

Pétitionnaire

M. Jean-Christophe SEMONSAT

Contact : J.-C. SEMONSAT
30 rue Maurice Barroin
03800 GANNAT
semonsat.bureau@orange.fr

PROJET DE CENTRALE HYDROELECTRIQUE SUR LA SIOULE A JENZAT

ETUDE D'IMPACT HYDRAULIQUE

DEPARTEMENT DE L'ALLIER (03)
COMMUNE DE JENZAT
LIEU-DIT : SALLES
COURS D'EAU : LA SIOULE

Réalisation du dossier :



BUREAU D'ÉTUDES JACQUEL & CHATILLON

Environnement et Energies

www.be-jc.com

7 rue d'Epinal, 88240 BAINS-LES-BAINS

Tél. : 03.29.68.07.43

Septembre 2017

Réalisation de l'étude



BUREAU D'ÉTUDES JACQUEL & CHATILLON

Environnement et Energies

www.be-jc.com

Siège social
7 rue d'Epinal
88240 BAINS-LES-BAINS

Romain VINCENT
Ingénieur Etudes
r.vincent@be-jc.com
Tél. 03.29.68.07.43

Antenne Hydroélectricité
14 rue de derrière la ville
54200 VILLEY SAINT-ETIENNE

Bruno CHATILLON
Gérant
brunochatillon@orange.fr
Tél. 09.61.41.06.63 // Port. 06.08.51.51.70

Anne MARRAUDINO
Assistante technique
bejacqueletchatillon@orange.fr

Web : be-jc.com

Date d'édition : 13 septembre 2017

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	3
TABLE DES ILLUSTRATIONS	4
CHAPITRE I. PROBLEMATIQUE	5
I.1. PRESENTATION	5
I.2. LOCALISATION	5
I.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE	6
CHAPITRE II. METHODOLOGIE	7
II.1. VISITES DU SITE	7
II.2. RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE	7
II.3. HYDROLOGIE	7
II.4. BASSIN VERSANT	7
II.5. SIMULATIONS HYDRAULIQUES	8
II.6. TEMOIGNAGES DE CRUE	8
CHAPITRE III. HYDROLOGIE	9
III.1. STATIONS HYDROLOGIQUES	9
III.2. DEBITS DE CRUE	10
CHAPITRE IV. MODELE HYDRAULIQUE	11
IV.1. DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE	11
IV.2. OUVRAGES HYDRAULIQUES MODELISES	11
IV.3. DEBITS MODELISES	11
IV.4. CALAGE DU MODELE	12
IV.5. VALIDITE DU MODELE	13
CHAPITRE V. RESULTATS DES MODELISATIONS	14
V.1. ETAT INITIAL	14
V.2. ETAT PROJET	15
V.3. DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE DECHARGE	17
CHAPITRE VI. SYNTHESE	18
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	19
DOCUMENTS ANNEXES	20

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Extrait de carte IGN avec emplacement du site (source : geoportail.gouv.fr)	5
Figure 2 : Extrait de carte IGN à l'échelle d'origine 1/25000 ^{ème} avec emplacement du site (source : geoportail.gouv.fr) ..	6
Figure 3 : Stations hydrologiques et site d'étude	9
Figure 4 : Débits de crue	10
Figure 5 : Synthèse des débits modélisés	11
Figure 6 : Synthèse des résultats de l'étalonnage du modèle hydraulique	12
Figure 7 : Modélisations des lignes d'eau sur la Sioule – Etat initial	14
Figure 8 : Lignes d'eau modélisées sur le secteur d'étude – Etat initial	15
Figure 9 : Profil en long de la Sioule – Etat projet 1	16
Figure 10 : Lignes d'eau modélisées sur le secteur d'étude – Etat projet 1 et impacts	16
Figure 11 : Lignes d'eau modélisées sur le secteur d'étude – Etat projet 2 et impacts	17

Chapitre I. PROBLEMATIQUE

I.1. PRESENTATION

M. Jean-Christophe Semonsat souhaite acquérir le barrage dit de Salles établi sur la Sioule, sur les territoires des communes de Saint germain de Salles en rive gauche et Jenzat en rive droite. Le projet consiste à réaliser au barrage les aménagements suivants :

- aménagement d'un ouvrage de franchissement piscicole,
- aménagement de trois vis d'Archimède au barrage,
- remise à niveau du barrage à son altitude historique.

I.2. LOCALISATION

L'ouvrage est situé sur la Sioule, au point kilométrique 33, sur le territoire de la commune de Jenzat. Les extraits de cartes suivants précisent l'emplacement du site.



Figure 1 : Extrait de carte IGN avec emplacement du site (source : geoportail.gouv.fr)

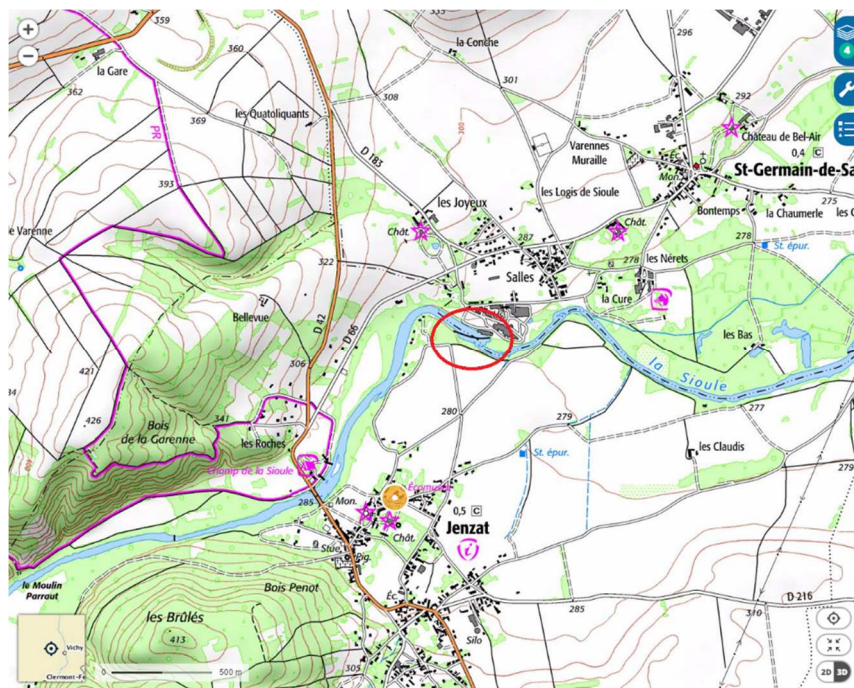


Figure 2 : Extrait de carte IGN à l'échelle d'origine 1/25000^{ème} avec emplacement du site (source : geoportail.gouv.fr)

I.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le projet implique des aménagements en zone inondable et est susceptible de constituer un obstacle aux écoulements des crues. L'objet de la présente étude est de s'assurer de l'absence d'impact du projet sur les lignes d'eau atteintes en cas de crue.

Chapitre II. METHODOLOGIE

II.1. VISITES DU SITE

Des visites du site ont été réalisées par nos soins en date des 15/09/2016, 08/12/2016 et 22/05/2017, dans des conditions de basses à moyennes eaux. Le débit est resté stable tout au long des visites.

II.2. RELEVÉ TOPOGRAPHIQUE

Plusieurs relevés topographiques ont été réalisés sur la zone d'étude¹, par le bureau d'études et par le cabinet de géomètre Kaufmann.

Le profil en long dressé par les services de l'IGN en 1932 pour la Sioule a également été utilisé, de même que la banque de données RGE Alti, elle aussi fournie par l'IGN.

II.3. HYDROLOGIE

Une étude hydrologique a été réalisée dans le cadre de l'étude de continuité écologique.

Les débits de crue indiqués par le PPRI de la Sioule, déterminés par le bureau d'études Sogreah, ont également été utilisés.

II.4. BASSIN VERSANT

Le bassin versant de la Sioule a été estimé par le bureau d'études à 1760 km² au droit du barrage étudié.

Le PPRI de la Sioule mentionne un bassin versant de 1735 km² à l'amont de la commune de Jenzat, valeur cohérente avec notre estimation.

¹ Le relevé topographique a été rattaché au Nivellement Général de la France. Dans l'ensemble de ce document et en l'absence de précision contraire, toutes les cotes sont indiquées en altitude normale, NGF IGN 69.

II.5. SIMULATIONS HYDRAULIQUES

Le logiciel utilisé pour les simulations numériques est le logiciel Hec-Ras. Ce modèle est basé sur les équations de Saint-Venant et permet de modéliser des écoulements monodimensionnels, en régime fluvial ou torrentiel, stationnaire ou instationnaire.

II.6. TEMOIGNAGES DE CRUE

Aucun témoignage de crue n'a été recueilli lors des visites de terrain, cette démarche ayant déjà été réalisée dans le cadre de la réalisation du PPRI de la Sioule.

Le modèle hydraulique sera calé sur les niveaux d'eau mesurés par le bureau d'études et sur les lignes d'eau calculées dans le cadre du PPRI (lignes d'eau correspondant aux débits de crue de temps de retour 10, 30 et 100 ans).

Chapitre III. HYDROLOGIE

III.1. STATIONS HYDROLOGIQUES

Des stations hydrométriques fonctionnent sur la Sioule à Ebreuil en amont du site et à Saint-Pourçain-sur-Sioule en aval du site.

Il convient de noter la présence d'un affluent important entre les deux stations, la Bouble, dont le module spécifique est sensiblement inférieur à celui de la Sioule. En outre, en déduisant de la station de Saint-Pourçain-sur-Sioule les bassins versants et les modules de la Sioule à Ebreuil et de la Bouble à Chareil-Cintrat, il apparaît que les affluents intermédiaires n'apportent que des débits relativement faibles (940 l/s pour un bassin versant de 255 km², soit 3.7 l/s/km²).

Les caractéristiques hydrologiques de la Sioule sur le site sont interpolées linéairement à la surface du bassin versant.

Localisation	EBREUIL	SAINT POURÇAIN SUR SIOULE	JENZAT
Cours d'eau	La Sioule	La Sioule	La Sioule
BV (km ²)	1 648	2 458	1 760
Module (m ³ /s)	20.2	25.1	20.9
Débit moyen Eté (m ³ /s)	14.5 (72 %)	17.8 (71 %)	15.0 (72 %)
Débit moyen Hiver (m ³ /s)	28.2 (140 %)	35.4 (141 %)	29.2 (140 %)
Débit spécifique (l/s/km ²)	12.3	10.2	11.9
Date de fonctionnement	1972 - 2016	1967 - 2016	-
Validité des données	Bonne en basses, moyennes et hautes eaux	Bonne en basses, moyennes et hautes eaux	-

Figure 3 : Stations hydrologiques et site d'étude

A noter également que les deux stations utilisées présentent un régime hydrologique qualifié de fortement influencé (influence de l'aménagement hydroélectrique de Fades-Besserves-Queuille) géré par EDF.

III.2. DEBITS DE CRUE

Les débits de crue instantanés de la Sioule ont été estimés par le bureau d'études Sogreah dans le cadre du PPRI et sont synthétisés dans le tableau suivant.

Débit (m ³ /s)	Q_{10}	Q_{30}	Q_{100}
Débit de crue (m ³ /s)	380	510	650

Figure 4 : Débits de crue

Il convient de noter que ces débits paraissent importants au regard de l'hydrologie de la Sioule mesurée à Saint-Pourçain-sur-Sioule en aval du site. Ainsi le débit décennal est supérieur de 12 % à celui observé à la station en aval ; le débit de crue trentennale est supérieur à la valeur de débit cinquantennal fourni par la banque Hydro.

Dans la mesure où d'une part le calage sera réalisé avec le PPRI, d'autre part il s'agit d'une marge de sécurité supplémentaire, ces valeurs n'ont pas été modifiées.

Chapitre IV. MODELE HYDRAULIQUE

IV.1. DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le modèle numérique réalisé permet de simuler les écoulements sur le tronçon étudié.

Le réseau hydrographique modélisé représente la Sioule, sur un linéaire de 2.3 km, de l'aval du pont de la RD42 à l'aval du barrage de Salles.

Notations :

Le modèle est constitué de profils en travers, modélisés à partir des relevés topographiques. Chaque profil en travers est numéroté de manière croissante de l'aval vers l'amont, en fonction de sa distance en mètres à un profil de référence. Le profil correspondant au barrage de Salles représente le point métrique 1000.

Par exemple, le profil 1250 représente le profil situé à 250 m en amont du barrage.

IV.2. OUVRAGES HYDRAULIQUES MODELISES

Plusieurs ouvrages hydrauliques existent sur le secteur d'étude. Il s'agit principalement du pont de la RD42 et du barrage de Salles, objet de l'étude.

Le pont de la RD42 n'est pas modélisé directement dans le cadre de l'étude, mais son incidence hydraulique est prise en compte indirectement grâce au calage réalisé à partir du PPRI.

IV.3. DEBITS MODELISES

Les débits modélisés sont le module et les débits de crue d'occurrence statistique décennale et centennale. Ces débits sont indiqués dans le tableau suivant :

Cours d'eau	la Sioule
Module	20.9 m ³ /s
Q10	380 m ³ /s
Q100	650 m ³ /s

Figure 5 : Synthèse des débits modélisés

D'autres débits ont été modélisés pour les besoins de l'étalonnage du modèle.

IV.4. CALAGE DU MODELE

Une fois la géométrie du site implantée dans le modèle, un calage a été réalisé pour adapter au mieux les résultats des simulations aux observations réalisées sur le site.

Les données utilisées pour le calage sont les suivantes :

- L'observation visuelle et les relevés topographiques en date du 15/09/2016, 08/12/2016 et 22/05/2017. Ces visites correspondent à des périodes de basses à moyennes eaux ;
- Les altitudes de crue indiquées par le PPRI (Q10, Q30 et Q100).

Le calage est réalisé en adaptant différents paramètres du modèle numérique de façon à fournir des valeurs cohérentes avec les différents niveaux d'eau connus. Les principaux paramètres adaptés sont les coefficients de rugosité de Strickler et les coefficients d'écoulements ou de perte de charge au niveau des ouvrages hydrauliques.

Les résultats du calage sont indiqués dans le tableau suivant.

Cours d'eau	Date	Hydrologie	Débit (m ³ /s)	Source	Validité	Profil	Niveau d'eau mesuré (NGF)	Niveau d'eau modélisé (NGF)	Ecart de calage (m)
Sioule	-	Q10	380	PPRI	Bonne	80	278.61	278.55	-0.06
Sioule	-	Q30	510	PPRI	Bonne	80	278.90	278.89	-0.01
Sioule	-	Q100	650	PPRI	Bonne	80	279.09	279.15	0.06
Sioule	31/08/2016	Kaufmann	3.3	Géomètre Kaufmann	Bonne	980	277.45	277.44	-0.01
Sioule	08/12/2016	20161208	13	BEJC	Bonne	980	277.68	277.69	0.01
Sioule	07/02/2017	20170207	23	V. Ferry	Bonne	980	277.90	277.89	-0.01
Sioule	22/05/2017	20170522	25	BEJC	Bonne	980	277.91	277.93	0.02
Sioule	19/01/2017	20170119	32	V. Ferry	Bonne	980	278.05	278.04	-0.01
Sioule	-	Q10	380	PPRI	Bonne	980	280.61	280.65	0.04
Sioule	-	Q30	510	PPRI	Bonne	980	280.80	280.87	0.07
Sioule	-	Q100	650	PPRI	Bonne	980	280.96	281.02	0.06
Sioule	31/08/2016	Kaufmann	3.3	Géomètre Kaufmann	Bonne	1020	279.65	279.68	0.03
Sioule	08/12/2016	20161208	13	BEJC	Bonne	1020	279.86	279.83	-0.03
Sioule	07/02/2017	20170207	23	V. Ferry	Bonne	1020	279.97	279.93	-0.04
Sioule	22/05/2017	20170522	25	BEJC	Bonne	1020	279.92	279.94	0.02
Sioule	-	Q10	380	PPRI	Bonne	2240	282.42	282.51	0.09
Sioule	-	Q30	510	PPRI	Bonne	2240	282.72	282.75	0.03
Sioule	-	Q100	650	PPRI	Bonne	2240	283.03	282.94	-0.09
Sioule	22/05/2017	20170522	25	BEJC	Bonne	2360	281.19	281.15	-0.04
Sioule	-	Q10	380	PPRI	Bonne	2360	282.84	282.92	0.08
Sioule	-	Q30	510	PPRI	Bonne	2360	283.12	283.19	0.07
Sioule	-	Q100	650	PPRI	Bonne	2360	283.37	283.44	0.07

Figure 6 : Synthèse des résultats de l'étalonnage du modèle hydraulique

Les écarts de calage entre les lignes d'eau modélisées et les lignes d'eau mesurées sont tous inférieurs à 10 cm, pour les niveaux de crue, et inférieurs à 5 cm pour les débits courants.

Ces écarts de calage sont considérés comme suffisants pour les besoins de l'étude.

IV.5. VALIDITE DU MODELE

Le modèle a été calibré à partir de données mesurées en basses à moyennes eaux et en crue. Son domaine de validité est donc principalement lié à ces mêmes périodes, ce qui regroupe la plupart des débits. Il est possible que la précision du modèle en période de crue courante soit légèrement inférieure, ce qui n'est pas problématique pour l'objectif de cette étude.

Par ailleurs, il convient de rappeler les limites inhérentes au modèle, notamment le caractère unidimensionnel des modélisations. Tout phénomène nécessitant de prendre en compte des écoulements bi- ou tridimensionnels ne peut être efficacement simulé par ce modèle. Par ailleurs, le modèle ne prend pas en compte la présence possible de phénomènes aggravant des inondations comme la présence d'embâcles au niveau d'un ouvrage hydraulique.

Chapitre V. RESULTATS DES MODELISATIONS

Les résultats des simulations sont fournis sous forme de profils en long et sous forme de tableaux. Seuls les graphiques et les lignes d'eau sont indiqués ci-dessous ; les tableaux de résultats détaillés sont insérés en annexe.

V.1. ETAT INITIAL

La modélisation correspond au secteur d'étude dans son état actuel.

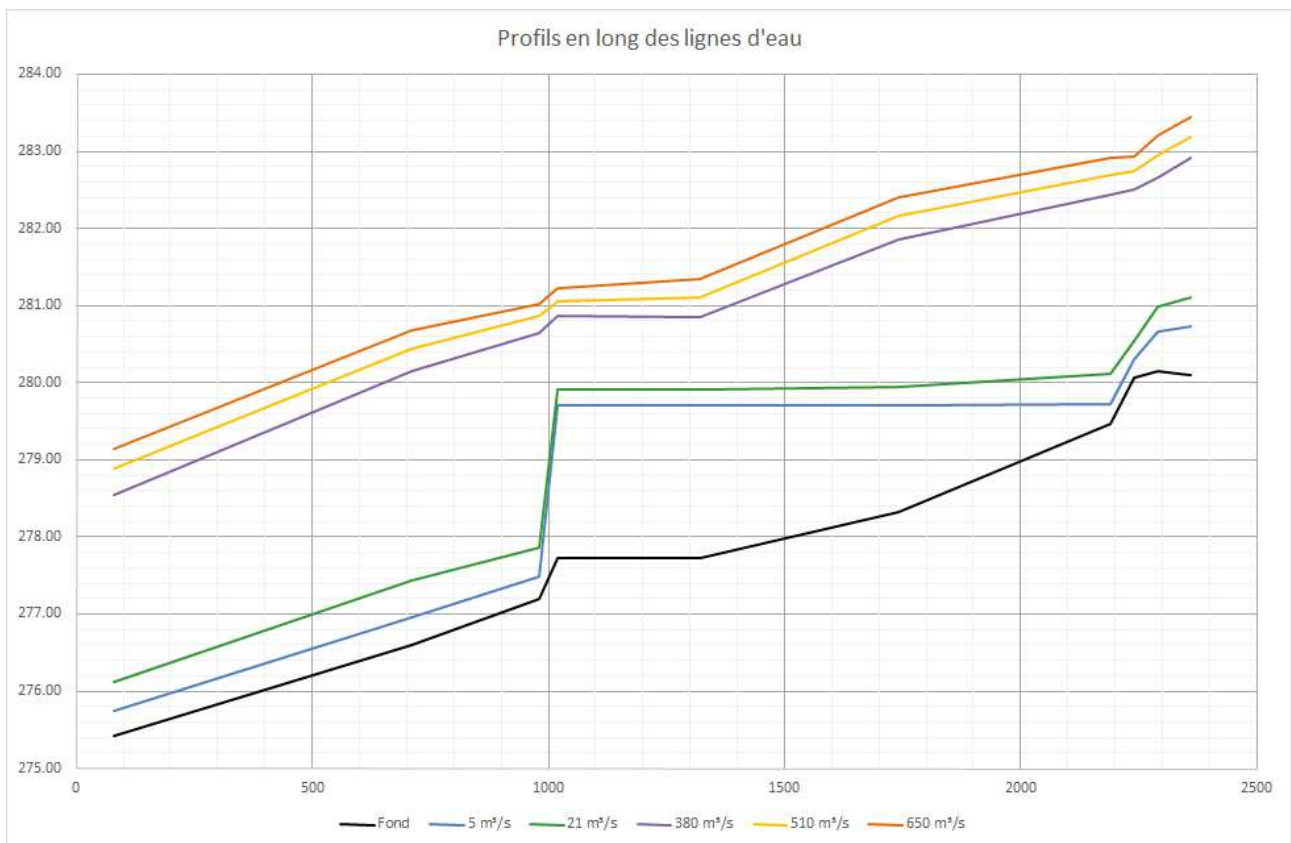


Figure 7 : Modélisations des lignes d'eau sur la Sioule – Etat initial

Le tableau suivant synthétise les lignes d'eau atteintes pour les différents débits.

Profil	Tronçon	Description	Etat Initial (NGF)				
			Qmna2	Module	Q10	Q30	Q100
2360	Sioule	Aval du pont de la RD42	280.73	281.10	282.92	283.19	283.44
2290	Sioule		280.66	280.99	282.66	282.95	283.21
2240	Sioule	Atterrissement	280.31	280.54	282.51	282.75	282.94
2190	Sioule		279.72	280.12	282.44	282.70	282.92
1740	Sioule		279.70	279.94	281.86	282.16	282.40
1320	Sioule		279.70	279.91	280.85	281.11	281.34
1020	Sioule	Amont du déversoir	279.70	279.91	280.87	281.06	281.23
980	Sioule	Aval du déversoir	277.48	277.86	280.65	280.87	281.02
710	Sioule		276.96	277.43	280.15	280.44	280.67
80	Sioule		275.74	276.12	278.55	278.89	279.15

Figure 8 : Lignes d'eau modélisées sur le secteur d'étude – Etat initial

V.2. ETAT PROJET

Cette modélisation permet d'apprécier l'impact du projet sur les lignes d'eau en cas de crue. Le projet consiste, par rapport à l'état initial, en :

- la mise à niveau de la crête du seuil à l'altitude 280.01 NGF,
- la surélévation de la crête rive droite à l'altitude 280.26 NGF sur une longueur de 20 m,
- la mise en place des vis hydrauliques en rive droite du seuil, ainsi que leur impact sur la surverse des débits au droit de l'ouvrage,
- l'enlèvement de l'atterrissement dans le lit de la Sioule en aval du seuil.

Le débit d'armement du projet est de 1.4 m³/s ; le débit d'équipement du projet est de 21 m³/s. Pour les trois débits de crue, les vis hydrauliques sont considérées comme hors fonctionnement.

La passe à poissons n'est pas modélisée directement, mais le débit dans la passe à poissons est pris en compte dans les modélisations. Le débit de montaison est considéré comme constat et égal à 800 l/s.

La figure suivante montre le profil en long de la Sioule.



Figure 9 : Profil en long de la Sioule – Etat projet 1

Le tableau suivant synthétise les lignes d'eau modélisées ainsi que les impacts par rapport à la situation de référence.

Profil	Tronçon	Description	Etat Projet (NGF)					Impact (m)				
			Qmna2	Module	Q10	Q30	Q100	Qmna2	Module	Q10	Q30	Q100
2360	Sioule	Aval du pont de la RD42	280.73	281.10	282.92	283.19	283.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2290	Sioule		280.67	280.99	282.66	282.95	283.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2240	Sioule	Atterrissement	280.31	280.54	282.51	282.75	282.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2190	Sioule		280.02	280.18	282.44	282.70	282.92	0.30	0.06	0.00	0.00	0.00
1740	Sioule		280.02	280.04	281.84	282.15	282.38	0.32	0.10	-0.02	-0.01	-0.02
1320	Sioule		280.02	280.02	281.03	281.20	281.38	0.32	0.11	0.18	0.09	0.04
1020	Sioule	Amont du déversoir	280.02	280.02	281.02	281.15	281.26	0.32	0.11	0.15	0.09	0.03
980	Sioule	Aval du déversoir	277.35	277.77	280.63	280.86	281.00	-0.13	-0.09	-0.02	-0.01	-0.02
710	Sioule		276.96	277.43	280.15	280.44	280.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	Sioule		275.74	276.12	278.55	278.89	279.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figure 10 : Lignes d'eau modélisées sur le secteur d'étude – Etat projet 1 et impacts

L'impact au niveau du déversoir du Moulin de Salles atteint 3 cm en cas de crue centennale et 15 cm pour la crue décennale. Cet impact semble important au regard de l'enjeu inondation et n'est pas compatible avec le PPRI.

Il convient cependant de nuancer cet impact, car les modélisations sont réalisées sans tenir compte du débit turbiné par les vis hydrauliques en projet. Par ailleurs, l'élévation du niveau de crue est limitée aux profils 1020 et 1320, soit en amont immédiat du barrage, mais ne se répercute pas plus loin en amont.

En aval du déversoir, le niveau d'eau est légèrement abaissé en raison de l'enlèvement de l'atterrissement dans le lit de la Sioule. Cet abaissement est principalement significatif en basses et moyennes eaux.

V.3. DIMENSIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE DECHARGE

Au regard de l'enjeu de la sécurité locale vis-à-vis des crues, il apparaît nécessaire de mettre en place un ouvrage de décharge, sous la forme d'un clapet.

Il est proposé la mise en place d'un clapet de décharge de 2.25 m de profondeur sur 12 m de largeur, qui sera manœuvré en période de crues.

Ce dimensionnement de clapet permet d'obtenir un impact faible en période de crue, négligeable au regard des incertitudes de calcul en crue décennale ou trentennale, et une absence d'impact en cas de crue centennale.

Le tableau suivant synthétise les niveaux d'eau dans l'état projet avec mise en place d'un clapet de décharge.

Profil	Tronçon	Description	Etat Projet (NGF)					Impact (m)				
			Qmna2	Module	Q10	Q30	Q100	Qmna2	Module	Q10	Q30	Q100
2360	Sioule	Aval du pont de la RD42	280.73	281.10	282.92	283.19	283.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2290	Sioule		280.67	280.99	282.66	282.95	283.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
2240	Sioule	Atterrissement	280.31	280.54	282.51	282.75	282.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2190	Sioule		280.02	280.18	282.44	282.70	282.92	0.30	0.06	0.00	0.00	0.00
1740	Sioule		280.02	280.04	281.86	282.16	282.40	0.32	0.10	0.00	0.00	0.00
1320	Sioule		280.02	280.02	280.86	281.10	281.33	0.32	0.11	0.01	-0.01	-0.01
1020	Sioule	Amont du déversoir	280.02	280.02	280.89	281.07	281.20	0.32	0.11	0.02	0.01	-0.03
980	Sioule	Aval du déversoir	277.35	277.77	280.63	280.86	281.00	-0.13	-0.09	-0.02	-0.01	-0.02
710	Sioule		276.96	277.43	280.15	280.44	280.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80	Sioule		275.74	276.12	278.55	278.89	279.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figure 11 : Lignes d'eau modélisées sur le secteur d'étude – Etat projet 2 et impacts

Chapitre VI. SYNTHÈSE

M. Jean-Christophe Semonsat souhaite acquérir le barrage dit de Salles établi sur la Sioule, sur les territoires des communes de Saint germain de Salles en rive gauche et Jenzat en rive droite. Le projet consiste à réaliser au barrage un ouvrage de franchissement piscicole, la création de trois vis d'Archimède au barrage, et la remise à niveau du barrage à son altitude historique.

Un modèle numérique du site a été réalisé à partir des relevés topographiques disponibles. Le calage du modèle a été réalisé à l'aide de débits courants et à partir des débits de crue indiqués par le PPRI. Le calage du modèle est considéré comme satisfaisant.

Il apparaît que le projet, en l'état entraîne une élévation du niveau des crues qui atteint 15 cm en cas de crue décennale et 3 cm en crue centennale.

La mise en place d'un clapet de décharge de 2.25 m de profondeur et large de 12 m permet d'obtenir un impact nul du projet sur les crues centennales et un impact faible à négligeable pour les crues plus fréquentes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages

- *Taschenbuch der Wasserwirtschaft, 6. Auflage*, Bretschneider, Lecher, Schmidt, Verlag Paul Parey, 1982
- *Technische Hydraulik, Kompendium für den Wasserbau*, Schröder, Verlag Springer-Lehrbuch, 1994
- *Manuel d'hydraulique générale*, Lencastre, éditions Eyrolles, 1996
- *Contrôle des débits réglementaires*, ONEMA, 2011
- *HEC RAS, User's Manual*, US Army Corps of Engineers, Hydrolic Engineering Center, 2010
- *HEC RAS, Hydraulic Reference Manual, version 4.1*, US Army Corps of Engineers, Hydrolic Engineering Center, 2010
- *Charte qualité de l'hydrométrie, code de bonnes pratiques*, banque Hydro, 1998
- *Hydrologie appliquée*, Musy, HGA, 1998
- *Hydrologie de surface*, Roche, Gauthier-Villars, 1963
- *Plan de prévention des risques naturels (PPR) Rivière Sioule, Communes de Jenzat et Saint-Germain-de-Salles (ALLIER) – Note de présentation*

Sites Internet

- BANQUE HYDRO : <http://www.hydro.eaufrance.fr>
- GEOPORTAIL : <http://www.geoportail.gouv.fr>
- IGN : <http://www.geodesie.ign.fr>

DOCUMENTS ANNEXES

ANNEXE RESULTATS DES MODELISATIONS (HEC-RAS)

NOTE SUR LA LECTURE DES RESULTATS

CALAGE DU MODELE

ETAT INITIAL

ETAT PROJET

ETAT PROJET AVEC MISE EN PLACE DU CLAPET

LECTURE DES RESULTATS HEC-RAS

L'objet de la présente note est de présenter le détail des résultats fournis par le logiciel Hec-Ras dans le cadre de modélisations hydrauliques.

Les résultats sont extraits du logiciel sous la forme de tableaux, dont la signification est indiquée ci-dessous. La lecture et l'analyse de certains des résultats nécessitent un minimum de connaissance en hydraulique fluviale qui n'est pas repris ici.

La figure suivante montre un exemple type des résultats extraits par le logiciel. L'affichage est paramétrable, et la présentation peut parfois être distincte de celle indiquée ci-dessous.

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Riviere	Amont	207	Q2	13	619,20	620,80	619,88	620,86	0,000587	1,06	12,23	7,90	0,27
Riviere	Amont	207	Q10	21	619,20	621,38	620,13	621,46	0,000604	1,25	16,86	8,08	0,28
Riviere	Amont	207	Q100	32	619,20	622,09	620,43	622,19	0,000596	1,41	22,78	9,49	0,27
Riviere	Amont	203		Culvert									
Riviere	Amont	190	Q2	13	619,16	620,34		620,42	0,003978	1,20	10,80	10,79	0,38
Riviere	Amont	190	Q10	21	619,16	620,64		620,75	0,004759	1,49	14,09	11,54	0,43
Riviere	Amont	190	Q100	32	619,16	620,97		621,13	0,005356	1,77	18,10	12,40	0,47
Riviere	Aval	150	Q2	22	618,70	619,84	619,61	620,04	0,018049	2,00	10,99	12,56	0,68
Riviere	Aval	150	Q10	35	618,70	620,13	619,89	620,37	0,016053	2,22	18,92	23,23	0,67
Riviere	Aval	150	Q100	53	618,70	620,46	620,20	620,74	0,014903	2,46	26,81	24,66	0,67
Affluent	Amont	195	Q2	9	618,80	620,44		620,50	0,003649	1,08	8,34	7,42	0,32
Affluent	Amont	195	Q10	14	618,80	620,75		620,84	0,004398	1,31	10,70	8,06	0,36
Affluent	Amont	195	Q100	21	618,80	621,09		621,21	0,004845	1,54	14,58	21,04	0,39

Chaque **colonne** du tableau correspond à une caractéristique distincte de l'écoulement ou de la morphologie du cours d'eau.

Chaque **ligne** du tableau correspond à une localisation et une condition hydrologique précise.

La colonne River (cours d'eau) précise de quel cours d'eau les caractéristiques sont indiquées. Lorsque les modélisations ne font intervenir qu'un seul cours d'eau, cette colonne est optionnelle.

La colonne Reach (tronçon) précise de quel tronçon du cours d'eau les caractéristiques sont indiquées.

La colonne River Sta (Station du cours d'eau) précise la localisation du profil en travers utilisé. Pour un même tronçon d'un cours d'eau, les stations sont obligatoirement décroissantes de l'amont vers l'aval.

La colonne Profile (Profil [hydrologique]) précise les conditions hydrologiques modélisées.

La colonne Q_Total précise le débit total modélisé dans le cours d'eau, en m^3/s . Il s'agit du débit dans les lits mineurs et majeurs. Seul le débit dans le tronçon est indiqué, sans tenir compte de celui des affluents. Par ailleurs, le débit peut, pour une même condition hydrologique, être modifié d'une station à une autre (notamment lorsqu'il existe une confluence ou défluence sur le réseau hydrographique).

La colonne Min_Ch_El (pour Minimal Channel Elevation) donne l'altitude du point le plus bas du lit mineur. A noter que cette valeur est utilisée pour tracer le profil en long du lit.

La colonne Ws_El (pour Waterstand Elevation) donne l'altitude du niveau d'eau modélisé.

La Colonne Crit_WS donne l'altitude du niveau d'eau critique (écoulement fluvial ou torrentiel).

La colonne EG_El donne l'altitude de la charge hydraulique (énergie hydraulique des écoulements sous la forme d'une hauteur).

La colonne EG_Slope donne la pente de la charge hydraulique.

La colonne Vel_Ch (pour Velocity Channel) donne la vitesse d'écoulement moyenne dans le lit mineur. A noter qu'il s'agit d'une valeur moyenne.

La colonne Flow_Area donne la section d'écoulement totale du profil en travers.

La colonne Top_Width donne la largeur en eau du profil en travers (largeur au miroir).

La colonne Froude_#_Chl donne le nombre de Froude du lit mineur (le nombre de Froude permet de caractériser si l'énergie des écoulements est principalement dominée par l'énergie potentielle ou l'énergie cinétique).

La ligne correspondant à la station 203 représente un ouvrage hydraulique, dont les caractéristiques ne sont pas indiquées dans le même tableau.

Calage

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	2360	Kaufmann	3.3	280.1	280.68	280.37	280.68	0.000363	0.21	15.41	55.17	0.13
Sioule	2360	20161208	13	280.1	280.97	280.55	280.98	0.000529	0.38	34.32	69.21	0.17
Sioule	2360	20170522	25	280.1	281.15	280.67	281.17	0.000715	0.53	47.24	72.32	0.21
Sioule	2360	Q10	380	280.1	282.92	281.92	283.06	0.001699	1.75	311.17	454.5	0.39
Sioule	2360	Q30	510	280.1	283.19	282.21	283.35	0.001706	1.9	442.08	496.47	0.4
Sioule	2360	Q100	650	280.1	283.44	282.7	283.61	0.001704	2.03	570.83	573.32	0.4
Sioule	2360	20170119	32	280.1	281.24	280.72	281.26	0.000796	0.6	53.47	73.77	0.22
Sioule	2360	20170207	23	280.1	281.13	280.65	281.14	0.00069	0.51	45.29	71.86	0.2
Sioule	2290	Kaufmann	3.3	280.15	280.62		280.63	0.002215	0.47	7.04	30.19	0.31
Sioule	2290	20161208	13	280.15	280.88		280.9	0.003041	0.67	19.4	61.8	0.38
Sioule	2290	20170522	25	280.15	281.04	280.82	281.08	0.003058	0.85	29.58	66.76	0.41
Sioule	2290	Q10	380	280.15	282.66		282.89	0.003345	2.23	241.47	367.55	0.53
Sioule	2290	Q30	510	280.15	282.95		283.18	0.003118	2.34	353.38	401.18	0.53
Sioule	2290	Q100	650	280.15	283.21		283.45	0.002854	2.43	476.63	579.08	0.51
Sioule	2290	20170119	32	280.15	281.11	280.87	281.16	0.003068	0.92	34.67	68.73	0.41
Sioule	2290	20170207	23	280.15	281.01	280.8	281.05	0.00306	0.82	28	66.01	0.4
Sioule	2240	Kaufmann	3.3	280.06	280.29	280.29	280.34	0.031868	1.03	3.21	31.43	1.02
Sioule	2240	20161208	13	280.06	280.45	280.45	280.56	0.023984	1.51	8.6	37.99	1.01
Sioule	2240	20170522	25	280.06	280.58	280.58	280.74	0.021268	1.79	13.94	43.53	1.01
Sioule	2240	Q10	380	280.06	282.51		282.73	0.003027	2.15	278.8	324.61	0.51
Sioule	2240	Q30	510	280.06	282.75		283.02	0.003347	2.45	361.51	365.88	0.55
Sioule	2240	Q100	650	280.06	282.94		283.27	0.003786	2.76	435.36	406.75	0.59
Sioule	2240	20170119	32	280.06	280.64	280.64	280.82	0.020361	1.89	16.93	47.33	1.01
Sioule	2240	20170207	23	280.06	280.56	280.56	280.71	0.021483	1.75	13.12	42.73	1.01
Sioule	2190	Kaufmann	03-01-1900	279.46	279.69	279.61	279.7	0.004958	0.51	6.45	44.52	0.43
Sioule	2190	20161208	13	279.46	279.95	279.75	279.97	0.00258	0.7	18.51	48.57	0.36
Sioule	2190	20170522	25	279.46	280.2	279.86	280.23	0.001855	0.8	31.22	52.5	0.33
Sioule	2190	Q10	380	279.46	282.44		282.6	0.001665	1.86	442.6	924.63	0.39
Sioule	2190	Q30	510	279.46	282.7		282.88	0.001706	2.02	710.48	1154.04	0.4
Sioule	2190	Q100	650	279.46	282.92		283.11	0.001773	2.18	984.37	1301.33	0.42
Sioule	2190	20170119	32	279.46	280.32	279.91	280.36	0.001679	0.85	37.85	54.43	0.32
Sioule	2190	20170207	23	279.46	280.16	279.84	280.19	0.001925	0.79	29.23	51.9	0.33
Sioule	1740	Kaufmann	3.3	278.32	279.68		279.68	0.000009	0.09	38.4	38.08	0.03
Sioule	1740	20161208	13	278.32	279.85		279.85	0.00009	0.29	44.88	40.23	0.09
Sioule	1740	20170522	25	278.32	279.98		279.99	0.000239	0.5	50.32	41.96	0.14

Calage

Sioule	1740	Q10	380	278.32	281.86	281.15	281.96	0.001155	1.7	863.75	1300.41	0.36
Sioule	1740	Q30	510	278.32	282.16		282.25	0.001067	1.77	1272.53	1450.09	0.35
Sioule	1740	Q100	11-10-1901	278.32	282.4		282.49	0.00101	1.83	1621.43	1470.9	0.34
Sioule	1740	20170119	32	278.32	280.04		280.06	0.000336	0.6	53.16	42.83	0.17
Sioule	1740	20170207	23	278.32	279.96		279.97	0.000212	0.46	49.48	41.7	0.14
Sioule	1320	Kaufmann	3.3	277.73	279.68		279.68	0.000001	0.05	71.12	42.04	0.01
Sioule	1320	20161208	13	277.73	279.83		279.84	0.000016	0.17	77.69	42.71	0.04
Sioule	1320	20170522	25	277.73	279.94		279.95	0.000049	0.3	82.42	43.18	0.07
Sioule	1320	Q10	380	277.73	280.85	280.02	281.22	0.002738	2.82	321.23	762.06	0.55
Sioule	1320	Q30	510	277.73	281.11	281	281.52	0.003024	3.12	544.34	999.62	0.59
Sioule	1320	Q100	650	277.73	281.34	281.28	281.77	0.0031	3.33	826.95	1354.09	0.6
Sioule	1320	20170119	32	277.73	279.99		280	0.000074	0.38	84.61	43.39	0.09
Sioule	1320	20170207	23	277.73	279.93		279.93	0.000043	0.28	81.73	43.11	0.07
Sioule	1020	Kaufmann	3	277.73	279.68	277.83	279.68	0	0.01	266.51	153.15	0
Sioule	1020	20161208	12-01-1900	277.73	279.83	277.91	279.83	0.000001	0.04	290.42	156.54	0.01
Sioule	1020	20170522	24.7	277.73	279.94	277.96	279.94	0.000003	0.08	307.93	165.44	0.02
Sioule	1020	Q10	380	277.73	280.87	278.74	280.9	0.000207	0.82	563.04	352.3	0.16
Sioule	1020	Q30	510	277.73	281.06	278.94	281.12	0.000296	1.02	649.79	629.63	0.19
Sioule	1020	Q100	650	277.73	281.23	279.13	281.3	0.000393	1.22	764.39	715.66	0.22
Sioule	1020	20170119	31.7	277.73	279.99	277.99	279.99	0.000005	0.1	316.61	180	0.02
Sioule	1020	20170207	22.7	277.73	279.93	277.95	279.93	0.000003	0.07	305.34	162.27	0.02
Sioule	1000		Inl Struct									
Sioule	980	Kaufmann	3.3	277.19	277.44		277.46	0.008198	0.58	5.65	40.1	0.5
Sioule	980	20161208	13	277.19	277.69		277.72	0.003973	0.71	18.32	56.34	0.4
Sioule	980	20170522	25	277.19	277.93		277.96	0.002533	0.77	32.4	62.61	0.34
Sioule	980	Q10	380	277.19	280.65		280.76	0.001074	1.53	310.57	232.81	0.29
Sioule	980	Q30	510	277.19	280.87		281.04	0.001433	1.86	367.62	278.97	0.34
Sioule	980	Q100	650	277.19	281.02		281.25	0.001912	2.21	418.49	452.45	0.4
Sioule	980	20170119	32	277.19	278.04		278.08	0.002123	0.8	39.81	63.35	0.32
Sioule	980	20170207	23	277.19	277.89		277.92	0.002694	0.76	30.21	62.38	0.35
Sioule	710	Kaufmann	3.3	276.59	276.9		276.91	0.001684	0.42	7.91	28.26	0.25
Sioule	710	20161208	13	276.59	277.24		277.27	0.001899	0.73	17.77	29.76	0.3
Sioule	710	20170522	25	276.59	277.52	277.05	277.56	0.002061	0.96	26.12	30.97	0.33
Sioule	710	Q10	380	276.59	280.15	279.14	280.41	0.003097	2.35	237.48	417.96	0.48
Sioule	710	Q30	510	276.59	280.44	279.69	280.68	0.002785	2.4	466.94	946.88	0.47
Sioule	710	Q100	650	276.59	280.67	280.46	280.87	0.002499	2.4	693.56	1045.13	0.45

Calage

Sioule	710	20170119	32	276.59	277.65		277.7	0.00214	1.06	30.23	31.65	0.35
Sioule	710	20170207	23	276.59	277.48	277.03	277.52	0.002038	0.92	24.87	30.79	0.33
Sioule	80	Kaufmann	3.3	275.42	275.69	275.57	275.7	0.0022	0.39	8.52	41.62	0.27
Sioule	80	20161208	13	275.42	275.96	275.7	275.98	0.002201	0.65	19.94	44.6	0.31
Sioule	80	20170522	25	275.42	276.18	275.82	276.22	0.002203	0.83	30.17	47.12	0.33
Sioule	80	Q10	380	275.42	278.55	277.41	278.77	0.002201	2.13	287.33	469.45	0.42
Sioule	80	Q30	510	275.42	278.89	277.78	279.12	0.002204	2.31	504.54	815.42	0.43
Sioule	80	Q100	650	275.42	279.15	278.27	279.39	0.0022	2.45	733.98	947.4	0.43
Sioule	80	20170119	32	275.42	276.29	275.88	276.33	0.002201	0.9	35.36	48.34	0.34
Sioule	80	20170207	23	275.42	276.15	275.8	276.18	0.002201	0.8	28.61	46.74	0.33

Results INI

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	2360	Qmna2	4.5	280.10	280.73	280.40	280.74	0.000400	0.24	18.61	59.69	0.14
Sioule	2360	Module	21	280.10	281.10	280.63	281.11	0.000663	0.49	43.29	71.38	0.20
Sioule	2360	Q10	380	280.10	282.92	281.92	283.06	0.001699	1.75	311.17	454.50	0.39
Sioule	2360	Q30	510	280.10	283.19	282.21	283.35	0.001706	1.90	442.08	496.47	0.40
Sioule	2360	Q100	650	280.10	283.44	282.70	283.61	0.001704	2.03	570.83	573.32	0.40
Sioule	2290	Qmna2	4.5	280.15	280.66		280.68	0.002439	0.53	8.57	33.31	0.33
Sioule	2290	Module	21	280.15	280.99	280.78	281.02	0.003058	0.80	26.39	65.25	0.40
Sioule	2290	Q10	380	280.15	282.66		282.89	0.003345	2.23	241.47	367.55	0.53
Sioule	2290	Q30	510	280.15	282.95		283.18	0.003118	2.34	353.38	401.18	0.53
Sioule	2290	Q100	650	280.15	283.21		283.45	0.002854	2.43	476.63	579.08	0.51
Sioule	2240	Qmna2	4.5	280.06	280.31	280.31	280.38	0.029855	1.13	4.00	32.47	1.02
Sioule	2240	Module	21	280.06	280.54	280.54	280.69	0.021874	1.71	12.25	41.86	1.01
Sioule	2240	Q10	380	280.06	282.51		282.73	0.003027	2.15	278.80	324.61	0.51
Sioule	2240	Q30	510	280.06	282.75		283.02	0.003347	2.45	361.51	365.88	0.55
Sioule	2240	Q100	650	280.06	282.94		283.27	0.003786	2.76	435.36	406.75	0.59
Sioule	2190	Qmna2	4.5	279.46	279.72	279.64	279.73	0.004838	0.57	7.87	45.01	0.44
Sioule	2190	Module	21	279.46	280.12	279.82	280.15	0.002011	0.77	27.19	51.28	0.34
Sioule	2190	Q10	380	279.46	282.44		282.60	0.001665	1.86	442.60	924.63	0.39
Sioule	2190	Q30	510	279.46	282.70		282.88	0.001706	2.02	710.48	1154.04	0.40
Sioule	2190	Q100	650	279.46	282.92		283.11	0.001773	2.18	984.37	1301.33	0.42
Sioule	1740	Qmna2	4.5	278.32	279.70		279.70	0.000016	0.11	39.30	38.38	0.04
Sioule	1740	Module	21	278.32	279.94		279.95	0.000186	0.43	48.61	41.42	0.13
Sioule	1740	Q10	380	278.32	281.86	281.15	281.96	0.001155	1.70	863.75	1300.41	0.36
Sioule	1740	Q30	510	278.32	282.16		282.25	0.001067	1.77	1272.53	1450.09	0.35
Sioule	1740	Q100	650	278.32	282.40		282.49	0.001010	1.83	1621.43	1470.90	0.34
Sioule	1320	Qmna2	4.5	277.73	279.70		279.70	0.000002	0.06	72.07	42.14	0.02
Sioule	1320	Module	21	277.73	279.91		279.91	0.000036	0.26	81.01	43.04	0.06
Sioule	1320	Q10	380	277.73	280.85	280.02	281.22	0.002738	2.82	321.23	762.06	0.55
Sioule	1320	Q30	510	277.73	281.11	281.00	281.52	0.003024	3.12	544.34	999.62	0.59
Sioule	1320	Q100	650	277.73	281.34	281.28	281.77	0.003100	3.33	826.95	1354.09	0.60
Sioule	1020	Qmna2	4.1	277.73	279.70	277.84	279.70	0.000000	0.02	269.99	153.41	0.00
Sioule	1020	Module	20.5	277.73	279.91	277.94	279.91	0.000002	0.07	302.63	160.27	0.02
Sioule	1020	Q10	380	277.73	280.87	278.74	280.90	0.000207	0.82	563.04	352.30	0.16
Sioule	1020	Q30	510	277.73	281.06	278.94	281.12	0.000296	1.02	649.79	629.63	0.19
Sioule	1020	Q100	650	277.73	281.23	279.13	281.30	0.000393	1.22	764.39	715.66	0.22
Sioule	1000		Inl Struct									
Sioule	980	Qmna2	4.5	277.19	277.48		277.50	0.007167	0.61	7.37	44.15	0.48
Sioule	980	Module	21	277.19	277.86		277.88	0.002884	0.75	27.98	62.16	0.36
Sioule	980	Q10	380	277.19	280.65		280.76	0.001074	1.53	310.56	232.81	0.29
Sioule	980	Q30	510	277.19	280.87		281.04	0.001433	1.86	367.62	278.97	0.34
Sioule	980	Q100	650	277.19	281.02		281.25	0.001912	2.21	418.49	452.45	0.40

Results INI

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	710	Qmna2	4.5	276.59	276.96		276.97	0.001718	0.47	9.51	28.51	0.26
Sioule	710	Module	21	276.59	277.43		277.47	0.002014	0.89	23.57	30.60	0.32
Sioule	710	Q10	380	276.59	280.15	279.14	280.41	0.003098	2.35	237.43	417.89	0.48
Sioule	710	Q30	510	276.59	280.44	279.69	280.68	0.002785	2.40	466.94	946.88	0.47
Sioule	710	Q100	650	276.59	280.67	280.46	280.87	0.002499	2.40	693.56	1045.13	0.45
Sioule	80	Qmna2	4.5	275.42	275.74	275.59	275.75	0.002203	0.44	10.30	42.10	0.28
Sioule	80	Module	21	275.42	276.12	275.79	276.15	0.002201	0.78	27.00	46.35	0.33
Sioule	80	Q10	380	275.42	278.55	277.41	278.77	0.002201	2.13	287.33	469.45	0.42
Sioule	80	Q30	510	275.42	278.89	277.78	279.12	0.002204	2.31	504.54	815.42	0.43
Sioule	80	Q100	650	275.42	279.15	278.27	279.39	0.002200	2.45	733.98	947.40	0.43

Results PRJ

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	2360	Qmna2	4.5	280.10	280.73	280.40	280.74	0.000398	0.24	18.64	59.73	0.14
Sioule	2360	Module	21	280.10	281.10	280.63	281.11	0.000663	0.49	43.29	71.38	0.20
Sioule	2360	Q10	380	280.10	282.92	281.92	283.06	0.001699	1.75	311.19	454.53	0.39
Sioule	2360	Q30	510	280.10	283.19	282.21	283.35	0.001706	1.90	442.07	496.47	0.40
Sioule	2360	Q100	650	280.10	283.44	282.70	283.61	0.001705	2.03	570.67	573.19	0.41
Sioule	2290	Qmna2	4.5	280.15	280.67	280.48	280.68	0.002415	0.52	8.60	33.37	0.33
Sioule	2290	Module	21	280.15	280.99	280.78	281.02	0.003054	0.80	26.41	65.25	0.40
Sioule	2290	Q10	380	280.15	282.66		282.89	0.003344	2.23	241.51	367.57	0.53
Sioule	2290	Q30	510	280.15	282.95		283.18	0.003119	2.34	353.34	401.17	0.53
Sioule	2290	Q100	650	280.15	283.21		283.45	0.002858	2.43	476.25	579.00	0.51
Sioule	2240	Qmna2	4.5	280.06	280.31	280.31	280.38	0.029855	1.13	4.00	32.47	1.02
Sioule	2240	Module	21	280.06	280.54	280.54	280.69	0.021874	1.71	12.25	41.86	1.01
Sioule	2240	Q10	380	280.06	282.51		282.73	0.003026	2.15	278.87	324.64	0.51
Sioule	2240	Q30	510	280.06	282.75		283.02	0.003347	2.45	361.47	365.85	0.55
Sioule	2240	Q100	650	280.06	282.94		283.27	0.003795	2.76	434.84	406.48	0.59
Sioule	2190	Qmna2	4.5	279.46	280.02	279.64	280.03	0.000169	0.20	22.41	49.81	0.10
Sioule	2190	Module	21	279.46	280.18	279.82	280.20	0.001449	0.70	30.21	52.20	0.29
Sioule	2190	Q10	380	279.46	282.44		282.60	0.001664	1.86	442.84	924.75	0.39
Sioule	2190	Q30	510	279.46	282.70		282.88	0.001707	2.02	710.33	1153.88	0.40
Sioule	2190	Q100	650	279.46	282.92		283.10	0.001780	2.18	982.07	1300.87	0.42
Sioule	1740	Qmna2	4.5	278.32	280.02		280.02	0.000007	0.09	51.97	42.47	0.02
Sioule	1740	Module	21	278.32	280.04		280.04	0.000147	0.40	52.82	42.73	0.11
Sioule	1740	Q10	380	278.32	281.84		281.95	0.001219	1.74	835.77	1282.13	0.36
Sioule	1740	Q30	510	278.32	282.15		282.24	0.001098	1.79	1255.52	1449.07	0.35
Sioule	1740	Q100	650	278.32	282.38		282.47	0.001046	1.85	1597.36	1469.47	0.35
Sioule	1320	Qmna2	4.5	277.73	280.02		280.02	0.000001	0.05	85.53	43.48	0.01
Sioule	1320	Module	21	277.73	280.02		280.02	0.000031	0.25	85.52	43.48	0.06
Sioule	1320	Q10	380	277.73	281.03	280.02	281.29	0.001940	2.46	473.67	922.92	0.47
Sioule	1320	Q30	510	277.73	281.20	281.01	281.55	0.002543	2.92	647.36	1155.57	0.54
Sioule	1320	Q100	650	277.73	281.38	281.28	281.77	0.002846	3.21	877.04	1365.87	0.58
Sioule	1020	Qmna2	0.01	277.73	280.02	277.74	280.02	0.000000	0.00	319.71	165.36	0.00
Sioule	1020	Module	0.01	277.73	280.02	277.74	280.02	0.000000	0.00	319.71	165.36	0.00
Sioule	1020	Q10	380	277.73	281.02	278.74	281.05	0.000174	0.77	606.72	317.78	0.14
Sioule	1020	Q30	510	277.73	281.15	278.94	281.20	0.000265	0.99	711.13	704.29	0.18
Sioule	1020	Q100	650	277.73	281.26	279.14	281.33	0.000378	1.20	787.61	725.49	0.21
Sioule	1000		Inl Struct									
Sioule	980	Qmna2	4.5	277.15	277.35		277.36	0.003369	0.46	9.82	51.42	0.33
Sioule	980	Module	21	277.15	277.77		277.79	0.001617	0.62	33.77	64.45	0.27

Results PRJ

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	980	Q10	380	277.15	280.63		280.73	0.000854	1.44	325.43	232.23	0.27
Sioule	980	Q30	510	277.15	280.86		281.00	0.001159	1.75	383.17	274.04	0.31
Sioule	980	Q100	650	277.15	281.00		281.21	0.001593	2.10	426.47	398.77	0.37
Sioule	710	Qmna2	4.5	276.59	276.96		276.97	0.001718	0.47	9.51	28.51	0.26
Sioule	710	Module	21	276.59	277.43		277.47	0.002014	0.89	23.57	30.60	0.32
Sioule	710	Q10	380	276.59	280.15	279.14	280.41	0.003098	2.35	237.43	417.89	0.48
Sioule	710	Q30	510	276.59	280.44	279.69	280.68	0.002785	2.40	466.90	946.85	0.47
Sioule	710	Q100	650	276.59	280.67	280.46	280.87	0.002499	2.40	693.56	1045.13	0.45
Sioule	80	Qmna2	4.5	275.42	275.74	275.59	275.75	0.002203	0.44	10.30	42.10	0.28
Sioule	80	Module	21	275.42	276.12	275.79	276.15	0.002201	0.78	27.00	46.35	0.33
Sioule	80	Q10	380	275.42	278.55	277.41	278.77	0.002201	2.13	287.33	469.45	0.42
Sioule	80	Q30	510	275.42	278.89	277.78	279.12	0.002204	2.31	504.54	815.42	0.43
Sioule	80	Q100	650	275.42	279.15	278.27	279.39	0.002200	2.45	733.98	947.40	0.43

Results PRJ avec Clapet

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	2360	Qmna2	4.5	280.10	280.73	280.40	280.74	0.000398	0.24	18.64	59.73	0.14
Sioule	2360	Module	21	280.10	281.10	280.63	281.11	0.000663	0.49	43.29	71.38	0.20
Sioule	2360	Q10	380	280.10	282.92	281.92	283.06	0.001699	1.75	311.17	454.50	0.39
Sioule	2360	Q30	510	280.10	283.19	282.21	283.35	0.001705	1.90	442.10	496.48	0.40
Sioule	2360	Q100	650	280.10	283.44	282.70	283.61	0.001704	2.03	570.85	573.34	0.40
Sioule	2290	Qmna2	4.5	280.15	280.67	280.48	280.68	0.002415	0.52	8.60	33.37	0.33
Sioule	2290	Module	21	280.15	280.99	280.78	281.02	0.003054	0.80	26.41	65.25	0.40
Sioule	2290	Q10	380	280.15	282.66		282.89	0.003345	2.23	241.47	367.55	0.53
Sioule	2290	Q30	510	280.15	282.95		283.18	0.003118	2.34	353.39	401.18	0.53
Sioule	2290	Q100	650	280.15	283.21		283.45	0.002854	2.43	476.69	579.09	0.51
Sioule	2240	Qmna2	4.5	280.06	280.31	280.31	280.38	0.029855	1.13	4.00	32.47	1.02
Sioule	2240	Module	21	280.06	280.54	280.54	280.69	0.021874	1.71	12.25	41.86	1.01
Sioule	2240	Q10	380	280.06	282.51		282.73	0.003027	2.15	278.80	324.61	0.51
Sioule	2240	Q30	510	280.06	282.75		283.02	0.003347	2.45	361.52	365.88	0.55
Sioule	2240	Q100	650	280.06	282.94		283.27	0.003785	2.76	435.43	406.79	0.59
Sioule	2190	Qmna2	4.5	279.46	280.02	279.64	280.03	0.000169	0.20	22.41	49.81	0.10
Sioule	2190	Module	21	279.46	280.18	279.82	280.20	0.001449	0.70	30.21	52.19	0.29
Sioule	2190	Q10	380	279.46	282.44		282.60	0.001665	1.86	442.58	924.62	0.39
Sioule	2190	Q30	510	279.46	282.70		282.88	0.001706	2.02	710.52	1154.09	0.40
Sioule	2190	Q100	650	279.46	282.92		283.11	0.001772	2.18	984.69	1301.39	0.42
Sioule	1740	Qmna2	4.5	278.32	280.02		280.02	0.000007	0.09	51.97	42.47	0.02
Sioule	1740	Module	21	278.32	280.04		280.04	0.000147	0.40	52.82	42.73	0.11
Sioule	1740	Q10	380	278.32	281.86	281.15	281.96	0.001157	1.71	862.91	1299.86	0.36
Sioule	1740	Q30	510	278.32	282.16		282.25	0.001063	1.77	1274.74	1450.22	0.35
Sioule	1740	Q100	650	278.32	282.40		282.49	0.001006	1.82	1624.49	1471.08	0.34
Sioule	1320	Qmna2	4.5	277.73	280.02		280.02	0.000001	0.05	85.53	43.48	0.01
Sioule	1320	Module	21	277.73	280.02		280.02	0.000031	0.25	85.52	43.48	0.06
Sioule	1320	Q10	380	277.73	280.86	280.02	281.23	0.002689	2.80	329.06	789.70	0.55
Sioule	1320	Q30	510	277.73	281.10	280.98	281.51	0.003074	3.14	535.52	984.34	0.59
Sioule	1320	Q100	650	277.73	281.33	281.33	281.76	0.003179	3.36	808.04	1348.60	0.61
Sioule	1020	Qmna2	0.01	277.73	280.02	277.74	280.02	0.000000	0.00	330.14	165.62	0.00
Sioule	1020	Module	0.01	277.73	280.02	277.74	280.02	0.000000	0.00	330.14	165.62	0.00
Sioule	1020	Q10	380	277.73	280.89	278.67	280.92	0.000189	0.80	575.18	314.00	0.15
Sioule	1020	Q30	510	277.73	281.07	278.87	281.12	0.000275	1.00	662.74	637.27	0.18
Sioule	1020	Q100	650	277.73	281.20	279.07	281.28	0.000380	1.21	757.19	708.04	0.22
Sioule	1000		Inl Struct									
Sioule	980	Qmna2	4.5	277.15	277.35		277.36	0.003370	0.46	9.82	51.42	0.33
Sioule	980	Module	21	277.15	277.77		277.79	0.001617	0.62	33.77	64.45	0.27

Results PRJ avec Clapet

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Sioule	980	Q10	380	277.15	280.63		280.73	0.000854	1.44	325.43	232.23	0.27
Sioule	980	Q30	510	277.15	280.86		281.00	0.001159	1.75	383.17	274.04	0.31
Sioule	980	Q100	650	277.15	281.00		281.21	0.001593	2.10	426.47	398.77	0.37
Sioule	710	Qmna2	4.5	276.59	276.96		276.97	0.001717	0.47	9.51	28.51	0.26
Sioule	710	Module	21	276.59	277.43		277.47	0.002014	0.89	23.57	30.60	0.32
Sioule	710	Q10	380	276.59	280.15	279.14	280.41	0.003098	2.35	237.43	417.89	0.48
Sioule	710	Q30	510	276.59	280.44	279.69	280.68	0.002785	2.40	466.92	946.87	0.47
Sioule	710	Q100	650	276.59	280.67	280.46	280.87	0.002499	2.40	693.56	1045.13	0.45
Sioule	80	Qmna2	4.5	275.42	275.74	275.59	275.75	0.002203	0.44	10.30	42.10	0.28
Sioule	80	Module	21	275.42	276.12	275.79	276.15	0.002201	0.78	27.00	46.35	0.33
Sioule	80	Q10	380	275.42	278.55	277.41	278.77	0.002201	2.13	287.33	469.45	0.42
Sioule	80	Q30	510	275.42	278.89	277.78	279.12	0.002204	2.31	504.54	815.42	0.43
Sioule	80	Q100	650	275.42	279.15	278.27	279.39	0.002200	2.45	733.98	947.40	0.43