

# Syndicat Intercommunal pour l'Aménagement Hydraulique de la Vallée de l'Yvette

Restauration de la continuité écologique de  
l'Angoulême et programme de lutte contre les  
inondations au lieu-dit du Baratage à Gometz-Le-  
Châtel et Bures-sur-Yvette

## Modélisation Hydraulique



Etabli le 30/03/21  
Modifié le 11/01/22



# Sommaire

<b>PREAMBULE</b> .....	<b>3</b>
<b>1 MODELISATIONS HYDRAULIQUES</b> .....	<b>5</b>
1.1 PRESENTATION DU LOGICIEL UTILISE .....	5
1.2 PRESENTATION DU MODELE DU RUISSEAU D'ANGOULEME .....	6
1.2.1 Construction du modèle .....	6
1.2.2 Conditions aux limites .....	7
1.3 RESULTATS DE LA MODELISATION EN SITUATION « ACTUELLE » .....	10
1.4 MODELISATION EN SITUATION « FUTURE » .....	13

# Tables des figures

FIGURE 1 LIMITES DU MODELE ET LOCALISATION DES PROFILS EN TRAVERS .....	6
FIGURE 2 VARIATIONS TOPOGRAPHIQUES DU FOND DU RU D'ANGOULEME (PENTE) .....	7
FIGURE 3 : HYDROGRAMME DE CRUE DE L'ANGOULEME, SELON LA PERIODE DE RETOUR DE LA PLUIE DE PROJET (SOURCE : SCHEMA DIRECTEUR DE GESTION DES EAUX DE RUISSELLEMENT DU BASSIN VERSANT HYDRAULIQUE DU RU DE VAULARON) .....	8
FIGURE 4 : LIMNIGRAMME DE CRUE DE L'ANGOULEME, SELON L'OCCURRENCE VICENNALE .....	8
FIGURE 5 : DONNEES HYDROLOGIQUES DE L'ORGE A SAINT-CHERON (SOURCE : BANQUE HYDRO) .....	9
FIGURE 6 : DEBITS DE L'ANGOULEME CALCULES A PARTIR DES DEBITS DE L'ORGE .....	9
FIGURE 7 : DONNEES HYDROLOGIQUES DE L'YVETTE A VILLEBON-SUR-YVETTE (SOURCE : BANQUE HYDRO) .....	10
FIGURE 8 : DEBITS DE L'ANGOULEME CALCULES A PARTIR DES DEBITS DE L'YVETTE .....	10
FIGURE 9 : PROFIL EN LONG DU RUISSEAU DE L'ANGOULEME – PLUIE PROJET VICENNALE – SITUATION ACTUELLE .....	11
FIGURE 10 : RESULTATS DE LA MODELISATION – SITUATION ACTUELLE, CRUE Q20 .....	12
FIGURE 11 : FICHE OUVRAGE DU BASSIN DU BARATAGE .....	14
FIGURE 12 : CARACTERISTIQUES DU CADRE PERMETTANT UN DEBIT D'ENVIRON 150 L/s .....	15
FIGURE 13 : DONNEES D'ENTREES .....	16
FIGURE 14 : RESULTATS DU MODELE FLORAC POUR UNE PLUIE D'UNE DUREE D (1H) : .....	16
FIGURE 15 : RESULTATS DU MODELE VANDENESSE POUR UNE PLUIE D'UNE DUREE D (1H) : .....	17
FIGURE 16 : RESULTATS DU MODELE SOYANS POUR UNE PLUIE D'UNE DUREE D (1H) : .....	17
FIGURE 17 : PROFIL-TYPE EN TRAVERS DE L'ANGOULEME EN SITUATION ACTUELLE AVEC LAME D'EAU Q20 ANS .....	18
FIGURE 18 : PROFIL-TYPE EN TRAVERS DE L'ANGOULEME EN SITUATION FUTURE AVEC LAME D'EAU Q20 ANS .....	18
FIGURE 19 : FONCTIONNEMENT OUVRAGE DE FUITE - MODELISATION DE LA SITUATION FUTURE – Q 20 ANS .....	19
FIGURE 20 : PROFIL EN LONG DU RUISSEAU DE L'ANGOULEME – CRUE PROJET VICENNALE – SITUATION FUTURE .....	21
FIGURE 21 : LOCALISATION DU POINT D'EXTRACTION DES CHRONIQUES DE NIVEAU D'EAU ET DEBIT DU MODELE .....	24
FIGURE 22 : CHRONIQUE DE LA HAUTEUR D'EAU DE LA RIVIERE EN AVAL LORS D'UNE CRUE 20ANS (SITUATIONS ACTUELLE ET FUTURE) .....	25
FIGURE 23 : CHRONIQUE DU DEBIT DU COURS D'EAU EN AVAL LORS D'UNE CRUE 20ANS (SITUATIONS ACTUELLE ET FUTURE) .....	25
FIGURE 24 : HAUTEUR D'EAU AU NIVEAU DE LA MISE EN FOND DE VALLEE DU COURS D'EAU .....	26

# PREAMBULE

La réduction des risques d'inondations à l'aval de la route de Chartres et la restauration écologique de la zone humide sont les deux objectifs indissociables à atteindre suite à la réalisation du projet.

Les calculs et les modélisations hydrauliques ponctuelles ont permis, étape par étape, d'optimiser les différents aménagements préconisés.

Le présent rapport a pour objectif, via des modélisations hydrauliques, d'appréhender les impacts réels du projet de la restauration de l'Angoulême et du réaménagement du bassin du Baratage sur :

- La dynamique du champ inondable de l'Angoulême en cas d'inondation, notamment lors d'une occurrence 20 ans en période estivale ;
- Les gains écologiques en régime d'étiage.

Pour ce faire, les résultats des deux modélisations (situations actuelle & future) seront présentés au niveau des secteurs à enjeux (présence d'habitation et/ou d'infrastructure) et de secteurs pouvant développer un potentiel écologique.

Une analyse comparative des résultats accompagnée d'un rappel des aménagements proposés nous permettront de mettre en évidence les impacts de ces derniers.



# 1

## Modélisations hydrauliques

Le calcul de la ligne d'eau d'une rivière fait appel à des équations de mécanique des fluides, qu'il est impossible de simplifier lorsque les phénomènes deviennent trop complexes (forme du lit mineur, obstacles, changement de régime...). La modélisation informatique d'un cours d'eau permet d'effectuer rapidement ces calculs et de simuler le fonctionnement de la rivière afin de connaître en chaque point les caractéristiques de l'écoulement (hauteur d'eau, débit, vitesses...).

Dans le cadre du présent dossier, les modélisations de la situation actuelle et de la situation future (après la réalisation du projet) nous permettent de quantifier les impacts réels de ce projet sur la ligne d'eau des cours d'eau.

### 1.1 Présentation du logiciel utilisé

**La présente modélisation a été réalisée avec le logiciel MIKE HYDRO RIVER.**

MIKE HYDRO RIVER est un progiciel pour la simulation des écoulements, la qualité de l'eau et le transport des sédiments dans les estuaires, les rivières, les systèmes d'irrigation, canaux et autres plans d'eau.

Le module hydrodynamique (HD) est le noyau du système de modélisation MIKE HYDRO RIVER et constitue la base de la plupart des modules, y compris la prévision des crues, l'advection-dispersion, la qualité de l'eau et des modules de transport de sédiments non cohésifs. Le module MIKE 11 HD résout les équations de la conservation de la masse et de la quantité de mouvement, à savoir les équations de Saint-Venant.

La modélisation des écoulements en rivière est assurée à partir de la résolution complète des équations de Barré Saint-Venant (modèle hydrodynamique). Le modèle permet de calculer les débits et les variations de niveaux d'eau, dans les cours d'eau et dans les champs d'inondation associés à tous les instants en tous points, en régime torrentiel ou fluvial. Il permet en particulier de prendre en compte les maillages et notamment la présence d'îles, le fonctionnement des singularités (ponts, déversoirs, seuils, vannages, clapets régulés ou non), les influences aval dues à la marée par exemple.

En parallèle, MIKE HYDRO RIVER fournit les outils permettant de représenter la complexité hydraulique d'un réseau hydrographique maillé et des zones inondables attenantes. Celles-ci peuvent être représentées au moyen de simples zones de stockage (sans écoulement) ou au moyen de biefs actifs, en relation avec l'écoulement principal.

La prise en compte des limites naturelles délimitant les zones d'inondation (routes en remblai, digues, collines) permet de reproduire avec fidélité le remplissage et la vidange des zones d'expansion des crues. Les différences de rugosité entre lit mineur et lit majeur sont également prises en compte dans la description des sections en travers.

La distinction des différents casiers hydrauliques permettra, lors de l'exploitation des résultats, de connaître les caractéristiques des différents échanges et des transferts de volume.

Le principe de la modélisation est le suivant : chaque bief ou casier est représenté puis modélisé de façon autonome, permettant la réalisation de calculs hauteurs, débits et vitesse. Les relations entre les différents biefs sont décrites sous la forme de lois de déversement intervenant au-dessus d'une certaine côte (par exemple le sommet des berges, ou d'une digue). Le modèle permet donc de modéliser la montée des eaux dans le cours d'eau puis les déversements dans le lit majeur.

## 1.2 Présentation du modèle du ruisseau d'Angoulême

Dans ce paragraphe nous allons tout d'abord décrire la structure du modèle réalisé sur la rivière. Puis les résultats des différentes simulations seront présentés et analysés.

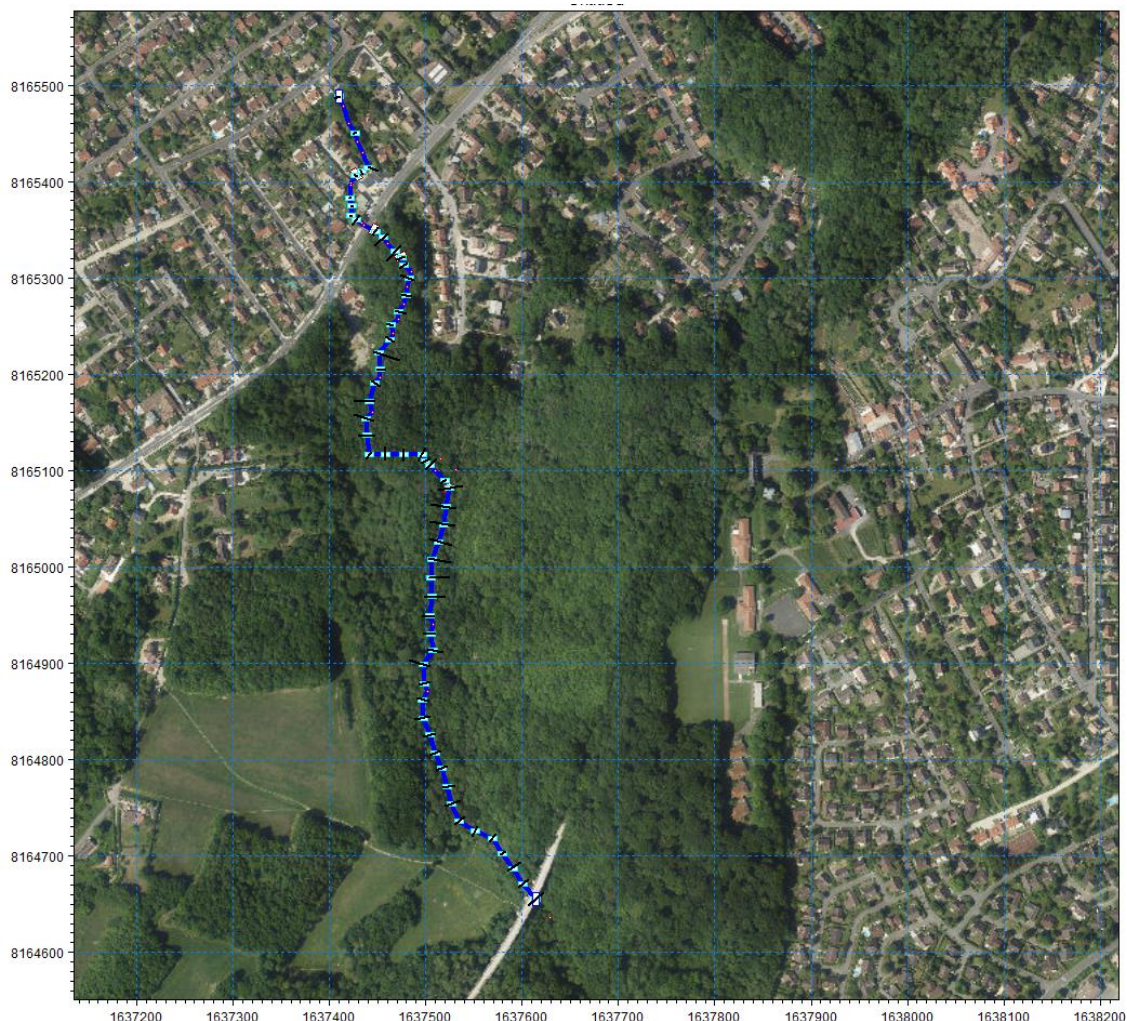
### 1.2.1 Construction du modèle

Cette partie a pour objet la description du cours d'eau sur le secteur d'étude. La modélisation a été réalisée sur un tronçon d'environ 1000 m du ruisseau d'Angoulême entre le viaduc des Fauvettes jusqu'au son exutoire avec le Vaularon.

Dans le cadre de la présente étude, la structure du modèle a été détaillée à partir des levés topographiques réalisés par le cabinet PROGEXIAL (2015) et le cabinet M. Mercier (2008 & 2002).

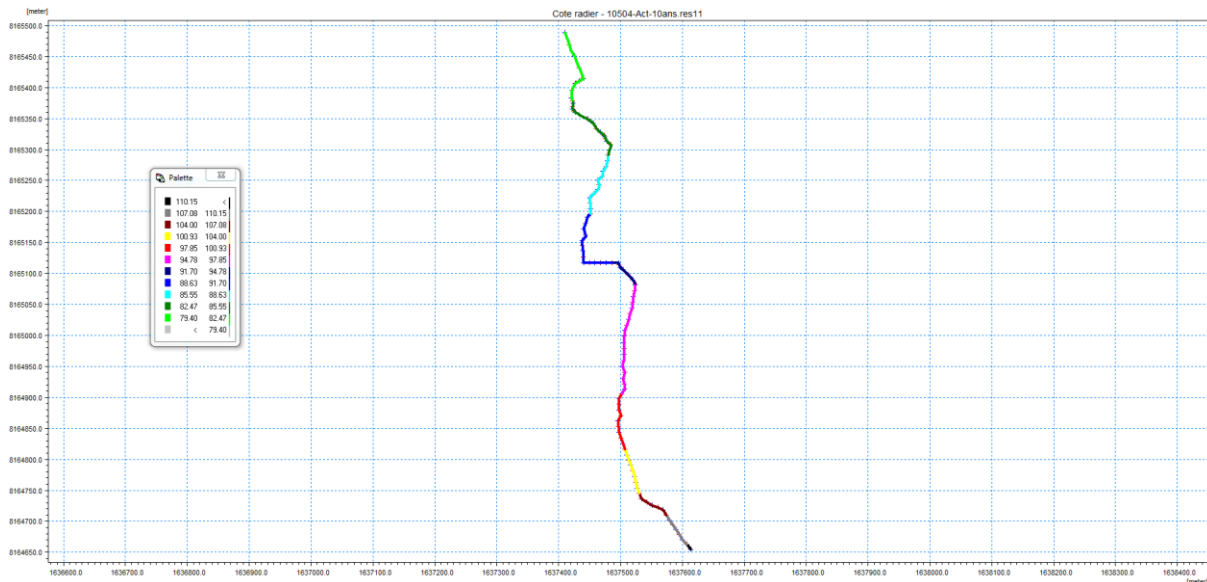
Le schéma suivant présente les limites du modèle, ainsi que la localisation des profils en travers utilisés.

**Figure 1** Limites du modèle et localisation des profils en travers



Le schéma suivant illustre les variations topographiques du fond du ru d'Angoulême, intégrées dans le modèle.

**Figure 2 Variations topographiques du fond du ru d'Angoulême (pente)**



## 1.2.2 Conditions aux limites

Les conditions aux limites permettent de fermer mathématiquement le système, et rendent donc possible sa résolution. Les conditions aux limites ont été entrées dans le modèle unidimensionnel (MIKE11) et concernent une condition amont et une condition aval.

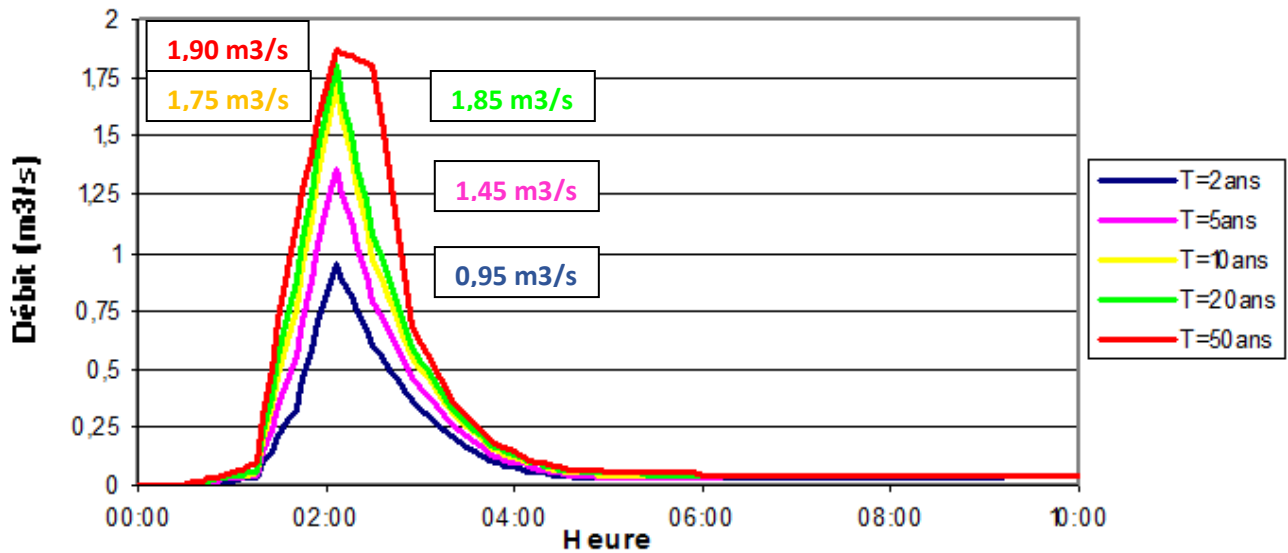
Dans le cadre de la présente modélisation, 2 types de débit ont été modélisés :

- Le débit d'occurrence 20 ans comme crue de projet, étant donné que l'objectif de protection recherchée sur le territoire du SIAHY est la protection vicennale ;
- Le débit d'étiage en situation aménagée (QMNA5 et/ou MODULE), afin de définir des profils en travers permettant aux organismes aquatiques de bénéficier constamment d'eau et aux ceintures végétales d'assurer à la fois le maintien des berges et les fonctions biologiques. Ce débit permet également d'assurer une charge suffisante au niveau des nouveaux aménagements permettant la continuité écologique.

- **Crue vicennale**

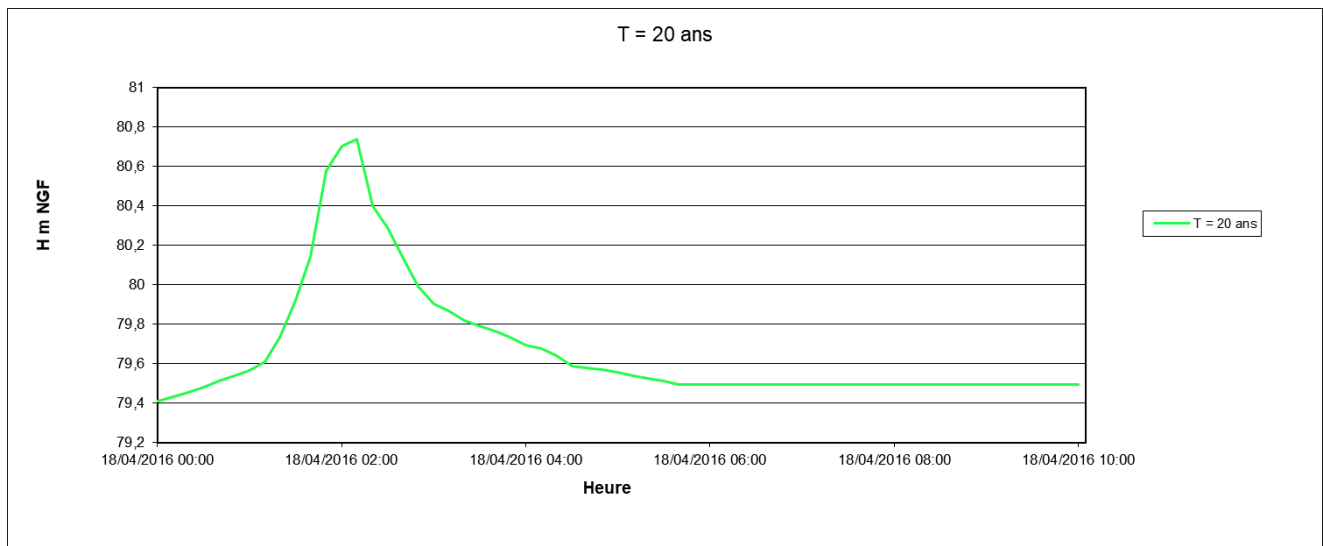
Dans le cadre de la présente modélisation, la crue « vicennale » a été retenue dans l'objectif d'évaluation d'impact.

**Figure 3 : Hydrogramme de crue de l'Angoulême, selon la période de retour de la pluie de projet (Source : Schéma Directeur de Gestion des Eaux de Ruissellement du Bassin Versant Hydraulique du Ru de Vaularon)**



Pour la condition aval du modèle, un limnigramme « théorique » a été élaboré en translatant l'hydrogramme de la crue concernée (20 ans) pour qu'il atteigne la hauteur maximale calculée (80.74 m NGF) au niveau de la confluence de l'Angoulême avec le Vaularon.

**Figure 4 : Limnigramme de crue de l'Angoulême, selon l'occurrence vicennale**





- **Débit d'étiage**

La méthode analogique de détermination du débit de pointe pour des bassins versants homologues (ayant des caractéristiques similaires du point de vue géologique, morphologique, topographique et de l'occupation des sols) permet d'estimer, pour les références précédentes, les débits attendus pour le débit centennal à la station de mesure.

L'équation principale tirée de cette méthode (issue de la méthode inondabilité du Cemagref) est la suivante :

$$Q_a = Q_b \times (S_a/S_b)^{0.8}$$

S<sub>a</sub> et S<sub>b</sub> = Surfaces relatives aux bassins versants aux exutoires desquels sont évalués les débits

Q<sub>a</sub> et Q<sub>b</sub> = Débits évalués à l'exutoire des surfaces S<sub>a</sub> et S<sub>b</sub>

**En absence de données au niveau de la station de l'Yvette à Lévis-Saint-Nom, nous utilisons celle de l'Orge à Saint-Chéron (à 17 km vol d'oiseau) et de l'Yvette à Villebon-sur-Yvette (à 10km à vol d'oiseau).**

**Le bassin versant de l'Angoulême correspond à une superficie de 214 ha.**

- **L'Orge à Saint-Chéron**

**Figure 5 : Données hydrologiques de l'Orge à Saint-Chéron (source : banque hydro)**

**SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1980 - 2019)**  
Calculées le 09/10/2019 - Intervalle de confiance : 95 % - utilisation des stations antérieures

**L'Orge à Saint-Chéron [Saint-Évroult]**

**Code station :** H4202020      **Producteur :** DRIEE IDF  
**Bassin versant :** 108 km<sup>2</sup>      **E-mail :** driee-if.hydro@developpement-durable.gouv.fr

**Modules interannuels (naturels) - données calculées sur 39 ans**

Module (moyenne)	Fréquence	Quinquennale sèche	Médiane	Quinquennale humide
0.301 [ 0.285;0.317 ]	Débits (m3/s)	0.250 [ 0.230;0.270 ]	0.300 [ 0.280;0.330 ]	0.350 [ 0.330;0.370 ]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.

**Basses eaux ( loi de Galton - janvier à décembre ) - données calculées sur 39 ans**

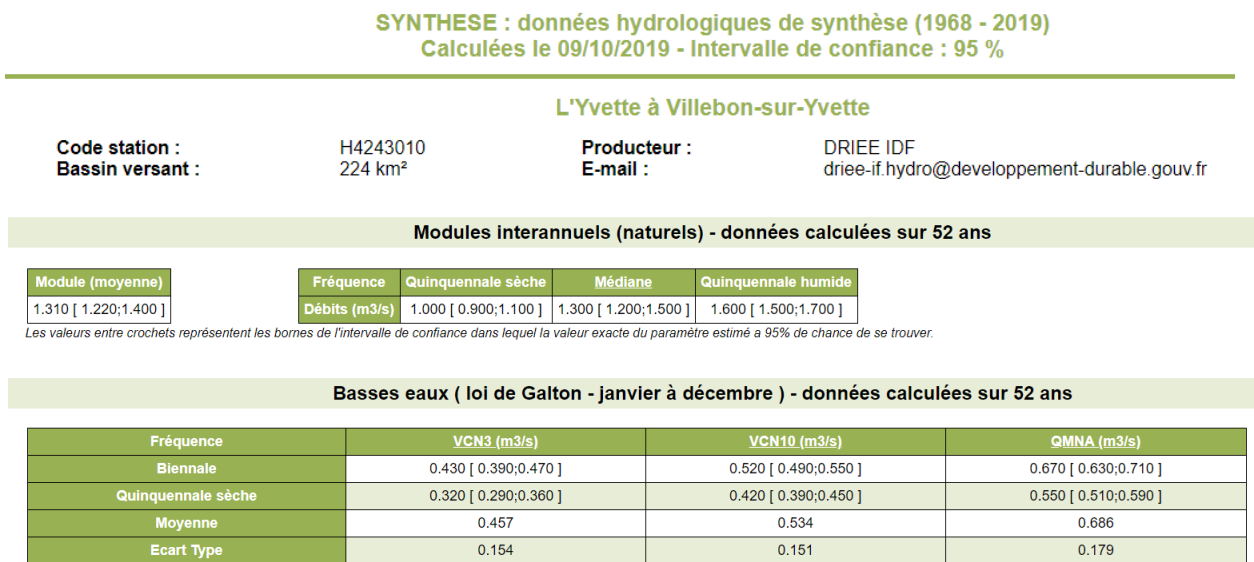
Fréquence	VCN3 (m3/s)	VCN10 (m3/s)	QMNA (m3/s)
Biennale	0.150 [ 0.140;0.150 ]	0.160 [ 0.150;0.170 ]	0.180 [ 0.170;0.190 ]
Quinquennale sèche	0.130 [ 0.120;0.130 ]	0.130 [ 0.130;0.140 ]	0.150 [ 0.140;0.160 ]
Moyenne	0.149	0.159	0.182
Ecart Type	0.027	0.029	0.033

**Figure 6 : Débits de l'Angoulême calculés à partir des débits de l'Orge**

	Module	QMNA5	Biennale (basses eaux)
L'Orge à Saint-Chéron	0.301	0.3	0.15
<b>L'Angoulême</b>	<b>0.013</b>	<b>0.013</b>	<b>0.006</b>

- L'Yvette à Villebon-sur-Yvette

**Figure 7 : Données hydrologiques de l'Yvette à Villebon-sur-Yvette (source : banque hydro)**



**Figure 8 : Débits de l'Angoulême calculés à partir des débits de l'Yvette**

	Module	QMNA5	Biennale (basses eaux)
L'Yvette à Villebon-sur-Yvette	1.3	1.3	0.43
L'Angoulême	<b>0.031</b>	<b>0.031</b>	<b>0.01</b>

**Les résultats obtenus pour chacune des stations montrent que les débits d'étiage de l'Angoulême (MODULE, QMNA5 ou biennal) ne dépassent pas les 31L/s.**

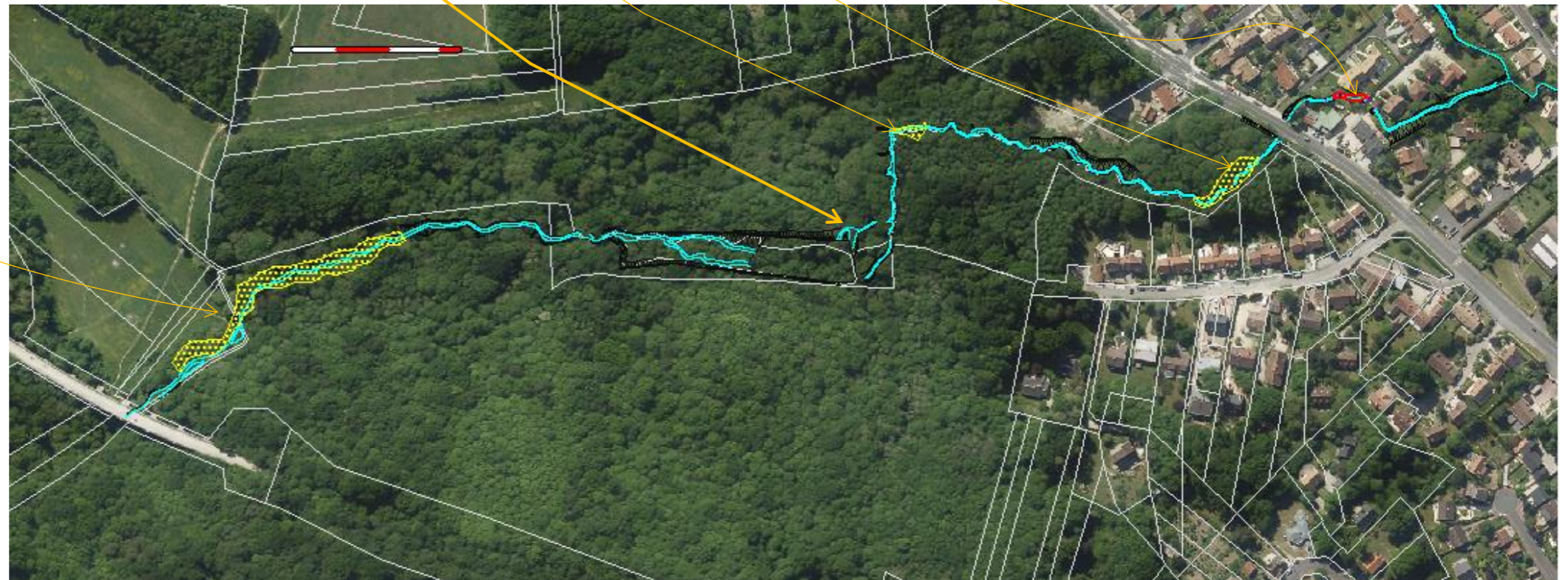
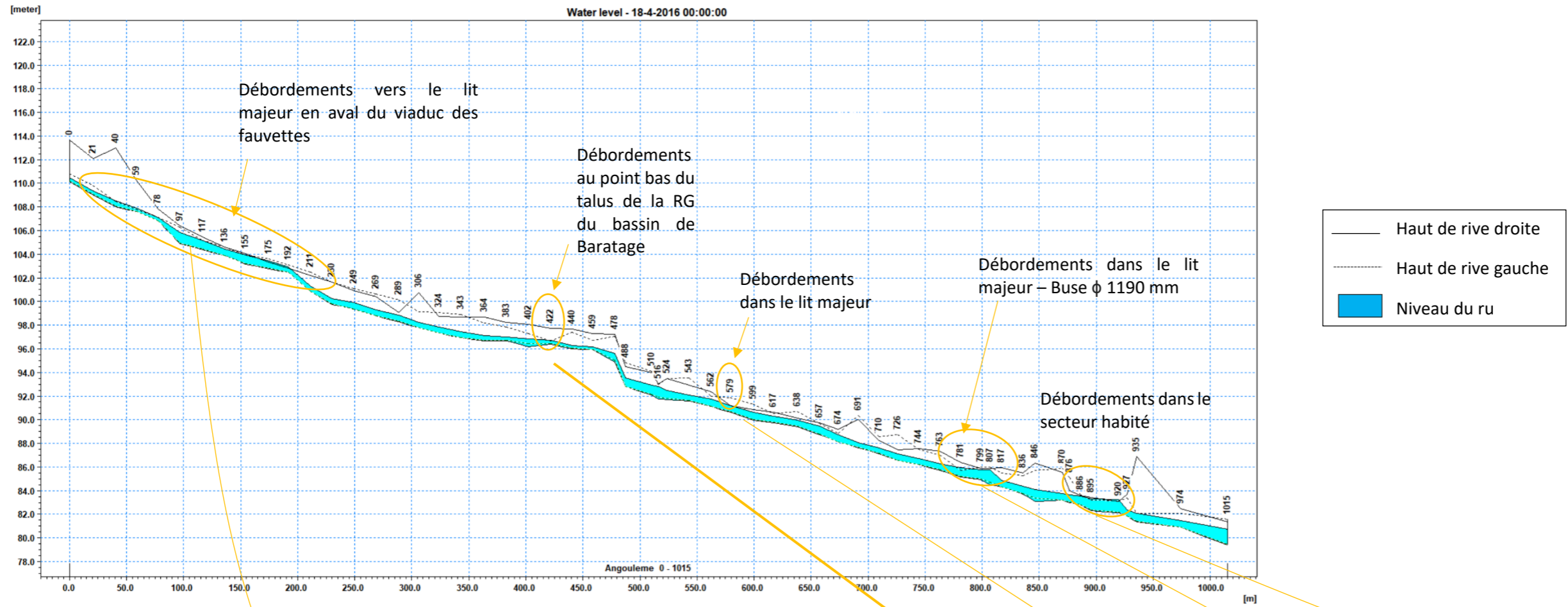
### 1.3 Résultats de la modélisation en situation « actuelle »

La figure n°9 présente les niveaux des plus hautes eaux rencontrés dans le lit mineur du Ru de l'Angoulême en situation « actuelle » lors de la crue de projet (Q 20 ans).

Les résultats de la modélisation (des hauteurs d'eau) au droit des profils sont présentés dans la figure 10.

A partir de ces résultats, des données topographiques existantes, des fonds IGN et de nos observations de terrain, nous avons tenté de retranscrire la connaissance des points de débordements lors de l'événement vicennal en délimitation de zones submergées. Ce travail fait l'objet du schéma suivant. Soulignons que cette information reste relativement grossière, compte tenu du fait que les levés topographiques ne couvrent pas l'ensemble des lits majeurs et des incertitudes topographiques résidant dans l'usage des cartes IGN.

Figure 9 : Profil en long du ruisseau de l'Angoulême – Pluie projet vicennale – Situation actuelle



Légende

- Débordements dans le lit majeur (secteur sans enjeux)
- Hors résultats de modélisation : Secteur potentiellement inondable par les brèches du bassin de baratage (situé dans l'ancien lit)
- Débordements dans le secteur à enjeux (secteur bâti)

Figure 10 : Résultats de la modélisation – Situation actuelle, crue Q20

Hauteur d'eau aux points de modélisation							
Localisation	Point Kilométrique de l'Angoulême (m)	Côtes radier (mNGF)	Côtes de débordements RG (mNGF)	Côtes de débordements RD (mNGF)	Hauteur d'eau max (mNGF) T = 20 ans	Hauteur d'eau dépassant la côte de débordement (m) T = 20 ans	
Viaduc des Fauvettes	0	110,15	110,49	112,30	110,48	0,00	
	21	109,03	109,74	111,41	109,35	0,00	
	40	108,03	108,45	112,98	108,50	0,05	
	59	107,60	107,81	110,23	107,88	0,07	
	78	106,83	107,06	107,18	107,13	0,07	
	97	104,89	106,15	106,13	105,81	0,00	
	117	104,39	105,17	105,13	105,18	0,05	
	136	103,86	104,26	104,38	104,44	0,18	
	155	103,17	103,87	103,89	103,96	0,09	
	175	102,75	103,43	103,39	103,46	0,06	
	192	102,46	102,90	102,84	102,90	0,06	
	211	100,85	101,32	101,43	101,31	0,00	
	230	99,76	101,59	104,54	100,27	0,00	
	249	99,34	100,96	101,06	99,91	0,00	
	269	98,77	100,35	100,18	99,31	0,00	
	Bassin Barattage	289	98,29	99,58	99,28	98,88	0,00
		306	97,76	99,17	99,93	98,21	0,00
324		97,32	98,03	98,22	97,82	0,00	
343		96,92	98,71	98,68	97,46	0,00	
364		96,64	98,26	98,70	97,13	0,00	
383		96,67	97,83	98,24	96,99	0,00	
402		96,18	97,26	98,05	96,83	0,00	
422		96,39	96,68	97,75	96,73	0,05	
440		96,00	97,40	97,70	96,27	0,00	
459		95,93	96,70	97,30	96,16	0,00	
478		94,87	97,08	97,20	95,60	0,00	
488		92,80	94,80	94,51	93,51	0,00	
510		92,09	93,70	93,92	92,95	0,00	
516		91,77	93,00	93,05	92,81	0,00	
524		91,71	92,60	92,92	92,50	0,00	
543		91,59	92,61	92,79	92,09	0,00	
562		91,13	91,93	91,90	91,76	0,00	
579	90,62	91,19	91,06	91,20	0,14		
599	89,94	90,91	90,77	90,64	0,00		
617	89,74	90,32	90,38	90,32	0,00		
638	89,41	90,22	90,01	89,98	0,00		
657	88,75	89,49	89,50	89,43	0,00		
674	88,11	88,83	88,80	88,72	0,00		
691	87,63	90,35	88,65	88,08	0,00		
710	87,12	88,59	87,70	87,62	0,00		
726	86,54	89,73	87,46	87,10	0,00		
744	86,20	87,52	86,90	86,71	0,00		
763	85,72	86,45	86,49	86,27	0,00		
781	85,17	85,71	86,41	85,92	0,21		
Buse 1190 mm en amont de la Route de Chartres	799	84,94	85,57	85,42	85,78	0,36	
	807	84,50	85,57	85,41	85,78	0,37	
	817	84,31	84,77	85,24	84,85	0,08	
Route de Chartres	836	83,73	84,73	84,76	84,38	0,00	
	846	83,10	85,73	86,32	84,07	0,00	
	870	83,19	85,81	85,38	83,78	0,00	
	876	83,00	85,10	84,00	83,68	0,00	
	886	82,80	83,63	83,60	83,52	0,00	
Buse 1200 mm entre les habitations	895	82,30	83,18	83,40	83,29	0,10	
	920	82,13	83,15	83,11	83,28	0,17	
	927	81,85	83,38	83,68	82,36	0,00	
	935	81,35	82,10	86,87	82,06	0,00	
Confluence Vaularon / Angoulême	974	80,90	82,11	82,47	81,47	0,00	
	1015	79,40	80,70	81,33	80,74	0,04	

Comme nous avons déjà vu, le ruisseau de l'Angoulême, à l'amont de la route de Chartres, présente un caractère naturel. Les débordements constatés sur ce tronçon se situent sur l'emprise de son lit majeur et participent à la limitation des débits ainsi que des inondations vers des secteurs bâtis en aval.

Sur ce tronçon, au niveau du bassin de Baratage le cours d'eau est dévié vers cet ouvrage. Lors de la visite de terrain, nous avons constaté la présence de nombreuses brèches au niveau des digues latérales et frontales. Cet ouvrage n'a plus de rôle d'écrêtement : lors des crues, le ru d'Angoulême emprunte ces brèches, dès l'amont, pour rejoindre le talweg situé sur la rive gauche qui semble être son ancien lit.

Dans la structure du modèle une ouverture d'une largeur de 5 m a été associée à cet ouvrage. Le seul impact que cet ouvrage pourrait avoir en termes d'abaissement de la ligne d'eau, c'est le fonctionnement d'une petite chute qui s'est formée en aval de la brèche principale, au coin gauche du bassin.

La forte pente de l'Angoulême sur ce tronçon (en amont de la route de Chartres) de l'ordre de 3% et la présence de cette chute d'une hauteur de 80 cm baissent la ligne d'eau à son aval.

Effectivement les résultats de la modélisation en situation future doivent mettre en évidence la suppression des inondations en aval de la route de Chartres au niveau des secteurs bâtis.

Le ruisseau de l'Angoulême, à l'aval de la route de Chartres, présente des sections réduites sous la pression urbaine, les berges sont artificialisées (les murs de soutènement, remblaiement des rives et diguettes,) diminuant les capacités d'évacuation du ru. D'ailleurs, l'Angoulême a déjà débordé dans ce secteur par le passé. Des habitations récentes à proximité du ru (à moins de 5 m) s'exposent à un risque d'inondation probable compte tenu de la section étroite du ru.

Les résultats de modélisation confirment ce constat, l'Angoulême déborde sur ce secteur lors d'un événement vicennal, avec des hauteurs d'inondation comprises entre 10 et 17 cm.

## 1.4 Modélisation en situation « future »

### 1.4.1.1 Rappel des aménagements proposés

Le projet consiste en la requalification de l'ancien bassin de pisciculture en un bassin de stockage temporaire des eaux, jusqu'à une crue d'occurrence vicennale.

Le volume de stockage de ce bassin a été estimé de manière à avoir un impact significatif sur la diminution du risque d'inondation en aval, et en cohérence avec le volume initialement disponible dans le bassin existant.

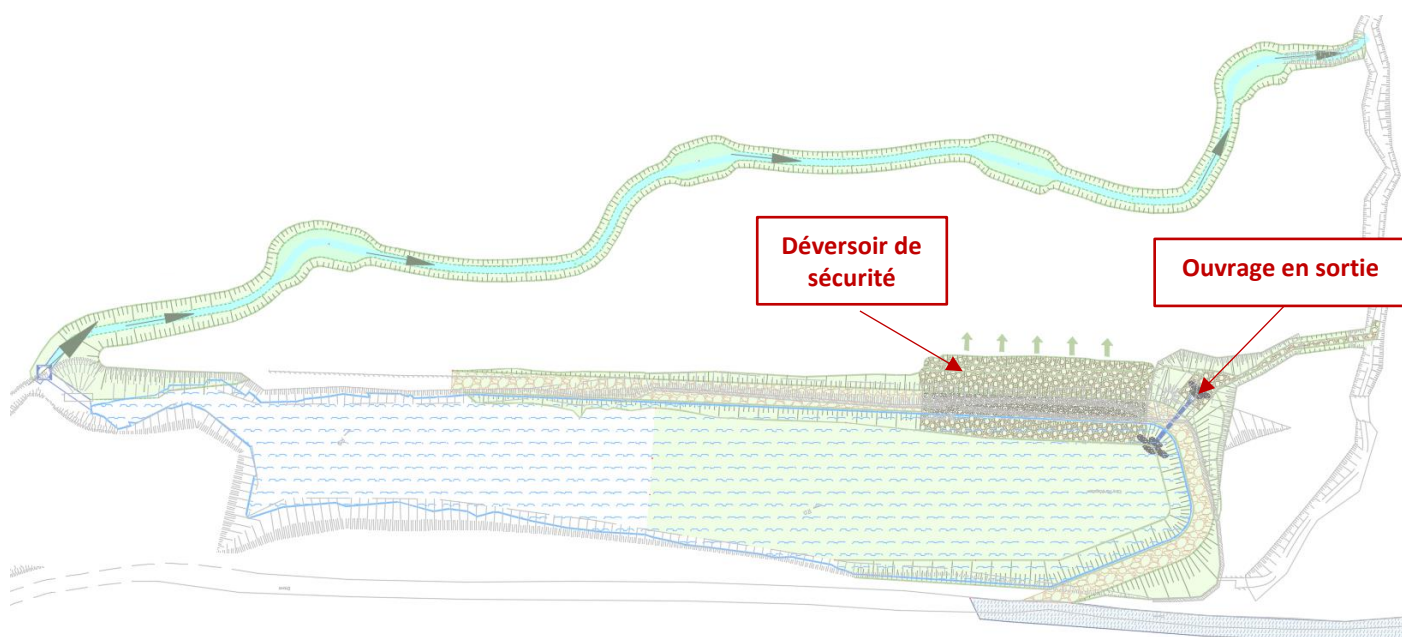
Ainsi, l'ouvrage d'un volume libre de **3000 m<sup>3</sup>** assurera un stockage des eaux jusqu'à l'occurrence 20 ans. Son débit de fuite s'effectuera au travers d'un orifice de diamètre 300 mm.

Un déversoir de sécurité, dimensionné pour une **crue millénale** (1000 ans), assurera la vidange du bassin lors de pluies exceptionnelles.

Figure 11 : Fiche ouvrage du bassin du Baratage

CARACTERISTIQUES GENERALES													
<b>Localisation</b>	à cheval sur les communes de Gometz-Le-Châtel et Bures-sur-Yvette (91)												
<b>Principales caractéristiques hydrauliques</b>	<table border="0"> <tr> <td>Volume de stockage</td> <td>3000 m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Type d'aménagement</td> <td>Déblai-remblai</td> </tr> <tr> <td>Hauteur max</td> <td>2.00 m</td> </tr> <tr> <td>Orifice</td> <td>Ø 300 mm</td> </tr> <tr> <td>Débit Q max 20 ans</td> <td>250 L/s</td> </tr> <tr> <td>Exutoire</td> <td>Ru d'Angoulême</td> </tr> </table>	Volume de stockage	3000 m <sup>3</sup>	Type d'aménagement	Déblai-remblai	Hauteur max	2.00 m	Orifice	Ø 300 mm	Débit Q max 20 ans	250 L/s	Exutoire	Ru d'Angoulême
Volume de stockage	3000 m <sup>3</sup>												
Type d'aménagement	Déblai-remblai												
Hauteur max	2.00 m												
Orifice	Ø 300 mm												
Débit Q max 20 ans	250 L/s												
Exutoire	Ru d'Angoulême												
<b>Protection</b>	Vicennale – surverse millénaire												

### Plan schématique de la retenue

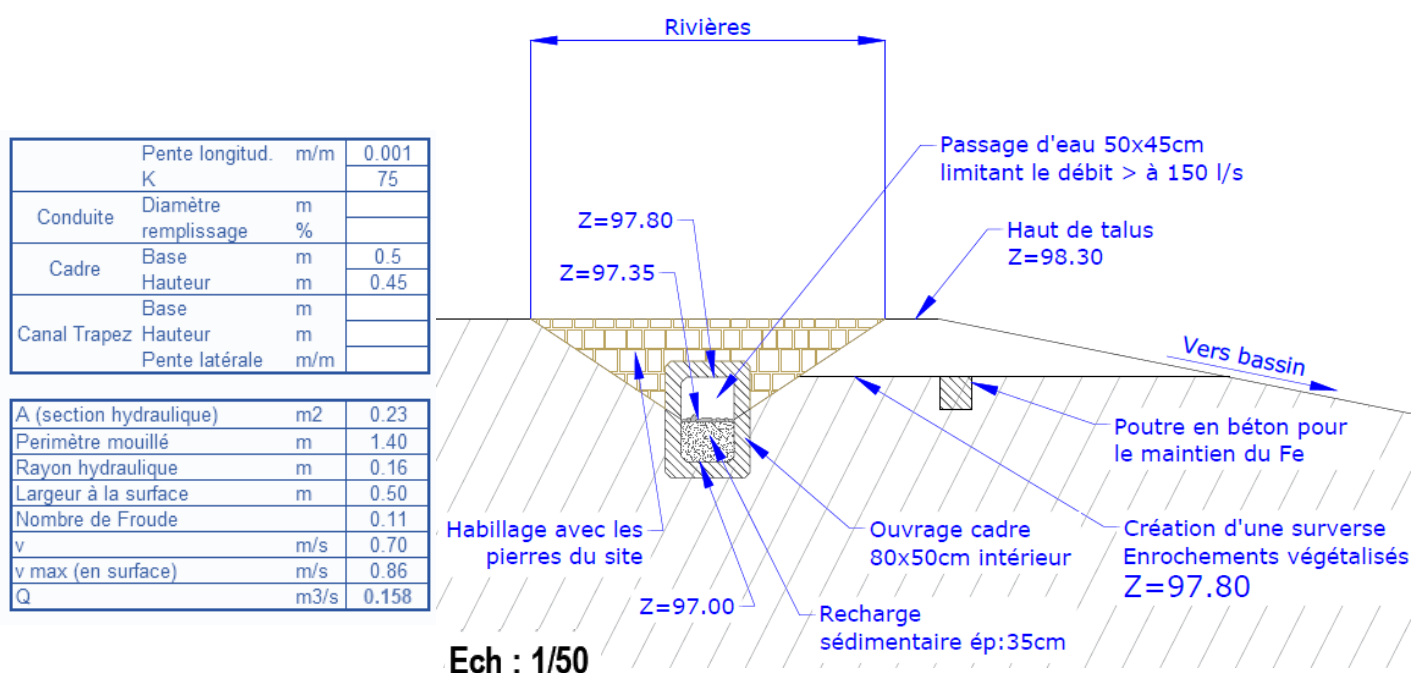


- **Ouvrage de bifurcation entre la rivière et le bassin**

Le bassin est alimenté par un ouvrage en amont permettant de diriger une partie des eaux de la rivière dans le bassin.

Afin d'assurer la continuité hydraulique, il est toutefois nécessaire de maintenir un débit minimum dans la rivière (correspondant au moins au débit d'étiage). Dans le cas présent, le débit d'étiage étant très faible (30 L/s environ), il a été décidé de garder dans la rivière un débit de fond à 150 L/s. Ce débit transitera via un cadre de dimensions 80x50 cm, à plat, chargé de recharge sédimentaire d'environ 35cm. Le débit en surplus est dirigé dans le bassin.

**Figure 12 : Caractéristiques du cadre permettant un débit d'environ 150 L/s**



- **Déversoir de sécurité (crues rares)**

Le bassin possède un déversoir dimensionné pour assurer une protection de crue millénaire (1000 ans).

Afin de calculer le débit d'une crue 1000 ans, l'AREAS a proposé une méthodologie basée sur l'application d'un modèle Débit-Durée-fréquence (QdF).

Le CEMAGREF a développé un outil de synthèse (dit QdF) des régimes de crue des bassins versants, selon une approche multidurées et multifréquences des crues observées. QdF est donc un modèle continu de prédétermination des crues fréquentes à rares d'un bassin versant (observé ou non), qui permet de répondre à une conception de gestion intégrée des cours d'eau et de leurs bassins versants.

Les variables hydrologiques étudiées (débit moyen maximal (VCXd) et débit seuil maximal (QCXd)) sont relatives à une durée continue  $d$  pouvant varier d'une seconde à trente jours. Pour tout échantillon de durée  $d$ , constitué selon une technique d'échantillonnages de valeurs maximales indépendantes au-dessus d'un seuil donné, l'adéquation de la loi exponentielle est en général vérifiée pour les fréquences observables ( $0,5 \leq T(\text{an}) \leq 20$ ). Pour l'extrapolation aux fréquences rares ( $20 < T(\text{an}) \leq 1000$ ) une forme théorique dite esthétique du GRADEX est privilégiée. Des lois théoriques, relatives aux observations et extrapolations, peuvent ensuite être déduites les courbes débit (Q) - durée (d) - fréquence (F) d'un bassin versant. **Le choix de deux descripteurs du régime local qui renseignent sur la fonction de transfert (D) et sur la fonction de production (QIXA10), permettent de rendre adimensionnel le faisceau de courbes QdF.** A partir de ce dernier faisceau, il est possible de transférer sur un site quelconque, dont les descripteurs D et QIXA10 sont connus, des quantiles de crue pour toute durée et toute fréquence. L'opération est grandement facilitée par un formalisme mathématique (modèle QdF) de ce faisceau de courbes adimensionnelles. Les trois modèles QdF opérationnels actuels, chacun d'eux étant représentatif d'une famille hydrologique de bassins versants, ont permis lors de nombreuses applications de rendre bien compte de la grande variabilité spatio-temporelle des débits : SOYANS, FIORAC et VANDENESSE.

Ainsi les calculs ont été réalisés selon ces trois modèles, **pour un débit décennal de 1.75m³/s** (source : *Schéma Directeur de Gestion des Eaux de Ruissellement du Bassin Versant Hydraulique du Ru de Vaularon*).

**Figure 13 : Données d'entrées**

Durée caractér. D	1.0 h
QIXA10	1.75 m³/s
Période de retour T	1000 ans
Durée d	0 h

**Figure 14 : Résultats du modèle Florac pour une pluie d'une durée D (1h) :**

**VCX= débit moyen maximum sur la durée d pour une période de retour T**

**Tableau en VCX**

	2	5	10	20	50	100	250	500	1000
0	0.96	1.41	1.75	2.15	2.86	3.50	4.40	5.12	5.84
0.5	0.84	1.23	1.53	1.87	2.44	2.93	3.62	4.16	4.71
1	0.75	1.09	1.35	1.65	2.13	2.54	3.11	3.55	4.00
2	0.62	0.90	1.11	1.34	1.72	2.03	2.47	2.81	3.15
3	0.53	0.77	0.94	1.14	1.45	1.72	2.08	2.36	2.65
4	0.47	0.67	0.82	0.99	1.26	1.49	1.81	2.06	2.31
5	0.42	0.60	0.73	0.88	1.12	1.33	1.62	1.84	2.07
10	0.29	0.40	0.48	0.58	0.74	0.89	1.11	1.27	1.44
20	0.19	0.26	0.30	0.36	0.47	0.58	0.75	0.88	1.01



Figure 15 : Résultats du modèle Vandenesse pour une pluie d'une durée D (1h) :

VCX= débit moyen maximum sur la durée d pour une période de retour T									
Tableau en VCX									
	2	5	10	20	50	100	250	500	1000
0	1.25	1.53	1.75	2.02	2.56	3.08	3.89	4.54	5.21
0.5	1.08	1.32	1.50	1.73	2.16	2.58	3.20	3.70	4.22
1	0.97	1.18	1.33	1.53	1.89	2.23	2.74	3.15	3.57
2	0.82	0.98	1.11	1.26	1.54	1.79	2.17	2.46	2.77
3	0.72	0.86	0.97	1.09	1.32	1.53	1.82	2.06	2.29
4	0.66	0.78	0.87	0.98	1.17	1.34	1.59	1.78	1.98
5	0.61	0.72	0.80	0.90	1.07	1.21	1.42	1.59	1.75
10	0.49	0.57	0.63	0.69	0.79	0.88	1.00	1.10	1.19
20	0.42	0.47	0.51	0.55	0.61	0.66	0.73	0.78	0.83

Figure 16 : Résultats du modèle Soyans pour une pluie d'une durée D (1h) :

VCX= débit moyen maximum sur la durée d pour une période de retour T									
Tableau en VCX									
	2	5	10	20	50	100	250	500	1000
0	1.14	1.49	1.75	2.10	2.95	3.94	5.68	7.23	8.90
0.5	0.99	1.31	1.55	1.87	2.59	3.39	4.73	5.88	7.11
1	0.89	1.18	1.40	1.69	2.32	2.99	4.09	5.01	5.98
2	0.74	0.99	1.19	1.43	1.94	2.45	3.26	3.93	4.62
3	0.65	0.87	1.04	1.25	1.68	2.10	2.74	3.27	3.81
4	0.58	0.78	0.93	1.12	1.49	1.84	2.38	2.82	3.27
5	0.53	0.71	0.85	1.01	1.34	1.65	2.12	2.50	2.89
10	0.40	0.52	0.61	0.72	0.93	1.13	1.42	1.66	1.90
20	0.30	0.37	0.43	0.50	0.63	0.75	0.94	1.08	1.24

Le débit retenu correspond à la moyenne des trois résultats obtenus, à savoir  $Q = 4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ainsi, un déversoir d'une longueur de 30 mètres, à la côte 97,40 Mngf, permettra d'évacuer un débit de  $4.5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 1.4.2.1 Architecture du modèle en situation future

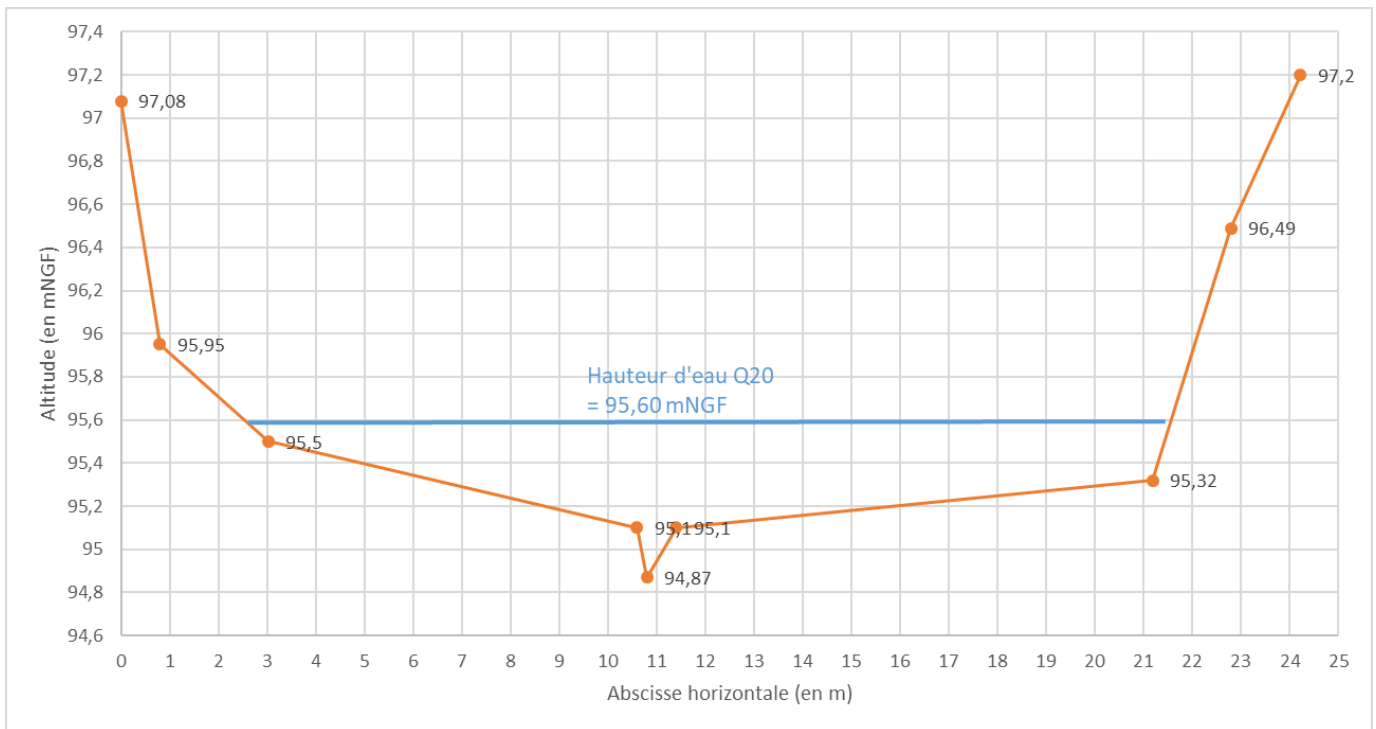
Des adaptations géométriques de la structure du modèle en situation actuelle, au niveau de la mise en fond de vallée de l'Angoulême, ont été effectuées pour la modélisation en situation future.

Les caractéristiques des profils en travers de la rivière au niveau de la mise en fond de vallée doivent respecter les contraintes suivantes :

- La topographie du site, notamment la pente, pour assurer une connexion du fil d'eau de la rivière entre l'amont et l'aval du bassin, ce qui impose une pente moyenne de 3% ;
- Le gabarit nécessaire du cours d'eau pour collecter le débit d'occurrence 20 ans après son écrêtement par le bassin, plus le débit de fond de 150 L/s ;
- Une hauteur d'eau assurée de 20 à 30 cm lors d'étiage dans l'objectif de rétablir la continuité écologique.

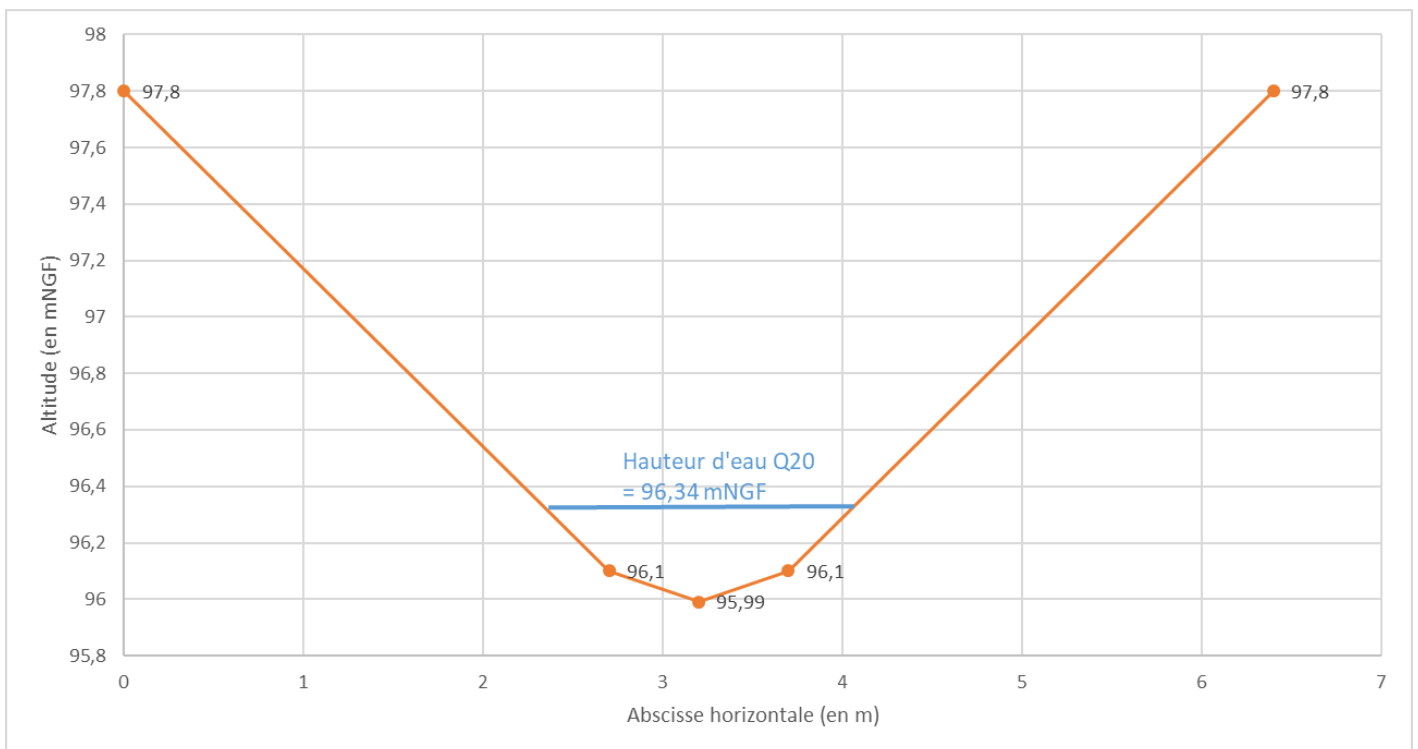
En l'état actuel, le profil type de l'Angoulême est représenté sur le schéma suivant, sur lequel une lame d'eau en situation de crue Q20 ans est matérialisée.

Figure 17 : Profil-type en travers de l'Angoulême en situation actuelle avec lame d'eau Q20 ans



Le profil suivant présente la situation projetée du ru après travaux.

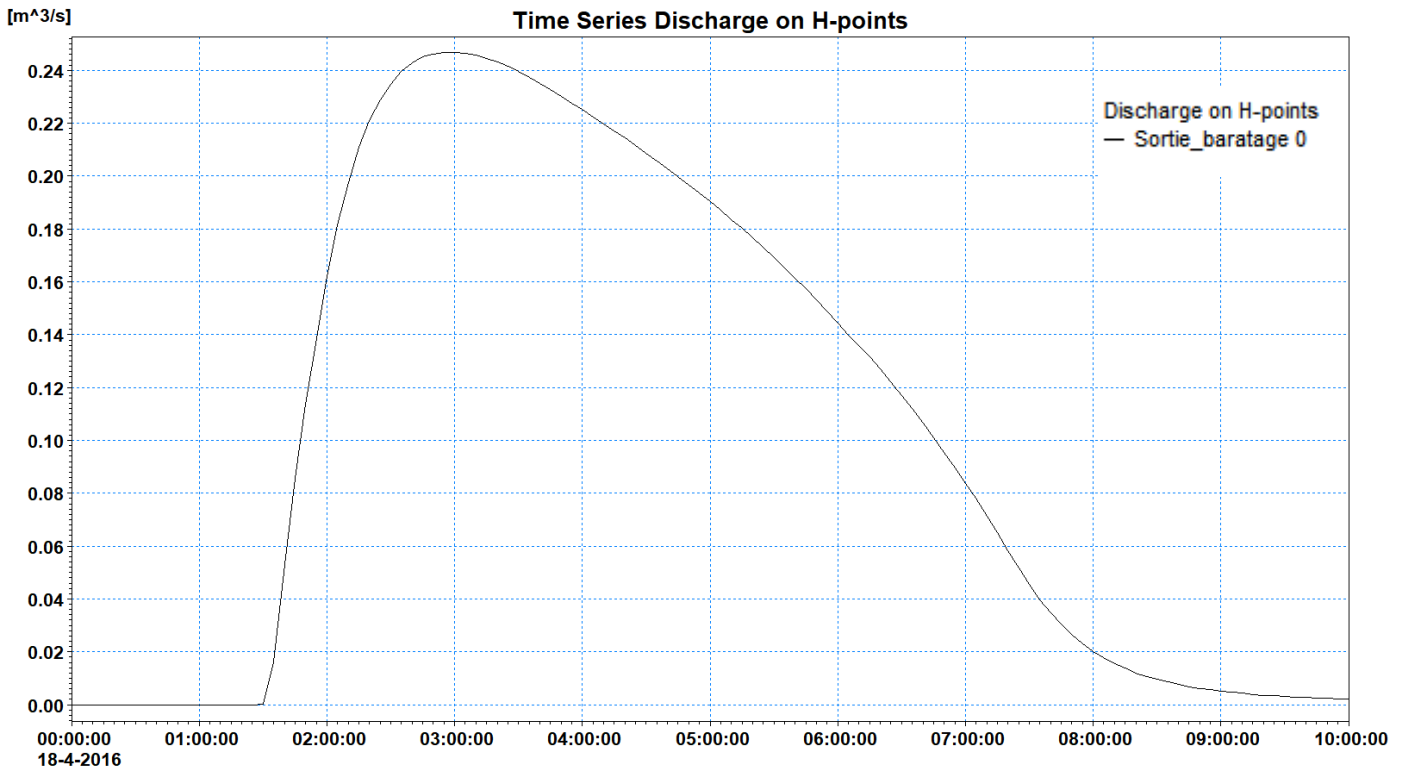
Figure 18 : Profil-type en travers de l'Angoulême en situation future avec lame d'eau Q20 ans



Le bassin du Baratage a été modélisé via le logiciel MIKE Hydro River avec l'outil « bassin de stockage », permettant de matérialiser ses caractéristiques via un tableau dans lequel sont renseignées le niveau H en Mngf et le volume de stockage en m3.

Le débit de fuite en charge lors de crue vicennale est présenté à la figure ci-dessous. Sa capacité maximale atteint 250 l/s.

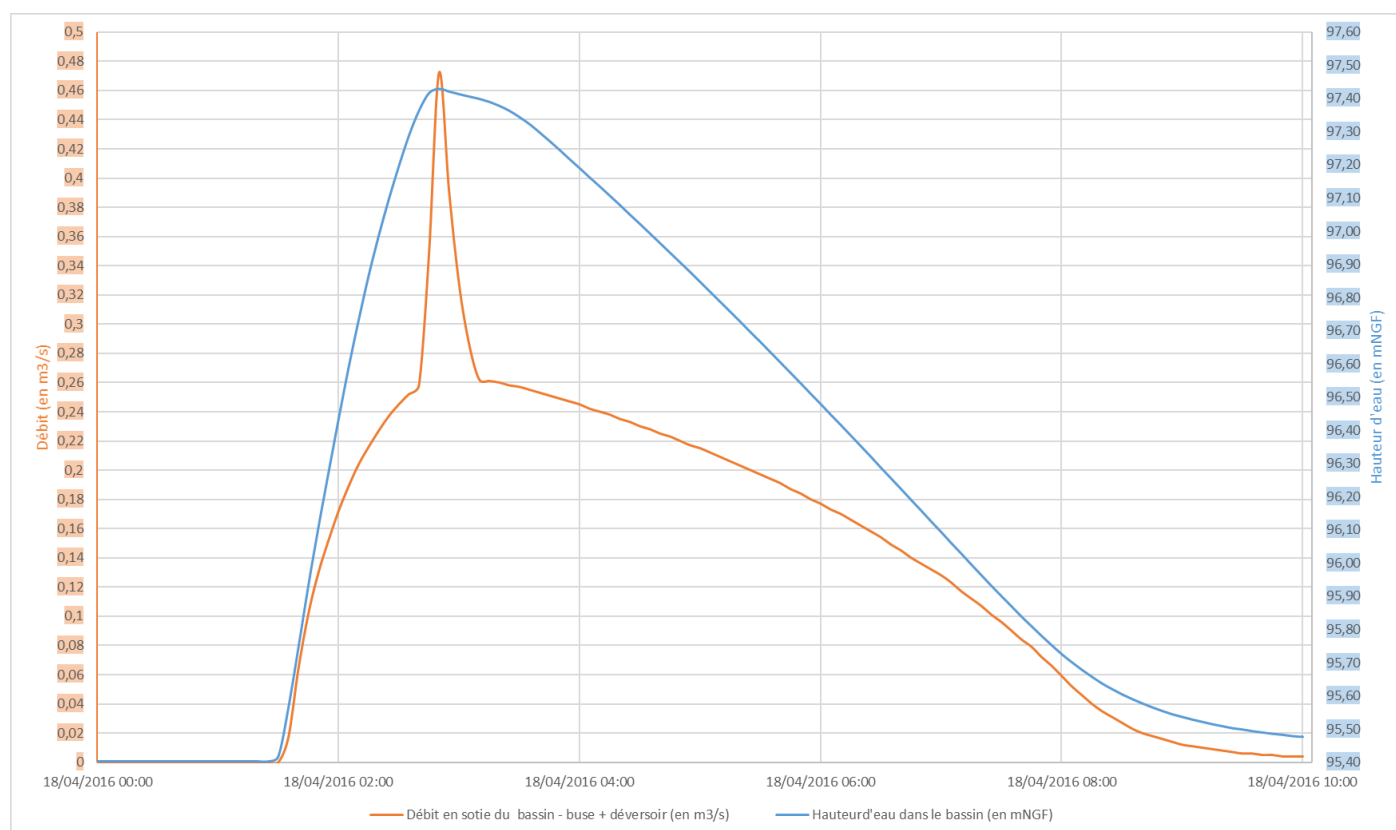
**Figure 19 : Fonctionnement ouvrage de fuite - Modélisation de la situation future – Q 20 ans**



- **Fonctionnement au-delà de la crue 20 ans**

Le bassin, dimensionné sur la base d'une crue 20 ans, aura toutefois également une action d'écrêtage des crues estivales jusque l'évènement cinquantennal, à partir duquel l'ouvrage de surverse commencera à être sollicité, tel que le démontre l'hydrogramme suivant.

**Schéma 1 : Hydrogramme présentant le débit en sortie d'ouvrage et le niveau de remplissage du bassin pour un évènement 50 ans**



Sur la base de cet hydrogramme, on observe que lors d'un évènement d'occurrence cinquante ans, la surverse est sollicitée précisément au pic de crue, lorsque la hauteur de remplissage du bassin atteint les 97,40 m NGF. Le débit entrant dans le bassin est alors de 1,15 m<sup>3</sup>/s, et le débit total sortant est de 0,47 m<sup>3</sup>/s, répartis entre le débit de buse de sortie égale à 0,25 m<sup>3</sup>/s, et le débit de surverse de 0,21 m<sup>3</sup>/s.

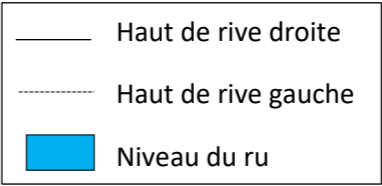
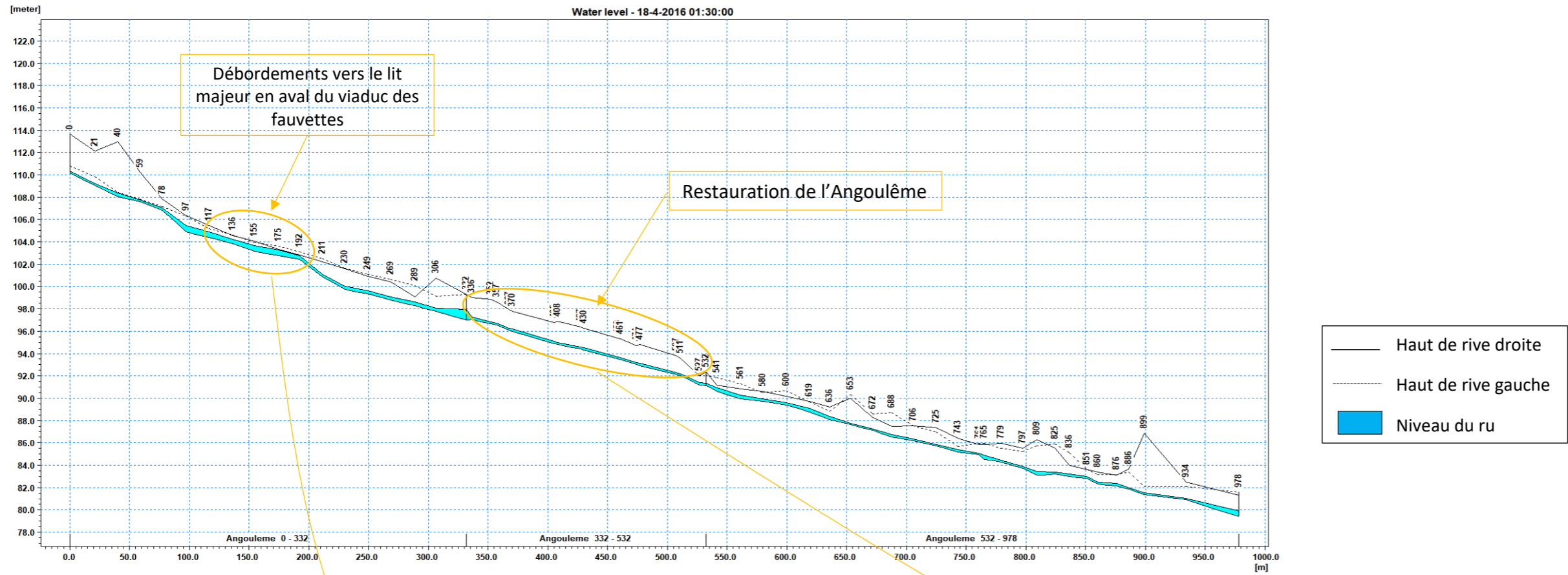
Dans cette configuration et en période estivale, on peut affirmer que le bassin, dimensionné pour une gestion des crues vicennales, joue également un rôle dans le ralentissement des crues d'un évènement cinquantennal.

#### 1.4.2.2 Résultats de la modélisation en situation future




La figure page suivante présente les niveaux des plus hautes eaux rencontrés dans le lit mineur du Ru de l'Angoulême en situation « future » lors de la crue de projet (Q20 ans).

Le profil suivant modélisé pour une crue de projet met en évidence l'absence total de débordement depuis le bassin du Baratage requalifié jusque la confluence avec le Vaularon. Les secteurs à enjeux ne sont donc plus soumis à ce phénomène d'inondation dans cette configuration.

Figure 20 : Profil en long du ruisseau de l'Angoulême – Crue projet vicennale – Situation future



Légende

-  Débordements dans le lit majeur (secteur sans enjeux)
-  Hors résultats de modélisation : Secteur potentiellement inondable par les brèches du bassin de baratage (situé dans l'ancien lit)
-  Débordements dans le secteur à enjeux (secteur bâti)

Au regard de cette absence de débordement depuis le bassin requalifié, les emprises inondées en situation future par rapport à la situation actuelle (représentée sur la Figure 9), seront identiques en amont du projet et inexistantes en aval depuis le bassin jusque la confluence avec le Vaularon.

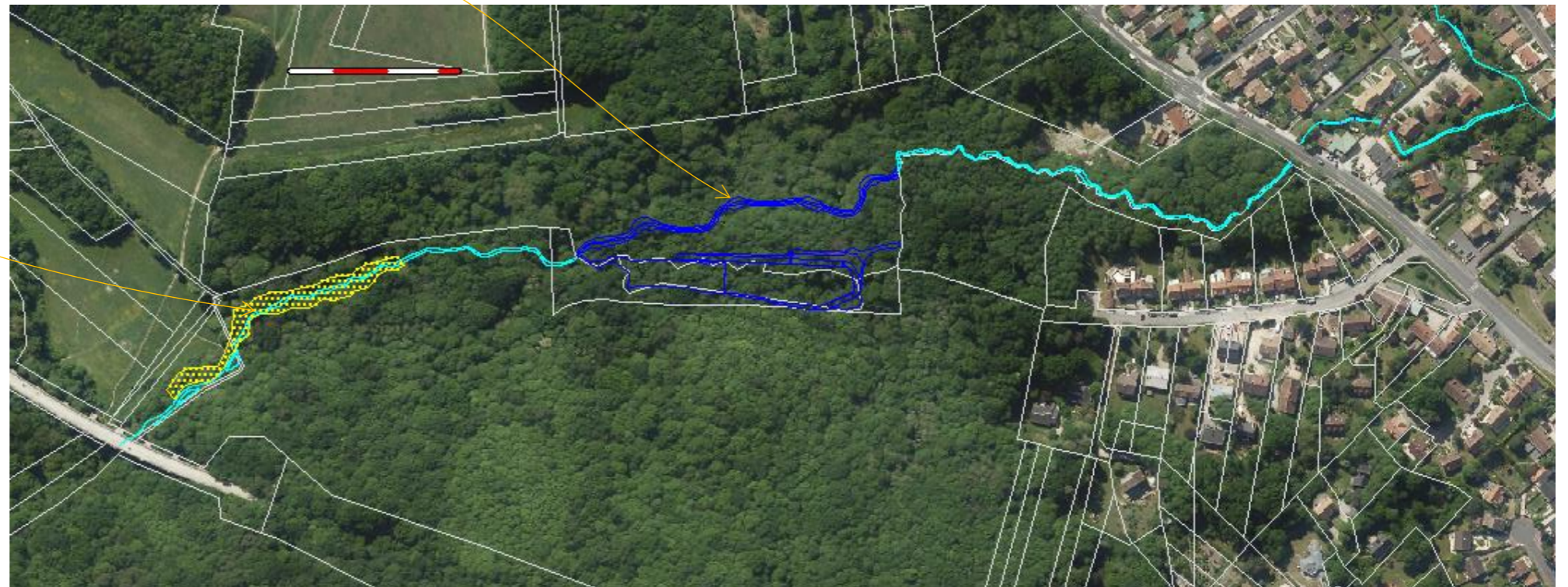


Tableau 1 : Résultats de la modélisation – Situation projet, crue Q20

Localisation	Point Kilométrique de l'Angoulême état projet (m)	Côtes radier (mNGF)	Côtes de débordements RG (mNGF)	Côtes de débordements RD (mNGF)	Hauteur d'eau max (mNGF) T = 20 ans	Hauteur d'eau dépassant la côte de débordement (m) T = 20 ans	
Viaduc des Fauvettes	0	110,15	110,49	112,30	110,48	0,00	
	21	109,03	109,74	111,41	109,35	0,00	
	40	108,03	108,45	112,98	108,50	0,05	
	59	107,60	107,81	110,23	107,88	0,07	
	78	106,83	107,06	107,18	107,13	0,07	
	97	104,89	106,15	106,13	105,81	0,00	
	117	104,39	105,17	105,13	105,18	0,05	
	136	103,86	104,26	104,38	104,44	0,18	
	155	103,17	103,87	103,89	103,96	0,09	
	175	102,75	103,43	103,39	103,45	0,06	
	192	102,46	102,90	102,84	102,90	0,06	
	211	100,85	101,32	101,43	101,31	0,00	
	230	99,76	101,59	104,54	100,27	0,00	
	249	99,34	100,96	101,06	99,91	0,00	
	269	98,77	100,35	100,18	99,32	0,00	
	289	98,29	99,58	99,28	98,91	0,00	
	306	97,76	99,17	99,93	98,41	0,00	
	Angouleme projet	332	97,00	99,30	99,30	98,37	0,00
		336	97,03	99,00	99,00	97,37	0,00
352		96,64	98,84	98,84	96,95	0,00	
357		96,58	98,60	98,60	96,78	0,00	
367		96,08	97,98	97,98	96,39	0,00	
370		95,99	97,80	97,80	96,34	0,00	
405		94,90	96,76	96,76	95,22	0,00	
408		94,79	96,88	96,88	95,08	0,00	
427		94,40	96,40	96,40	94,70	0,00	
430		94,30	96,30	96,30	94,65	0,00	
458		93,53	95,40	95,40	93,80	0,00	
461		93,45	95,30	95,30	93,71	0,00	
474		93,00	94,70	94,70	93,30	0,00	
477		92,90	94,80	94,80	93,25	0,00	
507		92,10	93,78	93,78	92,42	0,00	
511		92,00	93,60	93,60	92,24	0,00	
527		91,20	92,00	92,00	91,57	0,00	
532		91,13	92,00	92,36	91,53	0,00	
541		90,62	91,192	91,2	91,08	0,00	
561	89,94	90,89	90,82	90,47	0,00		
580	89,74	90,32	90,38	90,15	0,00		
600	89,41	90,22	90,01	89,81	0,00		
619	88,75	89,49	89,50	89,29	0,00		
636	88,11	88,83	88,80	88,57	0,00		
653	87,63	90,35	88,65	87,94	0,00		
672	87,12	88,59	87,70	87,47	0,00		
688	86,54	89,73	87,46	86,95	0,00		
706	86,20	87,52	86,90	86,55	0,00		
725	85,72	86,45	86,49	86,10	0,00		
743	85,17	85,97	86,41	85,76	0,00		
Buse 1200 mm en amont de la Route de Chartres	761	84,94	85,57	85,42	85,38	0,00	
	765	84,50	85,57	85,41	85,38	0,00	
	779	84,31	84,77	85,24	84,69	0,00	
	797	83,73	84,73	84,76	84,18	0,00	
Route de Chartres	809	83,10	85,73	86,32	83,80	0,00	
	825	83,19	85,81	85,38	83,66	0,00	
	836	83,00	85,10	84,00	83,51	0,00	
	851	82,80	83,63	83,60	83,29	0,00	
860	82,30	83,18	83,40	82,92	0,00		
Buse 1200 mm entre les habitations	876	82,13	83,15	83,11	82,90	0,00	
	886	81,85	83,38	83,68	82,24	0,00	
	899	81,35	82,10	86,87	81,86	0,00	
934	80,90	82,11	82,47	81,30	0,00		
Confluence Vaularon / Angoulême	978	79,40	80,70	81,33	80,34	0,00	

Les résultats de cette modélisation lors de la crue vicennale confirment l'absence des inondations sur tout le tronçon à partir du bassin notamment les secteurs à enjeux, soit en aval de la route de Chartres au niveau des secteurs bâtis.

**Tableau 2 : Comparaison des hauteurs d'eau maximales atteintes en aval de la zone d'étude, entre l'état actuel et l'état projet, pour la crue Q20**

Localisation	Distance relative (m)	Hauteur d'eau max à l'état actuel (mNGF) T = 20 ans	Hauteur d'eau max à l'état projet (mNGF) T = 20 ans	Différence entre l'état actuel et l'état projet (m) T = 20 ans
Aval immédiat projet Baratage	0	91,2	91,08	-0,12
	20	90,64	90,47	-0,17
	39	90,32	90,15	-0,17
	59	89,97	89,81	-0,16
	78	89,43	89,29	-0,14
	95	88,72	88,57	-0,15
	112	88,08	87,94	-0,14
	130	87,62	87,47	-0,15
	146	87,1	86,95	-0,15
	165	86,71	86,55	-0,16
	184	86,27	86,1	-0,17
	202	85,92	85,76	-0,16
Buse 1200 mm en amont de la Route de Chartres	220	85,78	85,38	-0,4
	224	85,78	85,38	-0,4
	238	84,85	84,69	-0,16
	256	84,38	84,18	-0,2
Route de Chartres	268	84,07	83,8	-0,27
	283	83,78	83,66	-0,12
	295	83,68	83,51	-0,17
	310	83,52	83,29	-0,23
	319	83,29	82,92	-0,37
Buse 1200 mm entre les habitations	335	83,28	82,9	-0,38
	345	82,36	82,24	-0,12
	358	82,06	81,86	-0,2
Confluence Vaularon / Angoulême	393	81,47	81,3	-0,17
	437	80,74	80,34	-0,4

D'après les résultats affichés dans le tableau 3, en aval de la zone d'étude du bassin du baratage on observe une diminution du niveau d'eau de l'Angoulême de 12 à 40 cm.

Ci-dessous et pages suivantes, sont affichés les chroniques de niveau d'eau et débit en aval du secteur d'étude, à l'état actuel et projeté.

Le schéma ci-dessous localise le point d'extraction des chroniques présentées page suivante, qui se situe en aval du projet, au sein du secteur urbanisé.

**Figure 21 : Localisation du point d'extraction des chroniques de niveau d'eau et débit du modèle**

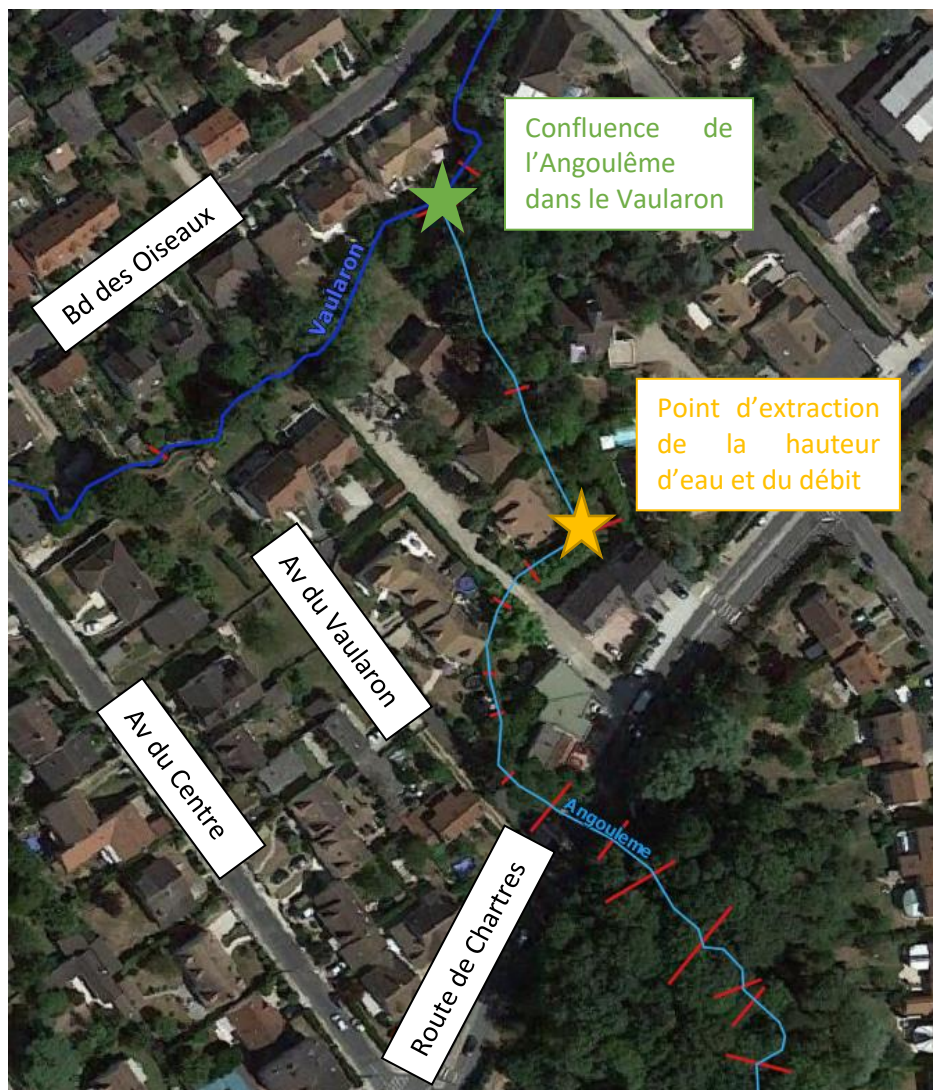




Figure 22 : Chronique de la hauteur d'eau de la rivière en aval lors d'une crue 20ans (situations actuelle et future)

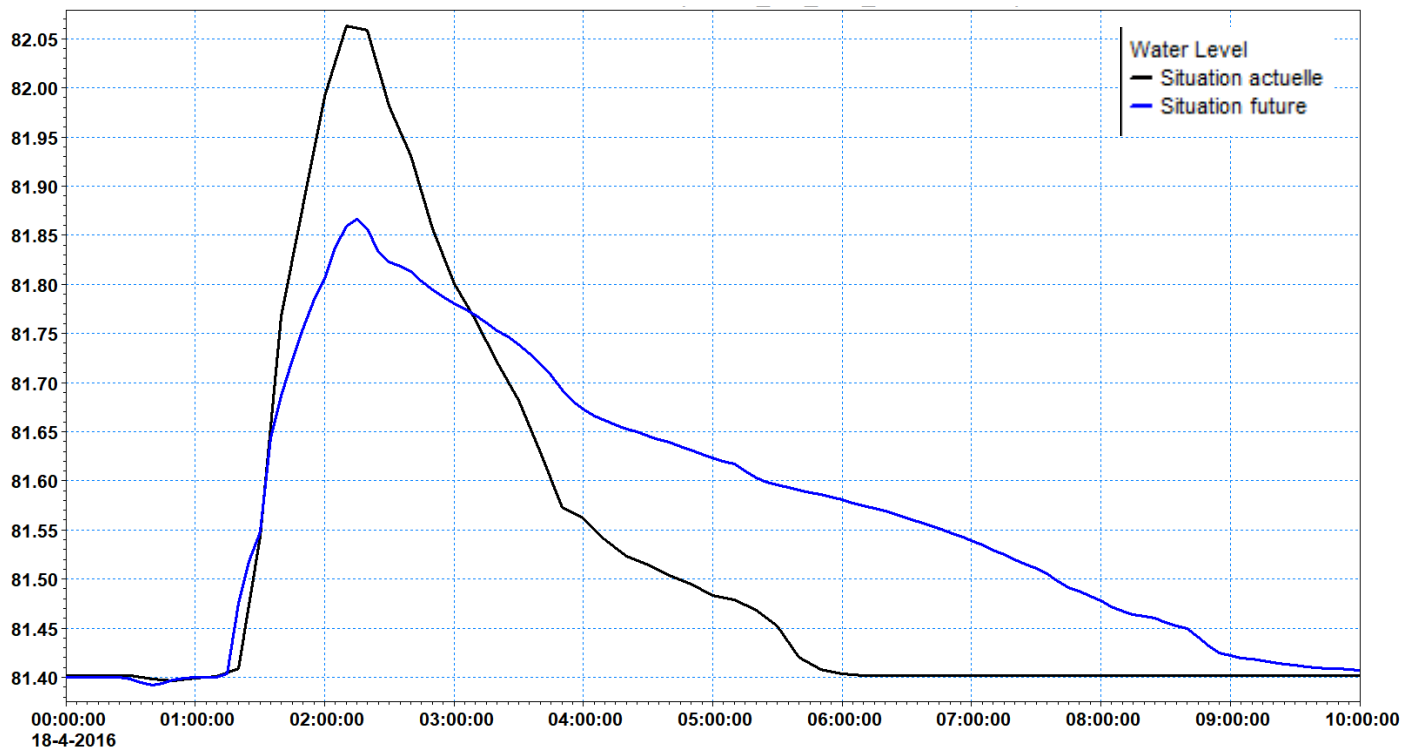
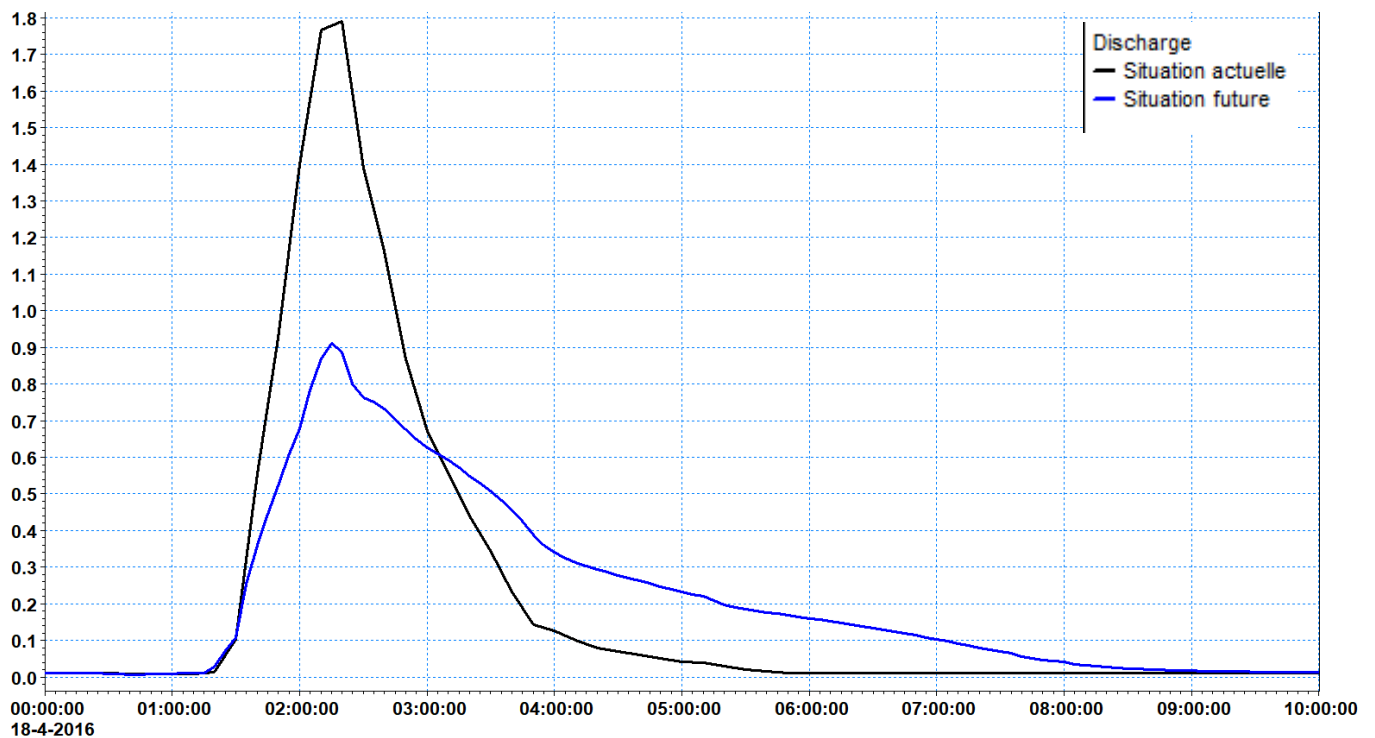


Figure 23 : Chronique du débit du cours d'eau en aval lors d'une crue 20ans (situations actuelle et future)



Les figures 22 et 23 montrent une diminution de 20cm de la hauteur d'eau de la rivière en aval ainsi qu'une réduction du débit de 0,9 m<sup>3</sup>/s.

Ces résultats mettent en évidence l'efficacité du bassin et des aménagements proposés pour assurer la protection en aval jusqu'à une pluie d'occurrence vicennale.

On constate une hauteur d'eau suffisante pour assurer la franchissabilité piscicole des petites espèces lors d'un débit de l'ordre de 150 l/s.

La figure suivante met en évidence les hauteurs d'eau rencontrées au droit du tronçon de l'Angoulême renaturé.

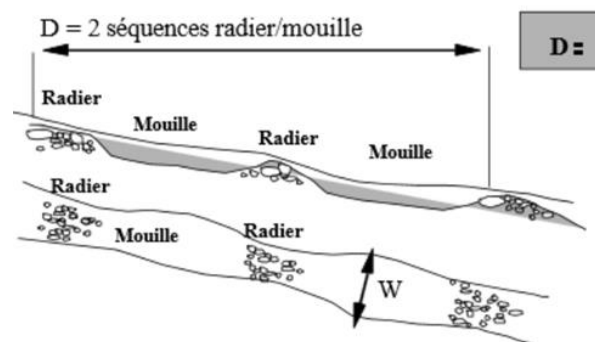
Figure 24 : Hauteur d'eau au niveau de la mise en fond de vallée du cours d'eau



Afin de rétablir la franchissabilité piscicole pour ses débits inférieurs de 150 l/s, il est possible de jouer sur les trois paramètres suivants qui influencent la hauteur de la lame d'eau :

- La largeur du cours d'eau en alternant des zones larges et étroites ;
- La présence de légères ruptures du profil en long ;
- La rugosité du fond du lit : des blocs de taille importante font augmenter la lame d'eau et créent des diversifications des écoulements.

En positionnant judicieusement des alternances de radiers et de mouilles, le cours d'eau devient plus attractif et reste franchissable en permanence. Il convient de proposer des abris sous berges (racines, blocs...) dans les mouilles dans lesquels les poissons peuvent se réfugier lors d'épisodes d'étiage sévères.



**Lors d'une crue d'occurrence 20 ans, la modélisation en situation future montre une nette diminution des débits et des hauteurs d'eau en aval. Aucun débordement n'est observé sur les secteurs à enjeux.**

**Les résultats confirment également le bon fonctionnement du bassin et de l'ouvrage en sortie lors d'une crue vicennale.**

**Au-delà de cette crue dimensionnante, il est démontré que le bassin continuera à jouer un rôle dans le ralentissement des crues jusque l'évènement cinquantennal, à partir duquel la surverse est sollicitée.**

**Les aménagements préconisés assurent la restauration de la continuité écologique. Effectivement, la mise en fond vallée d'une rivière constitue la meilleure solution pour le bon fonctionnement hydroécologique de celle-ci. Aussi cette solution favorise les échanges entre la rivière et sa nappe d'accompagnement et par conséquent une nette amélioration du fonctionnement de la zone humide.**