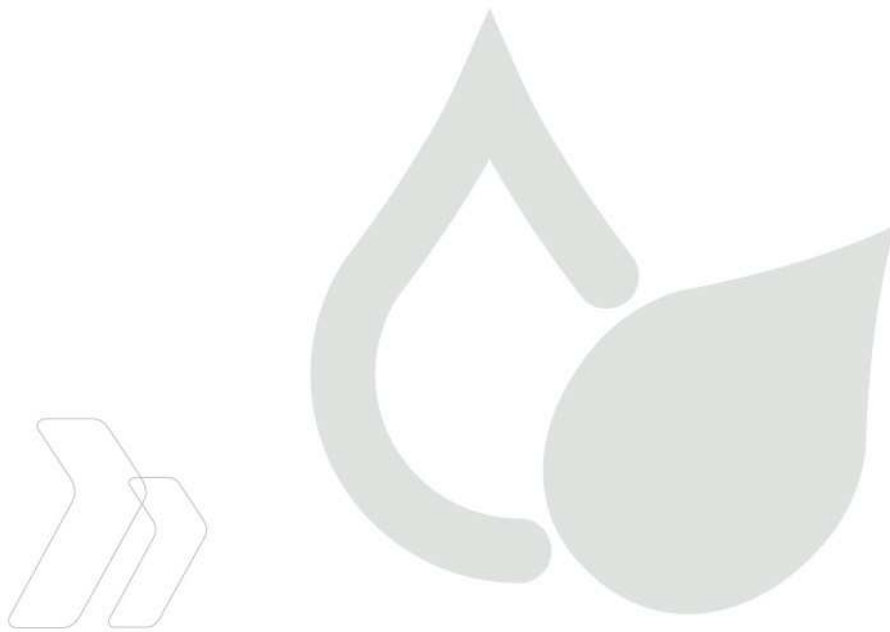


Eau  
Environnement



ETUDE PRELIMINAIRE POUR L'AMENAGEMENT DU  
PONT DE BOURGNEUF A QUIMPERLE  
Rapport de Phase 2 - Modélisations hydrauliques

+

LAMBALLE TERRE ET  
MER

Rapport n° : 18F-234-RA-2  
Révision n° : A  
Date : 11/10/2019

Votre contact :  
Olivier BARBET  
barbet@isl.fr

Rapport

ISL Ingénierie SAS - ANGERS  
25 rue Lenepveu  
49100 - Angers  
FRANCE  
Tel. : +33.2.41.36.01.77  
Fax : +33.2.41.36.10.55

[www.isl.fr](http://www.isl.fr)

**ISL**  
Ingénierie



# Visa

*Document verrouillé du 11/10/2019.*

Révision	Date	Auteur	Chef de Projet	Superviseur	Commentaire
A	11/10/2019	OBA	OBA	ADB	

ADB : de BONVILLER Arnaud

OBA : BARBET Olivier

Rapport ISL  
18F-234-RA-2  
Revision A

<http://www.isl.fr/r.php?c=166002>





## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS</b>	<b>1</b>
1.1	CONTEXTE	1
1.1	OBJECTIF	2
1.2	ORGANISATION DE L'ETUDE	2
<b>2</b>	<b>MODELISATION HYDRODYNAMIQUE 2D</b>	<b>4</b>
2.1	SITUATION INITIALE	4
2.2	SITUATION ACTUELLE	6
2.2.1	CALAGE ET VALIDATION DU MODELE	6
2.2.2	ESTIMATION DE L'IMPACT DES TRAVAUX	8
2.2.3	CARACTERISATION DE L'ETAT ACTUEL – ETAT DE REFERENCE	11
<b>3</b>	<b>ETUDE SPECIFIQUE DE SUBMERSION DES BARRIERES ANTI-CRUES DU QUAI BRIZEUX</b>	<b>13</b>
3.1	METHODOLOGIE	13
3.2	DETERMINATION DES DENSITES DE PROBABILITES	13
3.2.1	DENSITE DE PROBABILITE DU NIVEAU MARIN AU POULDU	13
3.2.1.1	Niveaux marins extrêmes	13
3.2.1.2	Approche statistique des niveaux observés au Pouldu	14
3.2.1.3	Densité de probabilité des niveaux marins au Pouldu	16
3.2.2	DENSITE DE PROBABILITE DU DEBIT DE LA LAÏTA	16
3.3	ESTIMATION DE LA RELATION ENTRE DEBITS DE LA LAÏTA ET NIVEAU MARIN A HAUTEUR FIXEE	17
3.3.1	MISE EN ŒUVRE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE 2D	17
3.3.2	RELATION ENTRE LE DEBIT DE LA LAÏTA ET LE NIVEAU MARIN AU POULDU A NIVEAU FIXE	19
3.4	APPLICATION DE LA METHODE LE LONG DES BARRIERES ANTI CRUES	20
<b>4</b>	<b>SIMULATION DES SCENARIOS D'AMENAGEMENTS</b>	<b>22</b>
4.1	SCENARIO 0 – EFFACEMENT DU PONT DE BOURGNEUF	23
4.1.1	PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT	23

4.1.2	INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D	23
4.1.3	RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE	23
4.2	SCENARIO 1 – REMPLACEMENT DU PONT DE BOURGNEUF	27
4.2.1	PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT	27
4.2.2	INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D	27
4.2.3	RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE	28
4.3	SCENARIO 2 – CREATION D'UN BY-PASS AU DROIT DU PONT DE BOURGNEUF	32
4.3.1	PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT	32
4.3.2	INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D	32
4.3.3	RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE	32
4.4	SCENARIO 3 – REFECTION DU QUAI SURCOUF	35
4.4.1	PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT	35
4.4.2	INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D	36
4.4.3	RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE	36
4.5	SYNTHESE	40
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>41</b>

## TABLE DES ANNEXES

### ANNEXE 1 NOTE HYDRAULIQUE

#### TABLE DES FIGURES

Figure 1-1 : débits journaliers maximaux annuels de la Laïta à Quimperlé (SMEIL, 2015).	1
Figure 2-1 : répartition des débits dans la basse ville en décembre 2000 – situation initiale.	4
Figure 2-2 : hauteurs d'eau de la crue de décembre 2000 – situation initiale.	5
Figure 2-3 : hauteurs d'eau de la crue de décembre 2013 – situation actuelle.	7
Figure 2-4 : répartition des débits dans la basse ville en décembre 2013 – situation actuelle.	8
Figure 2-5 : lignes d'eau – situation actuelle.	10
Figure 2-6 : répartition des débits dans la basse ville – situation actuelle.	11
Figure 3-1 : niveau marin centennal de pleine mer (SHOM-CETMEF, 2012).	14
Figure 3-2 : ajustement des maxima annuels observés au Pouldu (en pointillés verts, intervalles de confiance à 70 %).	15

Figure 3-3 : comparaison des débits reconstitués de la Laïta et des débits simulés par le modèle hydrodynamique pour les 6 crues historiques simulées. _____	16
Figure 3-4 : ajustement des maxima annuels reconstitués de la Laïta à Quimperlé (en pointillés verts, intervalles de confiance à 70 %). _____	17
Figure 3-5 : situation des transects pour l'étude de la submersion des barrières anti crues. ____	18
Figure 3-6 : niveau de la Laïta en fonction du débit de la Laïta et du niveau marin au Pouldu. __	19
Figure 3-7 : relation $z(Q)$ à Z fixé – transect n°9. _____	20
Figure 4-1 : modification du maillage au droit du pont de Bourgneuf – état actuel à gauche, état projeté à droite. _____	23
Figure 4-2 : répartition des débits dans la basse ville – scénario 0. _____	25
Figure 4-3 : impact sur les niveaux d'eau – scénario 0. _____	25
Figure 4-4 : lignes d'eau – scénario 0. _____	26
Figure 4-5 : coupe schématique du remplacement du pont actuel par un ouvrage voûte en anse de panier. _____	27
Figure 4-6 : modification du maillage au droit du pont de Bourgneuf – état actuel à gauche, état projeté à droite. _____	28
Figure 4-7 : répartition des débits dans la basse ville – scénario 1. _____	30
Figure 4-8 : impact sur les niveaux d'eau – scénario 1. _____	30
Figure 4-9 : lignes d'eau – scénario 1. _____	31
Figure 4-10 : illustration des aménagements du scénario 2. _____	32
Figure 4-11 : lignes d'eau – scénario 2. _____	34
Figure 4-12 : coupe schématique de l'ajout d'une troisième arche. _____	35
Figure 4-13 : illustration des aménagements du scénario 3. _____	35
Figure 4-14 : modification du maillage au droit du pont de Bourgneuf – état actuel à gauche, état projeté à droite. _____	36
Figure 4-15 : répartition des débits dans la basse ville – scénario 3. _____	38
Figure 4-16 : impact sur les niveaux d'eau de la crue de décembre 2013 – scénario 3. _____	38
Figure 4-17 : lignes d'eau – scénario 3. _____	39

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 : aménagements retenus par la ville de Quimperlé suite aux études préalables de 1997 et 2001 (SMEIL, 2015). .....	2
Tableau 2-1 : pertes de charge calculées au droit des ouvrages – situation initiale.....	6
Tableau 2-2 : pertes de charge calculées au droit des ouvrages – situation actuelle. ....	6
Tableau 2-3 : écarts par rapport à la situation initiale. ....	9

Tableau 2-4 : débits de début de débordements et de dommages.....	11
Tableau 3-1 : niveaux marins extrêmes de pleine mer estimés au Pouldu (SHOM-CETMEF, 2012). .....	14
Tableau 3-2 : niveaux marins extrêmes au Pouldu (ISL, 2019). .....	15
Tableau 3-3 : paramètres de la loi de distribution des niveaux marins au Pouldu (ISL, 2019). .....	16
Tableau 3-4 : périodes de retour de surverse sur les barrières anti crues (hauteur 1 m).....	21
Tableau 3-5 : exemple de couples {débit de la Laïta ; niveau marin au Pouldu} correspondant au début de débordement sur les barrières.....	21
Tableau 4-1 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 0.....	24
Tableau 4-1 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 1.....	29
Tableau 4-3 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 2.....	33
Tableau 4-1 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 3.....	37





# 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

## 1.1 CONTEXTE

Située au confluent de l'isole et de l'Ellé qui forment la Laïta, la ville de Quimperlé est particulièrement vulnérable aux inondations de ces trois cours d'eau. Depuis 1995, 6 grandes crues dommageables ont touché la basse ville de Quimperlé : janvier 1995, décembre 2000, janvier 2001, décembre 2013, janvier 2014 et février 2014.

L'une des particularités du contexte de Quimperlé est de connaître plusieurs crues successives le même hiver : une fois les sols saturés par un hiver pluvieux, chaque passage pluvieux important entraîne une crue significative, voire dommageable. C'est ce qu'il s'est produit en janvier 1995 (trois crues en moins d'un mois), lors de l'hiver 2000-2001 (2 crues successives) et lors de l'hiver 2013-2014 (3 crues successives).

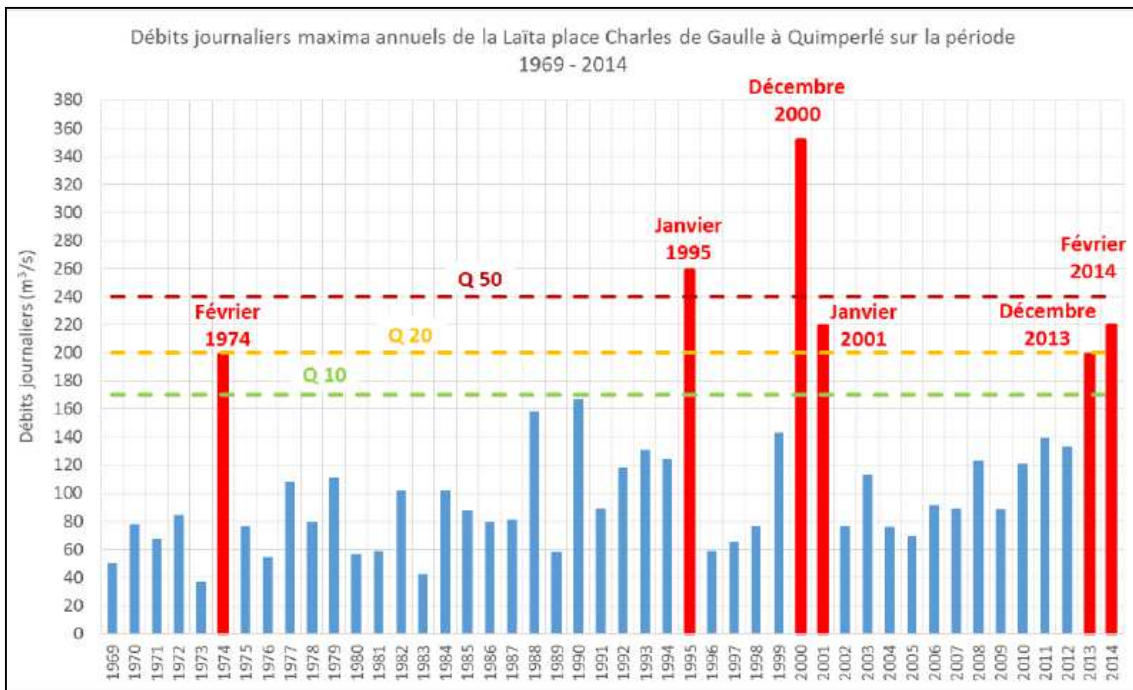


Figure 1-1 : débits journaliers maximaux annuels de la Laïta à Quimperlé (SMEIL, 2015).

En outre, la partie aval de la basse ville est soumise à l'influence de la marée : en particulier, le quai Brizeux est particulièrement vulnérable et est régulièrement inondé.

Suite aux crues de l'hiver 2000-2001, la commune de Quimperlé a entrepris d'importants travaux d'aménagement des cours d'eau de l'isole et de l'Ellé : réfection/reconstruction de ponts, suppression d'obstacles à l'écoulement, mise en place de barrières anti-crues,... Le Tableau 1-1 rappelle les travaux entrepris par la commune :

Date	Aménagements envisagés	Aménagements réalisés	Cours d'eau
Avant 2005	Suppression du verrou rocheux	Oui	Ellé
	Réfection rue de la passerelle	Oui	Isole
	Suppression de la Poutre France Telecom	Oui	Isole
	Remplacement du Pont J.Roch	Oui	Isole
	Abaissement du radier du Pont Fleuri	Oui	Ellé
	Installation des barrières anti inondation	Oui	Laïta
2005-2007	Pont Lovignon, déversoir et abaissement radier	Oui	Ellé
	Réalisation d'un by-pass au Pont Lovignon	Oui	Ellé
	Remplacement du Pont Salé par un pont à jauge élargie	Oui	Isole
	Mise en place d'un clapet mobile	Oui	Isole
	Curage de l'Isole	Oui	Isole
	Remplacement de 3 des 4 passerelles piétonnes, par des passerelles plus hautes sans pilier de soutien et suppression de la quatrième.	Oui	Isole
Non programmé	Réaménagement du quai Surcouf	Non	Laïta

**Tableau 1-1 : aménagements retenus par la ville de Quimperlé suite aux études préalables de 1997 et 2001 (SMEIL, 2015).**

A l'heure actuelle, le pont de Bourgneuf est l'un des rares ouvrages à ne pas avoir été aménagé bien qu'il implique une perte de charge en crue significative (50 à 100 cm selon les crues).

La présente étude vise ainsi à étudier les impacts d'un aménagement du pont du Bourgneuf pour réduire les inondations. Elle s'appuie sur deux études antérieures qui avaient abordé des travaux sur le pont de Bourgneuf : l'étude SCE de 2001 et l'étude ISL-Ingénierie de 2005.

## 1.1 OBJECTIF

L'objectif de l'étude est d'étudier les possibilités d'aménagements au droit du pont de Bourgneuf pour limiter les débordements de crues dans la basse ville de Quimperlé, afin de compléter le programme d'aménagements mené par la ville depuis 2001.

L'étude comprend la proposition de 3 scénarios d'aménagements, une analyse hydraulique fine de la situation actuelle et des situations projetées par une modélisation hydrodynamique bidimensionnelle, l'analyse précise des impacts amont et des impacts en aval des aménagements projetés, la réalisation d'une analyse multicritère servant d'outil d'aide à la décision afin de statuer sur l'opportunité de réaliser les aménagements proposés.

## 1.2 ORGANISATION DE L'ETUDE

L'étude comporte trois phases :

- Phase 1 – analyse des études historiques et proposition de 3 scénarios d'aménagement du secteur du pont de Bourgneuf ;
- **Phase 2 – étude hydraulique et modélisation des 3 scénarios d'aménagements ;**
- Phase 3 – réalisation de 3 analyses multi-critères et d'une analyse comparative.

Le présent rapport traite de la Phase 2 de l'étude. Il comprend les chapitres suivants :

- Chapitre 2 : Modélisation hydrodynamique 2D ;
- Chapitre 3 : Etude spécifique de submersion des barrières anti-crues du quai Brizeux ;
- Chapitre 4 : Simulation des scénarios d'aménagements.

Le corps du rapport comprend les résultats des modélisations menées dans le cadre de la Phase 2 de l'étude.

La construction et le calage du modèle hydrodynamique 2D, qui constituent une part importante du travail de modélisation, sont présentés dans une note annexée au présent rapport (ANNEXE 1). Les principales conclusions sont rappelées dans le corps du rapport au chapitre 2.

## 2 MODELISATION HYDRODYNAMIQUE 2D

La construction et le calage du modèle hydrodynamique 2D sont présentés en ANNEXE 1.

### 2.1 SITUATION INITIALE

Le modèle a été calé en situation initiale (avant travaux) sur la crue de décembre 2000. De manière générale, les niveaux maximaux apparaissent sous-estimés, ce qui peut s'expliquer par une sous-estimation des débits pour cette crue.

Le modèle a ensuite été validé sur les crues de janvier 1995 et janvier 2001 : pour ces deux crues, les niveaux aux stations sont bien reproduits avec plutôt une sur-estimation des niveaux maximaux pour ces deux crues.

La Figure 2-2 illustre les hauteurs d'eau calculées par le modèle hydrodynamique pour la crue de décembre 2000.

La Figure 2-1 présente la répartition des débits dans la basse ville :

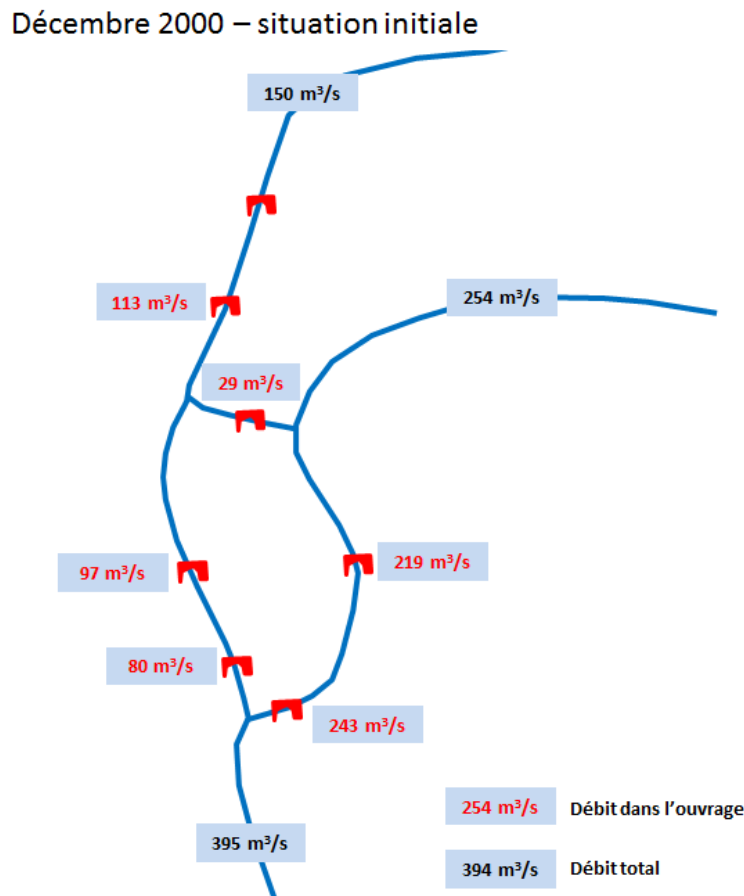


Figure 2-1 : répartition des débits dans la basse ville en décembre 2000 – situation initiale.

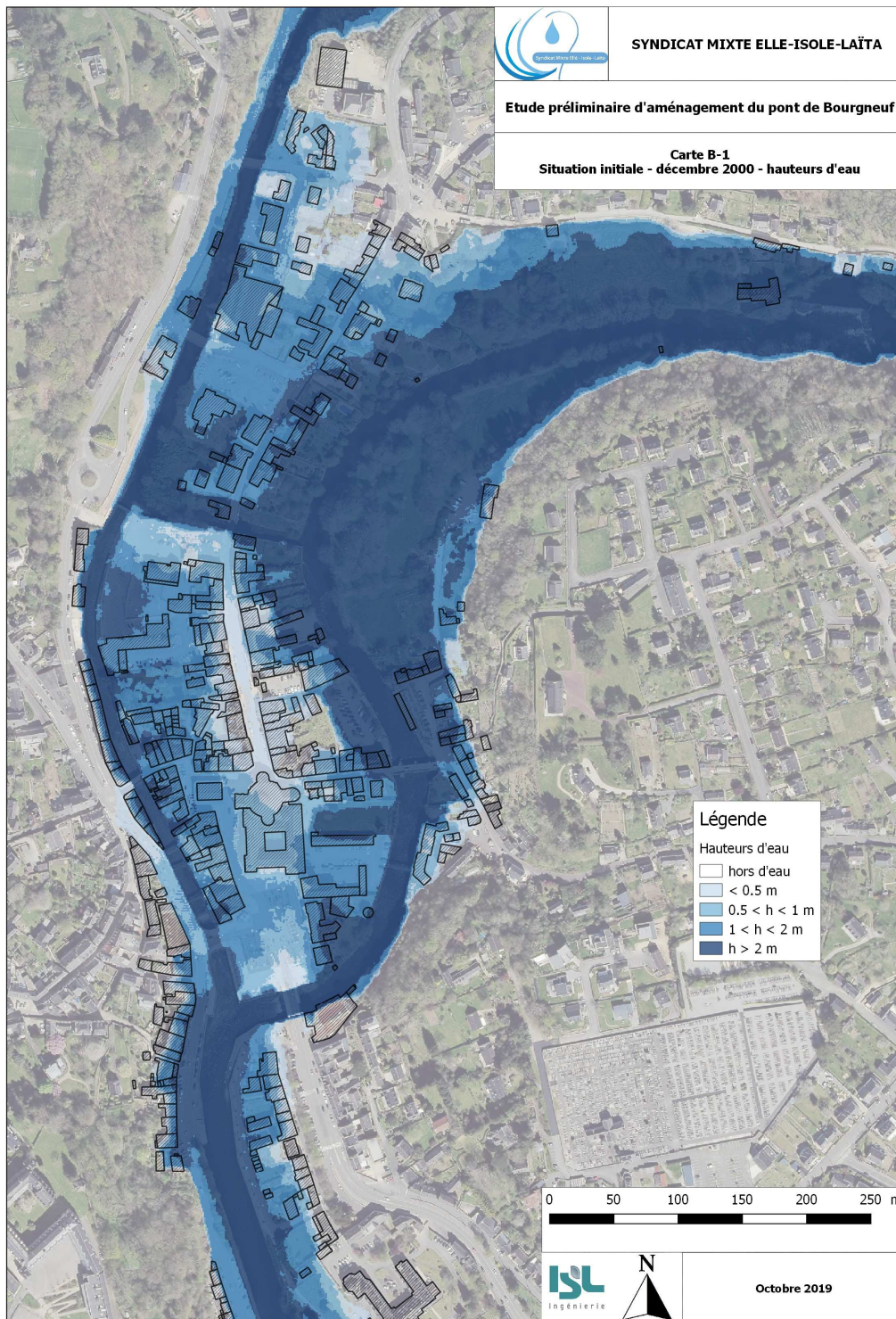


Figure 2-2 : hauteurs d'eau de la crue de décembre 2000 – situation initiale.

Les pertes de charge au droit des ponts de Quimperlé calculées pour les trois crues sont données dans le Tableau 2-1.

Rivière	Ouvrage	Perte de charge en cm		
		Janvier 1995	Décembre 2000	Janvier 2001
Eilé	Pont Lovignono	53	47	54
	Pont de Bourgneuf	43	77	41
Isole	Pont rue de la Passerelle	19	9	18
	Poutre France Telecom	19	14	17
	Pont J. Roch	3	3	3
	Pont Salé (ou Isole)	43	51	42
	Pont du Moulin de la Ville	36	38	35

**Tableau 2-1 : pertes de charge calculées au droit des ouvrages – situation initiale.**

## 2.2 SITUATION ACTUELLE

### 2.2.1 CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

Le modèle a été calé en situation actuelle (après travaux) sur la crue de décembre 2013. Les niveaux observés au cours de la crue et aux stations de mesure sont, dans l'ensemble, bien représentés par le modèle. Le modèle a été validé sur les crues de janvier 2014 et février 2014 avec des résultats satisfaisants.

Les pertes de charge au droit des ponts de Quimperlé calculées pour les trois crues sont données dans le Tableau 2-2.

Rivière	Ouvrage	Perte de charge en cm		
		Décembre 2013	Janvier 2014	Février 2014
Eilé	Pont Lovignono	41	36	38
	Pont de Bourgneuf	36	28	30
Isole	Pont rue de la Passerelle	19	16	18
	Pont J. Roch	-	-	-
	Pont Salé (ou Isole)	17	15	18
	Pont du Moulin de la Ville	45	35	35

**Tableau 2-2 : pertes de charge calculées au droit des ouvrages – situation actuelle.**

La Figure 2-3 illustre les hauteurs d'eau calculées par le modèle hydrodynamique pour la crue de décembre 2013.

La Figure 2-4 présente la répartition des débits dans la basse ville.

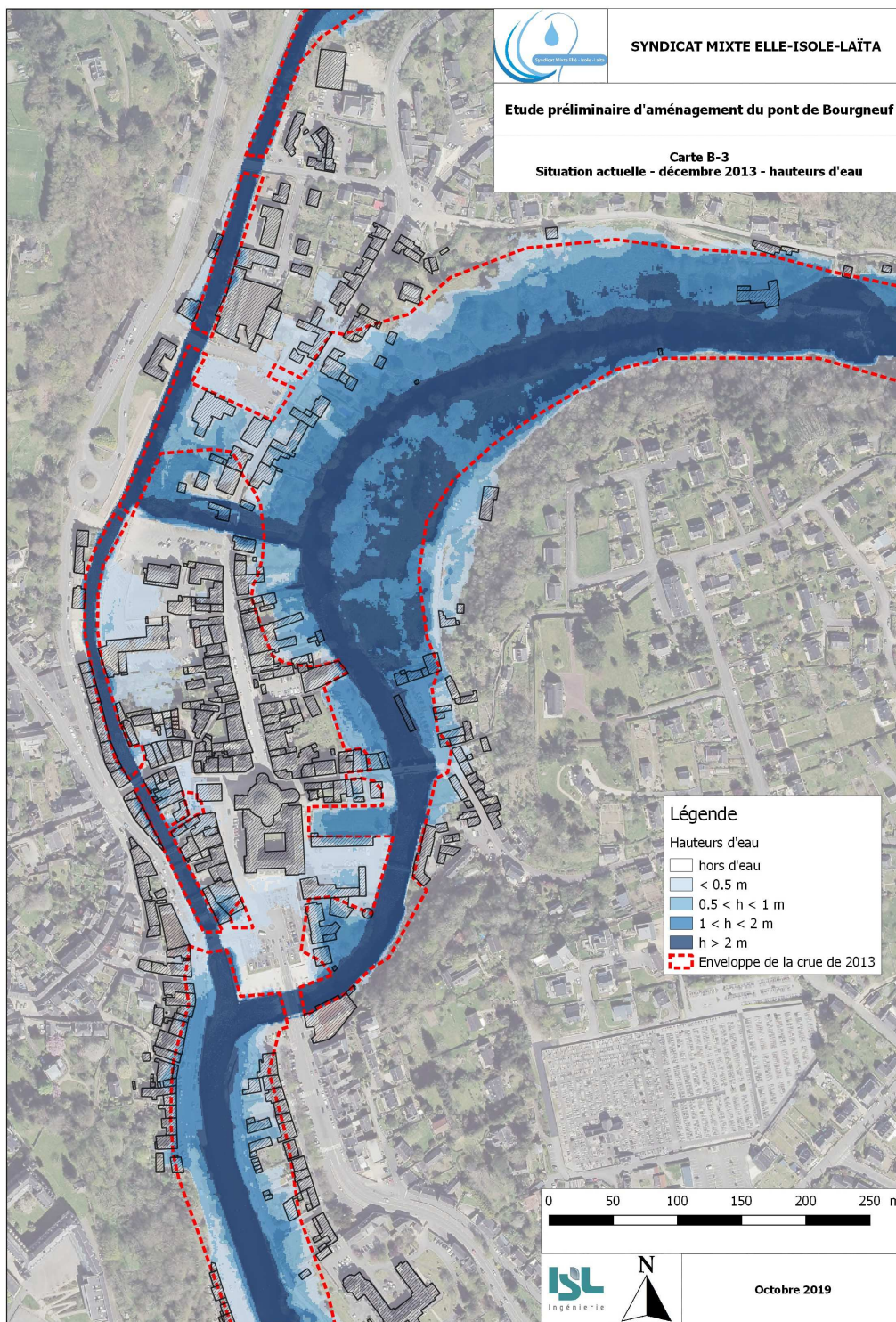


Figure 2-3 : hauteurs d'eau de la crue de décembre 2013 – situation actuelle.



Décembre 2013 – situation actuelle

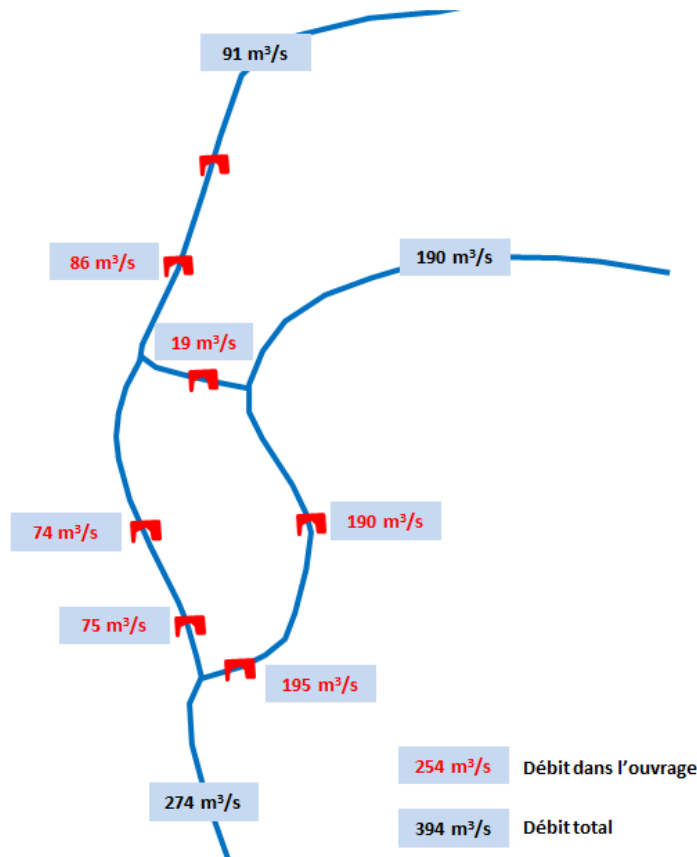


Figure 2-4 : répartition des débits dans la basse ville en décembre 2013 – situation actuelle.

### 2.2.2 ESTIMATION DE L'IMPACT DES TRAVAUX

Les crues de janvier 1995, décembre 2000 et janvier 2001 ont été simulés en situation actuelle pour évaluer l'impact des travaux de 2005-2007 sur ces crues.

Les résultats en quelques secteurs sont présentés dans le Tableau 2-3. Les profils en long pour les crues de janvier 1995 et décembre 2000 sont donnés sur les graphes de la Figure 2-5.

Les résultats pour les crues de janvier 1995 et janvier 2001 sont similaires.

Les résultats obtenus ne sont pas exactement ceux présentés dans l'étude SCE (SCE, Lutte contre les inondations - étude hydraulique, 2001) mais les travaux réellement effectués ne sont pas exactement ceux qui avaient été simulés à l'époque.

Pour les crues de janvier 1995 et 2001, les ordres de grandeurs sont globalement proches de l'étude SCE.

Concernant la crue de décembre 2000, les gains obtenus suite aux travaux de 2005-2007 sont inférieurs à ceux simulés dans l'étude SCE.

Localisation		Ecart par rapport à la situation initiale (cm)		
		Janvier 1995	Décembre 2000	Janvier 2001
Elle	Moulin des Gorrets	-28	-18	-27
	Bras de décharge	-32	-20	-31
	Place Lovignon	-37	-18	-36
	Aval pont Lovignon	-23	-16	-22
	Amont pont de Bourgneuf	-4	-1	-3
Isole	Station SPC J. Roch	-30	-18	-31
	Bras de décharge	-32	-21	-32
	Place de l'Isole	-69	-32	-70
	Aval pont Isole	-45	-18	-45
	Amont clapet	+17	+17	+17
Laïta	Station Charles de Gaulle	-	-5	-
	Extrémité aval barrières	-	-	

Tableau 2-3 : écarts par rapport à la situation initiale.

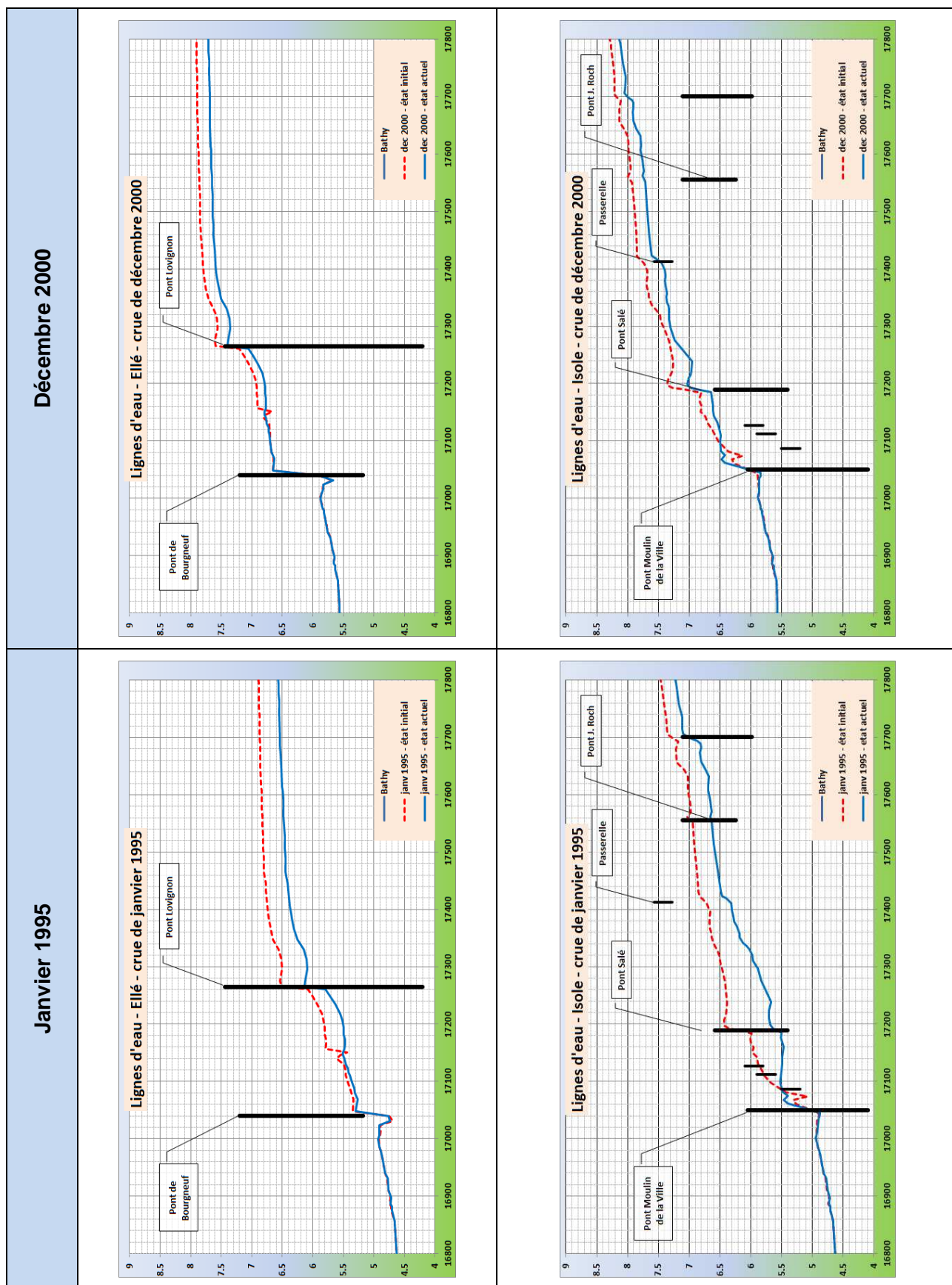


Figure 2-5 : lignes d'eau – situation actuelle.

### 2.2.3 CARACTERISATION DE L'ETAT ACTUEL – ETAT DE REFERENCE

Les répartitions des débits dans la basse ville pour les crues de décembre 2000 et décembre 2013 sont présentées sur la Figure 2-6 :

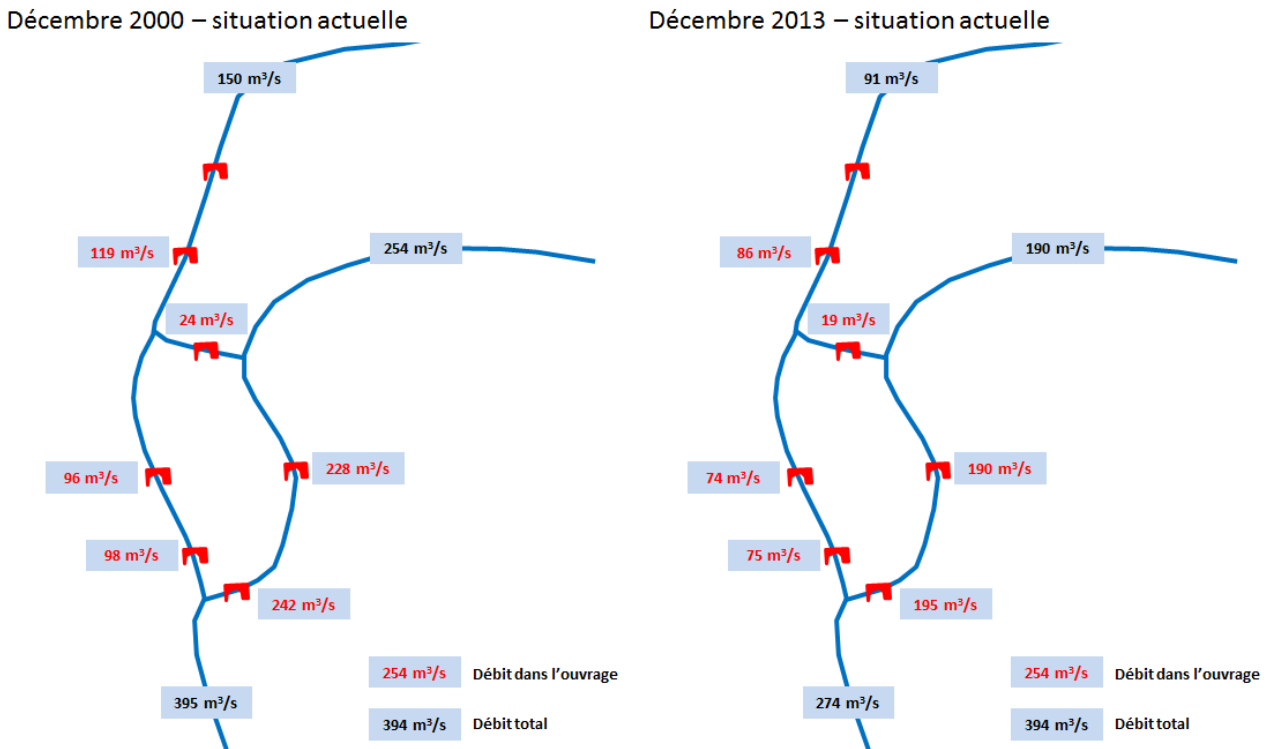


Figure 2-6 : répartition des débits dans la basse ville – situation actuelle.

Lors de la crue de décembre 2013, le débit transitant par le pont de Bourgneuf est évalué à 195 m<sup>3</sup>/s. Pour cet évènement, les calculs de lignes d'eau et les photographies prises pendant l'évènement montrent que le pont était en limite d'être totalement en charge : la capacité totale du pont de Bourgneuf en situation actuelle avant mise en charge complète peut être estimée à 200 m<sup>3</sup>/s environ.

La perte de charge associée est estimée à 35 cm. Ainsi, la perte de charge liée à la forme de la voûte et à la présence des culées et de la pile peut atteindre jusqu'à 30-40 cm.

Les débits de premiers débordements et de premiers dommages sont estimés au droit des premiers enjeux touchés :

Secteur	Lieu	Débit de début de débordement	Débit de début de dommage
Amont bras de décharge	Rue Brémond d'Ars/place des Anciennes Fonderies	130-140 m <sup>3</sup> /s (Ellé amont)	130-140 m <sup>3</sup> /s (Ellé amont)
Isole	Place de l'Isole	60-70 m <sup>3</sup> /s	75-80 m <sup>3</sup> /s
Ellé	Place Lovignon	130-140 m <sup>3</sup> /s (110-120 m <sup>3</sup> /s Ellé amont)	130-140 m <sup>3</sup> /s (110-120 m <sup>3</sup> /s Ellé amont)

Tableau 2-4 : débits de début de débordements et de dommages.

Les débits de premiers dommages rue Brémond d'Ars en amont du bras de décharge et place Lovignon sont équivalents. Toutefois, les premiers débordements et dommages sont bien observés place Lovignon : en fait, le débit de l'Ellé place Lovignon intègre une part du débit de l'isole qui transite par le bras de décharge. Cette part est variable selon les crues et le débit des premiers débordements et dommages place Lovignon correspond à un débit de l'Ellé amont de l'ordre de 110 à 120 m<sup>3</sup>/s.

Par ailleurs, pour ces débits de premiers débordements et dommages, la perte de charge au droit du pont de Bourgneuf est relativement faible, de l'ordre de 10-15 cm : en conséquence, tout aménagement du pont de Bourgneuf seul aura un impact très limité sur les débits de premiers débordements et dommages.

## 3 ETUDE SPECIFIQUE DE SUBMERSION DES BARRIERES ANTI-CRUES DU QUAI BRIZEUX

### 3.1 METHODOLOGIE

Les niveaux d'eau atteints le long des barrières anti crues à Quimperlé dépendent de deux facteurs :

- Le débit total de la Laïta à la confluence (somme des débits de l'Ellé et de l'Isole) ;
- Le niveau de la marée (mesuré au Pouldu).

En se fondant sur l'hypothèse que le débit de la Laïta et le niveau marin sont des variables indépendantes, la probabilité d'obtenir à Quimperlé un niveau supérieur à Z peut se définir de la manière suivante :

$$Prob (X > Z) = \int_{Q_{min}}^{Q_{max}} f(x) \cdot \int_{z(Q)} g(z) \cdot dz \cdot dx$$

Où :  $f(x)$  : densité de probabilité attachée au débit de la Laïta Q,

$g(z)$  : densité de probabilité attachée au niveau marin au Pouldu z,

$Q_{min}$  : débit minimal de la Laïta,

$Q_{max}$  : débit maximal de la Laïta,

$z(Q)$  : relation entre Q (Laïta) et z (niveau marin au Pouldu) à Z fixé.

Le caractère d'indépendance entre les deux variables n'est pas démontré *a priori* et ressort comme une hypothèse forte.

### 3.2 DETERMINATION DES DENSITES DE PROBABILITES

#### 3.2.1 DENSITE DE PROBABILITE DU NIVEAU MARIN AU POULDU

##### 3.2.1.1 Niveaux marins extrêmes

Les niveaux marins extrêmes dans l'anse du Pouldu ont été estimés dans le cadre des travaux du SHOM et du CEREMA (ex-CETMEF). Les valeurs estimées d'après ces travaux sont données dans le Tableau 3-1.



Figure 3-1 : niveau marin centennal de pleine mer (SHOM-CETMEF, 2012).

Période de retour	Niveau marin dans l'anse du Pouldu (mNGF)
T = 10 ans	3,45
T = 20 ans	3,55
T = 50 ans	3,65
T = 100 ans	3,75

Tableau 3-1 : niveaux marins extrêmes de pleine mer estimés au Pouldu (SHOM-CETMEF, 2012).

### 3.2.1.2 Approche statistique des niveaux observés au Pouldu

Les niveaux marins au Pouldu sont mesurés en continu par le SPC Vilaine-Côtiers Bretons depuis 1997. Les données des observations ont pu être récupérées sur la période 1997-2016.

Les maxima annuels des niveaux marins observés au Pouldu (sur la période de septembre à août) sont ajustés à une loi de Gumbel. L'ajustement est relativement correct (cf. Figure 3-2).

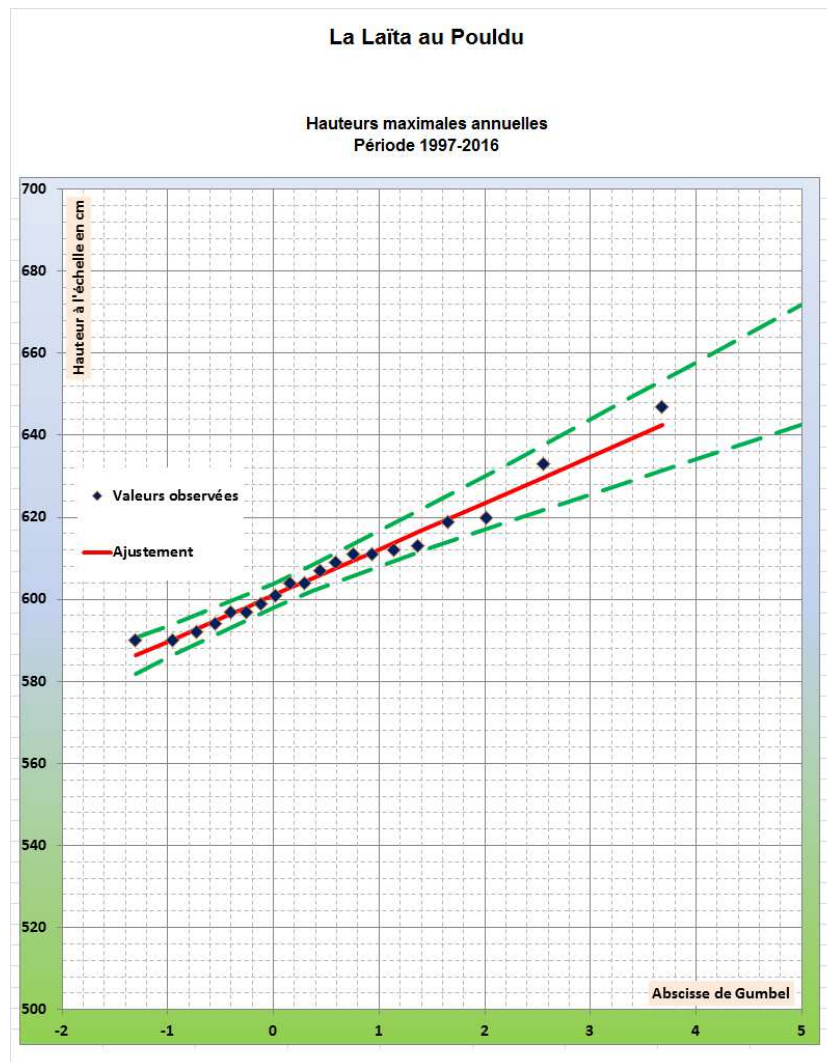


Figure 3-2 : ajustement des maxima annuels observés au Pouldu (en pointillés verts, intervalles de confiance à 70 %).

Les valeurs extrêmes issues de cet ajustement sont données dans le Tableau 3-2 :

Période de retour	Hauteur à l'échelle du Pouldu (cm)	Niveau marin au Pouldu (mNGF)
T = 5 ans	618	3,37
T = 10 ans	627	3,46
T = 20 ans	636	3,55
T = 50 ans	646	3,65
T = 100 ans	654	3,73

Tableau 3-2 : niveaux marins extrêmes au Pouldu (ISL, 2019).



Les niveaux marins ainsi estimés sont très proches de ceux issus des travaux du SHOM et du CETMEF avec des écarts inférieurs à 5 cm.

Pour l'évènement centennal, l'ajout d'une surcote de 20 cm pour la prise en compte du changement climatique à court/moyen terme permet d'approcher le niveau de référence du PPRL (4,0 mNGF dans l'estuaire de la Laïta).

### 3.2.1.3 Densité de probabilité des niveaux marins au Pouldu

Pour les calculs de probabilités conjointes des niveaux de la Laïta le long des barrières anti-crues, nous retiendrions l'ajustement à la loi de Gumbel dont les paramètres sont repris dans le Tableau 3-3 :

Prise en compte du changement climatique	Mode	Gradex
Court terme	3,2 mNGF	0,12 m/u
Moyen terme (+20cm)	3,4 mNGF	0,12 m/u

Tableau 3-3 : paramètres de la loi de distribution des niveaux marins au Pouldu (ISL, 2019).

### 3.2.2 DENSITE DE PROBABILITE DU DEBIT DE LA LAÏTA

Les débits de la Laïta ne sont pas suivis. Toutefois, il est possible de reconstituer ces débits à partir des chroniques de débits observées aux stations de Quimperlé sur l'Isole et de pont Ty Nadan sur l'Ellé. Le modèle hydrodynamique a montré que le temps de propagation de l'Ellé entre la station de pont Ty Nadan et Quimperlé était de 1h30 à 2h.

Une chronique de débits horaires de la Laïta est ainsi reconstituée de la façon suivant :

$$Q_{laïta}(t) = Q_{Isole \text{ à } Quimperlé}(t) + Q_{Ellé \text{ à } Arzano}(t - 2 \text{ heures})$$

Les chroniques horaires à la station de pont Ty Nadan sur l'Ellé sont disponibles à partir de 1993 : la chronique des débits horaires de la Laïta est ainsi reconstituée sur la période de 1993 à 2019.

Les débits ainsi reconstitués sont comparés aux débits de pointe issus de la simulation des crues historiques pour les 6 crues simulées :

Crue	Qp Laïta reconstitution	Qp Laïta modèle hydrodynamique
Janvier 1995	280 m <sup>3</sup> /s	281 m <sup>3</sup> /s
Décembre 2000	395 m <sup>3</sup> /s	395 m <sup>3</sup> /s
Janvier 2001	281 m <sup>3</sup> /s	280 m <sup>3</sup> /s
Décembre 2013	274 m <sup>3</sup> /s	274 m <sup>3</sup> /s
Janvier 2014	246 m <sup>3</sup> /s	246 m <sup>3</sup> /s
Février 2014	251 m <sup>3</sup> /s	251 m <sup>3</sup> /s

Figure 3-3 : comparaison des débits reconstitués de la Laïta et des débits simulés par le modèle hydrodynamique pour les 6 crues historiques simulées.

Les débits de pointe pour les plus fortes crues de la Laïta sont plutôt bien reproduits par la méthode de reconstitution.

Dans un second temps, les débits maximaux annuels sur l'année hydrologique (septembre à août) sont ajustés à une loi de Gumbel et à une loi GEV (cf. Figure 3-4).

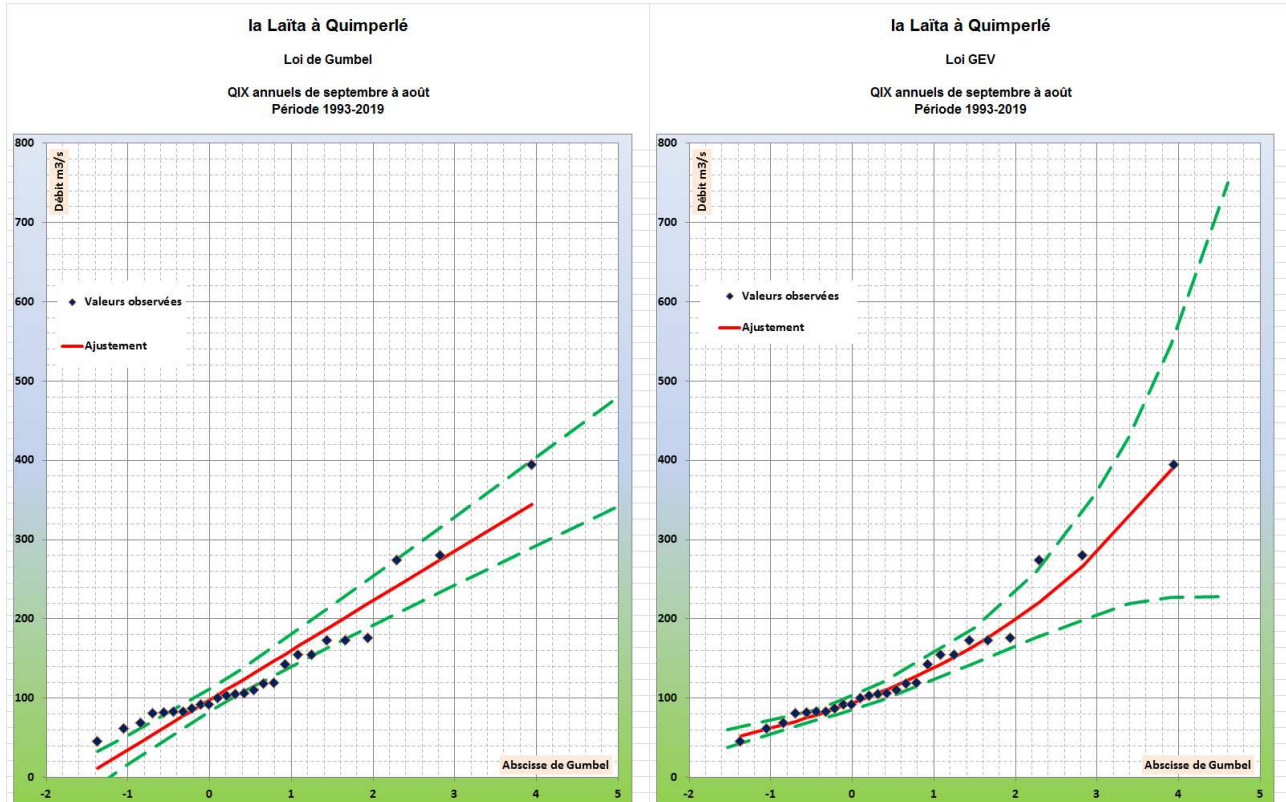


Figure 3-4 : ajustement des maxima annuels reconstitués de la Laïta à Quimperlé (en pointillés verts, intervalles de confiance à 70 %).

L'ajustement à une loi de Gumbel est assez moyen. L'ajustement à une loi GEV est de meilleure qualité, en particulier pour les périodes de retour faibles (abscisses de Gumbel entre -1 et 1,5).

Dans la mesure où c'est la période de retour du début de surverse sur les barrières anti crues qui est recherchée, et que cette surverse intervient pour de faibles périodes de retour, la loi de GEV apparaît mieux appropriée pour décrire la distribution des débits de la Laïta dans cette gamme de fréquences.

### 3.3 ESTIMATION DE LA RELATION ENTRE DEBITS DE LA LAÏTA ET NIVEAU MARIN A HAUTEUR FIXEE

#### 3.3.1 MISE EN ŒUVRE DU MODELE HYDRODYNAMIQUE 2D

Le modèle hydrodynamique est utilisé pour simuler de nombreuses combinaisons de débits de la Laïta avec différents niveaux marins.

Sept valeurs de débits de la Laïta sont simulées : 30, 60, 90, 120, 150, 180 et 210 m<sup>3</sup>/s. La répartition des débits est de 2/3 sur l'Ellé et 1/3 sur l'Isole, ce qui correspond à peu près aux répartitions observées lors des crues historiques. Pour chaque simulation, les débits sont constants.

A la frontière maritime, le générateur de marée permet d'imposer un signal de marée réelle : il est choisi d'imposer les marées de vives eaux de février 2019 pendant 10 jours, du 13 février au 22 février 2019. Sur ces 10 jours, les niveaux marins de pleine mer varient de 1,4 mNGF à 3,0 mNGF.

Quatre valeurs de niveaux marins moyens sont simulées : niveau moyen (NM) actuel, NM+20 cm, NM+50 cm et NM+100 cm.

Pour chaque simulation, 18 pleines mers sont simulées (les deux premières pleines mers correspondent à l'initialisation du modèle et ne sont pas utilisées par la suite) combinant 7 débits et 4 valeurs de niveaux marins moyens, soit un total de 504 combinaisons [débit de Laïta ; niveau de pleine mer au Pouldu].

En sortie du modèle, nous obtenons ainsi, en divers transects du quai Brizeux, une relation liant les niveaux de la Laïta aux débits de la Laïta et aux niveaux marins au Pouldu.



Figure 3-5 : situation des transects pour l'étude de la submersion des barrières anti crues.

Ces relations sont illustrées sur la Figure 3-6 au droit du transect n°9.

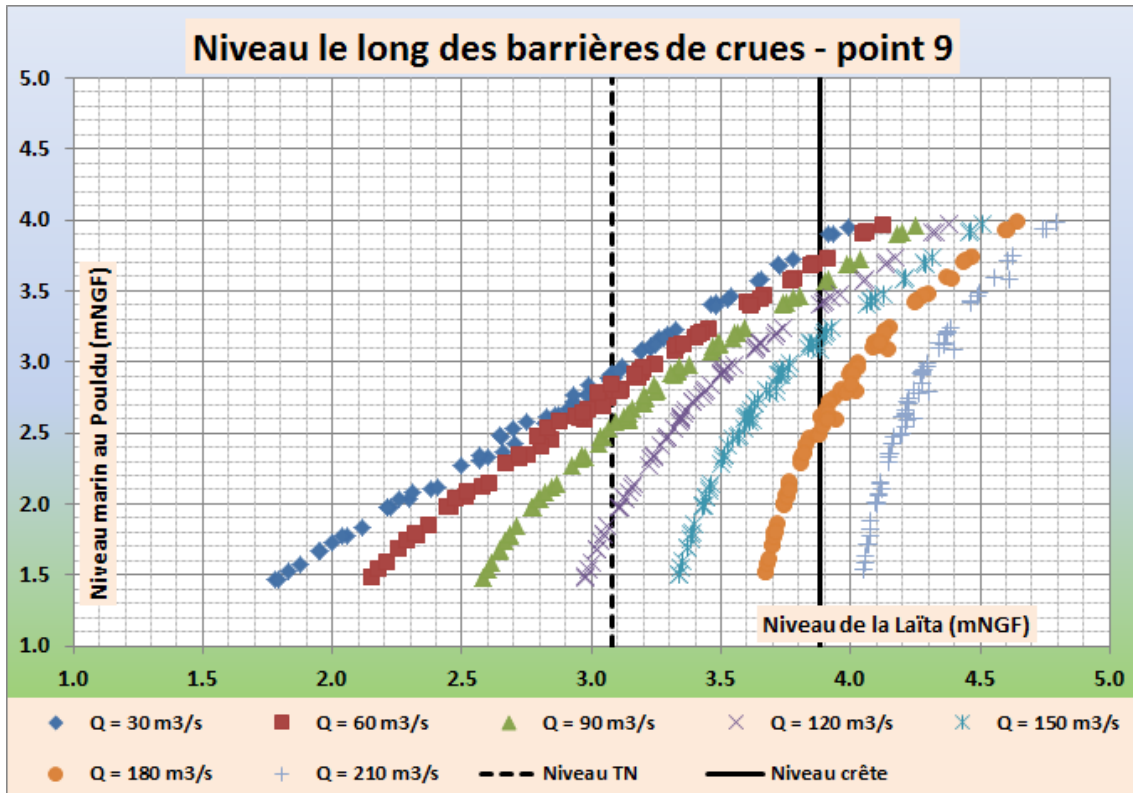


Figure 3-6 : niveau de la Laïta en fonction du débit de la Laïta et du niveau marin au Pouldu.

Le trait plein noir figure la crête des barrières anti crues pour une hauteur de 1 m. Il ressort que pour des débits supérieurs à 200 m<sup>3</sup>/s environ, les barrières sont submergées au point 9 quelque soit le niveau marin aval. Pour des débits inférieurs à 200 m<sup>3</sup>/s, le niveau de surverse dépend de la combinaison de débit et de niveau marin au Pouldu.

### 3.3.2 RELATION ENTRE LE DEBIT DE LA LAÏTA ET LE NIVEAU MARIN AU POULDU A NIVEAU FIXE

En inversant les relations établies précédemment, il est possible d'établir une nouvelle relation  $z(Q)$  liant le débit de la Laïta et le niveau marin au Pouldu à niveau d'eau fixé au droit des barrières.

La Figure 3-7 illustre comment cette relation est établie pour un niveau correspondant à la crête des barrières anti crues (hauteur de 1 m) au droit du transect n°9.

Par exemple, la surverse est atteinte pour un débit d'environ 180 m<sup>3</sup>/s combiné à un niveau marin de 3,1 mNGF au Pouldu. Ou bien, un débit de 100 m<sup>3</sup>/s combiné à un niveau marin de 3,8 mNGF au Pouldu.

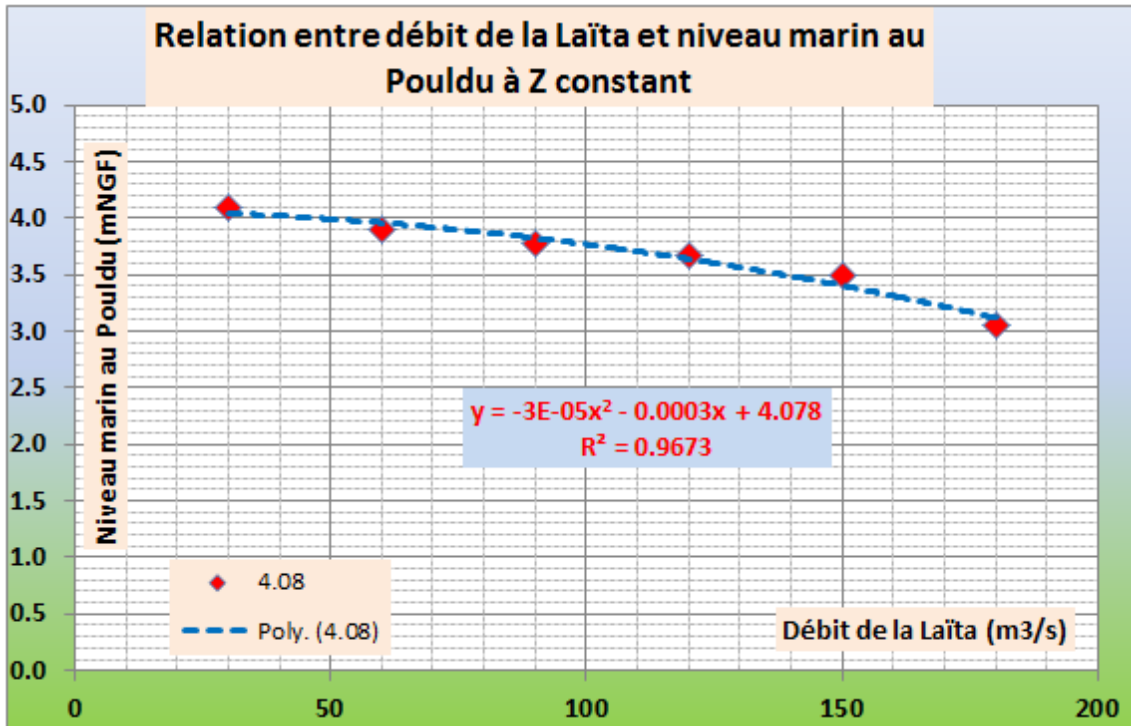


Figure 3-7 : relation z(Q) à Z fixé – transect n°9.

Chaque combinaison {débit Laïta ; niveau marin au Pouldu} permettant d'atteindre le niveau d'eau donné possède sa propre probabilité d'occurrence. La somme de toutes ces probabilités donne la probabilité d'atteindre le niveau d'eau donné.

En chaque point des barrières, il est ainsi possible d'estimer la probabilité d'occurrence liée à n'importe quel niveau d'eau donné.

### 3.4 APPLICATION DE LA METHODE LE LONG DES BARRIERES ANTI CRUES

Au droit de chaque transect, les périodes de retour de dépassement d'un niveau donné sont estimées (cf. Tableau 3-4).

En situation actuelle (sans prise en compte de l'élévation du niveau marin) et pour une hauteur de barrières de 1 m, la période de retour de surverse est estimée à 4 ans environ.

Les débordements se font en premier au niveau du muret situé à l'aval des barrières et calé à 3,9 mNGF (transect 10) : la période de retour des débordements sur le muret est quant à elle estimée à moins de 3 ans<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> A titre de comparaison, si la loi de Gumbel est retenue pour caractérisée la distribution des débits de la Laïta, les périodes de retour de début de surverse sont diminuées d'1 an.

Transect	Situation	Z chaussée (mNGF)	Z seuil (mNGF)	Z quai (mNGF)	Période de retour (an) Surverse sur barrières (h = 1m)
1	1 rue Tour d'Auvergne	4,4	4,71	4,95	>20
2	1 quai Brizeux	3,9	3,54	3,15	3,8
3	2 quai Brizeux	3,7	3,5	3,18	4,1
4	4 quai Brizeux	3,6	3,55	3,2	4,8
5	7 quai Brizeux	3,4	3,57	3,16	4,1
6	8 quai Brizeux	3,4	3,54	3,14	4,2
7	10 quai Brizeux	3,4	3,65	3,13	4,1
8	13 quai Brizeux	3,5	3,75	3,15	5,0
9	15 quai Brizeux	3,6	3,4	3,08	4,7
10	15bis quai Brizeux	3,7	3,7	2,95	3,0

**Tableau 3-4 : périodes de retour de surverse sur les barrières anti crues (hauteur 1 m).**

Ces périodes de retour sont données sans prise en compte de l'élévation du niveau marin du au changement climatique (niveau marin moyen actuel).

A titre d'illustration, le Tableau 3-5 donne quelques combinaisons correspondant au niveau de débordement des barrières anti-crues d'une hauteur de 1 m :

Crue de la Laïta	Niveau marin au Pouldu
Crue T > 10 ans	~ toutes conditions marines
Crue T ~ 10 ans	Marée de mortes eaux coefficient ~ 35
Crue T ~ 7 ans	Marée de vives eaux coefficient ~ 95
Crue T ~ 4 ans	Marée astronomique coefficient ~ 120
Crue T ~ 2 ans	Niveau T ~ 20 ans
Débites moyens des mois d'hiver	Niveau T > 100 ans

**Tableau 3-5 : exemple de couples {débit de la Laïta ; niveau marin au Pouldu} correspondant au début de débordement sur les barrières.**

## 4 SIMULATION DES SCENARIOS D'AMENAGEMENTS

Les aménagements décrits dans le présent rapport ont été présentés lors de la réunion du groupe de travail inondation de la CLE du SAGE Ellé-Isole-Laiïta le 14 mai 2019 à Quimperlé.

Il en est ressorti les choix suivant pour les simulations en phase 2 :

- Scénario 0 : suppression totale du pont de Bourgneuf de sa pile et de ses culées. Ce scénario a pour objectif de quantifier les gains maximaux pouvant être attendus d'un aménagement du pont de Bourgneuf ;
- Scénario 1 : remplacement du pont de Bourgneuf par une voûte en anse de panier ;
- Scénario 2 : re-profilage du quai Surcouf en aval du pont de Bourgneuf ;
- Scénario 3 : scénario combinant la construction d'une 3<sup>ème</sup> arche en rive gauche du pont de Bourgneuf et un re-profilage du quai Surcouf.

Les résultats des scénarios sont comparés à la situation actuelle, pour les crues de décembre 2000 et décembre 2013. Ces comparaisons sont présentées sous formes de cartographies des écarts de hauteurs d'eau, de profils en long et de tableaux donnant les valeurs brutes en quelques points particuliers.

## 4.1 SCENARIO 0 – EFFACEMENT DU PONT DE BOURGNEUF

### 4.1.1 PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT

Le scénario 0 consiste à l'effacement total du pont de Bourgneuf : il s'agit d'un scénario fictif dans la mesure où l'effacement du pont de Bourgneuf paraît peu envisageable<sup>2</sup>.

Bien que fictif, ce scénario apporte une information intéressante : il permet de quantifier le gain maximum pouvant être attendu d'un aménagement du seul pont de Bourgneuf.

### 4.1.2 INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D

La suppression du pont est paramétrée dans le modèle par deux actions :

- La modification du maillage : ajout de mailles sur l'emprise de la pile et des culées ;
- La suppression du paramétrage de la mise en charge du pont.

Ainsi, au passage du pont, les écoulements se font à surface libre sur toute la largeur du lit.

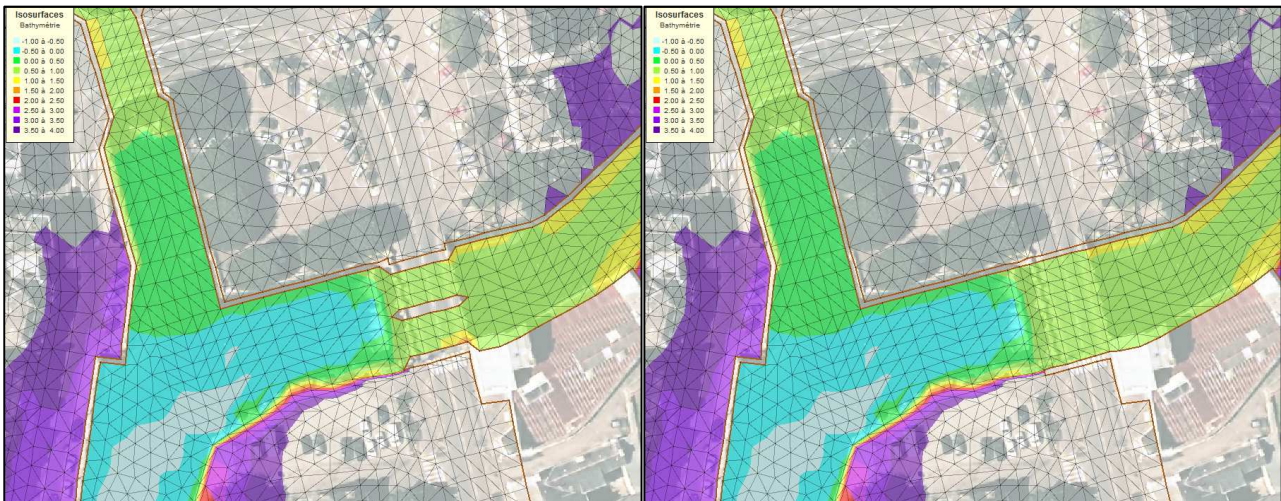


Figure 4-1 : modification du maillage au droit du pont de Bourgneuf – état actuel à gauche, état projeté à droite.

### 4.1.3 RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE

Les résultats des simulations sont illustrés sur la Figure 4-3 et sur les lignes d'eau de la Figure 4-4 pour les crues de décembre 2000 et décembre 2013.

Le Tableau 4-1 donne les valeurs brutes des écarts de niveaux d'eau entre situation projetée et situation actuelle.

Les gains le long de l'Ellé pour la crue de décembre 2000 sont significatifs : de 50 à 90 cm entre les ponts Lovignon et de Bourgneuf, 30 à 40 cm en amont du pont Lovignon, 25 à 30 cm en amont du bras de décharge. Pour la crue de décembre 2013 (limite de mise en charge du pont de Bourgneuf), les gains sont moins importants : 30 à 40 cm entre les ponts Lovignon et Bourgneuf, 15 à 25 cm en amont du pont Lovignon.

Le long de l'isole, les gains varient de 15 à 25 cm pour la crue de décembre 2000. Pour la crue de décembre 2013, ils sont de 5-6 cm en aval du bras de décharge, et de l'ordre de 10 cm à l'amont

<sup>2</sup> En pratique, un effacement total du pont vis-à-vis des crues consiste soit en une suppression pure et simple de l'ouvrage, soit en un relèvement du tablier et de la chaussée de plus d'un mètre avec suppression de la pile et des culées de rive.



Localisation		Hauteurs d'eau en situation actuelle (cm)		Ecart par rapport à la situation actuelle (cm)	
		Décembre 2000	Décembre 2013	Décembre 2000	Décembre 2013
Ellé	Moulin des Gorrets	280	170	-24	-10
	Bras de décharge	330	210	-27	-14
	Place Lovignon	270	140	-41	-24
	Parking Gendarmerie	140	40	-53	-37
	4, place Charles de Gaulle (jardin)	290	150	-78	-48
	Amont pont de Bourgneuf	590	440	-101	-49
Isole	Station SPC J. Roch	440	310	-25	-13
	Place de l'Isole	210	60	-25	-7
	Aval pont Isole	470	340	-23	-5
	Place Hervo	180	40	-25	-6
	Amont clapet	520	400	-16	-5
Laïta	Station Charles de Gaulle	580	470	-3	-
	Hôtel le Brizeux	210	110	-3	-1
	Extrémité aval barrières	170	70	-	-

**Tableau 4-1 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 0.**

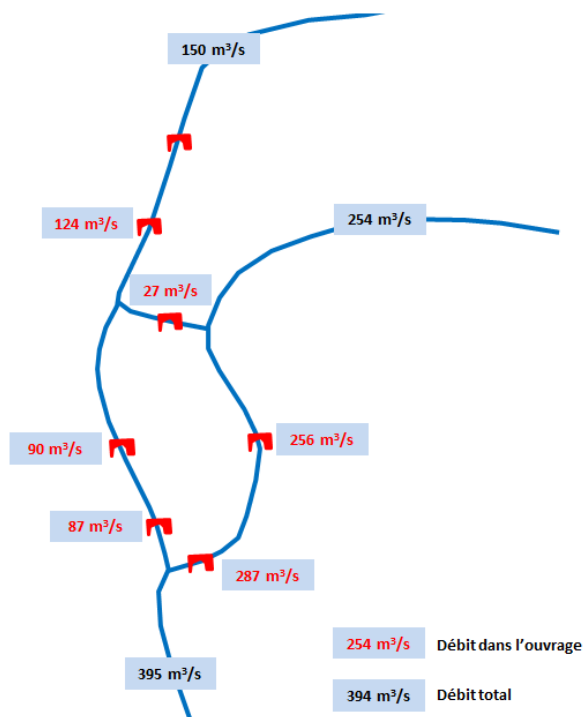
Les réductions de hauteurs d'eau sont relativement significatives dans la basse ville, hormis en aval de la confluence. Toutefois, les hauteurs d'eau en situation actuelle étant particulièrement importantes, les réductions de hauteurs d'eau ne permettent pas d'éviter l'inondation sur de grandes emprises.

En aval de la confluence, l'impact de l'aménagement n'est pas significatif quelque soit la crue considérée.

Pour la crue de décembre 2013, l'aménagement a un impact assez limité sur la répartition des débits de crues. L'aménagement favorise le passage de l'eau dans l'Ellé, le débit est ainsi plus important dans l'Ellé et plus faible dans l'Isole par rapport à la situation actuelle. Les écarts ne sont toutefois pas très importants.

Pour la crue de décembre 2000, le basculement des débits vers l'Ellé est plus sensible. Pourtant, les débits de pointe sur l'Isole demeurent peut impactés même s'ils diminuent : l'analyse des résultats montre que pour cette crue, une grande partie du débit débordant en amont du pont Lovignon vers la basse ville retourne dans l'Ellé en amont du pont de Bourgneuf plutôt que de s'évacuer par la place Charles de Gaulle comme dans la situation actuelle.

Décembre 2000 – scénario 0



Décembre 2013 – scénario 0

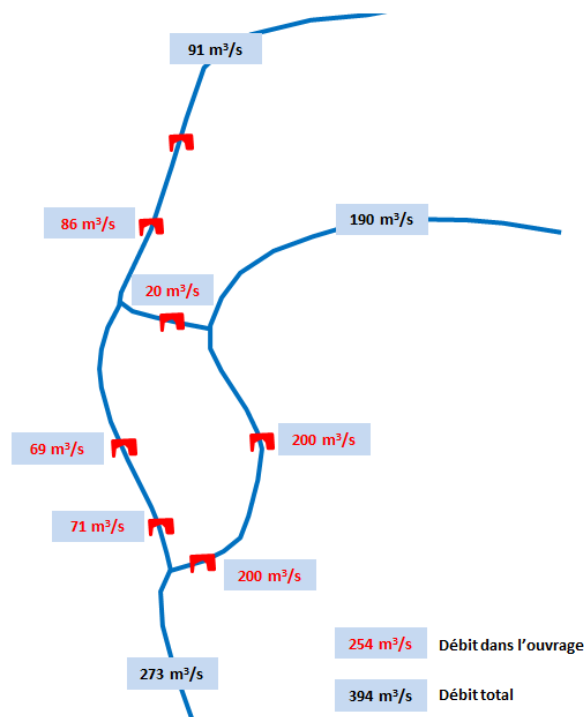


Figure 4-2 : répartition des débits dans la basse ville – scénario 0.

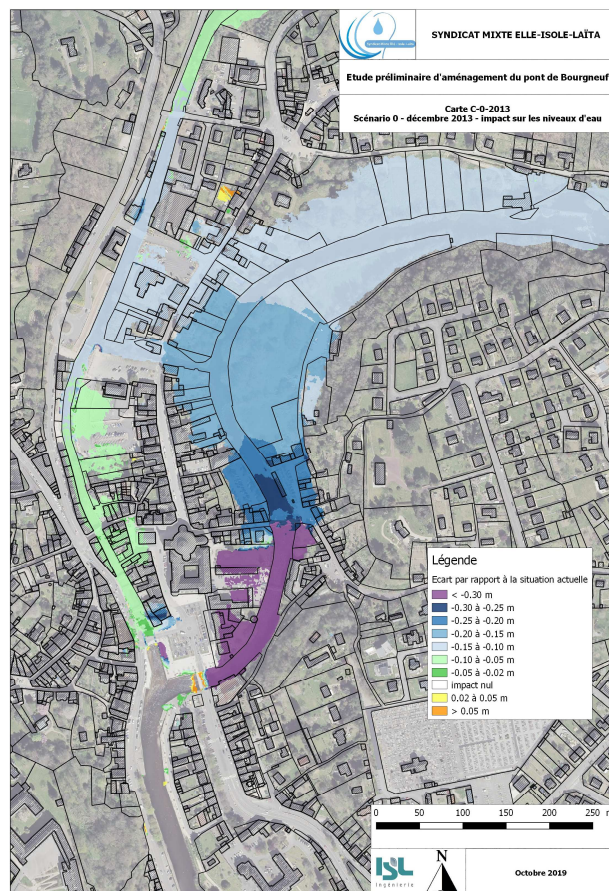
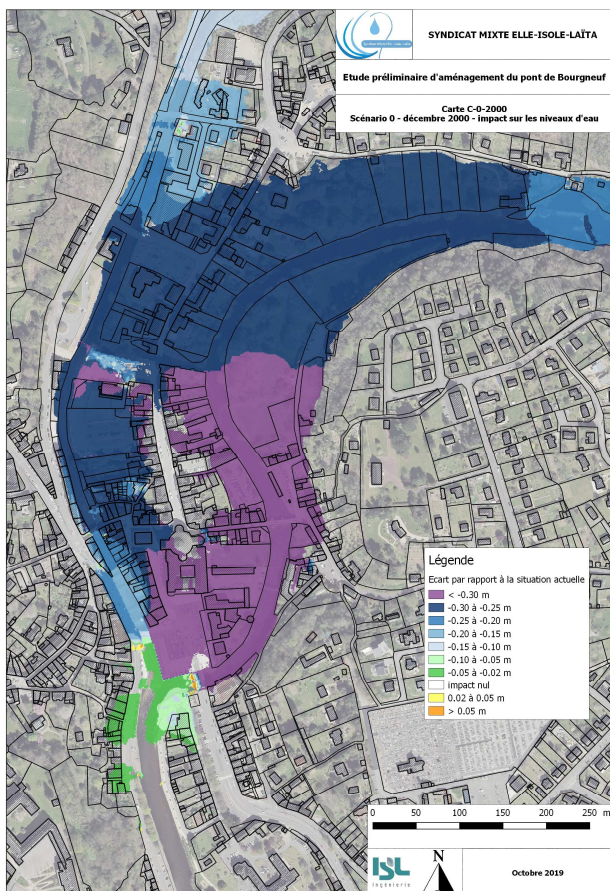


Figure 4-3 : impact sur les niveaux d'eau – scénario 0.

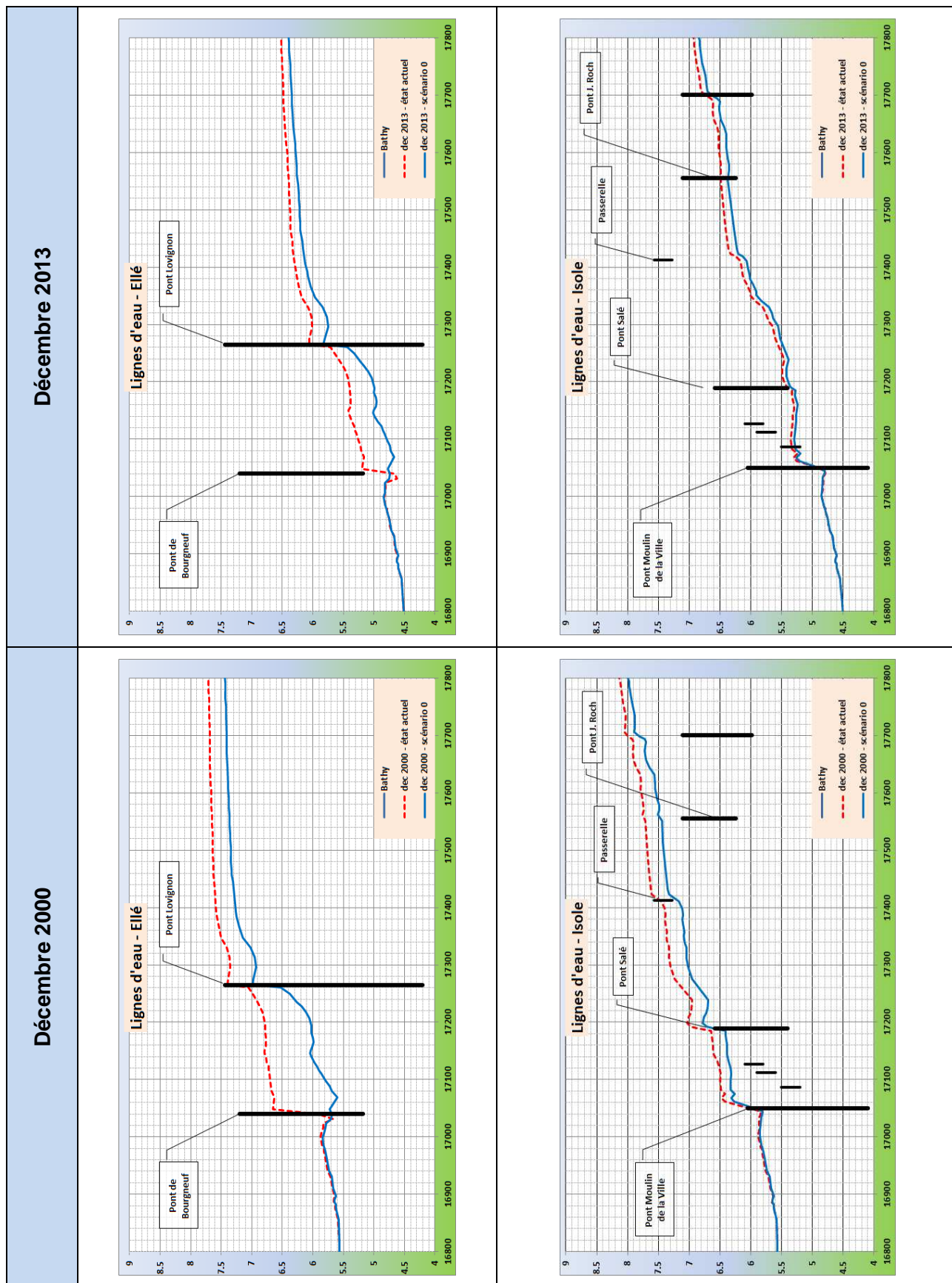


Figure 4-4 : lignes d'eau – scénario 0.

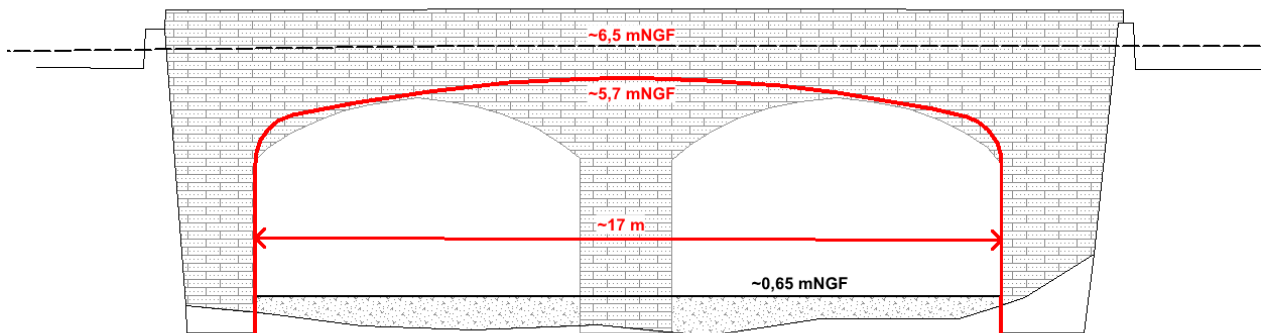
## 4.2 SCENARIO 1 – REMPLACEMENT DU PONT DE BOURGNEUF

### 4.2.1 PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT

Le scénario 1 comprend le remplacement du pont de Bourgneuf actuel par un ouvrage à une voûte en anse de panier. La pile centrale est supprimée, les culées actuelles sont gardées en l'état.

Le principe de l'aménagement est de maintenir l'ouvrage dans sa position actuelle, avec la largeur actuelle de chaussée (y-compris les trottoirs) et le niveau de chaussée aux deux extrémités. Dans ce scénario, les culées existantes sont conservées.

Les deux voûtes et la pile centrale sont démolies et remplacées par une voûte unique en forme d'anse de panier. Le radier actuel du pont est maintenu en l'état.



**Figure 4-5 : coupe schématique du remplacement du pont actuel par un ouvrage voûte en anse de panier.**

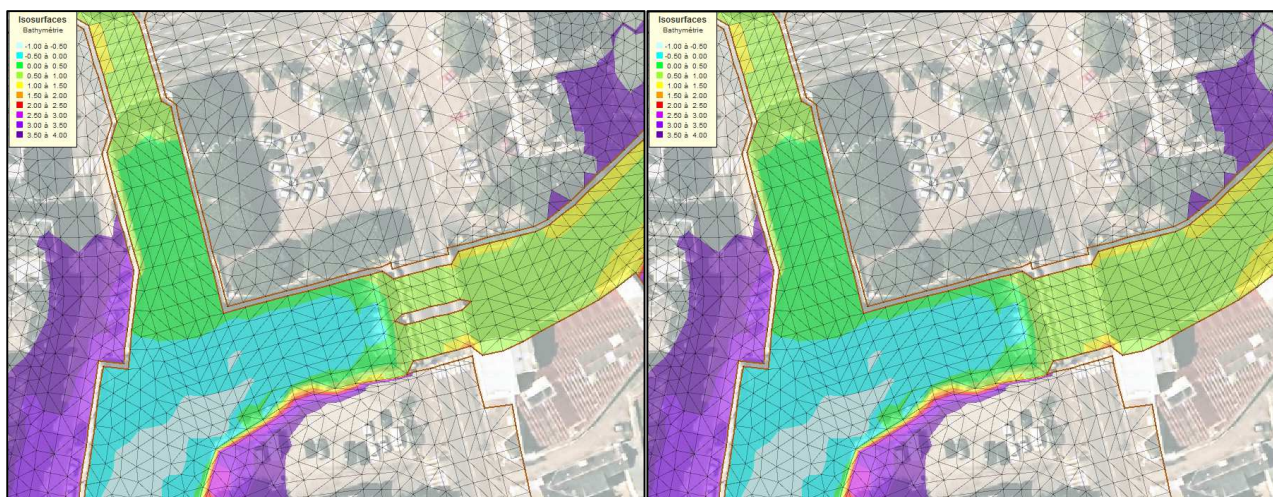
La largeur d'ouverture du pont est augmentée à 17 m (distance entre les deux culées). La clé de voûte est portée à l'altitude 5,7 mNGF, soit 50 cm plus haut que les voûtes actuelles.

La section totale d'écoulement sous le pont est portée à 78 m<sup>2</sup> environ, soit une augmentation de l'ordre de 30 % (section actuelle d'environ 60 m<sup>2</sup>).

### 4.2.2 INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D

La suppression de la pile est paramétrée dans le modèle par deux actions :

- La modification du maillage : ajout de mailles sur l'emprise de la pile ;
- Modification de la courbe d'obstruction pour prendre en compte la géométrie du nouveau pont.



**Figure 4-6 : modification du maillage au droit du pont de Bourgneuf – état actuel à gauche, état projeté à droite.**

### 4.2.3 RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE

Les résultats des simulations sont illustrés sur la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et sur les lignes d'eau de la Figure 4-9 pour les crues de décembre 2000 et décembre 2013.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** donne les valeurs brutes des écarts de niveaux d'eau entre situation projetée et situation actuelle.

Les gains le long de l'Ellé pour la crue de décembre 2000 sont significatifs : de 30 à 50 cm entre les ponts Lovignon et de Bourgneuf, 15 à 25 cm en amont du pont Lovignon, 15 cm en amont du bras de décharge. Pour la crue de décembre 2013 (limite de mise en charge du pont de Bourgneuf), les gains sont moins importants : 20 à 30 cm entre les ponts Lovignon et Bourgneuf, 10 à 20 cm en amont du pont Lovignon.

Le long de l'isole, les gains varient de 10 à 15 cm pour la crue de décembre 2000. Pour la crue de décembre 2013, ils sont de 5-6 cm en aval du bras de décharge, et de l'ordre de 10 cm à l'amont

Les réductions de hauteurs d'eau sont relativement significatives dans la basse ville, hormis en aval de la confluence. Toutefois, les hauteurs d'eau en situation actuelle étant particulièrement importantes, les réductions de hauteurs d'eau ne permettent pas d'éviter l'inondation sur de grandes emprises.

En aval de la confluence, l'impact de l'aménagement n'est pas significatif quelque soit la crue considérée.

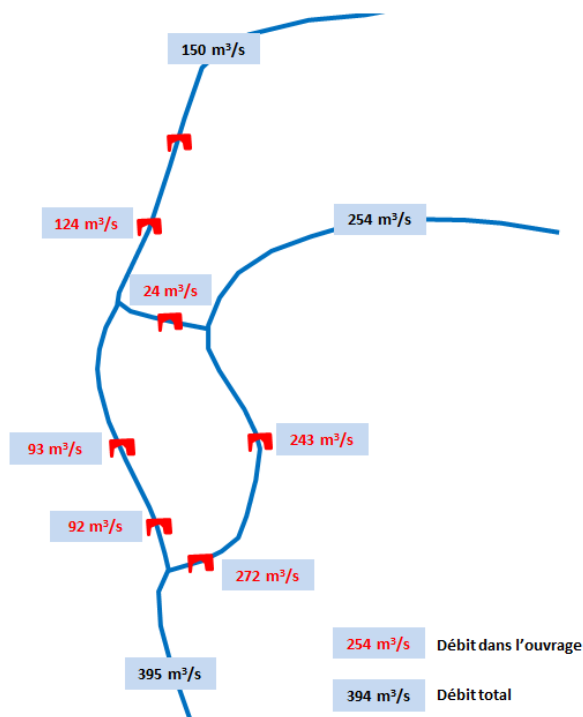
Localisation		Hauteurs d'eau en situation actuelle (cm)		Ecart par rapport à la situation actuelle (cm)	
		Décembre 2000	Décembre 2013	Décembre 2000	Décembre 2013
Ellé	Moulin des Gorrets	280	170	-14	-7
	Bras de décharge	330	210	-16	-10
	Place Lovignon	270	140	-22	-16
	Parking Gendarmerie	140	40	-34	-14
	4, place Charles de Gaulle (jardin)	290	150	-39	-31
	Amont pont de Bourgneuf	590	440	-51	-32
Isole	Station SPC J. Roch	440	310	-14	-9
	Place de l'Isole	210	60	-16	-8
	Aval pont Isole	470	340	-16	-8
	Place Hervo	180	40	-17	-7
	Amont clapet	520	400	-11	-7
Laïta	Station Charles de Gaulle	580	470	-	-3
	Hôtel le Brizeux	210	110	-3	-2
	Extrémité aval barrières	170	70	-	-

**Tableau 4-2 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 1.**

Pour la crue de décembre 2013, l'aménagement a un impact assez limité sur la répartition des débits de crues. L'aménagement favorise le passage de l'eau dans l'Ellé, le débit est ainsi plus important dans l'Ellé et plus faible dans l'Isole par rapport à la situation actuelle. Les écarts ne sont toutefois pas très importants.

Pour la crue de décembre 2000, le basculement des débits vers l'Ellé est plus sensible. Pourtant, les débits de pointe sur l'Isole demeurent peut impactés même s'ils diminuent : l'analyse des résultats montre que pour cette crue, une grande partie du débit débordant en amont du pont Lovignon vers la basse ville retourne dans l'Ellé en amont du pont de Bourgneuf plutôt que de s'évacuer par la place Charles de Gaulle comme dans la situation actuelle.

Décembre 2000 – scénario 1



Décembre 2013 – scénario 1

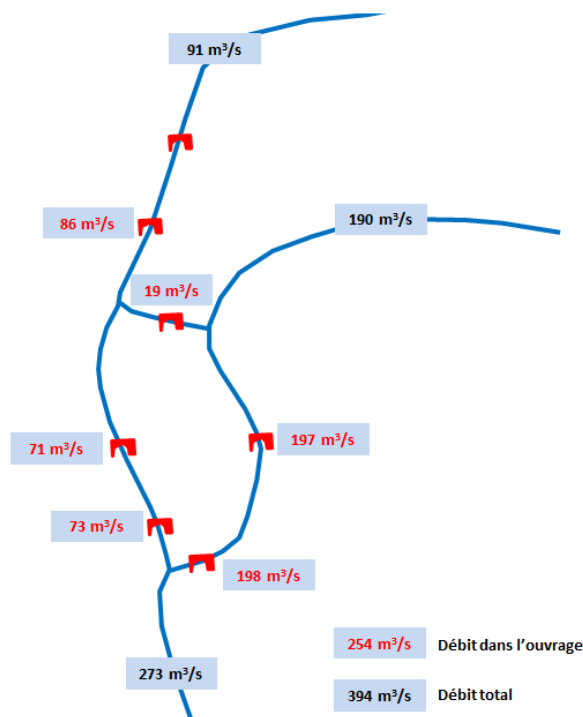


Figure 4-7 : répartition des débits dans la basse ville – scénario 1.

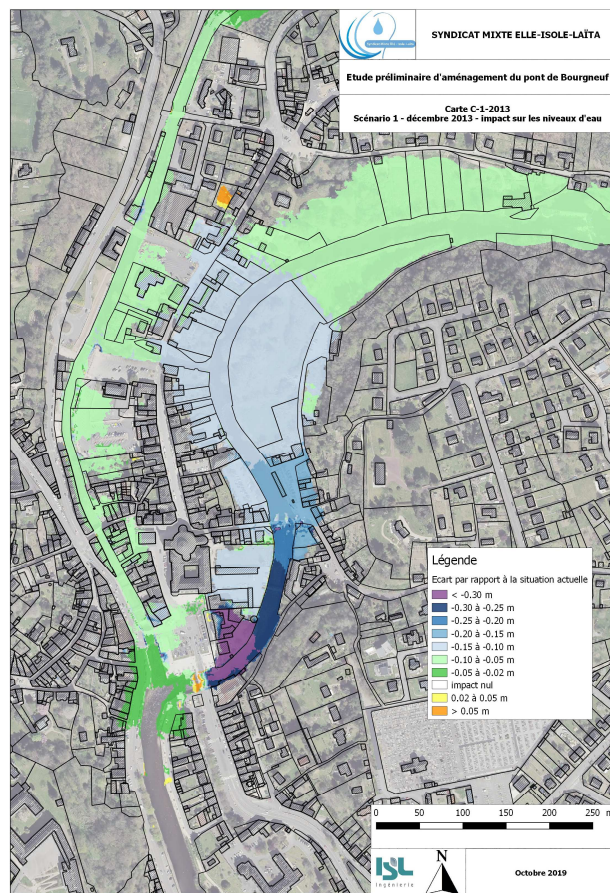
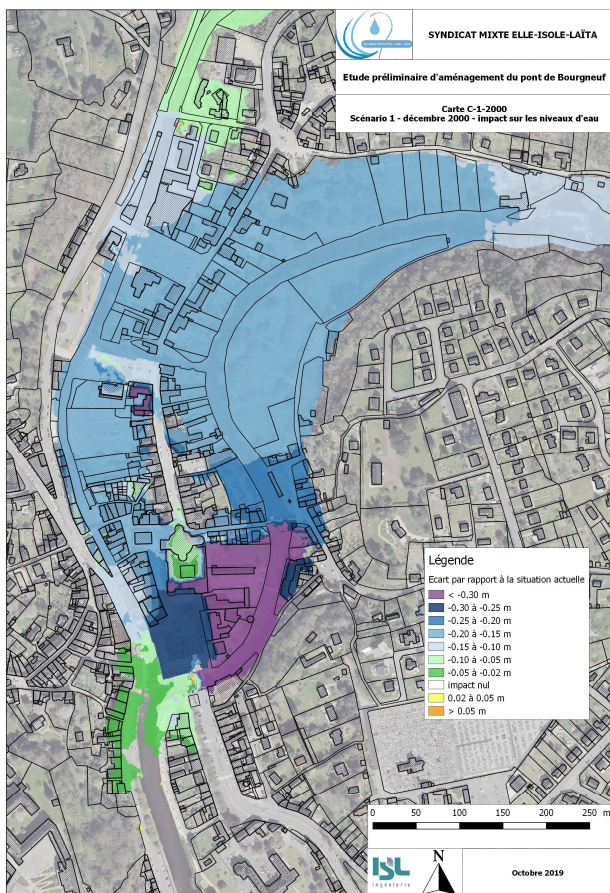


Figure 4-8 : impact sur les niveaux d'eau – scénario 1.

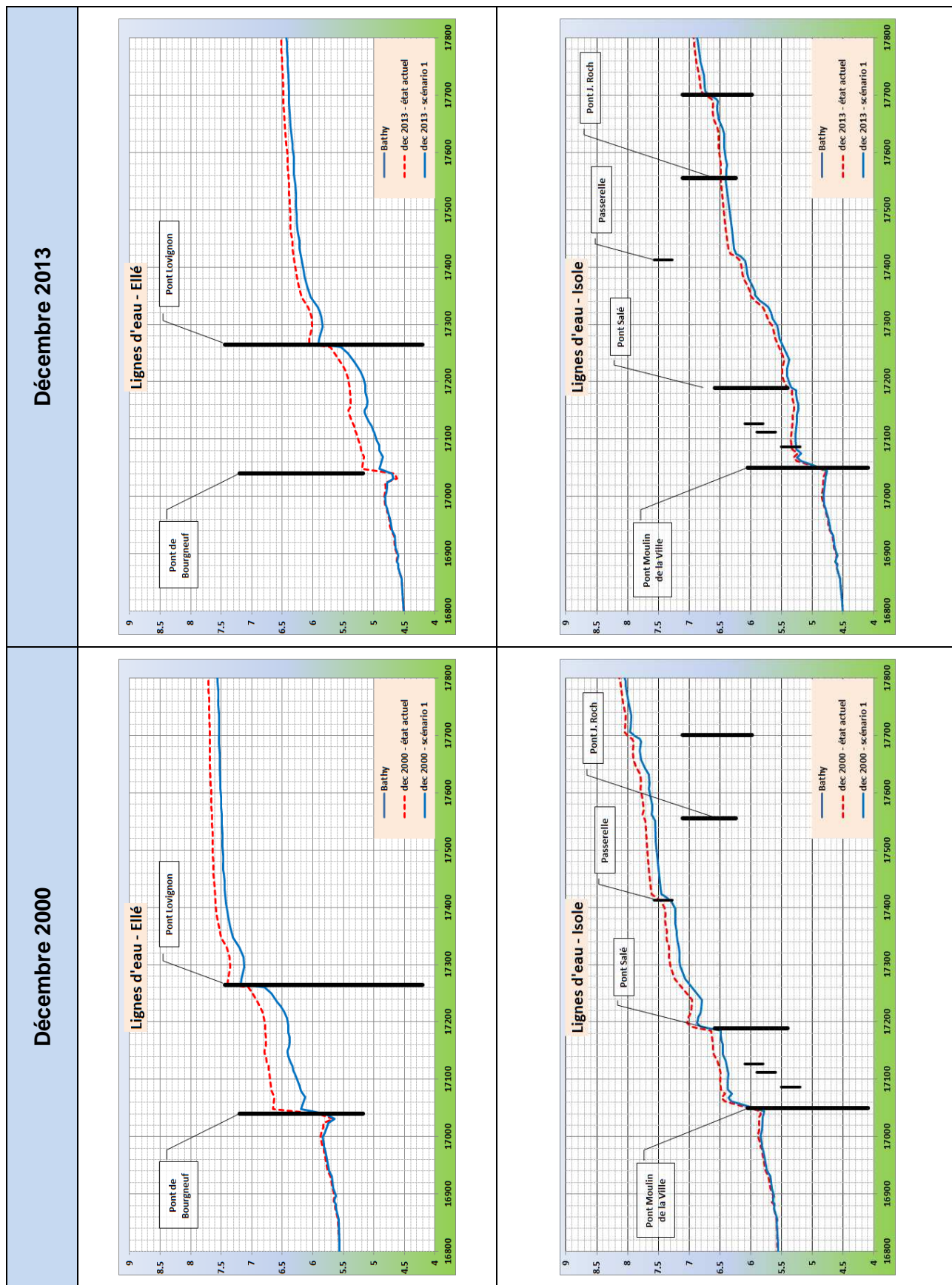


Figure 4-9 : lignes d'eau – scénario 1.



## 4.3 SCENARIO 2 – CREATION D'UN BY-PASS AU DROIT DU PONT DE BOURGNEUF

### 4.3.1 PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT

Le scénario 2 comprend le re-profilage des berges de rive gauche en aval (quai Surcouf) du pont de Bourgneuf.

La Figure 4-10 illustre schématiquement les aménagements constituant le scénario 2 :



Figure 4-10 : illustration des aménagements du scénario 2.

Le re-profilage implique le recul du quai Surcouf avec démolition des quais existants, et notamment la cale de mise à l'eau, et reconstruction en retrait.

### 4.3.2 INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D

Le recul du quai Surcouf est paramétré en modifiant la bathymétrie des neuds sur l'emprise des travaux ainsi que les coefficients de frottement.

### 4.3.3 RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE

Les résultats des simulations sont illustrés sur les lignes d'eau de la Figure 4-11 pour les crues de décembre 2000 et décembre 2013.

Le Tableau 4-3 donne les valeurs brutes des écarts de niveaux d'eau entre situation projetée et situation actuelle.

Localisation		Hauteurs d'eau en situation actuelle (cm)		Ecart par rapport à la situation actuelle (cm)	
		Décembre 2000	Décembre 2013	Décembre 2000	Décembre 2013
Ellé	Moulin des Gorrets	280	170	-	-1
	Bras de décharge	330	210	-	-1
	Place Lovignon	270	140	-	-1
	Parking Gendarmerie	140	40	-	-1
	4, place Charles de Gaulle (jardin)	290	150	-	-2
	Amont pont de Bourgneuf	590	440	-	-3
Isole	Station SPC J. Roch	440	310	-	-1
	Place de l'Isole	210	60	-	-1
	Aval pont Isole	470	340	-	-2
	Place Hervo	180	40	-	-1
	Amont clapet	520	400	-	-1
Laïta	Station Charles de Gaulle	580	470	-2	-1
	Hôtel le Brizeux	210	110	+1	+1
	Extrémité aval barrières	170	70	-	-

**Tableau 4-3 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 2.**

Le scénario 2 implique des impacts quasi nuls, tout au moins non significatifs sur la basse ville de Quimperlé. Les hauteurs d'eau sont peu ou inchangées, la répartition des débits entre l'Isole et l'Ellé est quasiment identique à l'état actuel.

Au droit de la confluence, les niveaux d'eau sont légèrement supérieurs par rapport à la situation actuelle du fait de la diminution des vitesses.

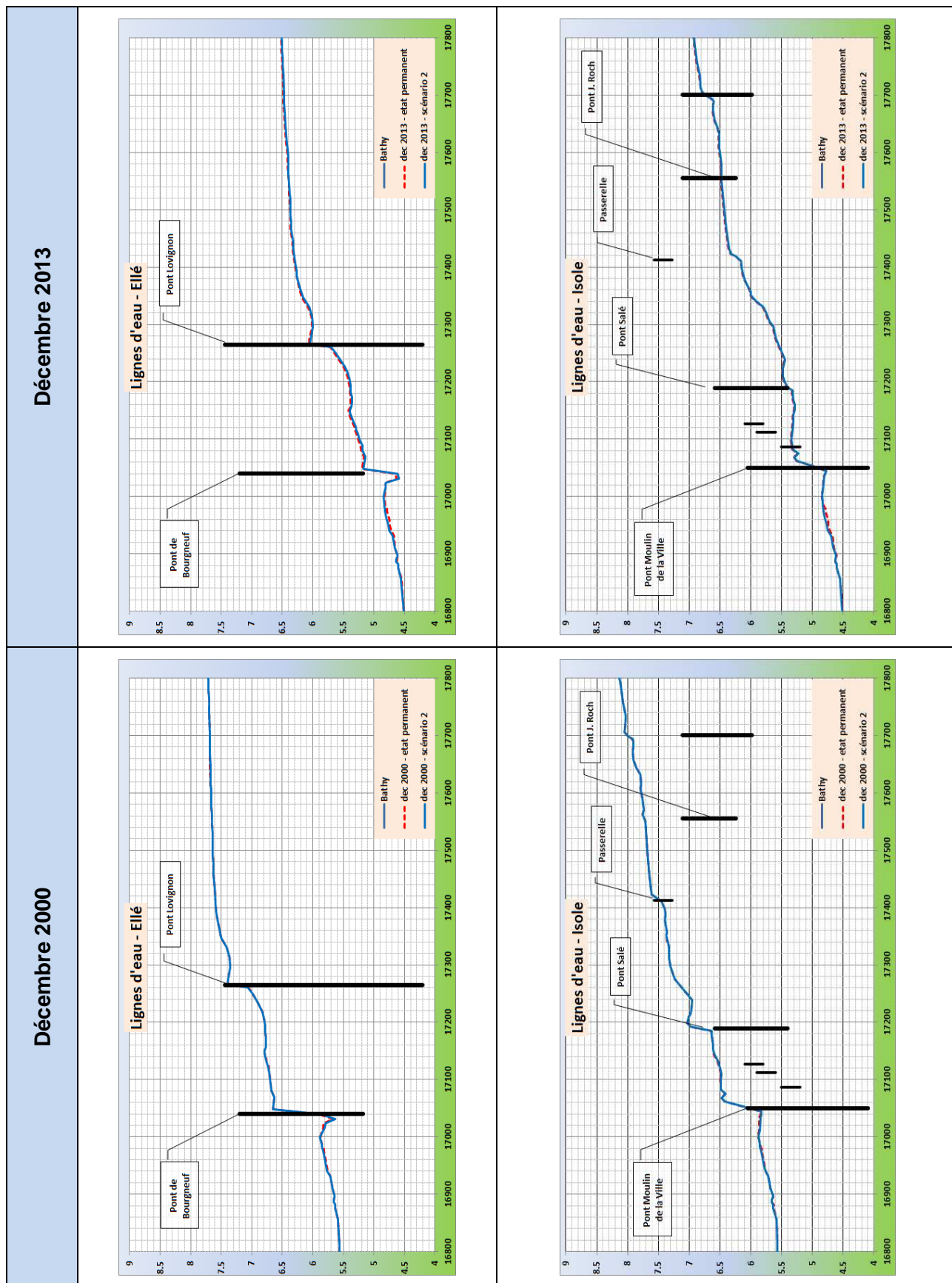


Figure 4-11 : lignes d'eau – scénario 2.

## 4.4 SCENARIO 3 – REFECTION DU QUAÏ SURCOUF

### 4.4.1 PRINCIPE DE L'AMENAGEMENT

Le scénario 3 comprend deux aménagements :

- L'ajout d'une troisième arche au pont de Bourgneuf en rive gauche ;
- La démolition du bâtiment en amont rive gauche de l'ouvrage ;
- Le re-profilage des berges de rive gauche en amont et en aval (quai Surcouf) de l'ouvrage.

Le principe de l'aménagement est de conserver l'ouvrage existant et de construire dans son prolongement Sud une troisième arche de mêmes caractéristiques que les deux existantes : radier à 0,65 mNGF, clé de voûte à 5,2 mNGF et largeur de 7,5 m.

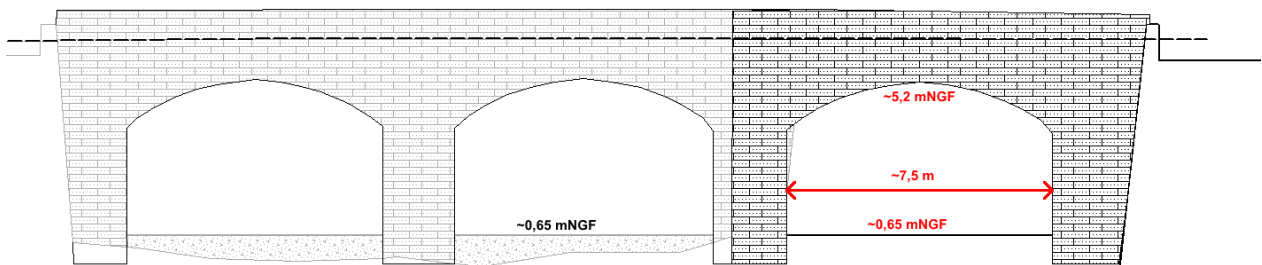


Figure 4-12 : coupe schématique de l'ajout d'une troisième arche.

La section totale d'écoulement sous le pont est portée à 90 m<sup>2</sup> environ, soit une augmentation de l'ordre de 50 % (section actuelle d'environ 60 m<sup>2</sup>).

La Figure 4-13 illustre schématiquement les aménagements constituant le scénario 3 :

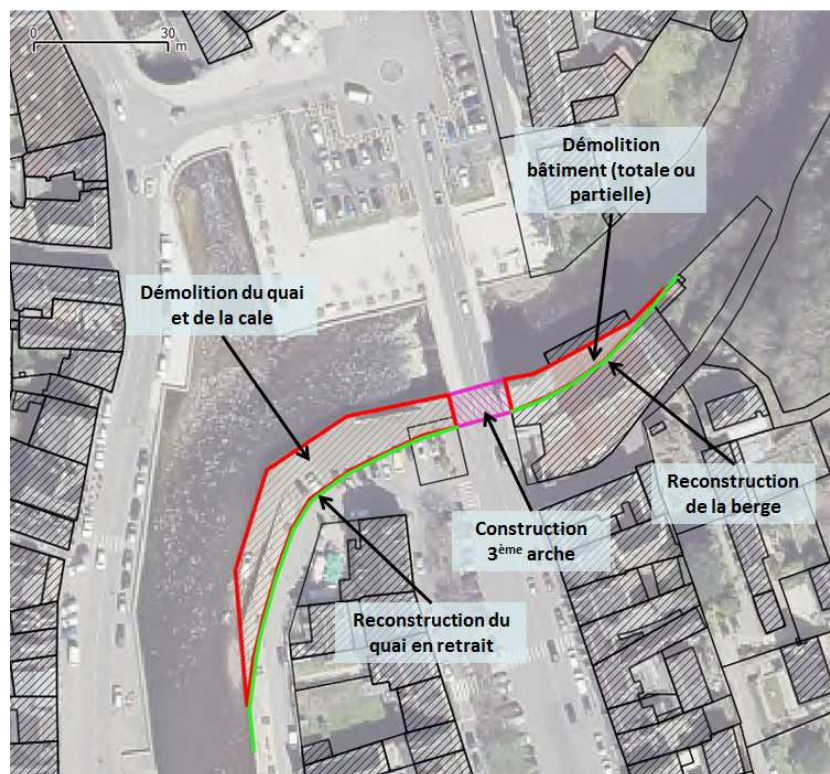


Figure 4-13 : illustration des aménagements du scénario 3.

L'ajout de la troisième arche implique un élargissement du lit mineur par re-profilage des berges de rive gauche en amont et en aval de l'ouvrage.

A l'amont du pont, ce re-profilage implique la démolition, en tout ou partie, du bâtiment existant (ancien garage automobile).

A l'aval, le re-profilage implique le recul du quai Surcouf avec démolition des quais existants, et notamment la cale de mise à l'eau, et reconstruction en retrait.

#### 4.4.2 INTEGRATION DANS LE MODELE HYDRAULIQUE 2D

La suppression du pont est paramétrée dans le modèle par trois actions :

- La modification du maillage : ajout de maille pour représenter l'arche supplémentaire en rive gauche ;
- Modification du maillage et de la bathymétrie pour représenter l'élargissement du lit et le re-profilage du quai Surcouf ;
- Ajout de la courbe d'obstruction de la troisième arche.

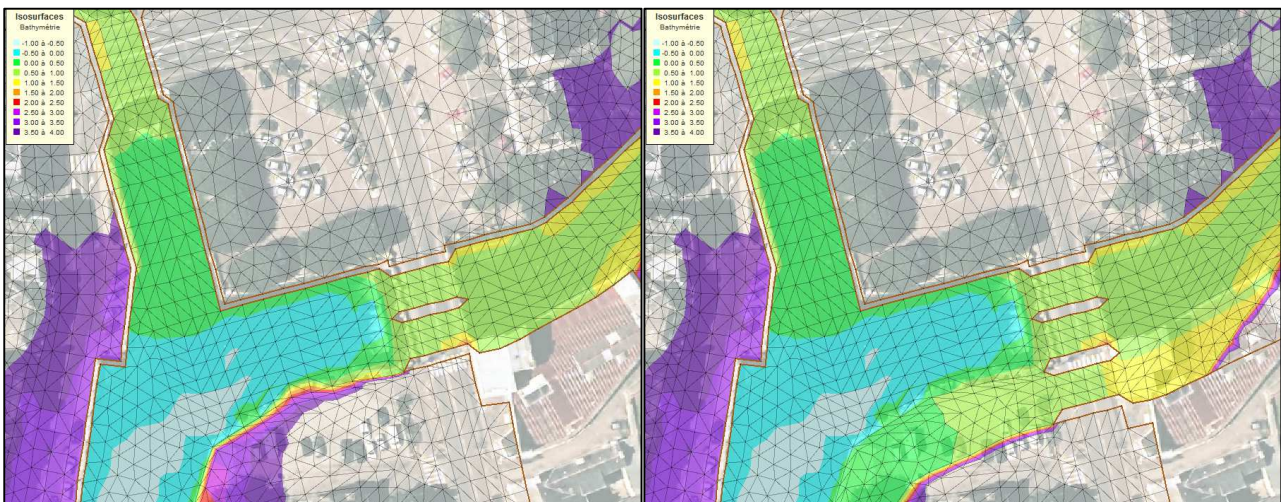


Figure 4-14 : modification du maillage au droit du pont de Bourgneuf – état actuel à gauche, état projeté à droite.

#### 4.4.3 RESULTATS DES SIMULATIONS – EFFICACITE HYDRAULIQUE

Les résultats des simulations sont illustrés sur la Figure 4-16 et sur les lignes d'eau de la Figure 4-17 pour les crues de décembre 2000 et décembre 2013.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** donne les valeurs brutes des écarts de niveaux d'eau entre situation projetée et situation actuelle.

Les gains le long de l'Ellé pour la crue de décembre 2000 sont significatifs : de 30 cm entre les ponts Lovignon et de Bourgneuf, 15 à 25 cm en amont du pont Lovignon, 15 cm en amont du bras de décharge. Pour la crue de décembre 2013 (limite de mise en charge du pont de Bourgneuf), les gains sont moins importants : 20 à 30 cm entre les ponts Lovignon et Bourgneuf, 10 à 20 cm en amont du pont Lovignon.

Le long de l'isole, les gains varient de 10 à 15 cm pour la crue de décembre 2000. Pour la crue de décembre 2013, ils sont de 4-5 cm en aval du bras de décharge, et de l'ordre de 10 cm à l'amont

Localisation		Hauteurs d'eau en situation actuelle (cm)		Ecart par rapport à la situation actuelle (cm)	
		Décembre 2000	Décembre 2013	Décembre 2000	Décembre 2013
Ellé	Moulin des Gorrets	280	170	-14	-8
	Bras de décharge	330	210	-16	-11
	Place Lovignon	270	140	-23	-19
	Parking Gendarmerie	140	40	-36	-18
	4, place Charles de Gaulle (jardin)	290	150	-41	-37
	Amont pont de Bourgneuf	590	440	-35	-21
Isole	Station SPC J. Roch	440	310	-15	-10
	Place de l'Isole	210	60	-15	-5
	Aval pont Isole	470	340	-14	-3
	Place Hervo	180	40	-15	-4
	Amont clapet	520	400	-9	-3
Laïta	Station Charles de Gaulle	580	470	+1	+1
	Hôtel le Brizeux	210	110	+2	+3
	Extrémité aval barrières	170	70	-	-

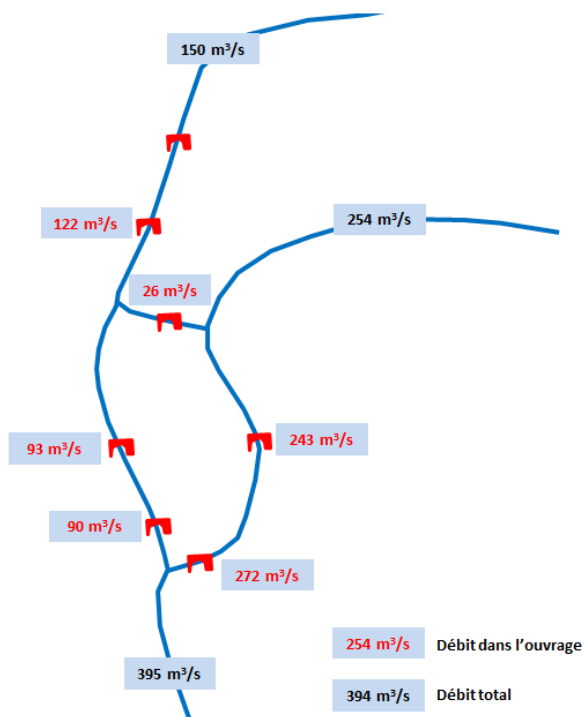
**Tableau 4-4 : écarts par rapport à la situation actuelle – scénario 3.**

Sur le secteur de la basse ville, les impacts de ce scénario en termes de réduction des hauteurs d'eau sont assez proches de ceux simulés pour le scénario 1.

Par contre, pour ce scénario 3, une élévation des niveaux est calculée au droit de la confluence, que ce soit pour la crue de décembre 2013 ou de celle de décembre 2000. Cette sur-élévation peut dépasser 5 cm en rive gauche côté quai Surcouf. Elle est à relier avec la diminution des vitesses.

Concernant la répartition des débits entre Isole et Ellé en aval du bras de décharge, les conclusions sont sensiblement identiques au scénario 1.

Décembre 2000 – scénario 3



Décembre 2013 – scénario 3

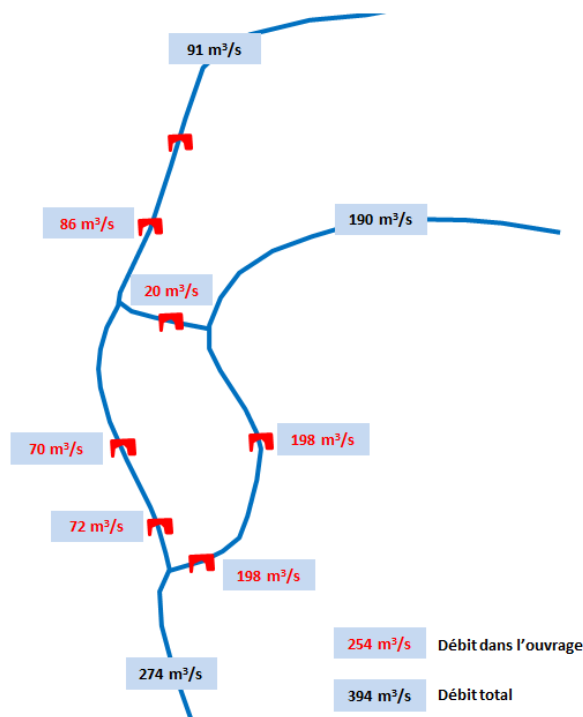


Figure 4-15 : répartition des débits dans la basse ville – scénario 3.

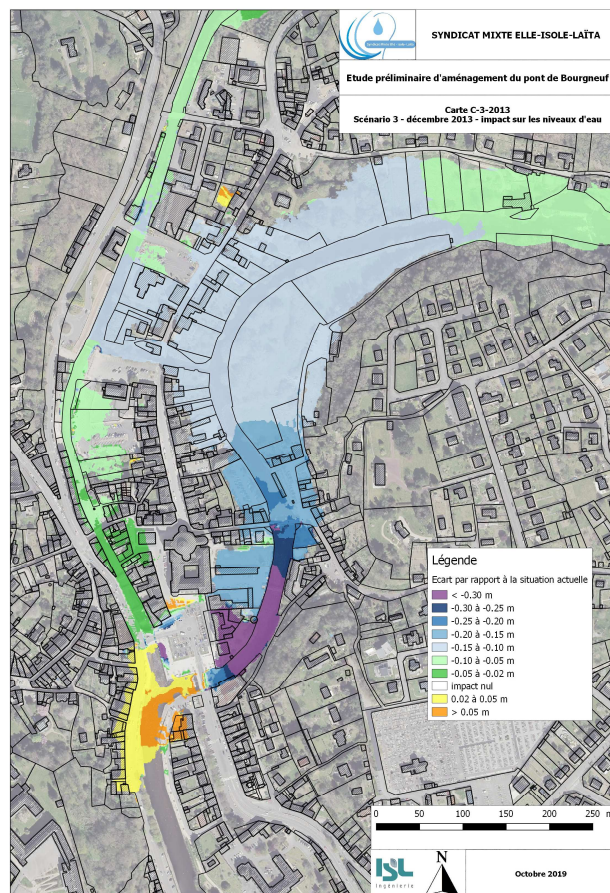
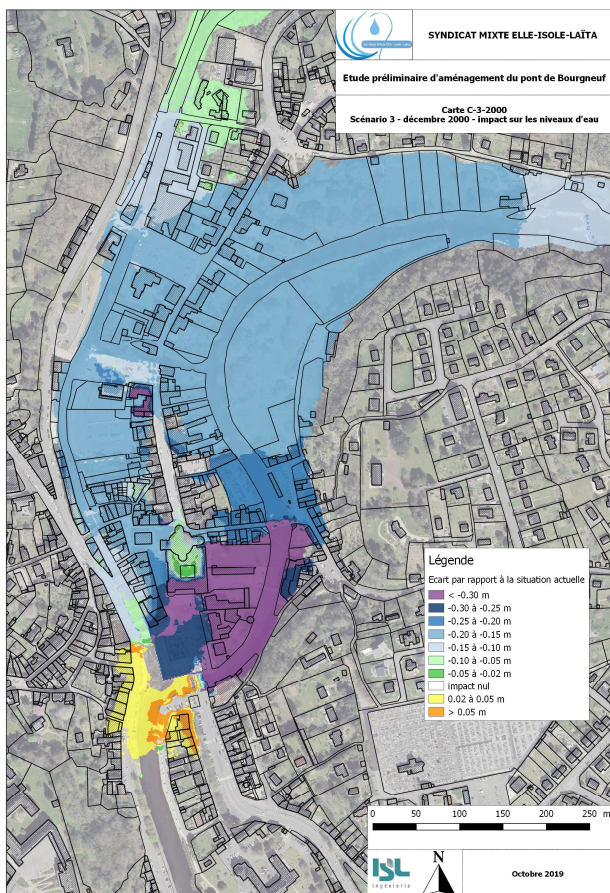


Figure 4-16 : impact sur les niveaux d'eau de la crue de décembre 2013 – scénario 3.

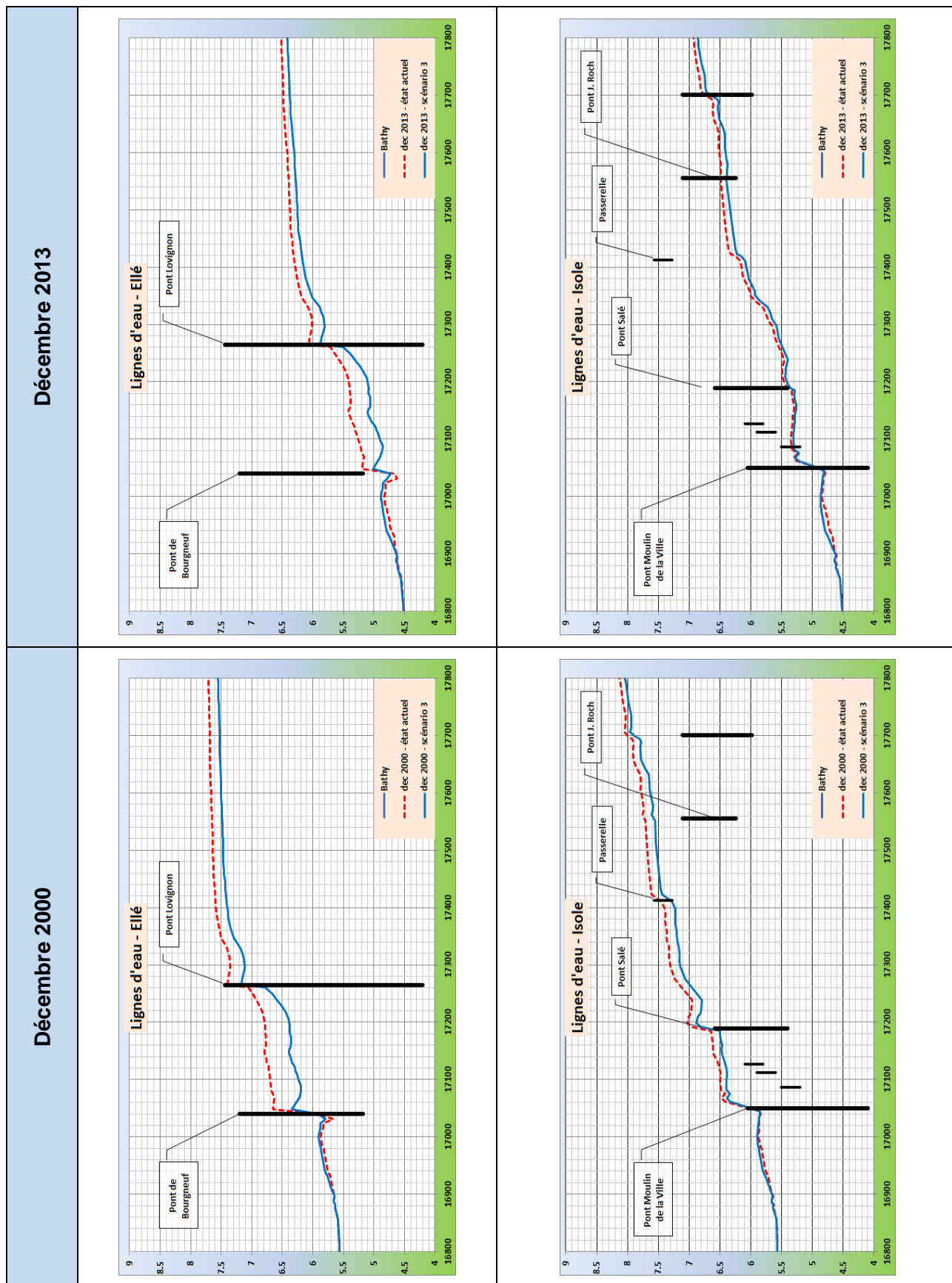


Figure 4-17 : lignes d'eau – scénario 3.



## 4.5 SYNTHÈSE

Le scénario le plus efficace sur le plan hydraulique est le scénario 0 consistant à la suppression pure et simple du pont de Bourgneuf.

Les scénarios 1 et 3 apportent des gains relativement similaires pour les deux crues simulées. Les répartitions de débits entre l'Isole et l'Ellé sont quasi identiques.

De manière générale, l'abaissement des niveaux d'eau est significatif pour les deux crues le long de l'Ellé. L'impact est maximal entre le pont Lovignon et le pont de Bourgneuf, il s'estompe progressivement vers l'amont. Il est d'autant plus important que la crue est forte (on réduit d'autant plus la perte de charge au pont de Bourgneuf).

Pour la crue de décembre 2013, l'impact des aménagements, quelque soit le scénario, est relativement limité le long de l'isole, en particulier en aval du bras de décharge (< 10 cm). Pour une crue type décembre 2000, les gains en hauteurs d'eau peuvent atteindre jusqu'à 25 cm pour le scénario 0.

Le scénario 2 n'apporte pas de gain significatif sur la basse ville.

Au niveau de la confluence, le scénario 2 et le scénario 3 modifient significativement les écoulements et présentent un effet localement négatif avec une augmentation des niveaux d'eau pouvant dépasser 5 cm. Cette augmentation est à relier avec la diminution des vitesses dans la section. Ces deux scénarios permettent de diminuer quelque peu les vitesses d'écoulements le long des barrières.

Les scénarios 0 et 1 modifient également les écoulements au droit de la confluence mais dans une moindre mesure.

## 5 BIBLIOGRAPHIE

- ACRI-IN. (2018). *Etude hydrologique, hydraulique et hydro-sédimentaire de la Laïta amont*. SMEIL.
- ARTELIA. (2011). *Aménagements de ralentissement dynamique de crues sur le bassin versant Ellé-Isole-Laïta : étude de faisabilité - Rapport de Phase 1*. SMEIL.
- ARTELIA. (2013). *Aménagements de ralentissement dynamique de crues sur le bassin versant Ellé-Isole-Laïta : étude de faisabilité - Rapport de Phase 3*. SMEIL.
- ARTELIA. (2014). *Aménagements de ralentissement dynamique de crues sur le bassin versant Ellé-Isole-Laïta : étude de faisabilité - Rapport de Phase 2*. SMEIL.
- CEREMA. (2009). *Modélisation de la Laïta par Mascaret*. SCHAPI - SPC35.
- CEREMA. (2010). *Atlas des zones inondables de l'Isole*. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.
- IN-VIVO. (2013). *Diagnostic du fonctionnement hydro-sédimentaire de la Laïta*. SMEIL.
- ISL-INGENIERIE. (2004). *Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles Inondation (PPRi) de Quimperlé et Tréméven - Rapport d'étude*. Préfecture du Finistère - DDE 29.
- ISL-INGENIERIE. (2005). *Etudes hydrauliques du pont du Moulin de la Ville et du pont du Bourgneuf à Quimperlé*. Conseil Général du Finistère.
- SCE. (1995). *Lutte contre les inondations - étude hydraulique*. Ville de Quimperlé.
- SCE. (2001). *Lutte contre les inondations - étude hydraulique*. Ville de Quimperlé.
- SCE. (2018). *Etudes pour la mise en place de systèmes de protection rapprochée contre les inondations sur plusieurs secteurs à enjeux de la basse-ville de Quimperlé*. Ville de Quimperlé.
- SHOM-CETMEF. (2012). *Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique)*. SHOM.
- SMEIL. (2015). *PAPI Ellé-Isole-Laïta - Diagnostic approfondi et partagé du territoire*.
- Société d'Histoire du Pays de Kemperlé. (2001). *Histoire des inondations à Quimperlé : quelques aspects - n°29*. Société d'Histoire du Pays de Kemperlé.

# ANNEXE 1      NOTE HYDRAULIQUE





