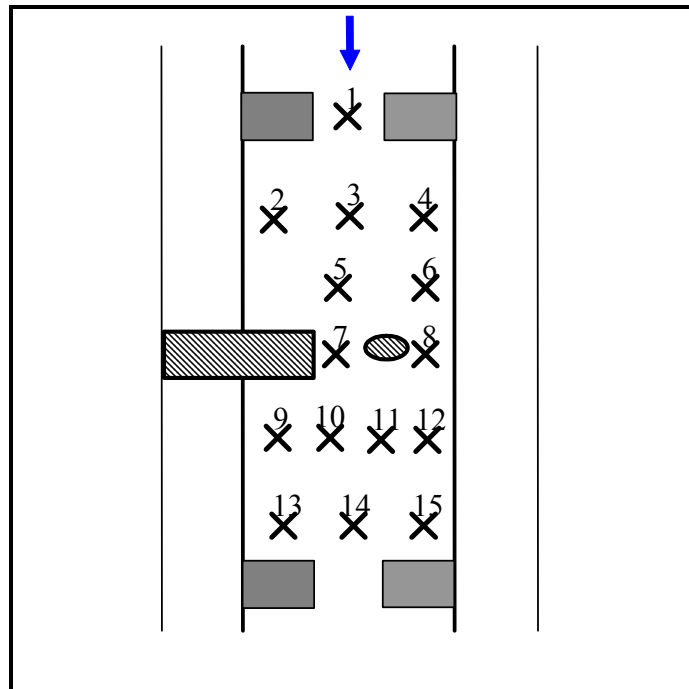


Figure 14 : Localisation des points de mesures



**Planche Photo 2 : Série d'essais N°2**

<i>n° point</i>	<i>Débit (l/s)</i>	<i>Hauteur d'eau à l'entrée de la rivière (m)</i>	<i>Hauteur d'eau dans la rivière (m)</i>	<i>Vitesse mi-hauteur (m/s)</i>	<i>Vitesse fond (m/s)</i>
1	416	0.375	0.327	1.19	1.18
2				0.04	0.42
3				1.23	1.07
4				0.45	0.25
5				0.83	0.76
6				0.58	0.49
7				1.07	0.98
8				0.74	0.65
9				0.29	0.27
10				1.21	1.03
11				0.42	0.38
12				1.03	0.89
13				0.6	0.58
14				0.67	0.67
15				0.83	0.65
1	700	0.53	0.451	1.27	0.98
2				0.19	0.07
3				1.59	1.27
4				0.34	0.2
5				1.43	1.25
6				0.45	0.36
7				1.25	1.19
8				0.85	0.8
9				0.09	0.2
10				1.41	0.94
11				1.57	1.12
12				1.03	0.85
13				0.25	0.18
14				1.27	0.72
15				0.92	0.45
1	978	0.62	0.546	1.34	0.8
2				0.17	0.08
3				1.61	1.34
4				0.69	0.6
5				1.21	1.3
6				0.76	0.47
7				1.32	1.05
8				0.98	0.63
9				0.2	0.13
10				1.21	1.01
11				1.52	0.98
12				1.21	0.94
13				0.47	0.25
14				1.25	0.96
15				1.03	0.56

### *Vitesses à mi-hauteur*

Débit (l/s)	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Maximum (m/s)	Quartile 1 (m/s)	Quartile 3 (m/s)
416	0.74	0.74	1.23	0.45	1.07
700	0.92	1.03	1.59	0.34	1.41
978	0.99	1.21	1.61	0.69	1.32

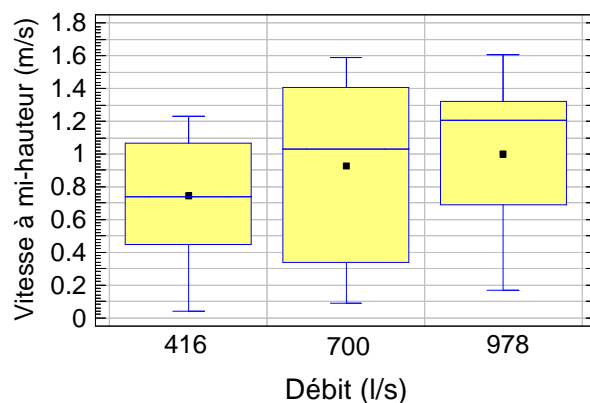


Figure 15 : Boîte à moustache des vitesses à mi hauteur en fonction des débits

### *Vitesses à proximité du fond*

Débit (l/s)	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Maximum (m/s)	Quartile 1 (m/s)	Quartile 3 (m/s)
416	0.68	0.65	1.18	0.42	0.98
700	0.70	0.80	1.27	0.22	1.12
978	0.74	0.80	1.34	0.47	1.01

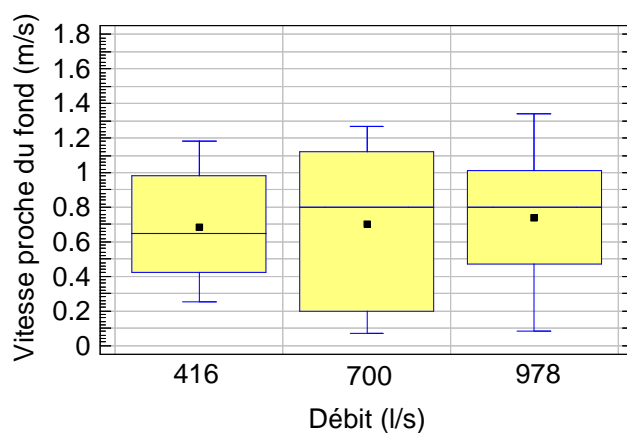


Figure 16 : Boîte à moustache des vitesses à proximité du fond en fonction des débits

### Vitesses débitantes (section non obstruée, au niveau des 2 blocs et au niveau de l'épi)

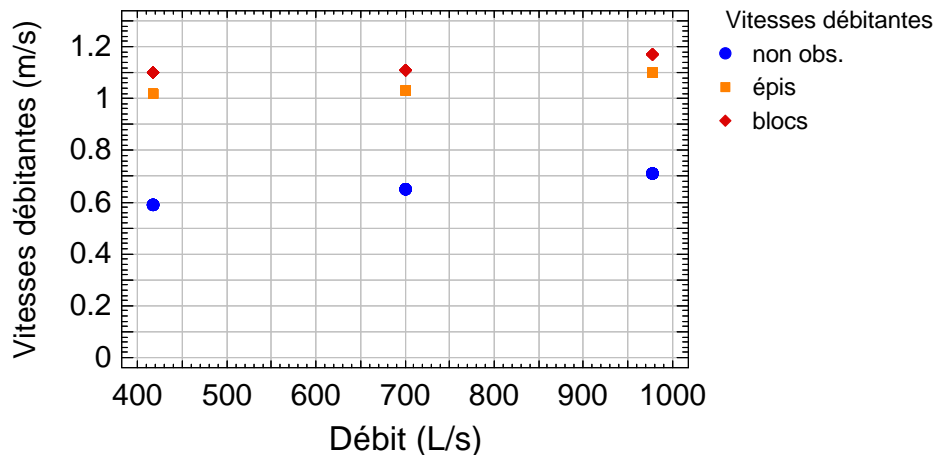


Figure 17 : Relation entre la vitesse débitante et les débit

Les résultats de l'exploration rapide des vitesses montrent que celles-ci demeurent un peu fortes à mi-hauteur (1.59 m/s à 700 l/s et 1.61 m/s à 978 l/s) (figure 15), alors que la porosité des épis (blocs non jointifs) doit favoriser la dissipation d'énergie et la réduction des vitesses. Cependant les vitesses proches du fond restent acceptables pour l'apron (au maximum 1.34 m/s à 978 l/s) (figure 16).

Les puissances dissipées sont respectivement égales à 116, 127, et 137 W/m<sup>3</sup> pour des débits de 416, 700, 978 l/s.

### 5.5 Série d'essais n°3

La représentation d'une tranche d'écoulement dans le canal rectangulaire, compte tenu du nouveau profil trapézoïdal de la passe, induit un biais qu'il est difficile de corriger. Il a semblé indispensable de représenter la section trapézoïdale dans son entier ainsi que les épis dans leur intégralité. Ces essais doivent permettre par ailleurs d'affiner la forme des épis et de définir plus précisément la position des blocs dans la rivière par rapport aux épis.

Les essais ont été réalisés à l'échelle 1/5. Une largeur de la rivière de contournement de 5 m de largeur a été représentée correspondant grosso-modo à la largeur en eau de la rivière pour un débit dans la Drôme de l'ordre de deux fois le module.

Les épis et les blocs ont été représentés à l'échelle. Le fond a été recouvert d'une granulométrie correspondant à du galet 5-15 cm prototype (planche photo 3).

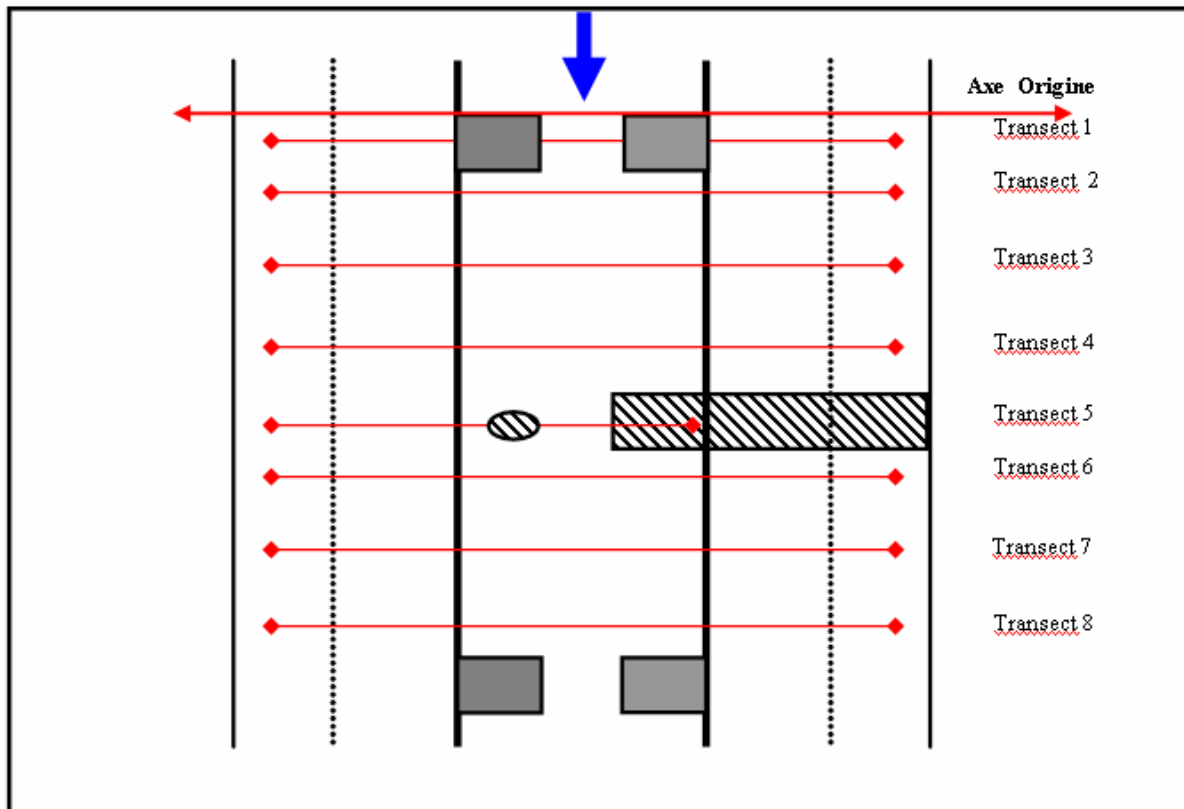
Les essais ont été effectués pour une pente de 1.75%.

- 2 débits étudiés : 0.82 et 1.39 m<sup>3</sup>/s
- 3 mesures de vitesse sur une verticale (10 cm surface, mi-profondeur, et 15 cm du fond)
- 8 transects régulièrement espacés entre deux rangées de blocs.

On a effectué sur chaque transect une mesure sur des verticales espacées de 0.25 m environ (prototype), soit de 8 à 14 points par transect. Le transect 1 est situé à 0.15 m à l'aval de l'axe origine (figure 18). Les transects suivants 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 sont positionnés respectivement à 0.45 m, 1.25 m, 1.8 m, 2.75, 3.15 m, 3.8 m, 4.45 m de l'origine.



**Planche Photo 3 : Série d'essais N°3**



**Figure 18 : Localisation des profils de mesures pour la série d'essais N°3**

Quel que soit le débit, ce sont généralement les vitesses à mi-hauteur qui sont les plus importantes. Si les vitesses en surface sont acceptables (inférieures à 1.5 m/s), les vitesses maximales au niveau du fond demeurent relativement importantes sur certains transects. Cependant le troisième quartile des vitesses de fond ne dépasse jamais la limite de 1.3 m/s et quel que soit le transect il existe toujours une zone où la vitesse de fond reste acceptable pour l'apron.

La mise en place de blocs (D50 voisins de 30 cm) avec un espacement de 0.75-0.90 m réduit la vitesse de fond sans modifier de façon significative la relation hauteur d'écoulement-débit.

Les hauteurs d'eau prévues par ces essais sur la rivières de contournement (figure 21 et tableaux) sont de 0.4 m pour un débit de  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  dans la passe (condition d'étiage) avec une puissance dissipée de  $93 \text{ W}/\text{m}^3$ , de 0.64 m pour  $1.03 \text{ m}^3/\text{s}$  dans la passe (condition proche du module) avec  $100 \text{ W}/\text{m}^3$ , de 0.69 m pour  $1.34 \text{ m}^3/\text{s}$  (condition proche de 2 fois le module) avec  $122 \text{ W}/\text{m}^3$ . Elles correspondent aux valeurs adoptées pour le raccordement avec la passe à bassins.



Les profils de vitesses :

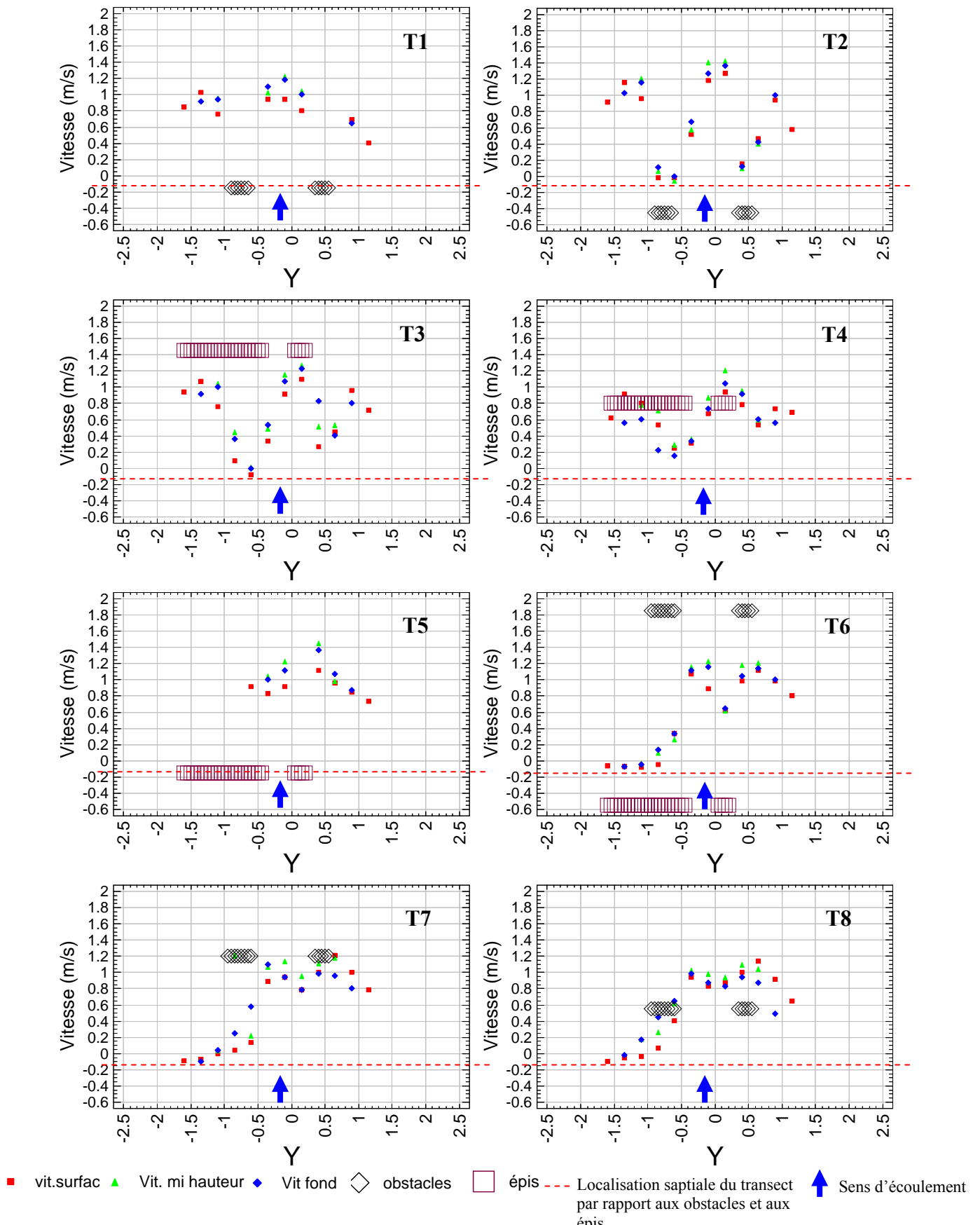
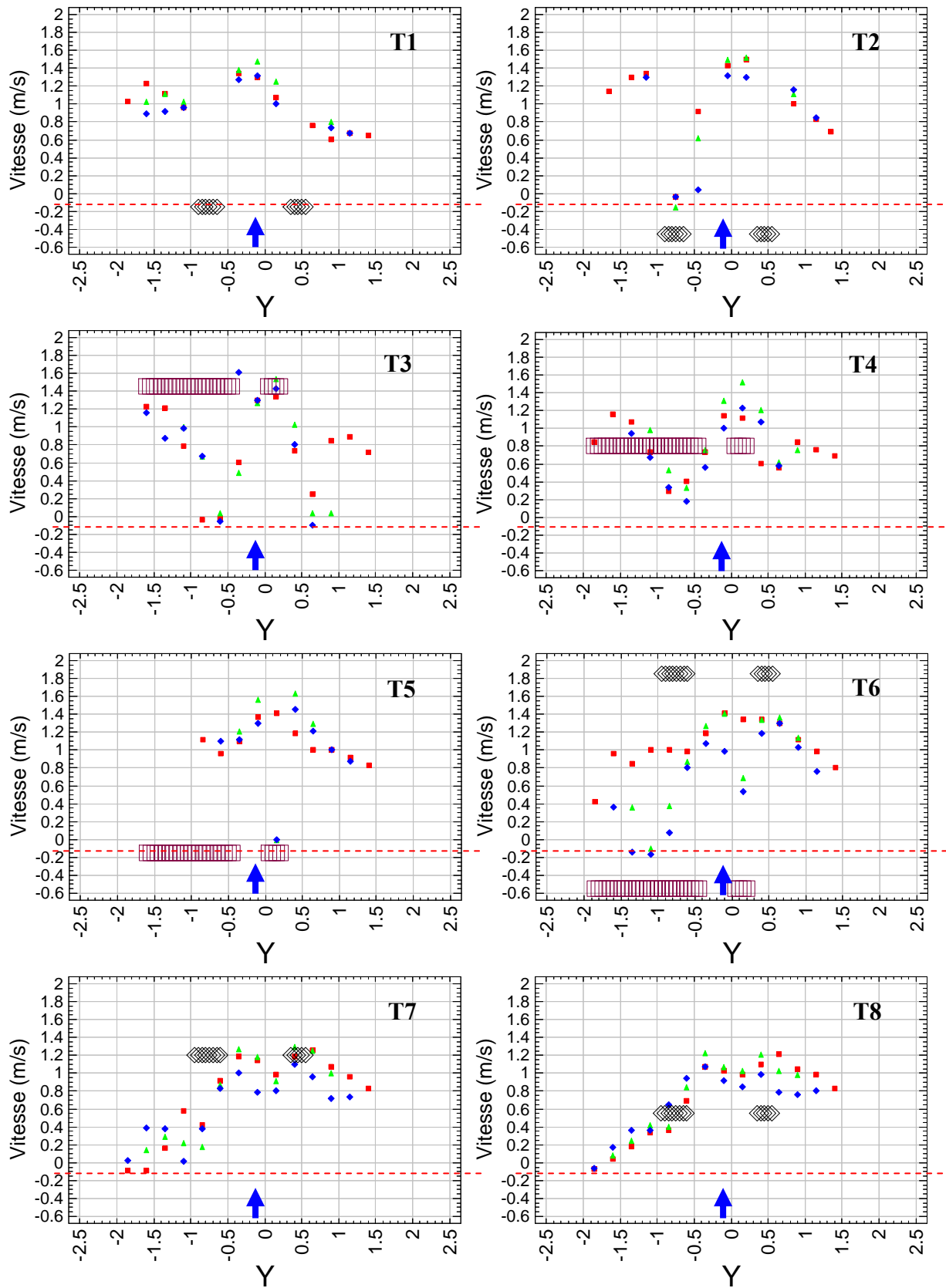


Figure 19 : Profils des vitesses des 8 transects (T1 à T8) pour  $Q=0.82 \text{ m}^3/\text{s}$



légendes :  
 ■ vit.surfac ▲ Vit. mi hauteur ◆ Vit fond ◇ obstacles □ épis --- Localisation spatiale du transect par rapport aux obstacles et aux épis ▲ Sens d'écoulement

Figure 20 : Profils des vitesses des 8 transects (T1 à T8) pour  $Q=1.39 \text{ m}^3/\text{s}$

*Statistiques sur les Vitesses*

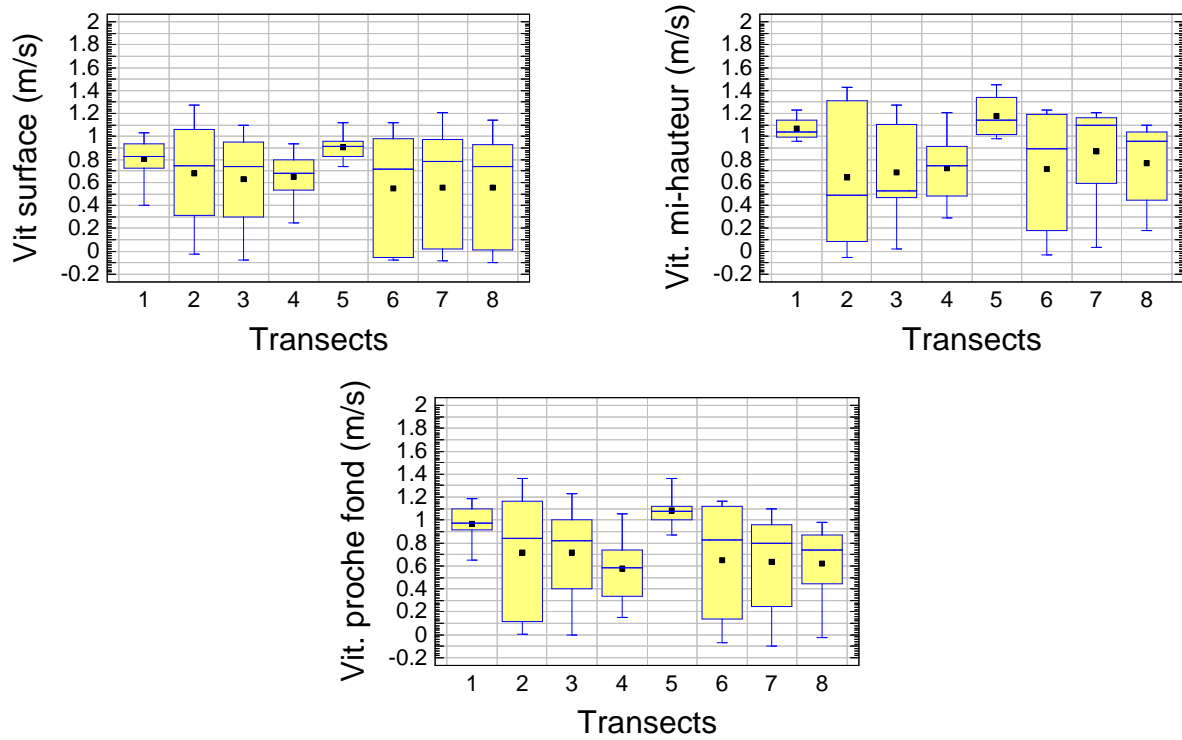


Figure 21 : Boîtes à moustache des vitesses mesurées à 10 cm de la surface, à mi hauteur et à 15 cm du fond pour un débit de  $0.82 \text{ m}^3/\text{s}$ .

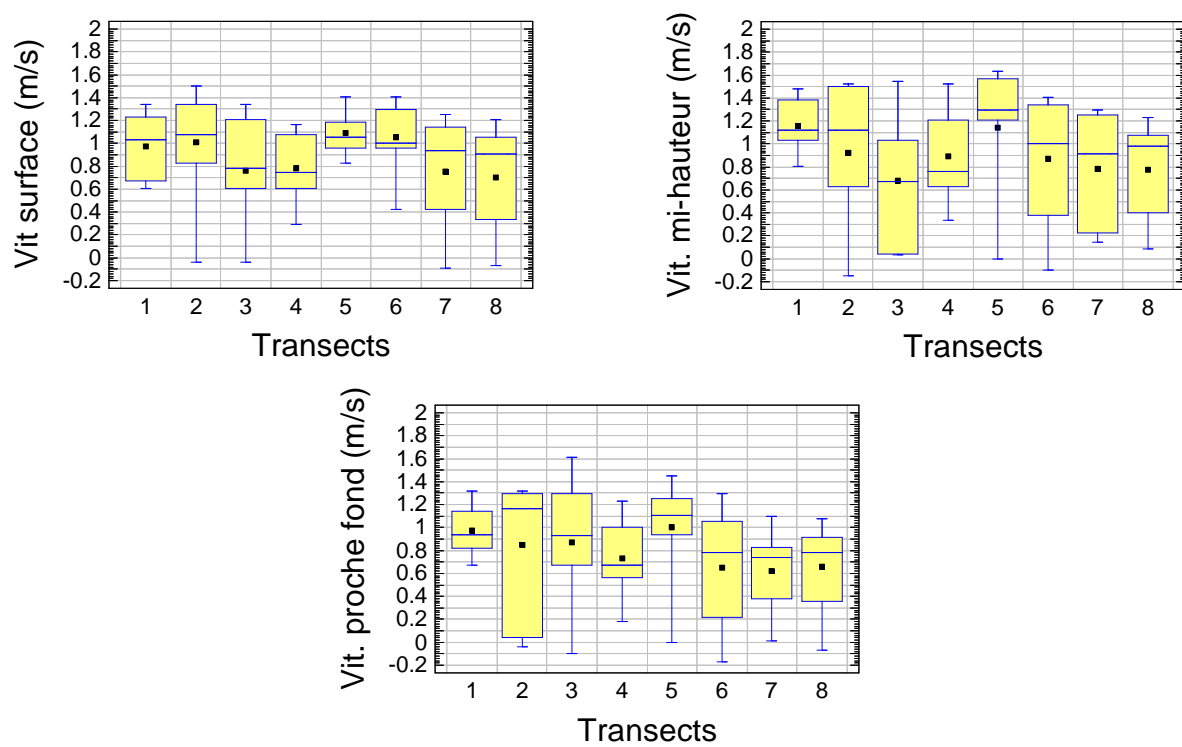


Figure 22 : Boîtes à moustache des vitesses mesurées à proximité de la surface , à mi hauteur et à 15 cm du fond pour un débit de  $1.39 \text{ m}^3/\text{s}$

### Relation hauteur/débit

Les tirants d'eau sont mesurés pour 9 débits allant de 0.5 à 1.56 m<sup>3</sup>/s. Pour chaque débit on a effectué une dizaine de mesures en différents points pour ainsi obtenir une hauteur moyenne.

Débit (m <sup>3</sup> /s)	Hauteur moyenne (m)	Vitesse débitante (m/s)	Rayon hydraulique (m)	Coefficient de Strickler	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )
0.50	0.40	0.55	0.28	9.75	95
0.62	0.47	0.54	0.32	8.71	92
0.71	0.54	0.51	0.36	7.73	88
0.80	0.57	0.54	0.37	7.89	92
0.90	0.58	0.58	0.38	8.33	99
1.03	0.64	0.58	0.41	8.05	100
1.21	0.66	0.64	0.42	8.69	111
1.34	0.69	0.68	0.43	8.93	116
1.56	0.74	0.71	0.46	9.03	122

Relation hauteur débit avec de la rugosité plus importante au fond (D50 voisins de 30 cm) à une concentration de 13%

Débit (m <sup>3</sup> /s)	Hauteur moyenne (m)	Vitesse débitante (m/s)	Rayon hydraulique (m)	Coefficient de Strickler	Puissance dissipée (W/m <sup>3</sup> )
0.51	0.41	0.54	0.29	9.33	92
0.64	0.50	0.51	0.34	7.94	87
0.72	0.55	0.50	0.36	7.52	87
0.82	0.58	0.53	0.38	7.72	91
0.90	0.60	0.56	0.39	8.00	96
1.02	0.61	0.61	0.39	8.59	105
1.21	0.67	0.64	0.42	8.57	110
1.34	0.70	0.67	0.44	8.77	114
1.54	0.74	0.70	0.46	8.89	120

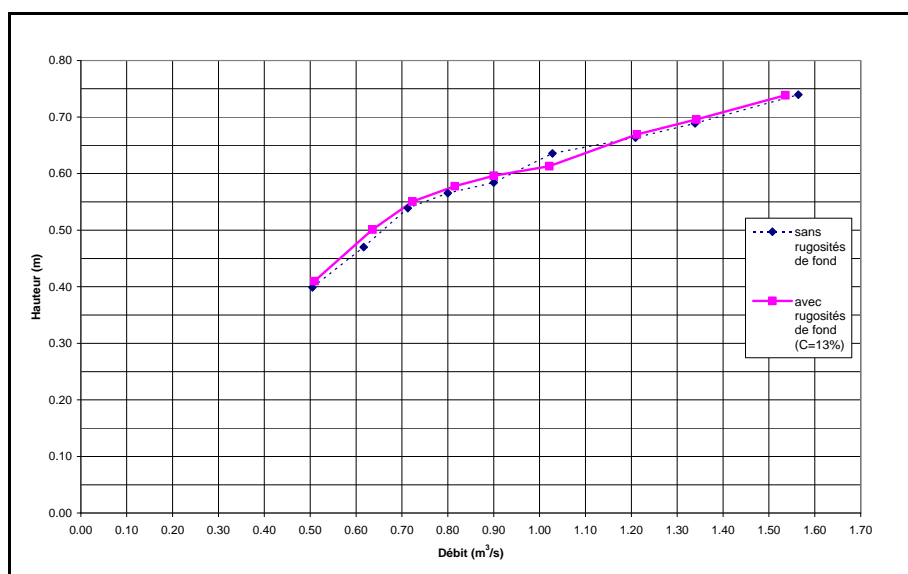


Figure 23 : Relation entre le tirant d'eau et le débit (comparaison avec et sans augmentation de la rugosité de fond)

## BIBLIOGRAPHIE

CNR, 2005. Etude de faisabilité : Passe à Aprons sur le seuil de la Drôme : Solution rivière artificielle. DIEE 05-805.

CNR, 2006. Etude d'avant projet : Franchissement du seuil de la Drôme. Notice DI-OHF 06-009 indice 2.

Gaudin P., Pradelle S., 2001. Etude du franchissement d'obstacles par des juvéniles d'Apron du Rhône (Zingel asper). (Rapport du Programme LIFE), R.N.F., Univ. Lyon I, Quetigny : 17 p.

Gomes P., Vighetti S., Larinier M., 2005. Etude pour la conception de passes à poissons adaptées à l'Apron. GHAAPPE RA.05.05.45 p.

SIEE, 2002. Amélioration du franchissement du seuil CNR par l'Apron- dimensionnement de l'ouvrage de franchissement piscicole. Dossier ME 01 01 37 (DP)/FA.



## ANNEXE I

Tableaux sur les statistiques des mesures de vitesses obtenus à partir de la troisième série d'essais.

Vitesse surface  $Q=0.82 \text{ m}^3/\text{s}$

Transect	Nombre de mesures par transect	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	quartile 1 (m/s)	quartile 3 (m/s)
1	8	0.8	0.83	0.4	1.03	0.73	0.94
2	12	0.68	0.75	-0.02	1.27	0.31	1.06
3	12	0.63	0.74	-0.08	1.1	0.3	0.95
4	12	0.65	0.68	0.25	0.94	0.54	0.79
5	7	0.9	0.92	0.74	1.12	0.83	0.96
6	12	0.55	0.72	-0.08	1.12	-0.05	0.98
7	12	0.55	0.78	-0.08	1.21	0.02	0.97
8	12	0.55	0.74	-0.09	1.14	0.01	0.93
Total	87	0.64	0.78	-0.09	1.27	0.34	0.94

Vitesse mi hauteur  $Q=0.82 \text{ m}^3/\text{s}$

Transect	Nombre de mesures par transect	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	quartile 1 (m/s)	quartile 3 (m/s)
1	4	1.07	1.04	0.96	1.23	1	1.14
2	8	0.64	0.49	-0.05	1.43	0.08	1.31
3	8	0.69	0.53	0.02	1.27	0.47	1.11
4	8	0.72	0.75	0.29	1.21	0.48	0.92
5	4	1.18	1.14	0.98	1.45	1.02	1.34
6	8	0.72	0.89	-0.03	1.23	0.18	1.2
7	8	0.87	1.1	0.04	1.21	0.59	1.16
8	8	0.77	0.96	0.18	1.1	0.45	1.04
Total	56	0.79	0.96	-0.05	1.45	0.42	1.16

Vitesse à 0.15 m du fond  $Q=0.82 \text{ m}^3/\text{s}$

Transect	Nombre de mesures par transect	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	quartile 1 (m/s)	quartile 3 (m/s)
1	6	0.97	0.97	0.65	1.19	0.92	1.1
2	10	0.72	0.84	0	1.36	0.12	1.16
3	10	0.72	0.82	0	1.23	0.4	1.01
4	10	0.57	0.58	0.15	1.05	0.34	0.74
5	5	1.09	1.07	0.87	1.36	1.01	1.12
6	10	0.65	0.83	-0.07	1.16	0.13	1.12
7	10	0.63	0.79	-0.09	1.1	0.25	0.96
8	10	0.62	0.74	-0.02	0.98	0.45	0.87
Total	71	0.71	0.83	-0.09	1.36	0.4	1.01

Vitesse surface  $Q=1.39 \text{ m}^3/\text{s}$

Transect	Nombre de mesures par transect	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	quartile 1 (m/s)	quartile 3 (m/s)
1	11	0.98	1.03	0.6	1.34	0.67	1.23
2	10	1.01	1.07	-0.04	1.5	0.83	1.34
3	13	0.76	0.78	-0.04	1.34	0.6	1.21
4	14	0.78	0.75	0.29	1.16	0.6	1.07
5	10	1.09	1.05	0.83	1.41	0.96	1.19
6	14	1.05	1.01	0.42	1.41	0.96	1.3
7	14	0.75	0.94	-0.09	1.25	0.42	1.14
8	14	0.7	0.91	-0.07	1.21	0.34	1.05
Total	100	0.88	0.97	-0.09	1.5	0.69	1.14

Vitesse mi hauteur  $Q=1.39 \text{ m}^3/\text{s}$

Transect	Nombre de mesures par transect	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	quartile 1 (m/s)	quartile 3 (m/s)
1	7	1.16	1.12	0.8	1.48	1.03	1.39
2	5	0.92	1.12	-0.15	1.52	0.63	1.5
3	9	0.68	0.67	0.04	1.54	0.04	1.03
4	9	0.89	0.76	0.34	1.52	0.63	1.21
5	5	1.14	1.3	0	1.63	1.21	1.57
6	10	0.87	1.01	-0.09	1.41	0.38	1.34
7	11	0.79	0.92	0.14	1.3	0.22	1.25
8	11	0.78	0.98	0.09	1.23	0.4	1.07
Total	67	0.87	1.01	-0.15	1.63	0.42	1.27

Vitesse à 0.15 m du fond  $Q=1.39 \text{ m}^3/\text{s}$

Transect	Nombre de mesures par transect	Moyenne (m/s)	Médiane (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)	quartile 1 (m/s)	quartile 3 (m/s)
1	8	0.97	0.94	0.67	1.32	0.82	1.14
2	7	0.85	1.16	-0.04	1.32	0.04	1.3
3	10	0.87	0.93	-0.09	1.61	0.67	1.3
4	9	0.73	0.67	0.18	1.23	0.56	1.01
5	8	1.01	1.11	0	1.45	0.94	1.25
6	12	0.65	0.78	-0.17	1.3	0.22	1.05
7	13	0.62	0.74	0.02	1.1	0.38	0.83
8	13	0.66	0.78	-0.06	1.07	0.36	0.92
Total	80	0.77	0.85	-0.17	1.61	0.46	1.07