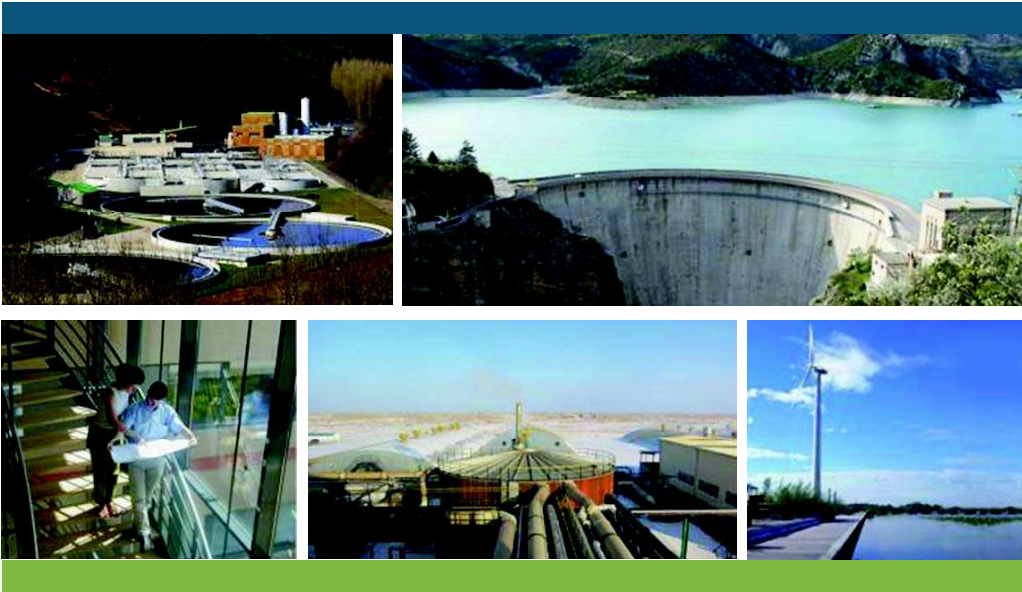


ANNEXE 5 : ÉTUDE HYDAULIQUE

Pont JJ Bosc

Rapport sur la
modélisation hydraulique
Version 11



RIV 22975J

Février 2016

Table des matières

- 1. Le modèle bidimensionnel utilisé 7
- 2. Modélisation hydraulique de l'état initial 8
 - 2.1 Emprise du modèle..... 8
 - 2.2 Données bathymétriques et topographiques..... 10
 - 2.2.1 Données fournies et utilisées dans le modèle..... 10
 - 2.2.2 Remarques sur les données..... 11
 - 2.3 Construction du modèle état initial..... 12
 - 2.4 Validation du modèle hydraulique en état initial 15
 - 2.4.1 Scénario non débordant du 6 février 2003 17
 - 2.4.2 Crue 100 ans Garonne..... 19
 - 2.4.3 Tempête 1999 +20 cm au Verdon 21
 - 2.4.4 Conclusions sur la validation du modèle..... 24
 - 2.5 Modélisation de l'état de référence 26
- 3. Modélisation de l'état projet 32
 - 3.1 Scénario « piles carrées 3.5m »..... 32
 - 3.1.1 Impact pour la crue 100 ans Garonne..... 32
 - 3.1.1.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur 32
 - 3.1.1.2 Impact sur les vitesses..... 34
 - 3.1.1.3 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur..... 37
 - 3.1.2 Impact pour le scénario tempête 99+20cm au Verdon 38
 - 3.1.2.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum :..... 38
 - 3.1.2.2 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur..... 38
 - 3.1.2.3 Impact sur les vitesses : 40
 - 3.1.3 Conclusions 41
 - 3.2 Scénario « piles carrées 3m »..... 42
 - 3.2.1 Impact pour la crue 100 ans Garonne..... 42
 - 3.2.1.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur 42
 - 3.2.1.2 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur..... 43
 - 3.2.1.3 Impact sur les vitesses..... 47
 - 3.2.1.4 Validation de l'emprise du modèle..... 49
 - 3.2.2 Impact pour le scénario tempête 99+20cm au Verdon 50

3.2.2.1	Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur	50
3.2.2.2	Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur	51
3.2.2.3	Impact sur les vitesses :	55
3.2.2.4	Validation de l'emprise du modèle.....	56
3.2.3	Impact pour le scénario crue 2003.....	58
3.2.3.1	Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur	58
3.2.3.2	Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur.....	58
3.2.3.3	Impact sur les vitesses :	62
3.2.4	Conclusions	63

4. Mesures compensatoires..... 64

4.1	Rappel de l'impact du projet.....	64
4.2	Recherche de mesures compensatoires	64
4.2.1	Mesures écartées.....	65
4.2.2	Mesures retenues	66
4.2.2.1	Fonctionnement actuel de l'assainissement pluvial au voisinage du projet :.....	68
4.2.2.2	Compatibilité entre utilisation des ouvrages de stockage / pompage du réseau d'eau pluvial comme mesure compensatoire en période de crues de la Garonne et gestion des écoulements pluviaux	72
4.2.2.3	Mesure de gestion de l'assainissement pluvial en période de crue centennale Garonne au voisinage du projet	73
4.2.2.4	Mesure de gestion de l'assainissement pluvial pour un événement type Tempête 1999 + 20 cm au Verdon.....	78
4.2.3	Méthodologie de calcul	79
4.2.3.1	Modélisation des optimisations du ressuyage.....	79
4.2.3.2	Intégration au modèle Telemac 2D	80
4.3	Modélisation du projet avec les mesures compensatoires	80
4.3.1	Impact pour la crue 100 ans Garonne.....	80
4.3.2	Impact pour le scénario tempête 99+20cm au Verdon	84
4.4	Compatibilité au PPR.....	88

5. Modélisation de la phase chantier 90

5.1	Construction du modèle en état chantier	90
5.2	Impact hydraulique de la phase chantier	90
5.2.1	Impact pour la Q100.....	90
5.2.2	Impact pour le scénario 99+20cm	97

6. Synthèse sur les projets concomitants à l'opération 101

7. Les débordements résiduels compensés par les mesures d'amélioration du ressuyage 102

Analyse des données topographiques et bathymétriques utilisées dans les modélisations de la Garonne.....	105
Bathymétrie.....	105
Topographie.....	107
Analyse des données topographiques et bathymétriques disponibles.....	109
Bathymétrie.....	109
Topographie.....	109

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Emprises du modèle (emprise maximale : calage du modèle – emprise intérieure : étude de l'impact du futur franchissement)	9
Figure 2 : zoom données de digue (smiddest en rouge, étude de danger en bleu)	12
Figure 3 : Maillage du modèle en état initial.....	13
Figure 4 : Topographie du modèle en état initial	13
Figure 5 : extrait maillage RIG au droit du projet (données CUB)	14
Figure 6 : Coefficients de Strickler du modèle Artélia au droit du projet (données RIG Smiddest)	16
Figure 7 : Localisation de la section de comparaison pour l'évènement du 06/02/2003	17
Figure 8 : Crue du 06/02/03 – comparaison des résultats de surface libre.....	18
Figure 9 : Crue du 06/02/03 – comparaison des résultats de vitesse	19
Figure 10 : Crue centennale – comparaison des résultats de surface libre au droit du futur projet (en m NGF)	20
Figure 11 : Crue centennale – comparaison des résultats de vitesses (en m/s).....	21
Figure 12 : Crue 1999+20cm – comparaison des résultats de surface libre (en mNGF).....	22
Figure 13 : Crue 99+20cm – comparaison des résultats de vitesses (en m/s)	22
Figure 14 : Crue 1999+20cm – Zone inondée au droit du futur projet (calcul EGIS).....	23
Figure 15 : Crue 1999+20cm – Zone inondée au droit du futur projet (source Artélia 2013).....	23
Figure 16 : Endiguement considéré pour l'état de référence.....	26

Figure 17 : Limite de la digue aval rive gauche prise en compte dans l'état de référence.....	27
Figure 18 : Carte des hauteurs d'eau crue 2003, état de référence	29
Figure 19 : carte des hauteurs d'eau crue 100 ans, état de référence	30
Figure 20 : carte des hauteurs d'eau tempête 99+20 cm au Verdon, état de référence.....	31
Figure 21 : impact en cote dans le lit mineur	33
Figure 22 : impact en cote zoom au droit des piles	34
Figure 23 : impact sur les vitesses maximales (en m/s).....	35
Figure 24 : vitesses maximales en état de référence (en m/s) à gauche et en état projet à droite	35
Figure 25 : vitesses au droit des piles	36
Figure 26 : impact sur les hauteurs d'eau	37
Figure 27 : impact en cote dans le lit mineur au droit des piles	38
Figure 28 : impact sur les hauteurs d'eau maximales	39
Figure 29 : impact sur les vitesses maximales	40
Figure 30 : vitesses maximales en état projet au droit des appuis en marée montante et en marée descendante	41
Figure 31 : impact en cote dans le lit mineur	43
Figure 32 : impact sur les hauteurs d'eau	44
Figure 33 : impact sur les vitesses maximales (en m/s).....	48
Figure 34 : vitesses maximales en état de référence (en m/s) à gauche et en état projet à droite	48
Figure 35 : vitesses au droit des piles	49
Figure 36 : impact en cote dans le lit mineur au droit des piles	50
Figure 37 : impact sur les hauteurs d'eau maximales	52
Figure 38 : impact sur les vitesses maximales	55
Figure 39 : vitesses maximales en état projet au droit des appuis en marée montante et en marée descendante	56
Figure 40 : impact en cote dans le lit mineur au droit des piles	58
Figure 41 : impact sur les hauteurs d'eau maximales	59
Figure 42 : impact sur les vitesses maximales (m/s).....	62
Figure 43 : vitesses maximales en état projet (m/s)	63
Figure 44 : Modification de topographie entre l'état actuel et le projet	66
Figure 45 : réseau pluvial en rive gauche (source – PLU – annexe : Zonage d'assainissement pluvial- mise à jour 2 avril 2012).....	68
Figure 46 : Superposition réseau pluvial et impacts du projet sans digues	69
Figure 47 : plan de l'assainissement pluvial en rive droite, avant (bleu) et après (vert) projet Jean-Jacques Bosc	70
Figure 48 : réseau pluvial en rive droite (source – PLU – annexe : Zonage d'assainissement pluvial- mise à jour 2 avril 2012).....	71
Figure 49 : Superposition réseau pluvial et impacts du projet sans digues	72
Figure 50 : Analyse du nombre de dépassement de seuils de précipitation par jour sur 56 années (Météo France).....	73

Figure 51 : Limnigraphe pour Q100 Garonne, sans prise en compte des digues.....	74
Figure 52 : Limnigraphe pour Q100 Garonne, sans prise en compte des digues.....	75
Figure 53 : Pompage mobile à mettre en œuvre	76
Figure 54 : Pompage mobile à mettre en œuvre – vue aérienne	77
Figure 55 : Exemple de pompage mobile	77
Figure 56 : Superposition des impacts de l'évènement Tempête avec le réseau pluvial en amont de la station Jourde	78
Figure 57 : Aperçu de la modélisation du pluvial réalisée à l'aide de PCSWMM	79
Figure 58 : impact du projet avec mesures compensatoires sur les hauteurs d'eau Q100	81
Figure 59 : zoom - impact du projet avec mesures compensatoires sur les hauteurs d'eau Q100	83
Figure 60 : impact du projet avec mesures compensatoires sur les hauteurs d'eau Q99+20	85
Figure 61 : Zoom sur l'impact du projet avec mesures compensatoires sur les hauteurs d'eau Q99+20 ..	87
Figure 62 : scénarios de rupture de digues étudiés (étude Plaine de Garonne).....	88
Figure 63 : Cartographie de la zone inondable, Tempête 99+20 cm au Verdon, ruines des protections – étude Plaine de Garonne novembre 2012.....	89
Figure 64 : impact sur les hauteurs d'eau phase chantier Q100	92
Figure 65 : vitesses maximales au droit des batardeaux (en m/s)	96
Figure 66 : impact sur les hauteurs d'eau phase chantier 99+20cm	98
Figure 67 : Zoom impact sur les hauteurs d'eau phase chantier 99+20cm	100
Figure68 : Maillage du modèle utilisé dans l'étude Plaine de Garonne (février 2013 – Artélia) au droit du futur franchissement	106

Tableaux

Tableau 1 : Comparaison des résultats au droit du projet pour la crue du 06/02/2003 (en m NGF).....	18
Tableau 2 : Comparaison des résultats pour la crue centennale (en m NGF)	20
Tableau 3 : Comparaison des résultats pour la crue 1999+20cm au Verdon (en m NGF)	21

1. Le modèle bidimensionnel utilisé

La modélisation est réalisée à l'aide du logiciel d'écoulements bidimensionnels TELEMAC2D, développé par EDF -LNH.

Ce logiciel permet de modéliser en 2D les écoulements à **surface libre bidimensionnels** en résolvant les équations complètes de Barré de Saint Venant sur un maillage triangulaire.

La modélisation avec un modèle bidimensionnel se justifie pour représenter finement les écoulements dans les projets d'aménagement et de calculer précisément leur impact sur l'augmentation des niveaux d'eau en amont.

Le maillage du modèle est adapté à la configuration de la zone d'étude. La densité du maillage résulte de contraintes de représentation des écoulements et de la bathymétrie.

Le maillage est construit pour prendre en compte les particularités des écoulements (obstacles, remblais, ouvrages, discontinuités topographiques...).

L'intérêt de la modélisation bidimensionnelle avec le logiciel utilisé est la souplesse dans la construction du maillage : la taille des mailles peut varier et s'adapter aux contraintes.

La densité du maillage résulte de contraintes de représentation des écoulements (rétrécissements dans les ouvrages), de la topographie et de la bathymétrie, ainsi que de la précision souhaitée.

2. Modélisation hydraulique de l'état initial

2.1 Emprise du modèle

Le modèle couvre l'emprise de l'impact du projet, sur le lit mineur et la zone inondable.

Ainsi un modèle précis est construit sur un linéaire de 5 km entre l'amont du pont de la RN230 et le pont de Pierre, emprise probable du projet.

Il est prolongé de façon plus sommaire en aval pour s'affranchir des incertitudes aux conditions aux limites du modèle.

En amont le modèle est prolongé jusqu'à la limite des données topographiques disponibles (pont de la RN230). Il a été vérifié a posteriori que l'impact du projet était inférieur à la précision de modélisation sur la limite amont du modèle.

Le linéaire total modélisé est de 10km environ entre le pont de la RN230 et le pont d'Aquitaine.

Le modèle couvre le lit mineur et l'emprise maximale du lit majeur pour le scénario hydrologique le plus pénalisant.

Les résultats seront présentés sur la zone de modèle précis, les emprises aux limites amont et aval servant uniquement à s'affranchir de l'incertitude liée aux conditions aux limites.

Les deux emprises citées figurent en page suivante.

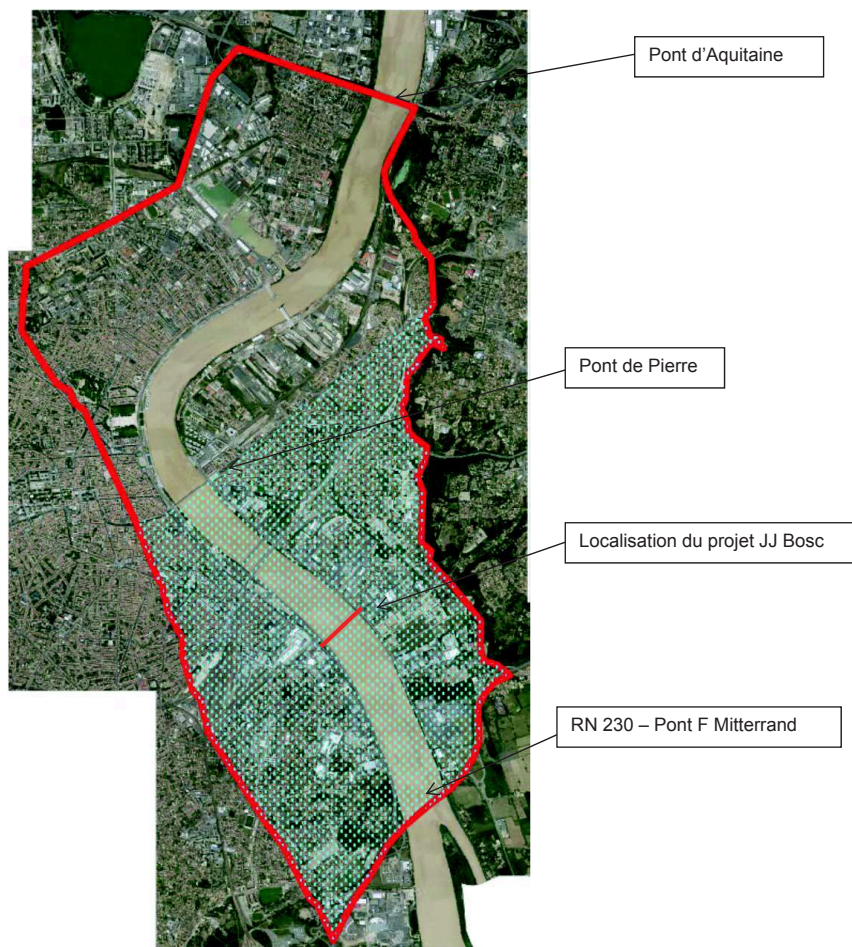


Figure 1 : Emprises du modèle (emprise maximale : calage du modèle – emprise intérieure : étude de l'impact du futur franchissement)

2.2 Données bathymétriques et topographiques

Le modèle est construit à partir des données bathymétriques et topographiques existantes fournies au format numérique (fichiers de points x,y,z ou format Autocad 3D) au démarrage de l'étude.

Les données nécessaires sont :

- Semis de points bathymétriques dans le lit mineur
- Semis de points et lignes de rupture 3D sur les berges (pied de talus, crêtes de talus, pied de digue, crêtes de digues, quais, etc)
- Semis de points et lignes de rupture 3D dans la zone inondables (lignes de ruptures pour les remblais, routes, etc)
- Lignes de contour des bâtiments à extraire dans la zone de modélisation précise (entre pont RN230 et pont de Pierre)

2.2.1 Données fournies et utilisées dans le modèle

Les données bathymétriques et topographiques de base utilisées pour la construction du modèle sont celles fournies par le SMIDDEST issues du modèle RIG phase 1.

Cependant ces données étant manquantes ou insuffisantes sur le secteur du projet, il a été nécessaire de les compléter, conformément aux décisions prises avec les services concernés.

L'ensemble des données utilisées dans la modélisation ont été fournies en mai 2014, sont référencées ci-après :

- Données SMIDDEST (RIG):
 - Bathymétrie : Bathy_topo_RIG_2_JJ_BOSC_pts
 - Topographie : topographie_JJ_BOSC
 - Dignes en rive droite et gauche (implantation et cote) : digues_JJ_BOSC
- Données bathymétriques complémentaires :
 - Bathymétrie de 2003 fournie par GPMB :
 - planche28_etiage2003
 - planche29_etiage2003
 - planche30_etiage2003
- Données topographiques complémentaires au droit du projet :
 - fichiers autocad
 - quai Brienne LevN Topo BX426-C (points topographiques + lignes de définition du quai et de la rocade inférieure)
 - FL184-ZAC-E
 - FL184 -Noue 14-04-08+Compl. Z-9-11-09 (Création des lignes pour la noue)
 - lignes_caracteristiques (lidar CUB) : récupération des lignes 3d au droit du projet (axes principaux des routes)
 - Lidar CUB : complément des points topographiques en amont de la zone d'étude

- Données topographiques complémentaires pour les digues :
 - Plan_topographique : Récupération du tracé de la digue (calque « Axe en plan ») issu du dossier d'ouvrage « digues des quais de Paludate et du Pont Saint Jean, Artélia, Septembre 2013.
- Données d'emprise des bâtiments :
 - Fichier « geo » du maillage de Artelia (fourni par la CUB)
- Données d'ouvrage en lit mineur :
 - Fichier « geo » du maillage de Artelia (fourni par la CUB)

2.2.2 Remarques sur les données

Remarque sur les données d'ouvrage :

Dans les données fournies, les ouvrages modélisés sont le pont de Pierre et le pont Chaban-Delmas pour le RIG2 et le pont d'Aquitaine pour le RIG1. Les ponts à l'amont du pont de pierre ne sont pas modélisés dans les études antérieures (cela concerne le pont St Jean et les deux ponts ferroviaires, tous situés en aval du projet)

Remarque sur les données topographiques :

La topographie de la zone rive droite au niveau de l'île d'Arcins n'est pas disponible.
La limite amont du modèle est donc prise en amont de la RN230.

Remarque concernant les digues et la rocade rive gauche :

La connaissance des digues en implantation et en cote est un élément important de la modélisation.

Deux sources de données existent :

1. Le fichier du SMIDDEST (étude RIG-phase 1)
2. Le fichier Plan topographique de l'étude de danger (dossier d'ouvrage « digues des quais de Paludate et du Pont Saint Jean, Artélia, Septembre 2013)

Ces deux sources ne donnent pas les mêmes informations ni en implantation ni en cote, avec quelque fois des écarts importants comme indiqué sur les figures ci-après (en bleu : points issus du fichier de l'étude de danger, en rouge points issus du Smiddest).

Dans le modèle de l'état initial, sont utilisés les points issus du Smiddest afin d'assurer une cohérence avec les résultats du RIG phase 1.

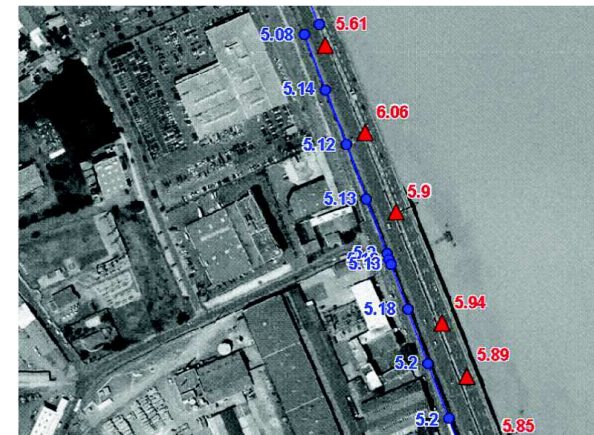


Figure 2 : zoom données de digue (smiddest en rouge, étude de danger en bleu)

2.3 Construction du modèle état initial

Le modèle est construit en état initial, avant intégration du projet du pont JJ Bosc.

L'état initial modélisé est celui de l'état actuel avec prise en compte des digues.

Cet état initial ainsi défini est une configuration déjà étudiée dans le RIG afin de pouvoir disposer des conditions aux limites et de se recalcr sur les résultats déjà modélisés sur le modèle global du RIG.

Le modèle en état initial est construit sur la base des données indiquées ci-dessus.

La limite amont est située au niveau de la RN230 (cf. chapitre « emprise du modèle »).

Le maillage a été raffiné au droit de la zone du projet, avec en particulier la prise en compte des bâtiments (modélisés comme obstacles).

Le modèle s'appuie sur des lignes de contraintes topographiques pour représenter les singularités topographiques (digues, routes en remblais, trémies, murs, noue, etc)

Le nombre total de mailles est de 60000.

La taille des mailles est fine et varie entre 5 mètres, dans le lit mineur au droit du projet, et 25 mètres, en lit majeur.

Les figures suivantes présentent le maillage et la topographie du modèle en état initial, dans son ensemble et sur la zone de projet.

Figure 3 : Maillage du modèle en état initial

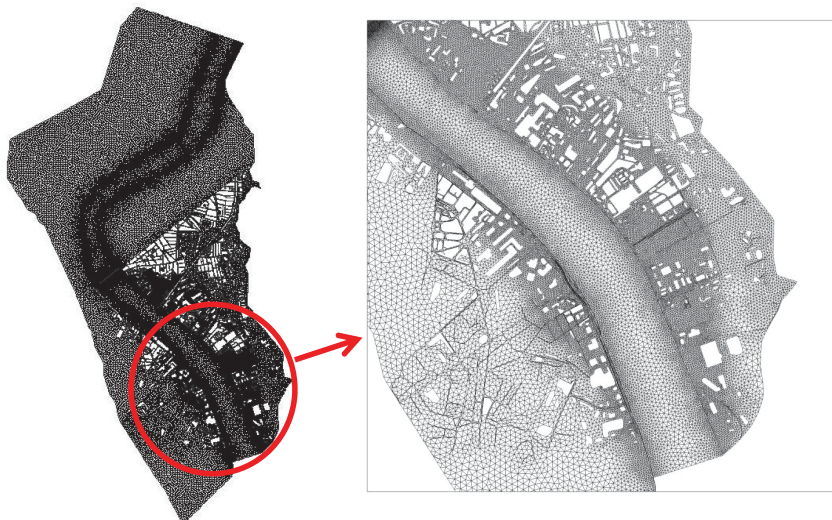
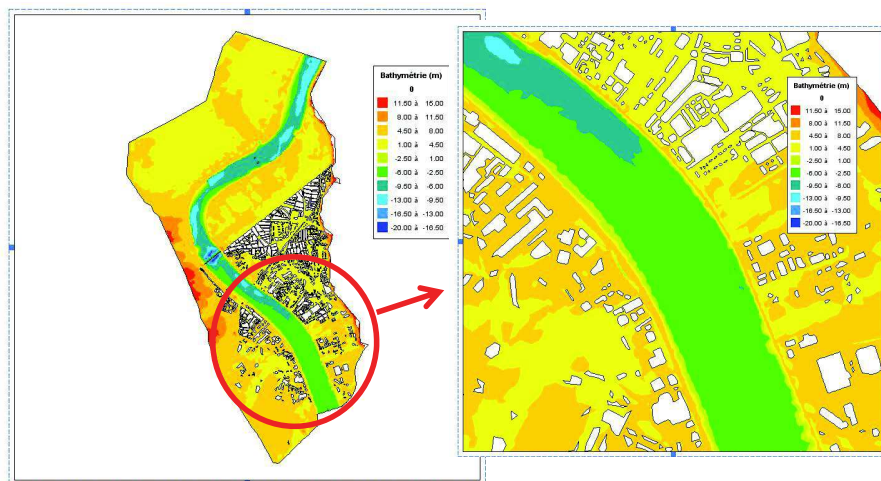


Figure 4 : Topographie du modèle en état initial



Les digues rive droite et gauche sont issues des données Smiddest (en implantation et en cote) (cf remarque ci-dessus).

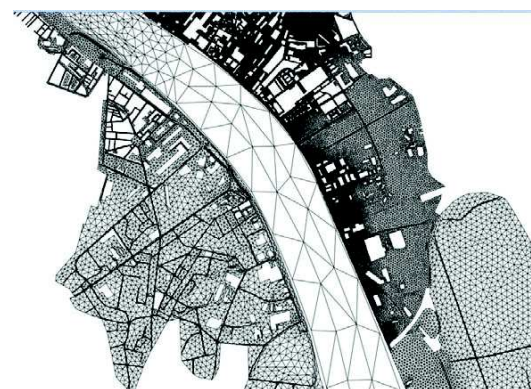
Les ponts existants à l'amont du Pont de Pierre ne sont pas modélisés (le pont St Jean et les deux ponts ferroviaires en aval du projet) (cf. remarque ci-dessus).

Remarque sur le maillage du lit mineur :

Le maillage du lit mineur est essentiel pour la bonne représentation des écoulements (d'après les études RIG, les écoulements même exceptionnels restent peu débordants au droit du projet), et pour la modélisation du projet (piles en lit mineur).

Le maillage dans le lit mineur est donc beaucoup plus raffiné que celui des études RIG (cf. ci-dessous) qui ne disposent que de 4 points en lit mineur pour représenter la largeur du lit.

Figure 5 : extrait maillage RIG au droit du projet (données CUB)



2.4 Validation du modèle hydraulique en état initial

Le modèle est validé à partir des données diffusées par le SMIDDEST et issues du RIG Phase 1 essentiellement et RIG 2 (événement Tempête 99 + 20 cm au Verdon).
Il s'agit d'un calage réalisé sur la base des résultats des modèles RIG 1 et 2 fournis par le SMIDDEST (données en situation avec digue).

Le modèle 2D est validé sur les résultats des modélisations déjà réalisées dans la base de données RIG. Cette validation est réalisée sur un évènement non débordant pour caler le lit mineur et sur deux évènements débordants pour caler le lit majeur.
Pour les scénarios de calage, les conditions aux limites (limnigrammes, hydrogrammes et variations des vitesses en fonction du temps) et les résultats du scénario RIG (limnigrammes et diagrammes de vitesses aux points de validation) ont été fournis par le SMIDDEST (données fournies aux limites amont et aval du modèle et au droit du futur projet).
Les configurations modélisées correspondent à l'état initial pris en compte dans le cadre de l'étude RIG (état **actuel** des digues).

Le modèle « état initial » est donc validé sur 3 scénarios du RIG :

- Scénario non débordant du 6 février 2003
- Crue 100 ans Garonne
- Tempête 1999 +20 cm au Verdon

Les données et résultats de ces scénarios ont été fournis par le SMIDDEST sous la forme de :

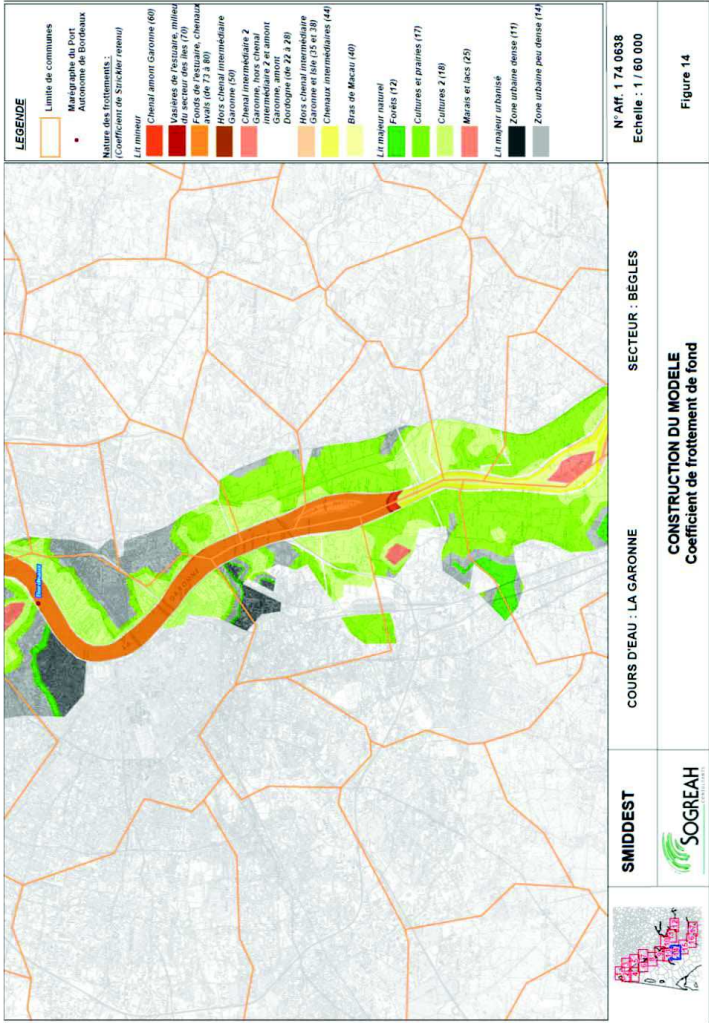
- Fichiers bruts de résultats Télémac pour les scénarios du RIG1 (6 février 2003 et 100 ans Garonne)
- Extractions de cotes d'eau maximales et de limnigrammes et vitesses au droit du futur projet et valeurs des hauteurs d'eau maximales dans les zones de débordements entre la RN 230 et le Pont de Pierre, pour le scénario du RIG2 (99+20cm)

Remarque : tous les résultats disponibles dans le RIG sont obtenus pour des scénarios **avec** les digues de protection.

Les **coefficients de Strickler**, paramètres de calage du modèle, sont issus en première approximation des études du RIG.
Cependant, d'après la figure ci-après extraite du RIG les coefficients de Strickler utilisés pour le lit mineur sont compris entre 73 à 80 sur notre secteur d'étude, ce qui est parait surestimé par rapport aux valeurs usuellement admises (de l'ordre de 50 pour le lit mineur sur le site d'étude).
Plusieurs tests ont donc été réalisés avec des coefficients de strickler variant de 50 à 70 dans le lit mineur.
Pour le lit majeur les coefficients retenus varient entre 11 et 25, en fonction de l'occupation du sol, ces coefficients sont similaires à ceux de l'étude du RIG.

Les résultats des trois simulations sont comparés aux résultats fournis par le Smiddest au droit du projet.

Figure 6 : Coefficients de Strickler du modèle Artélia au droit du projet (données RIG Smiddest)



2.4.1 Scénario non débordant du 6 février 2003

Ce scénario issu de la phase 1 du RIG, a pour caractéristiques :

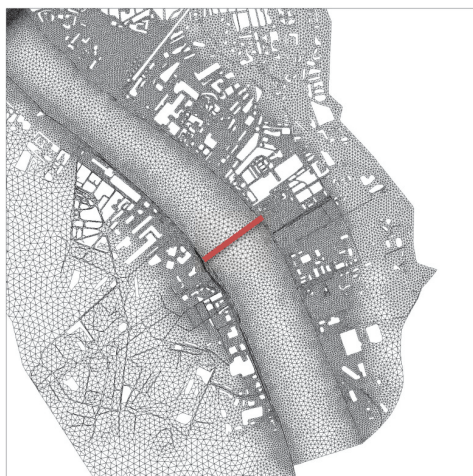
- Débit de la Garonne 5858 m³/s (crue de période de retour 10 à 17 ans)
- Débit de la Dordogne 1574 m³/s (crue de période de retour 2 à 5 ans)
- Coefficient de marée 85

Pour ce scénario, 3 tests de coefficients de Strickler ont été simulés :

- Strickler à 50
- Strickler à 60
- Strickler à 70

Les résultats des simulations sont comparés au droit du futur projet aux résultats du RIG fournis par le SMIDDEST, localisé ci-dessous.

Figure 7 : Localisation de la section de comparaison pour l'évènement du 06/02/2003



Les figures ci-après donnent la comparaison des variations dans le temps des surface libres et des vitesses au droit du projet sur tous les cycles de marée simulés.

Le tableau ci-après fait la synthèse des valeurs maximales calculées pour les coefficients de 60 et 70. Le test avec le coefficient de 50 donnant des résultats éloignés de ceux du RIG n'a pas été poursuivi sur toute la durée de simulation.

Les résultats des simulations pour le scénario du 6 février 2003, montrent au droit du projet une bonne représentation des cotes d'eau dans le lit mineur avec cependant des valeurs légèrement plus élevées lors de la marée basse.

Les résultats en terme de niveau sont sensiblement les mêmes avec les trois tests de coefficient de Strickler.

En terme de vitesse, on observe au droit du futur projet des vitesses maximales inférieures par rapport à celle fournies par le Smiddest et ce, quelle que soit la valeur du Strickler testée. La différence maximale pour le Strickler de 70 s'élève à 0.2 m/s, et pour le Strickler de 60 à 0.3m/s, sur des valeurs maximales d'environ 2.3 m/s calculées dans le RIG.

Ces écarts peuvent s'expliquer par la différence de maillage dans le lit mineur, le maillage du modèle de la présente étude étant **beaucoup plus raffiné**, représente de façon nettement plus précise la bathymétrie du lit. Les **données bathymétriques sont elles aussi plus précises** puisque les données du RIG manquantes sur le secteur d'étude ont dû être complétées dans le cadre de cette étude.

Par ailleurs la présente étude modélise les appuis du Pont de Pierre situé en aval du projet, tandis que l'étude du RIG1 n'a pas pris en compte ce pont.

Tableau 1 : Comparaison des résultats au droit du projet pour la crue du 06/02/2003 (en m NGF)

	Crue du 06/02/2003		
	Modèle RIG	Modèle Egis	
		K=60	K=70
Cote maximale (m)	4,45	4,45	4,46
Cote minimale (m)	-1,24	-1,17	-1,18
Vitesse maximale (m/s)	2,33	2,01	2,10

Figure 8 : Crue du 06/02/03 – comparaison des résultats de surface libre

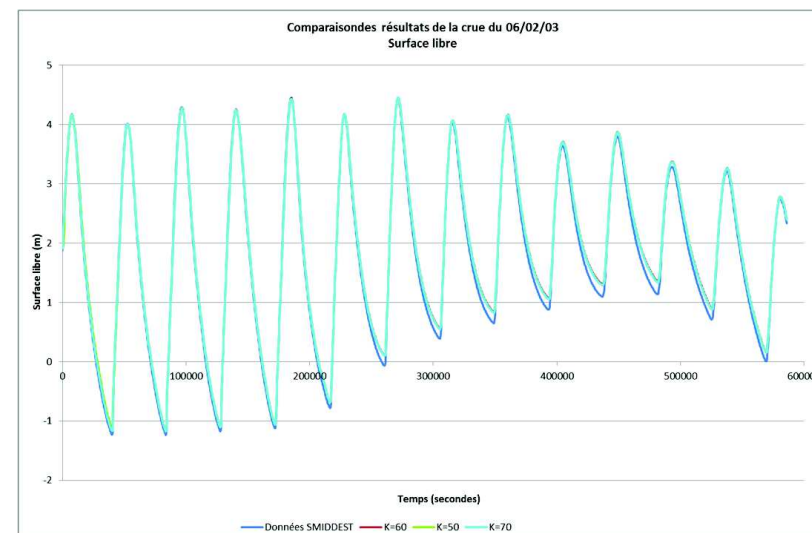
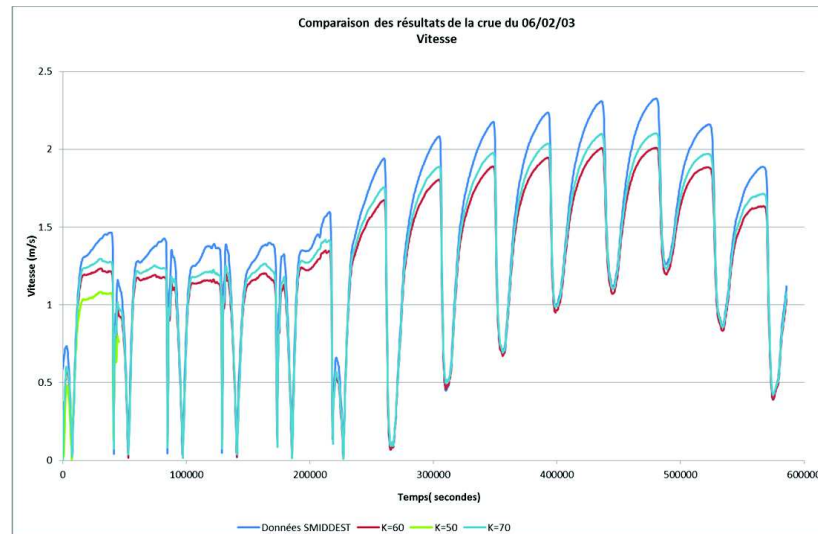


Figure 9 : Crue du 06/02/03 – comparaison des résultats de vitesse



2.4.2 Crue 100 ans Garonne

Pour ce scénario, 2 tests de coefficients ont été simulés :

- Strickler à 60
- Strickler à 70

Les résultats des simulations pour le scénario de la crue centennale, montrent au droit du futur projet une bonne correspondance des cotes d'eau avec celles du RIG, avec cependant des valeurs légèrement plus fortes en marée basse.

En terme de vitesse, on observe au droit du futur projet des vitesses inférieures par rapport à celle fournies par le Smiddest et ce, quelle que soit la valeur du Strickler testée. La différence maximale pour le Strickler de 70 s'élève à 0.35 m/s, et pour le Strickler de 60 à 0.42 m/s, sur des valeurs maximales de 2.7 m/s calculées dans le RIG.

Ces écarts peuvent s'expliquer par la différence de maillage dans le lit mineur, le maillage du modèle de la présente étude étant **beaucoup plus raffiné**, représente de façon nettement plus précise la bathymétrie du lit. Les **données bathymétriques sont elles aussi plus précises** puisque les données du RIG manquantes sur le secteur d'étude ont dû être complétées dans le cadre de cette étude.

Par ailleurs l'étude en cours modélise les appuis du Pont de Pierre situé en aval du projet, tandis que l'étude du RIG1 n'a pas pris en compte ce pont.

Tableau 2 : Comparaison des résultats pour la crue centennale (en m NGF)

	Modèle RIG	Crue centennale	
		K=60	K=70
Cote maximale (m)	5,06	5,11	5,11
Cote minimale (m)	0,55	0,74	0,73
Vitesse maximale (m/s)	2,67	2,24	2,32

Figure 10 : Crue centennale – comparaison des résultats de surface libre au droit du futur projet (en m NGF)

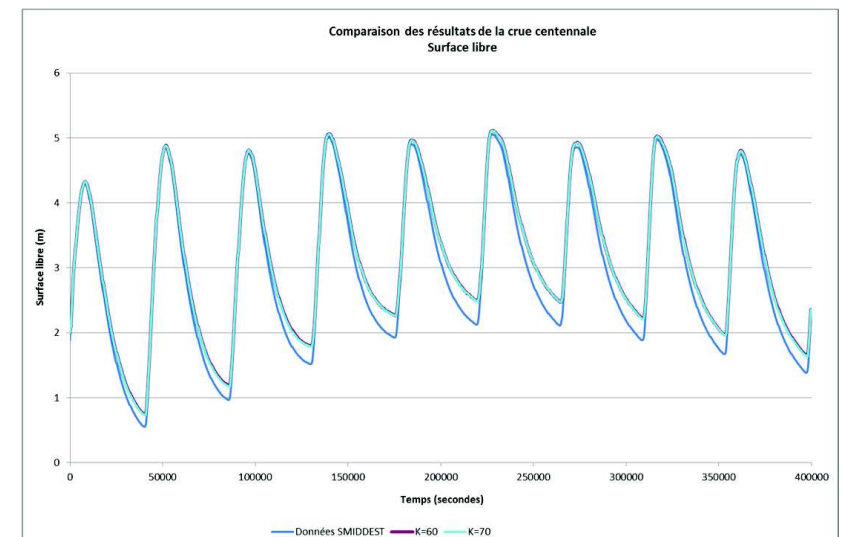
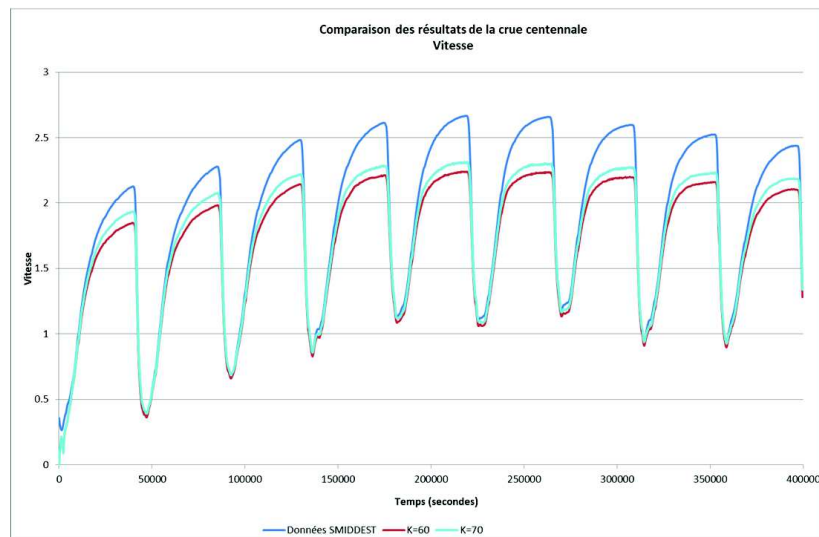


Figure 11 : Crue centennale – comparaison des résultats de vitesses (en m/s)



2.4.3 Tempête 1999 +20 cm au Verdon

Pour ce scénario, issu du RIG phase 2, seul le test avec un Strickler à 70 a été réalisé, étant donné les résultats précédents.

Les résultats montrent au droit du futur projet une bonne cohérence des cotes d'eau dans le lit mineur avec cependant des valeurs légèrement plus fortes lors de la marée basse.

En termes de vitesse, on observe au droit du projet des vitesses maximales légèrement inférieures par rapport à celle fournies par le Smiddest, la différence maximale s'élevant à 0.15 m/s, sur des valeurs de 1.8 m/s calculée dans le RIG.

Tableau 3 : Comparaison des résultats pour la crue 1999+20cm au Verdon (en m NGF)

	Tempête 1999+20cm	
	Modèle RIG	Modèle Egis K=70
Cote maximale (m)	5,40	5,35
Cote minimale (m)	-0,38	-0,14
Vitesse maximale (m/s)	1,82	1,67

Figure 12 : Crue 1999+20cm – comparaison des résultats de surface libre (en mNGF)

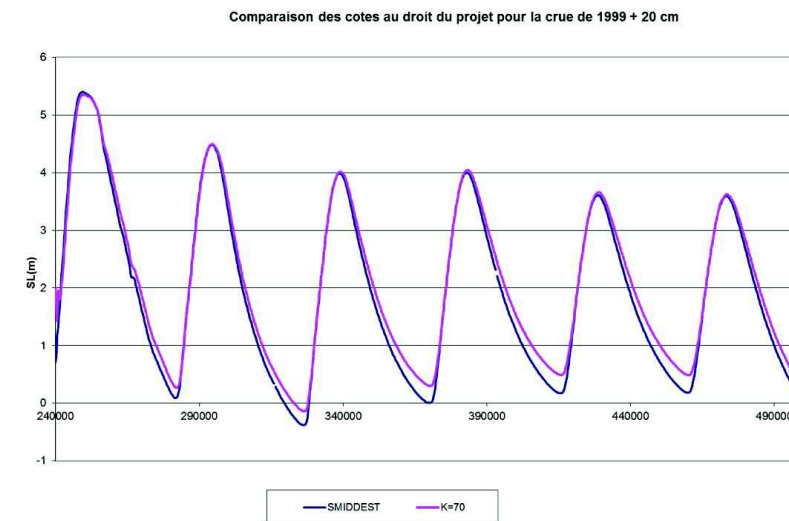
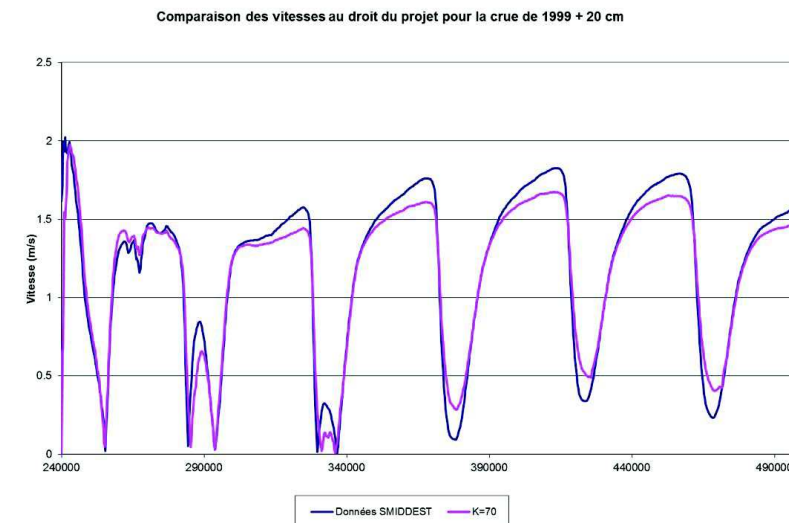


Figure 13 : Crue 99+20cm – comparaison des résultats de vitesses (en m/s)



La zone inondée au droit du projet est comparable à celle fournie par le Smiddest, comme le montrent la figure ci-après.

Figure 14 : Crue 1999+20cm – Zone inondée au droit du futur projet (calcul EGIS)

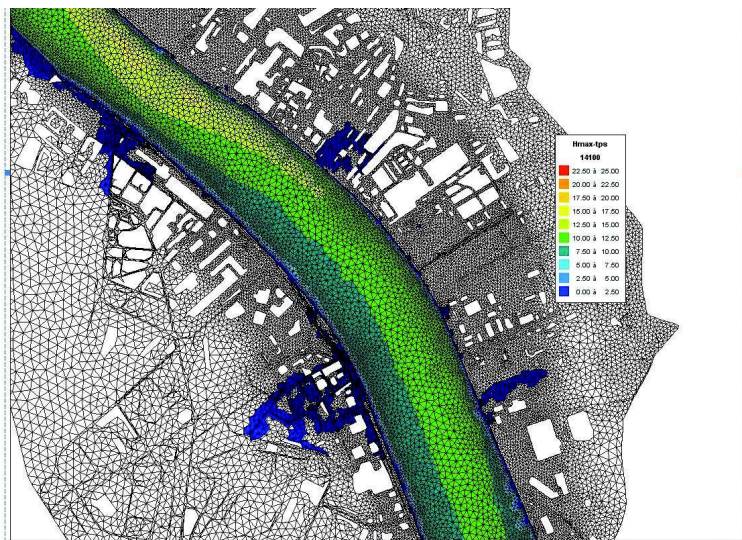
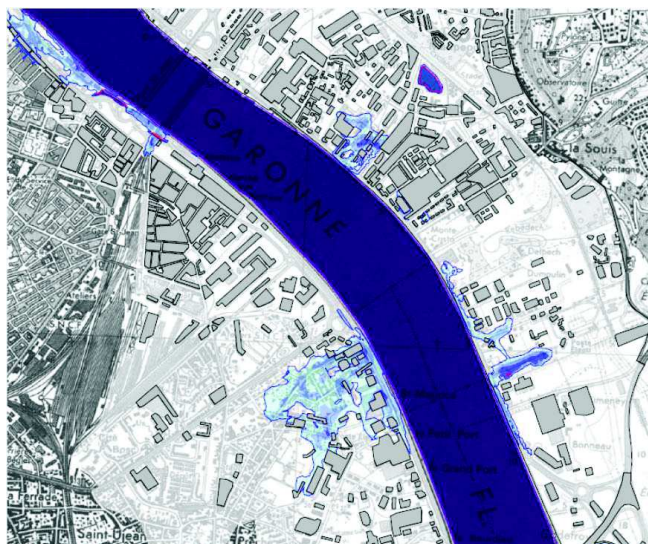


Figure 15 : Crue 1999+20cm – Zone inondée au droit du futur projet (source Artélia 2013)



2.4.4 Conclusions sur la validation du modèle

Le modèle a été validé sur les 3 événements fournis dans l'étude du RIG, une crue non débordante du 6 février 2003, la crue 100 ans Garonne et le scénario tempête 1999+20 cm.

Il s'agit d'un calage réalisé sur la base des résultats des modèles RIG 1 et 2 fournis par le SMIDDEST (données en situation avec digue).

Des tests ont été réalisés sur les coefficients de Strickler du lit mineur entre les valeurs de 50, valeur retenue habituellement pour ce type de cours d'eau, et 70, valeur utilisée dans le modèle RIG (cette valeur paraît cependant anormalement élevée pour le site).

Les résultats des simulations pour les 3 scénarios, montrent au droit du futur projet **une très bonne correspondance des cotes d'eau maximales** avec celles du RIG, et des valeurs légèrement plus fortes en marée basse.

Le niveau calculé au droit du projet, dans la situation avec digue, est plus faible de 5 cm pour 99+20, mais plus haut de 5 cm pour 100 ans.

Les emprises des zones inondables pour le scénario tempête 1999+20 cm sont les mêmes (la cote d'eau maximale est identique au droit du projet dans les deux modélisations).

En terme de vitesse, on observe au droit du futur projet des vitesses inférieures par rapport à celle fournies par le Smiddest et ce, même avec la valeur du Strickler de 70. La différence maximale, calculée pour le scénario de crue Garonne 100 ans, s'élève à 0.35 m/s, sur des valeurs maximales de 2.67 m/s calculées dans le RIG. Pour les autres scénarios l'écart est plus faible.

Il est impossible de retrouver précisément les résultats fournis par le SMIDDEST sachant que le modèle utilisé pour le RIG ne comporte que 3 mailles dans le lit mineur et ne prend pas en compte les piles du Pont de Pierre (RIG 1). De plus la bathymétrie utilisée dans ce modèle est antérieure et moins précise.

Enfin, le modèle état initial de la présente étude, unique, a été calé sur des données issues de deux modèles différents, correspondants respectivement aux crues centennale et non débordante de la Garonne (RIG phase 1) et à la crue 1999 +20cm au Verdon (RIG phase 2).

Ce calage est satisfaisant et n'est pas de nature à sous-estimer les volumes débordés, en raison des points suivants :

- Sur les différences entre donnée RIG / modèle EGIS :
 - + 5 cm sur la crue centennale Garonne pour le modèle EGIS ;
 - – 5 cm sur l'évènement tempête 99 +20cm au Verdon pour le modèle EGIS ;
 - Modifier le calage de 5 cm entraînerait donc un décalage de 10 cm sur la crue centennale et ne serait pas cohérents avec les résultats RIG ;
- Les emprises des zones inondables sont respectées
- Le maillage EGIS est nettement plus important, notamment en lit mineur, et le modèle intègre les différents ponts, il est donc impossible d'avoir exactement les mêmes cotes que celles du RIG pour les deux évènements débordants étudiés ;
- La bathymétrie considérée dans l'étude correspond à un état des fonds plus haut que la dernière bathymétrie réalisée en 2015 (surestimation des débordements donc) ;
- Les hypothèses qui sont prises en compte dans l'état de référence, base de comparaison et d'analyse des impacts sont également pessimistes :
 - Conditions aux limites amont insérées : hydrogrammes et limnigrammes issus d'une configuration avec digue en amont (issus des RIGS phase 1 (crue 2003 et Q100 Garonne) et 2 (Tempête 99 + 20 cm au Verdon) ;
 - Conditions de prise en compte de digue pessimiste : prises en compte en aval rive gauche du projet et effacées à tout moment pour la rive droite et l'amont du projet rive gauche.

2.5 Modélisation de l'état de référence

Initialement il était prévu que le scénario « état initial » modélisé précédemment pour le calage serve d'état de référence avant intégration du projet.

Suite à la réunion du 6 mai 2014, il a été demandé de modéliser un nouvel état de référence combinant des tronçons avec et sans digue de protection.

Les modélisations demandées pour l'état initial du projet JJ BOSC n'existent pas dans les études RIG (configuration mixte entre digues pérennes et non pérennes) et n'ont donc pas pu être fournies par le SMIDDEST.

Remarque sur le choix de l'état de référence :

Dans la mesure où l'état de référence comporte des tronçons « sans digue », la modélisation surestime les volumes débordés, qui se cumulent de plus à chaque cycle de marée, et donc surestime l'impact en lit majeur dans les points bas sans vidange. L'état de référence retenu est donc bien sécuritaire pour le calcul de l'impact en lit majeur.

Un nouveau modèle hydraulique est donc construit pour prendre en compte l'état de référence de la façon suivante :

- Maintien des digues en rive gauche aval (commune de Bordeaux)
- Suppression des digues en rive droite et en rive gauche amont (commune de Bègles)

Figure 16 : Endiguement considéré pour l'état de référence

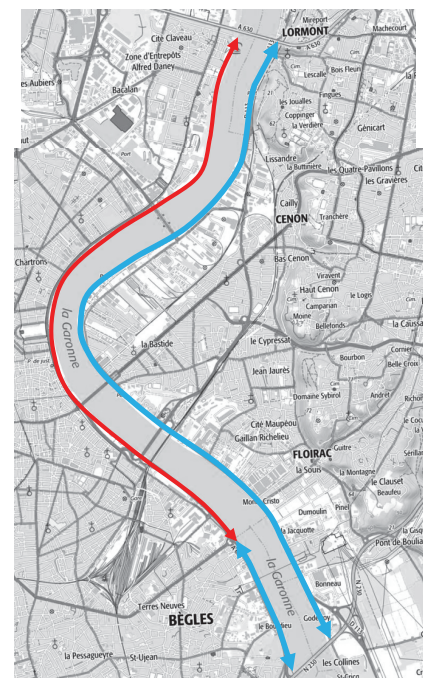
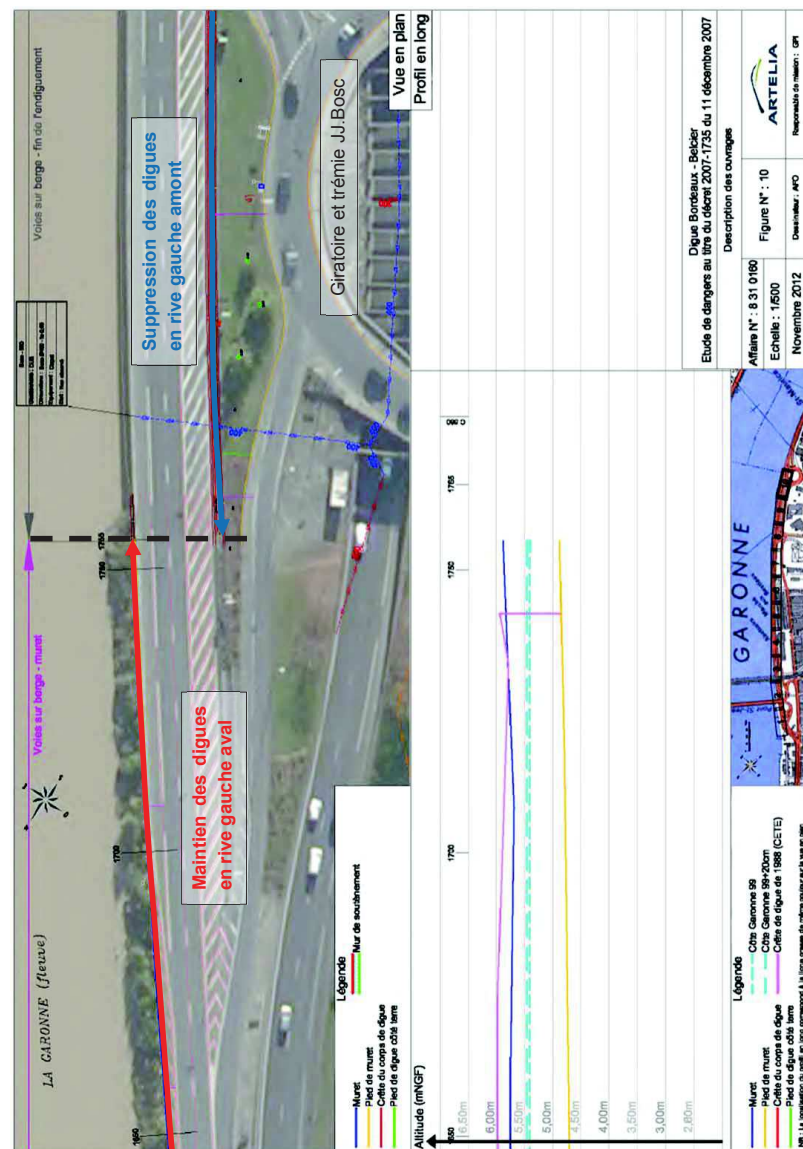


Figure 17 : Limite de la digue aval rive gauche prise en compte dans l'état de référence



La topographie du pied de digue à prendre en compte en lieu et place des cotes de crêtes de digues est issue des données fournies (topographie fournie par le SMIDDEST complétée le cas échéant par le LIDAR si les données Smiddest sont incomplètes).

Les conditions aux limites amont (au droit de la RN230) et aval (pont d'Aquitaine) sur les lits mineurs, et en rives droite et gauche, fournies par le Smiddest uniquement dans la configuration avec digue, sont utilisées dans la modélisation de l'état de référence.

En effet, d'après les cartographies fournies dans les études récentes menées dans la configuration sans digue (cf. Etude RIG phase 2), les apports sont a priori inchangés en amont du modèle au droit de la RN230 (pas d'apport débordant en rive droite ni en rive gauche).

Les simulations du modèle « état de référence » sont conduites pour les 3 scénarios :

- Scénario crue faible du 6 février 2003
- Crue 100 ans Garonne
- Tempête 1999 +20 cm au Verdon

Les résultats des simulations se présentent sous la forme de cartes de hauteurs d'eau fournies sur les figures page suivante.

La crue 2003 sans digue ne déborde pratiquement pas hormis quelques points ponctuels avec des débordements contenus sur les berges.

La crue 100 ans sans digue déborde de façon importante en rive droite, et ponctuellement en rive gauche au droit du futur projet.

La tempête 99+20 cm au Verdon sans digue déborde de façon importante en rive droite, et ponctuellement en rive gauche au droit du futur projet et en aval.

Figure 18 : Carte des hauteurs d'eau crue 2003, état de référence

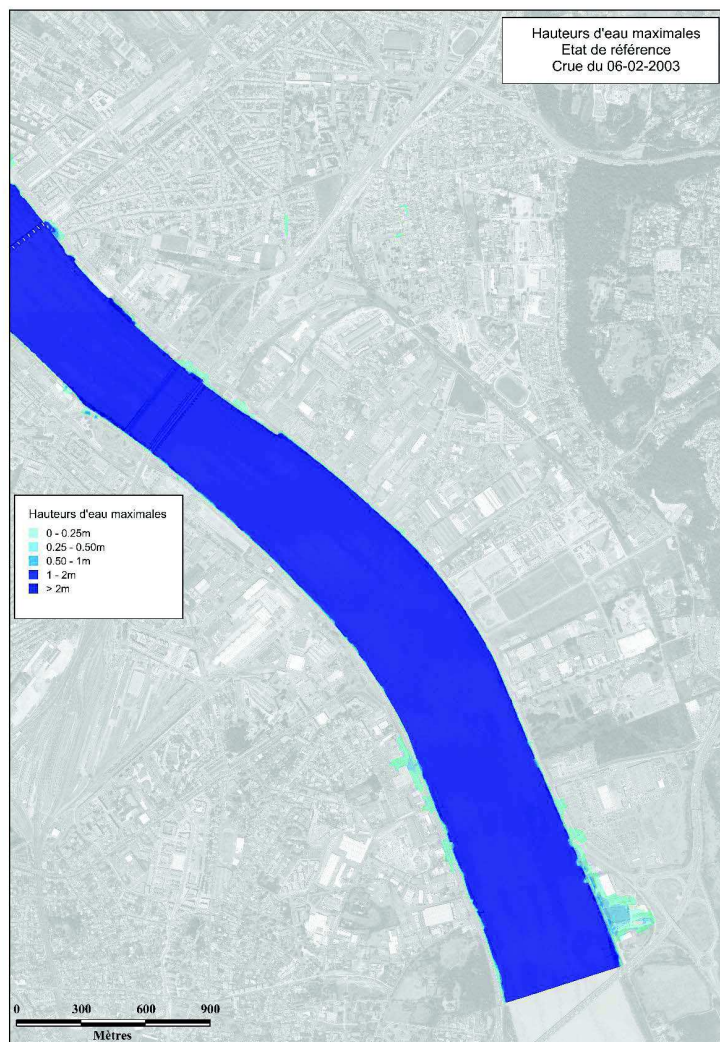


Figure 19 : carte des hauteurs d'eau crue 100 ans, état de référence

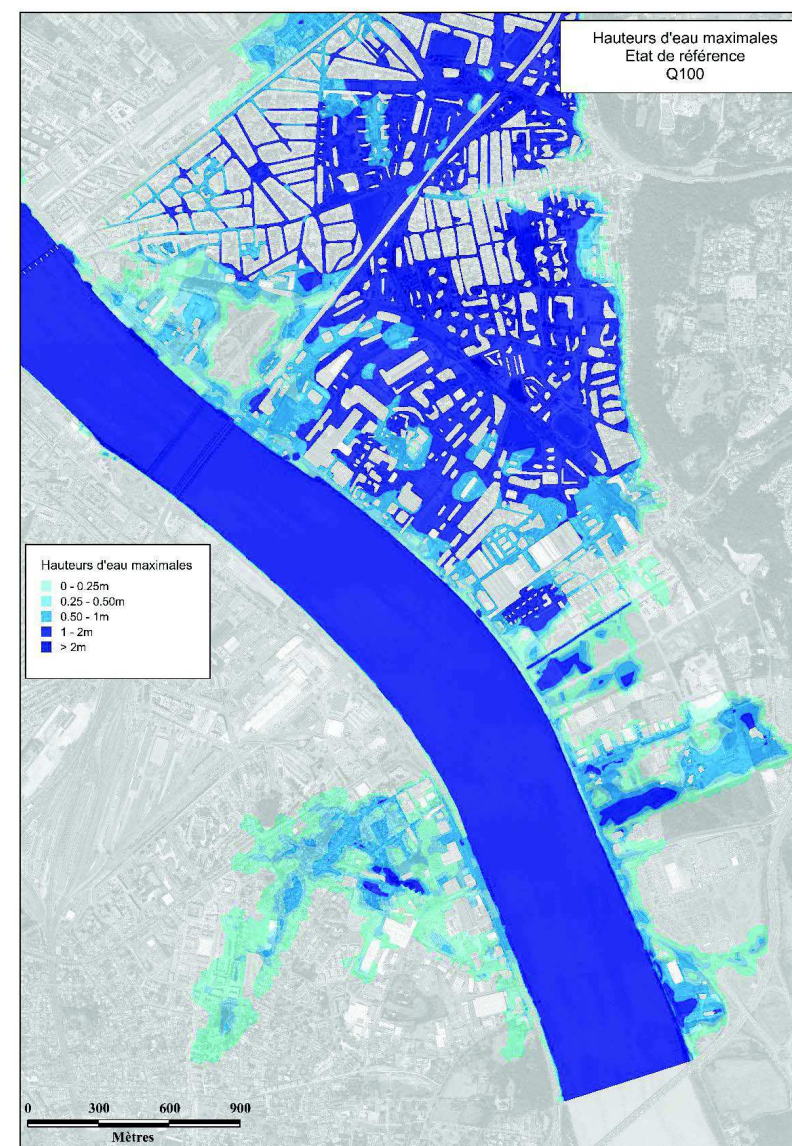
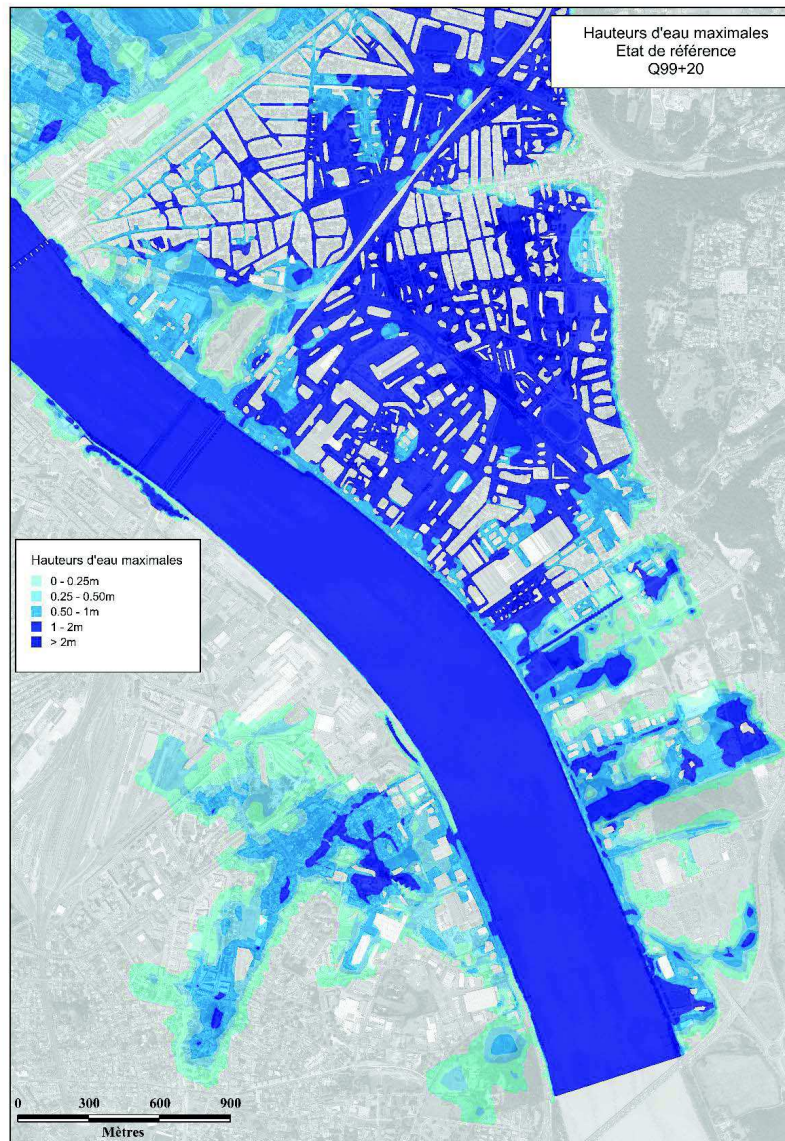


Figure 20 : carte des hauteurs d'eau tempête 99+20 cm au Verdon, état de référence



3. Modélisation de l'état projet

Les plans décrivant l'état projet sont rappelés au chapitre 9 du dossier Police de l'Eau (Pièce I), que ce soit pour les berges ou pour l'ouvrage de franchissement.

Pour les berges, ce chapitre comprend les plans de nivellement topographiques dans l'état actuel, les niveaux topographiques du projet sur les berges, et les plans de profils en long.

L'ensemble est synthétisé sur un plan de mouvements des terres avec un code couleurs illustrant les dégradés

Ces plans sont issus d'une modélisation dans l'espace du projet (modèle Autocad 3D), elle-même rattachée aux données topographiques relevées sur site.

Pour l'ouvrage de franchissement, le chapitre 9 comprend les plans d'élévation du pont, les plans des piles en rivière, les plans de la culée (i.e. appui à terre) rive gauche et les plans de la culée rive droite.

Les enrochements prévus au niveau des piles sont intégrés dans la modélisation hydraulique, par modification de la section du lit mineur et de la topographie des fonds).

3.1 Scénario « piles carrées 3.5m »

Un premier projet a été modélisé en mai 2014 sur la base du plan Autocad 3D fourni en mai 2014.

Un modèle hydraulique a été construit intégrant les appuis dans le lit mineur (piles carrées de largeur 3.5m), les culées, les remblais d'accès du pont et les trémies.

Les résultats de l'impact du projet sont présentés ci-après pour les scénarios les plus pénalisants : crue 100 ans Garonne et tempête 99+20 cm au Verdon.

3.1.1 Impact pour la crue 100 ans Garonne

L'impact des piles est analysé pour la q100 par comparaison entre les résultats de l'état de référence et de l'état projet.

3.1.1.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur

La figure suivante donne l'impact en cote d'eau (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et un zoom au droit des piles.

Les piles entraînent une surcote dans le lit mineur de la Garonne de 2 à 5 cm en amont, qui reste sensible en limite amont du modèle (+3cm) et pouvant atteindre 50 cm en amont immédiat des piles.

Figure 21 : impact en cote dans le lit mineur

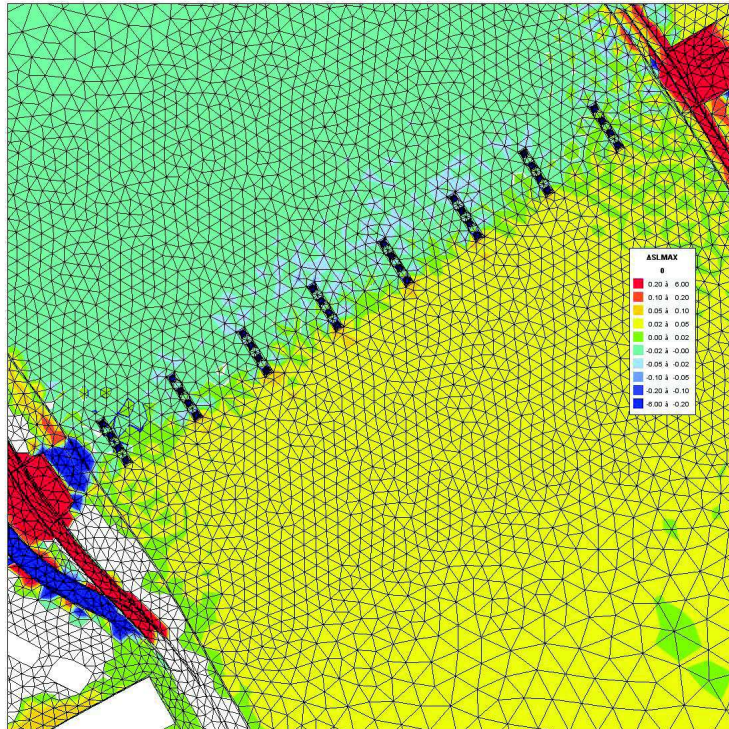
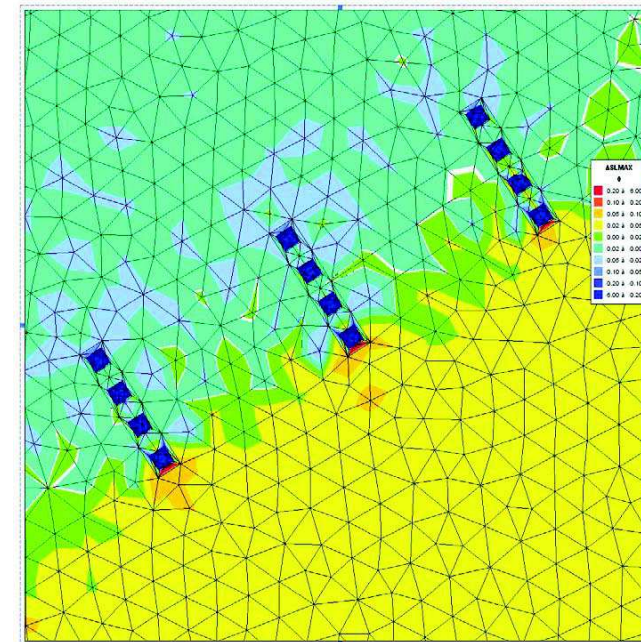


Figure 22 : impact en cote zoom au droit des piles



3.1.1.2 Impact sur les vitesses

La figure suivante donne l'impact sur les vitesses maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et un zoom au droit des piles, ainsi que les vitesses maximales en état de référence et en état projet.

En état de référence les vitesses maximales dans le lit mineur sont comprises entre 1.5 m/s et 2 m/s.

En état projet, les vitesses maximales sont fortement augmentées (+0.4 à +0.8m/s) dans l'axe des écoulements entre piles et atteignent 2 à 2.5 m/s dans l'axe des écoulements entre piles.

Aux abords des piles les plus en amont, des vitesses maximales de plus de 4 m/s sont calculées ponctuellement.

Figure 23 : impact sur les vitesses maximales (en m/s)

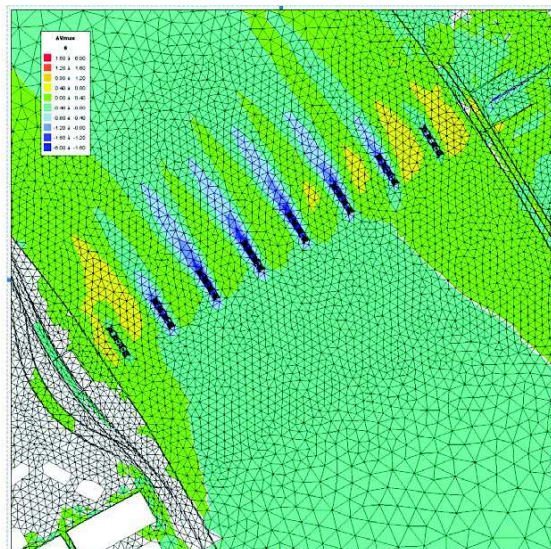


Figure 24 : vitesses maximales en état de référence (en m/s) à gauche et en état projet à droite

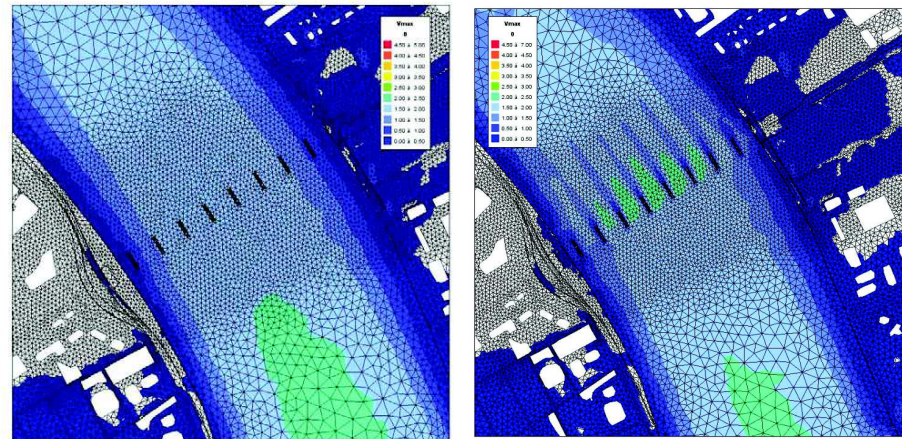
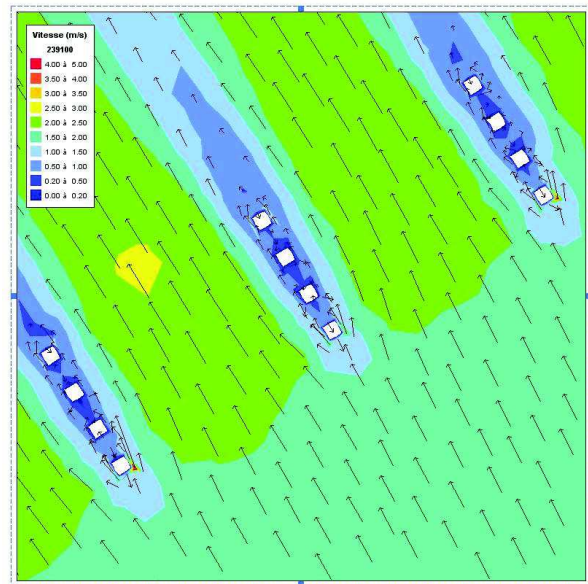


Figure 25 : vitesses au droit des piles

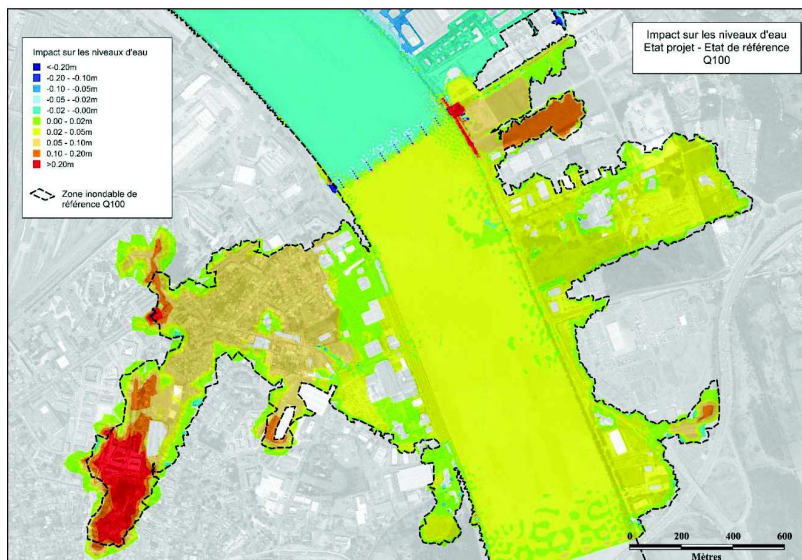


3.1.1.3 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) sont donnés sur la figure ci-après.

Note : les codes couleur et les légendes des cartographies ont été revues pour les scénarios étudiés dans la suite de l'étude.

Figure 26 : impact sur les hauteurs d'eau



En amont du projet, les hauteurs d'eau sont augmentées en rive droite de 2 à 11 cm, et en rive gauche de 2 à 20 cm.

Les niveaux d'eau supérieurs en lit mineur entraînent des débordements plus importants sur les berges avec un stockage plus important dans les zones basses aux extrémités, où l'impact est le plus fort. De plus, l'emprise de la zone inondée rive gauche est plus importante qu'en état de référence (trait pointillé sur la figure).

3.1.2 Impact pour le scénario tempête 99+20cm au Verdon

L'impact des piles est analysé pour le scénario tempête 99+20 cm au Verdon par comparaison entre les résultats de l'état de référence (sans digue rive droite et rive gauche amont) et de l'état projet.

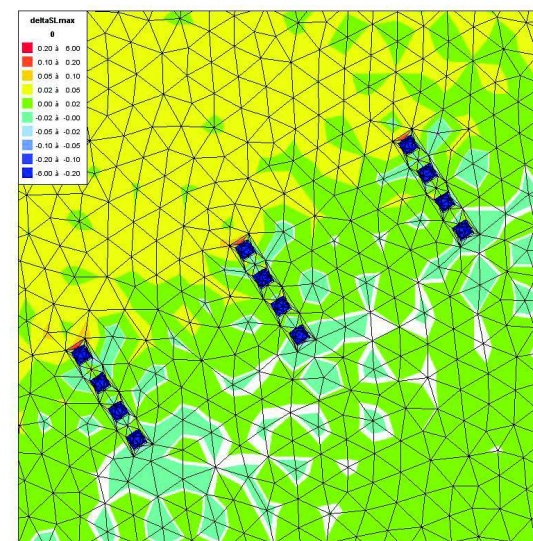
3.1.2.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum :

La figure suivante donne l'impact sur les cotes d'eau maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et des piles.

Les piles entraînent une surcote du niveau maximal dans le lit mineur de la Garonne de 2 à 5 cm en amont et aval du projet, pouvant atteindre 25 cm en amont immédiat des piles.

Pour ce scénario de tempête, les impacts en surcote sont situés de part et d'autre du projet, du fait des courants de flot et de jusant (contrairement au scénario crue 100 ans de la Garonne pour lequel l'impact en surcote est uniquement en amont du projet).

Figure 27 : impact en cote dans le lit mineur au droit des piles

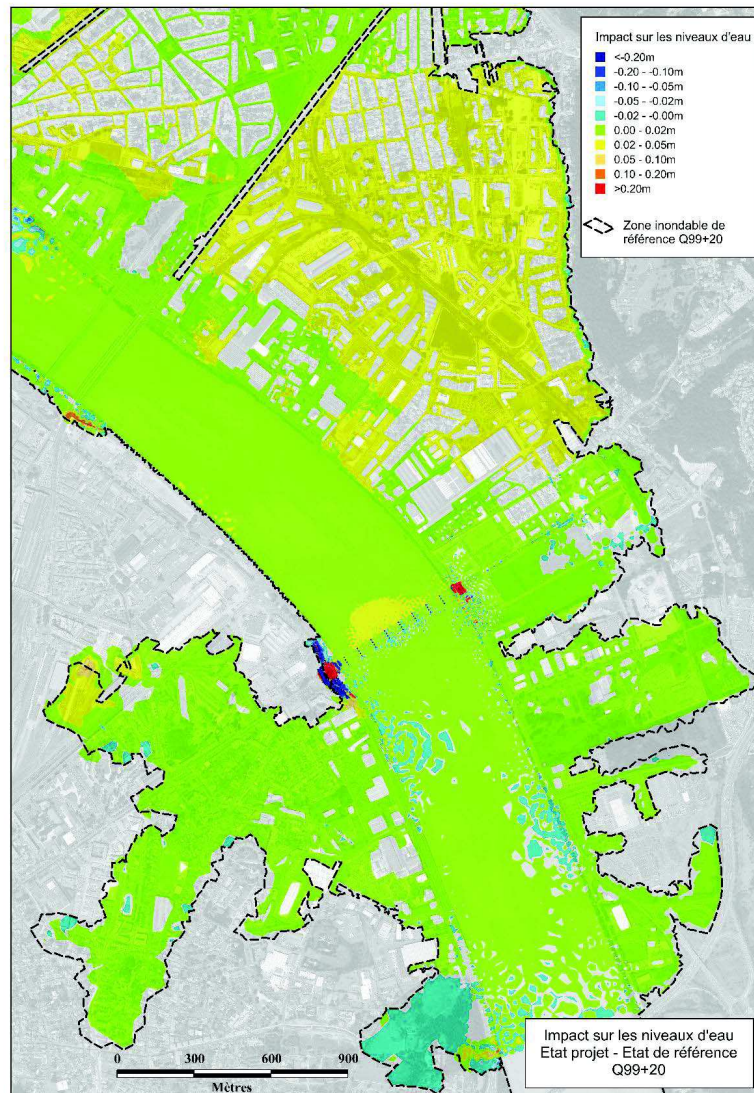


3.1.2.2 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) sont donnés sur la figure ci-après.

En amont et en aval du projet, les hauteurs d'eau maximales sont augmentées en rive droite et gauche de 2 à 5 cm. L'augmentation la plus forte est située dans le secteur rive droite au nord du projet, et en rive gauche en extrémité de zone inondable.

Figure 28 : impact sur les hauteurs d'eau maximales



3.1.2.3 Impact sur les vitesses :

La figure suivante donne l'impact sur les vitesses maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et un zoom au droit des piles, ainsi que les vitesses maximales en état projet.

En état projet, les vitesses maximales sont fortement augmentées (+0.4 à +0.8m/s) dans l'axe des écoulements entre piles et atteignent 2 à 2.5 m/s dans l'axe des écoulements entre piles en marée montante et moins de 2 m/s en marée descendante.

Aux abords des piles, comme le montre la figure donnant les vecteurs vitesses au droit des piles, les écoulements sont très déstructurés (tourbillons, vitesses dans toutes les directions, survitesses ponctuelles, décollement, etc.).

Figure 29 : impact sur les vitesses maximales

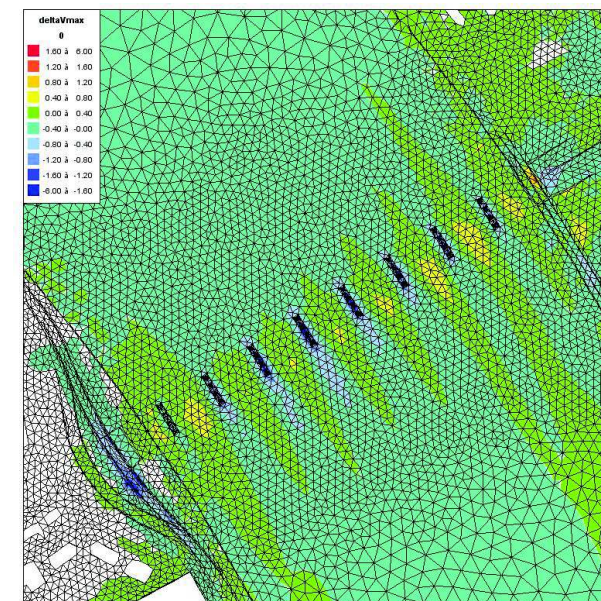
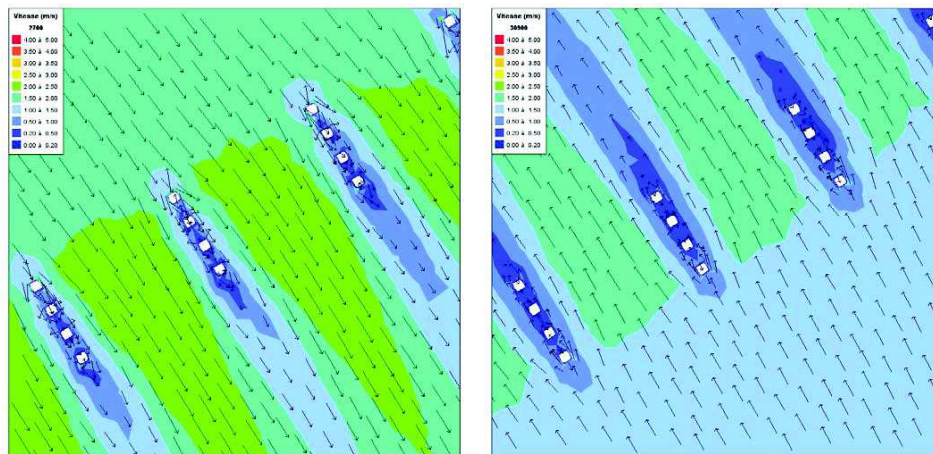


Figure 30 : vitesses maximales en état projet au droit des appuis en marée montante et en marée descendante



3.1.3 Conclusions

L'impact du projet est le plus important pour la crue 100 ans du fait des vitesses plus élevées pour ce scénario dans le lit mineur.

Pour ce scénario la surcote engendrée par le projet en amont est de 2 à 5 cm dans le lit mineur (avec une surcote ponctuelle de 50 cm en amont immédiat des appuis) et de plus de 10 cm dans le lit majeur.

De plus les vitesses au droit des appuis sont fortement augmentées par rapport à l'état de référence (+0.4 à +0.8 m/s) entre chaque travées.

Les écoulements au droit des appuis de forme carrée sont « déstructurés » avec des survitesses ponctuelles, des zones de décollement et des courants dans toutes les directions.

3.2 Scénario « piles carrées 3m »

Un deuxième projet a donc été modélisé avec des appuis de même forme mais de dimension inférieure 3 m, afin de réduire les impacts calculés précédemment.

Un nouveau modèle a été construit en Août 2014 sur la base d'un nouveau modèle Autocad 3D.

Les résultats de l'impact du projet sont présentés ci-après pour les 3 scénarios testés en état de référence : crue de 2003, crue 100 ans Garonne et tempête 99+20.

3.2.1 Impact pour la crue 100 ans Garonne

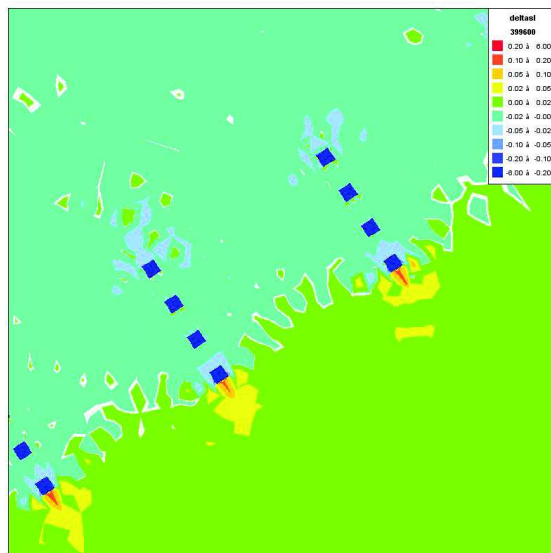
L'impact des piles est analysé pour la q100 par comparaison entre les résultats de l'état de référence et de l'état projet.

3.2.1.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur

La figure suivante donne l'impact en cote d'eau (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur au droit des piles.

Les piles entraînent une surcote dans le lit mineur de la Garonne inférieur à 2 cm amont, sauf ponctuellement en amont immédiat des piles où elle peut atteindre 20 cm.

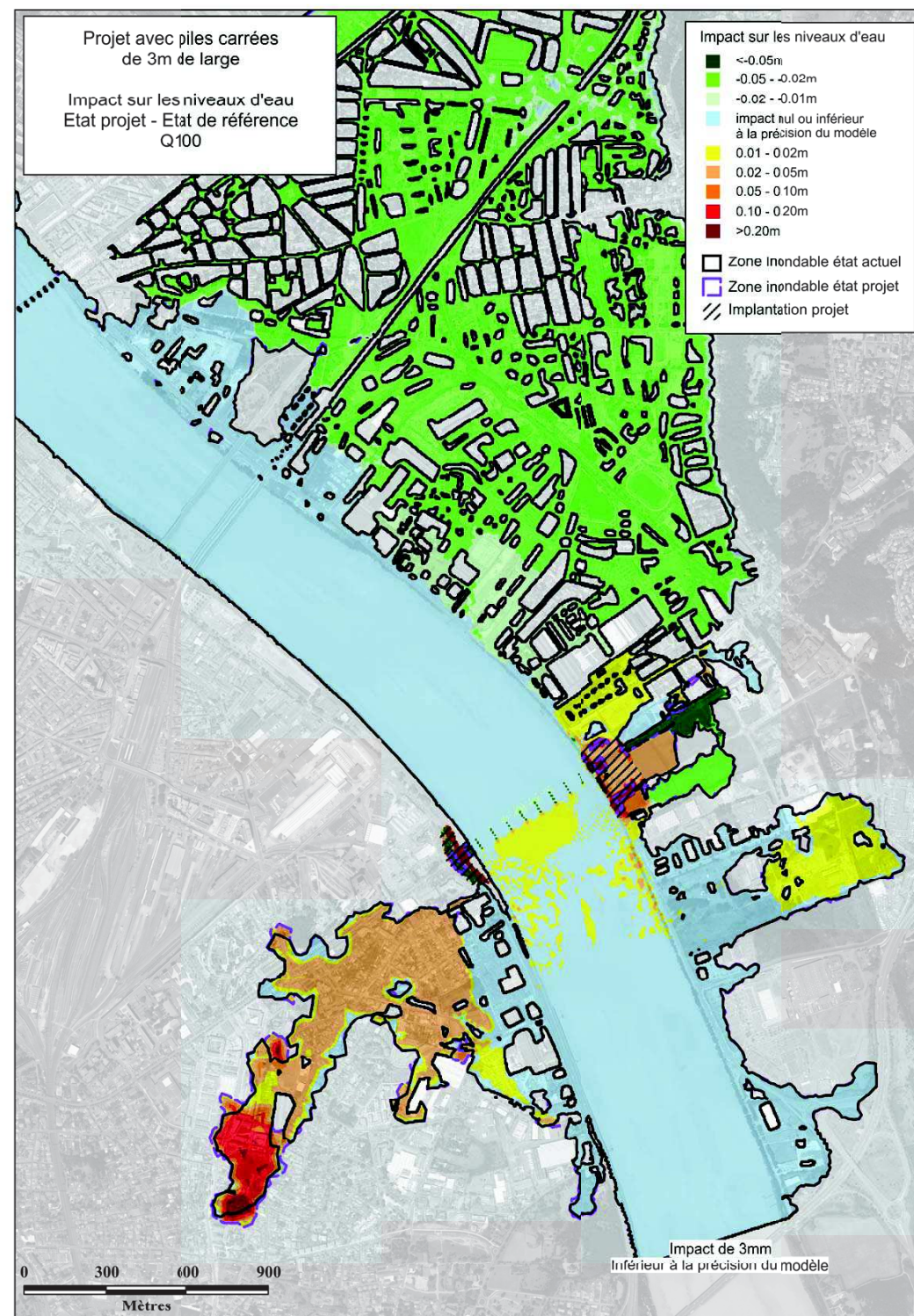
Figure 31 : impact en cote dans le lit mineur



Note : les codes couleur et les légendes des cartographies ont été revues pour les scénarios étudiés dans la suite de l'étude.

3.2.1.2 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) sont donnés sur la figure ci-après.



En rive droite, les hauteurs d'eau sont augmentées de moins de 2 cm en amont du projet et de 2 à 10 cm au droit du projet (incidence des remblais des rétablissements de voiries en rive droite). Localement aux extrémités de la zone inondable, des surcotes supérieures de 10 à 20 cm sont calculées dans des zones basses d'accumulation des volumes débordés.

En rive gauche la surcote est de 2 à 5 cm sauf ponctuellement où l'impact est plus important (environ 10 cm à 20 cm) dans des zones basses d'accumulation des volumes débordés en extrémité de zone inondable.

3.2.1.3 Impact sur les vitesses

La figure suivante donne l'impact sur les vitesses maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et un zoom au droit des piles, ainsi que les vitesses maximales en état initial et en état projet.

En état de référence les vitesses maximales dans le lit mineur sont comprises entre 1.5 m/s et 2 m/s.

En état projet, les vitesses maximales sont augmentées d'environ +0.4 m/s sur les travées centrales et atteignent 2 à 2.5 m/s dans l'axe des écoulements entre piles (jusqu'à 2.7m/s dans la travée centrale). L'augmentation est plus forte de +0.4 à +0.8m/s sur les travées extérieures mais les vitesses maximales sont plus faibles (environ 1m/s).

Aux abords des fûts de piles (i.e. colonnes) les plus en amont, des vitesses maximales de 4 m/s sont calculées ponctuellement. De plus, comme le montre la figure donnant les vecteurs vitesses au droit des piles, les écoulements sont très déstructurés autour des piles (tourbillons, vitesses dans toutes les directions, survitesses ponctuelles, décollement, etc.).

Figure 33 : impact sur les vitesses maximales (en m/s)

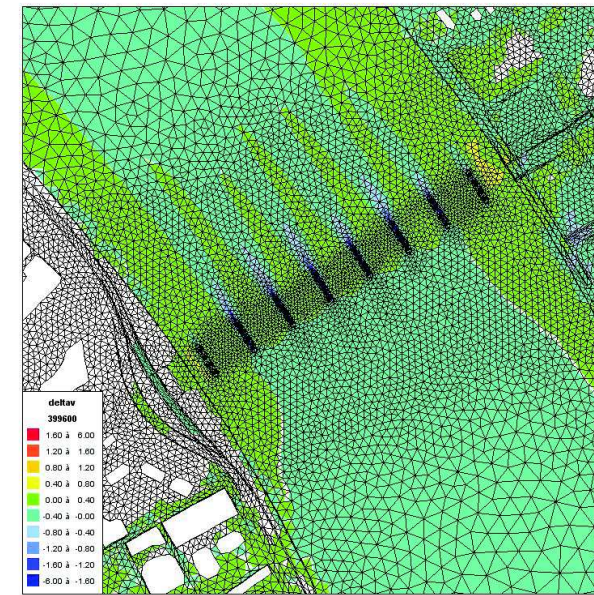


Figure 34 : vitesses maximales en état de référence (en m/s) à gauche et en état projet à droite

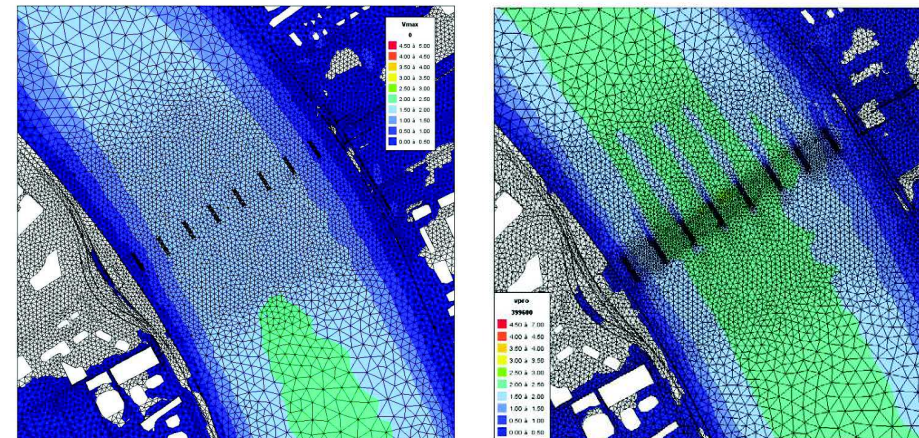
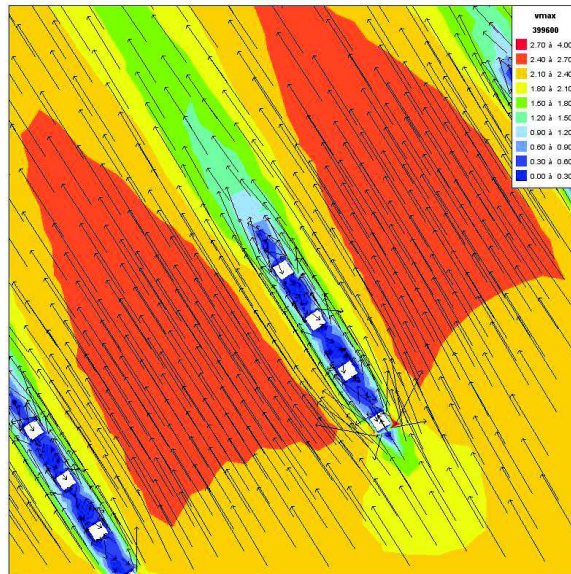


Figure 35 : vitesses au droit des piles



3.2.1.4 Validation de l'emprise du modèle

L'analyse des impacts du projet amène à une surcote calculée en limite amont égale à 3 mm (Cf. Figure 32, page 44).

Cette valeur est largement inférieure à la précision du modèle (1 cm) et n'amène pas d'impact en lit majeur qui est par ailleurs déjà inondée en l'absence du projet de pont..

La localisation de la limite amont du modèle est donc suffisante et permet d'appréhender tous les impacts du projet.

De la même façon, en limite aval, le projet amène à une décote calculée inférieure à 1 mm.

Cette valeur est largement inférieure à la précision du modèle et n'amène pas de modification en lit majeur qui n'est pas inondé.

L'emprise du modèle est donc cohérente et suffisante pour appréhender l'intégralité des impacts du projet.

3.2.2 Impact pour le scénario tempête 99+20cm au Verdon

L'impact des piles est analysé pour le scénario tempête 99+20 cm par comparaison entre les résultats de l'état de référence (sans digue rive droite et rive gauche amont) et de l'état projet.

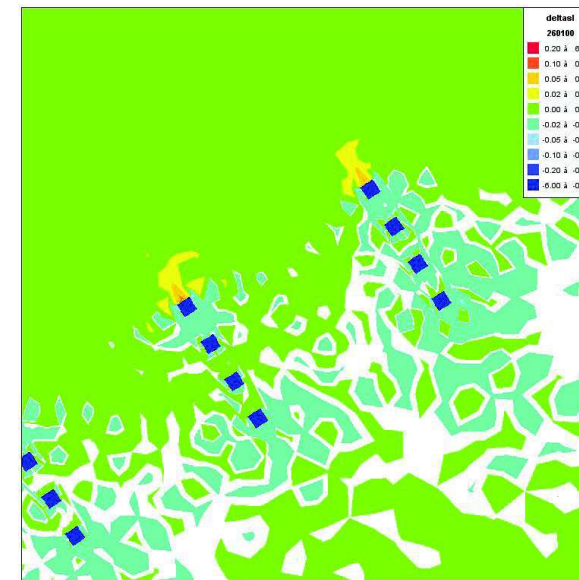
3.2.2.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur

La figure suivante donne l'impact sur les cotes d'eau maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et des piles.

Les piles entraînent une surcote du niveau maximal dans le lit mineur de la Garonne inférieur à 2 cm en amont et aval du projet, pouvant atteindre 10 cm en amont immédiat des piles.

Pour ce scénario de tempête, les impacts en surcote sont situés de part et d'autre du projet, du fait des courants de flot et de jusant (contrairement au scénario 100 ans de la Garonne pour lequel l'impact en surcote est uniquement en amont du projet). Cependant l'impact est plus important en marée montante du fait des vitesses plus fortes.

Figure 36 : impact en cote dans le lit mineur au droit des piles



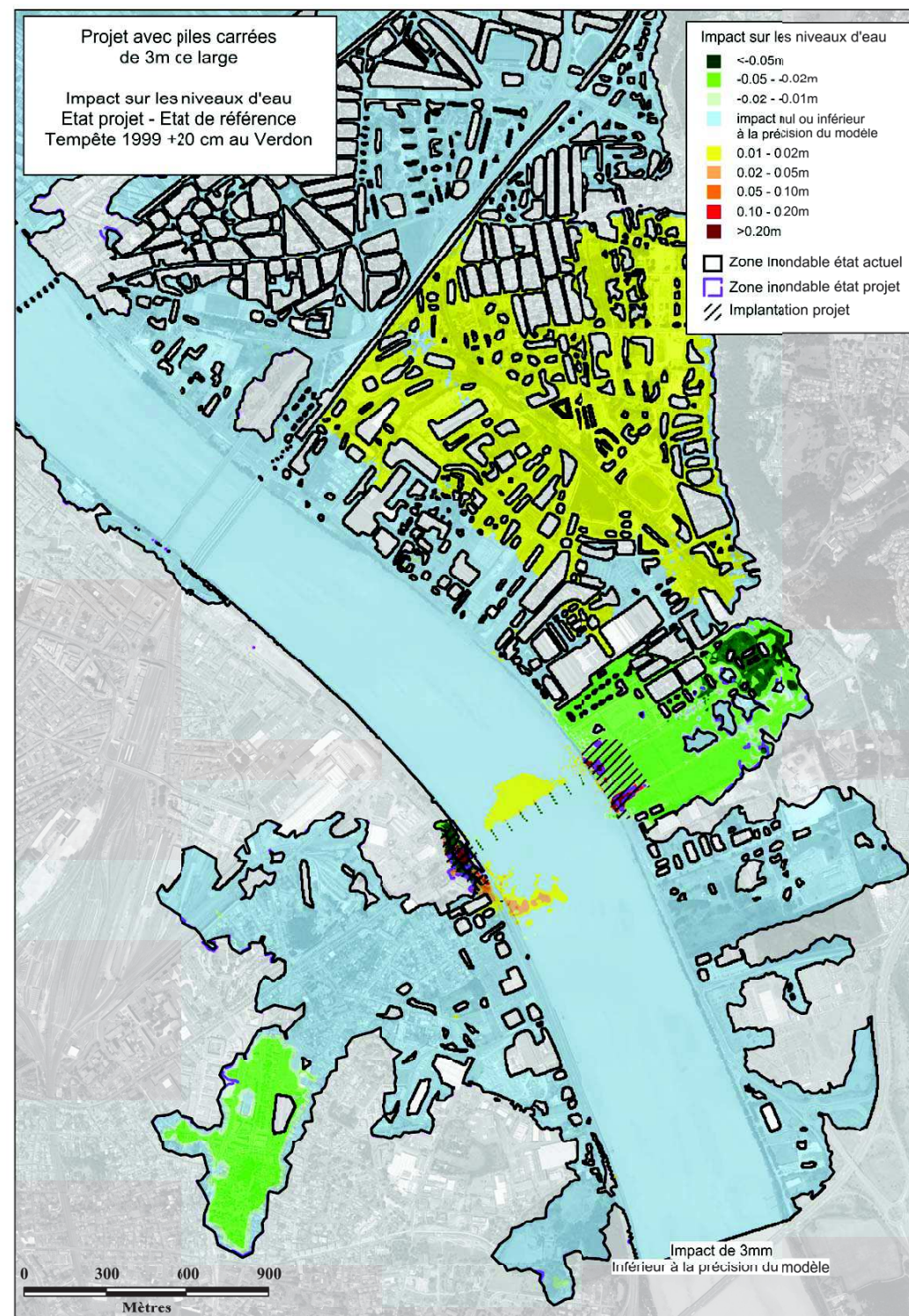
Note : les codes couleur et les légendes des cartographies ont été revues pour les scénarios étudiés dans la suite de l'étude.

3.2.2.2 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) sont donnés sur la figure ci-après.

Au nord du projet, les hauteurs d'eau maximales sont augmentées en rive droite de moins de 2cm. En rive gauche au nord du projet il n'y a pas de débordement.

Au sud du projet, l'augmentation est en général inférieure à 1 cm sur les deux rives, sauf ponctuellement en rive gauche au droit du projet du fait de la modification topographique liée aux modifications de trémies entre l'état actuel et projet.



3.2.2.3 Impact sur les vitesses :

La figure suivante donne l'impact sur les vitesses maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et un zoom au droit des piles, ainsi que les vitesses maximales en état projet.

En état projet, les vitesses maximales sont augmentées de +0.4 m/s dans l'axe des écoulements entre piles et atteignent 2 à 2.5 m/s dans l'axe des écoulements entre piles en marée montante et moins de 2 m/s en marée descendante.

Aux abords des piles, comme le montre la figure donnant les vecteurs vitesses au droit des piles, les écoulements sont très déstructurés (tourbillons, vitesses dans toutes les directions, survitesses ponctuelles, décollement, etc.).

Figure 38 : impact sur les vitesses maximales

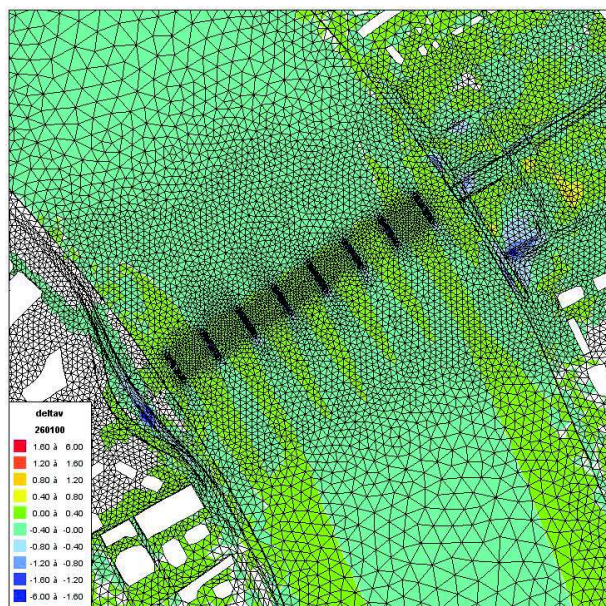
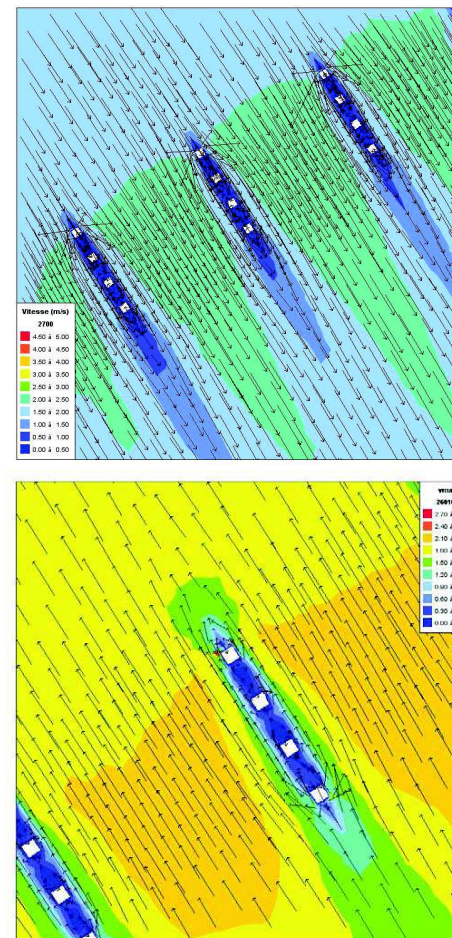


Figure 39 : vitesses maximales en état projet au droit des appuis en marée montante et en marée descendante



3.2.2.4 Validation de l'emprise du modèle

L'analyse des impacts du projet amène à une décote calculée en limite amont inférieure à 3 mm (Cf. Figure 37, page 52).

Cette valeur est largement inférieure à la précision du modèle (1 cm) et n'amène pas d'impact en lit majeur qui est par ailleurs déjà inondée en l'absence du projet de pont.

La localisation de la limite amont du modèle est donc suffisante et permet d'appréhender tous les impacts du projet.

De la même façon, en limite aval, le projet amène à une surcote calculée inférieure à 2 mm.

Cette valeur est largement inférieure à la précision du modèle et n'amène pas de modification en lit majeur qui est par ailleurs déjà inondé même en l'absence du projet de pont.

L'emprise du modèle est donc cohérente et suffisante pour appréhender l'intégralité des impacts du projet.

3.2.3 Impact pour le scénario crue 2003

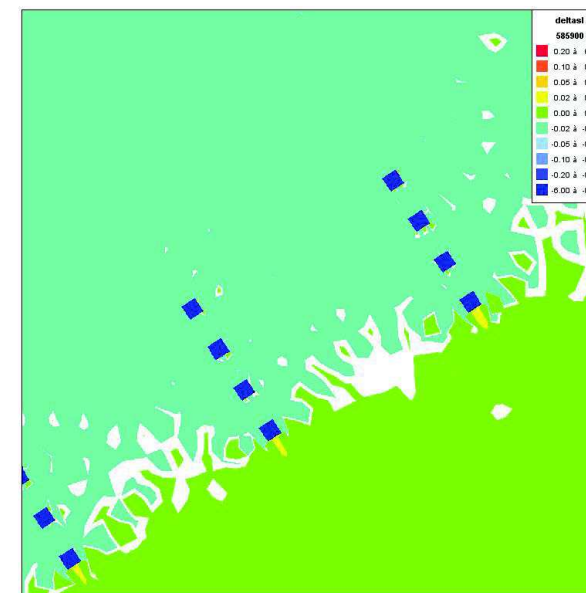
L'impact des piles est analysé pour le scénario crue faible 2003 par comparaison entre les résultats de l'état de référence (sans digue rive droite et rive gauche amont) et de l'état projet.

3.2.3.1 Impact sur les niveaux d'eau maximum en lit mineur

La figure suivante donne l'impact sur les cotes d'eau maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et des piles.

Les piles entraînent une surcote du niveau maximal dans le lit mineur de la Garonne inférieur à 2 cm en amont du projet, pouvant atteindre 5 cm en amont immédiat des piles.

Figure 40 : impact en cote dans le lit mineur au droit des piles

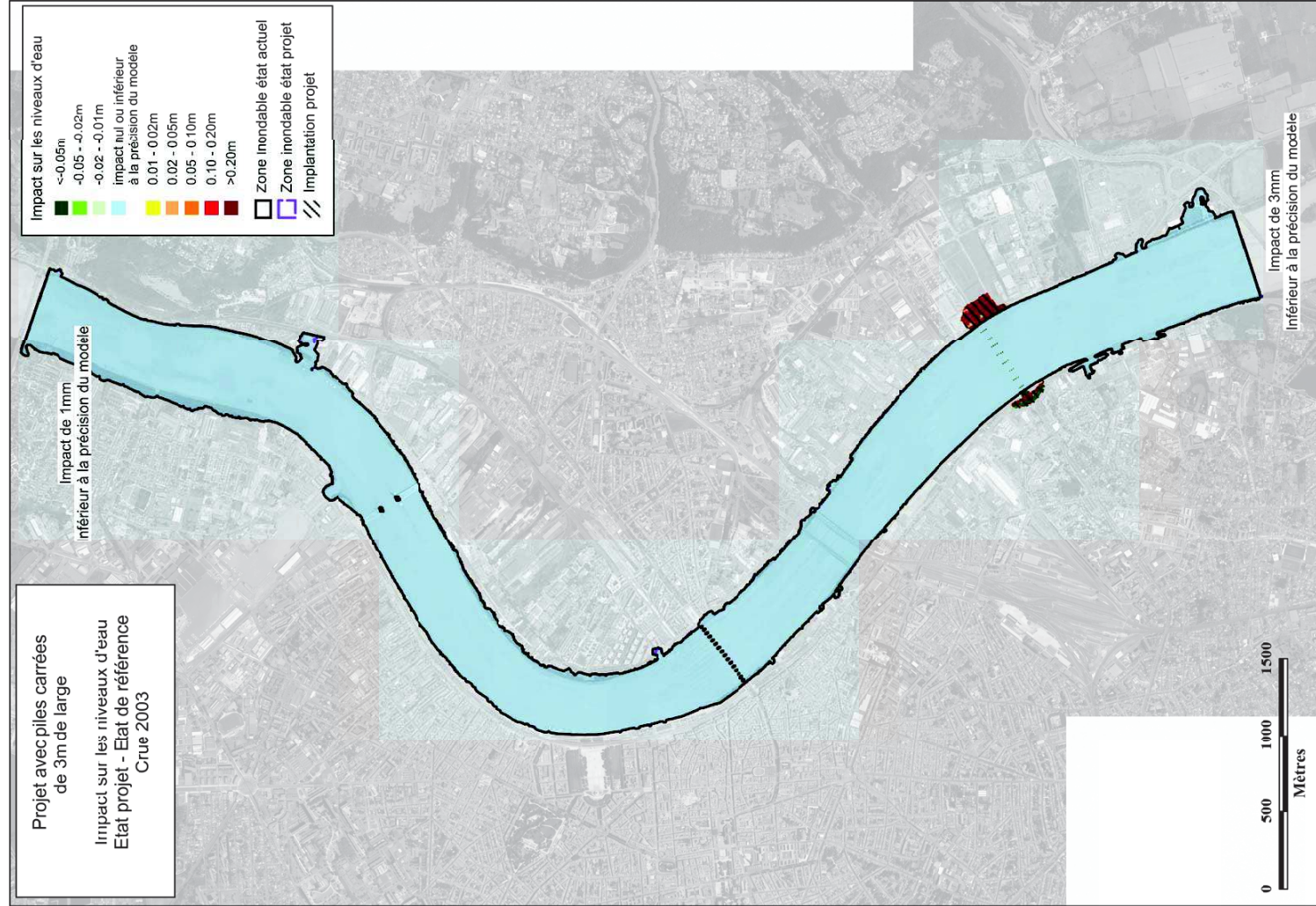
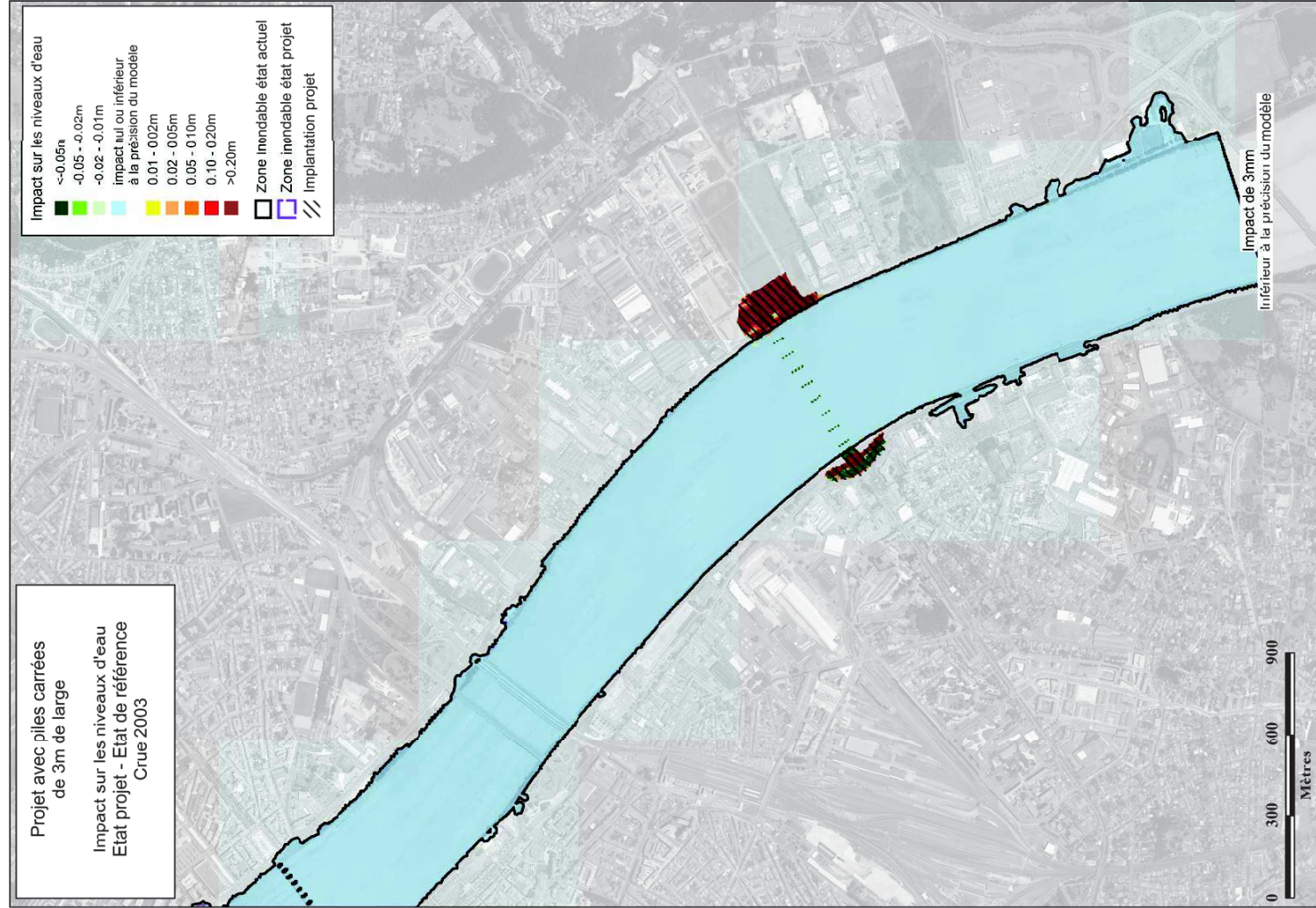


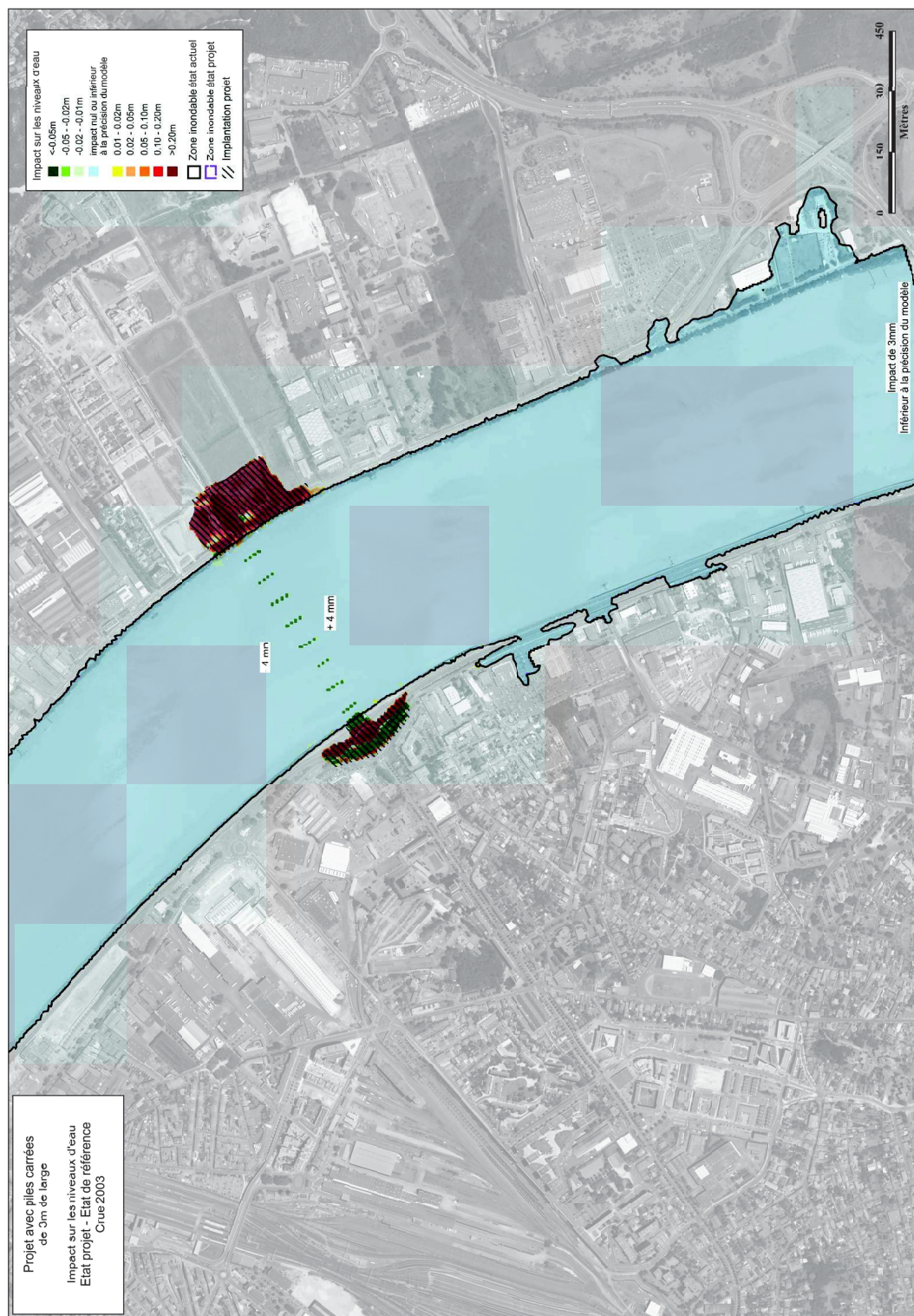
Note : les codes couleur et les légendes des cartographies ont été revues pour les scénarios étudiés dans la suite de l'étude.

3.2.3.2 Impact sur les hauteurs d'eau en lit majeur

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) sont donnés sur la figure ci-après.

Cette crue ne déborde pratiquement pas. En amont du projet, les hauteurs d'eau maximales sont augmentées sur les berges en rive droite et gauche de moins de 1cm.





3.2.3.3 Impact sur les vitesses :

La figure suivante donne l'impact sur les vitesses maximales (différence entre état projet – état de référence) au droit du lit mineur et un zoom au droit des piles, ainsi que les vitesses maximales en état projet.

En état projet, les vitesses maximales sont fortement augmentées de +0.4 m/s dans l'axe des écoulements entre piles et atteignent 2 à 2.4 m/s dans l'axe des écoulements entre piles.

Aux abords des piles, comme le montre la figure donnant les vecteurs vitesses au droit des piles, les écoulements sont très déstructurés (tourbillons, vitesses dans toutes les directions, survitesses ponctuelles, décollement, etc.).

Figure 42 : impact sur les vitesses maximales (m/s)

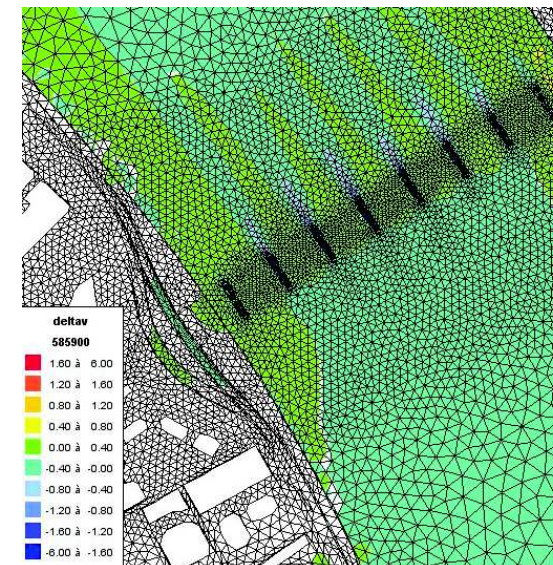
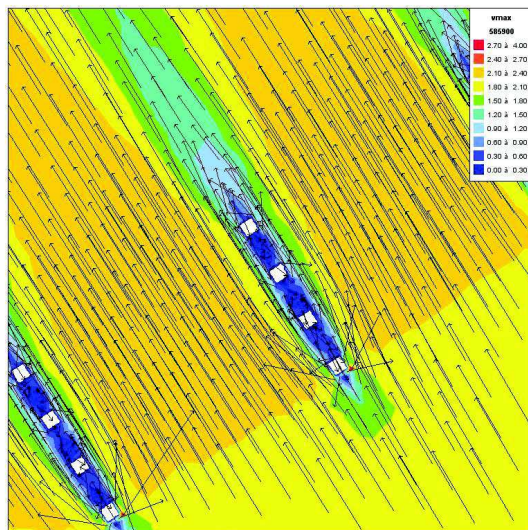


Figure 43 : vitesses maximales en état projet (m/s)



3.2.4 Conclusions

L'impact du projet est le plus important pour la crue 100 ans de la Garonne du fait des vitesses plus élevées pour ce scénario dans le lit mineur.

Pour ce scénario, la diminution de la largeur des appuis (de 3.5 m à 3 m) a permis de réduire les incidences en surcote dans le lit mineur et le lit majeur.

Ainsi la surcote engendrée par le projet en amont est inférieure à 2 cm dans le lit mineur (avec une surcote ponctuelle de 20 cm en amont immédiat des appuis). Dans le lit majeur l'impact en surcote est inférieur à 5 cm en général, sauf dans les zones basses d'accumulation des volumes débordés, situées aux extrémités de zone inondable, où il peut atteindre 10 à 20 cm ponctuellement.

Concernant les vitesses maximales, elles sont augmentées par rapport à l'état initial de +0.4 m/s environ entre chaque travée, et les écoulements sont ponctuellement « déstructurés » au droit des appuis avec des survitesses ponctuelles, des zones de décollement et des courants dans toutes les directions.

4. Mesures compensatoires

4.1 Rappel de l'impact du projet

L'impact du projet a été testé pour une situation sans digue, ce qui est très pénalisant vis-à-vis des débordements en lit majeur. Il faut noter que dans la situation actuelle avec digue, le projet aurait un impact inférieur en lit majeur étant donné que la Garonne déborde peu au droit du projet.

Pour le scénario de tempête exceptionnelle 99+20cm au Verdon, sans digue, le projet a un impact en lit majeur très faible de l'ordre du cm en aval rive droite du futur pont, et localisé au droit du projet en rive gauche (impact lié à la modification des trémies).

Pour le scénario Q100, sans digue, l'impact en lit majeur est plus important.

En rive droite il est en général inférieur à 2 cm sauf ponctuellement :

- Au droit du projet (incidence des remblais de rétablissement des voiries)
- A l'extrémité de la zone inondable (point bas où les volumes débordés sur les berges sans digue à chaque marée s'accumulent)

En rive gauche il est en général inférieur à 5 cm sauf ponctuellement :

- A l'extrémité de la zone inondable (point bas où les volumes débordés sur les berges sans digue à chaque marée s'accumulent)

Les surcotes observées aux extrémités de zones inondables sont dues aux volumes débordés en lit majeur qui se cumulent sur les cycles de marée ce qui amène à des surcotes ponctuelles dans les points bas à l'extrémité de la zone inondable (de +15 cm à +30cm), bien supérieures à la surcote liée au projet lui-même (inférieure à 2 cm dans le lit mineur).

4.2 Recherche de mesures compensatoires

Les résultats d'impact en lit majeur sans digue nécessitent de rechercher des mesures compensatoires pour réduire l'incidence du projet en lit majeur.

Il faut rappeler que l'incidence du projet avec prise en compte des digues serait inférieure en lit majeur.

Deux types de mesures compensatoires sont envisageables :

- Les mesures qui permettent de réduire la surcote liée au projet (impact des piles en lit mineur et des remblais en lit majeur) ;
- Les mesures qui permettent de réduire les conséquences de cette surcote sur les volumes débordés en lit majeur (amélioration du ressuyage).

4.2.1 Mesures écartées

Le premier type de mesure peut consister en :

- modifier la forme ou la largeur des appuis en lit mineur
- approfondir localement le lit mineur afin de compenser les effets d'obstruction des appuis
- aménager des ouvrages de décharge en lit majeur

Ce type de mesure permet de compenser les augmentations de vitesses liées au projet et donc de diminuer les surcotes en amont.

Forme et largeur des appuis :

La diminution de la largeur a déjà été testée pour les piles de l'ouvrage (carrées) avec une réduction de 3,5 mètres à 3 mètres. Cette réduction a été retenue.

Les piles carrées engendrent des surcotes supérieures à celles engendrées par les piles circulaires ou oblongues.

Cette mesure compensatoire est cependant écartée compte-tenu du parti-pris architectural du projet.

Dragage du lit au droit du projet :

L'approfondissement du lit au droit du projet peut permettre de compenser la réduction de section liée aux appuis et donc de diminuer la surcote amont liée à l'augmentation des vitesses. Les effets de cette mesure ne peuvent être quantifiés que par modélisation étant donné la précision demandée.

Sans modélisation, l'ordre de grandeur du dragage peut être évalué à minima à 0.5 mètres de profondeur sur 100 mètres dans l'axe de la Garonne pour une largeur de 450 mètres environ.

Soit un volume estimé à 22 200 m³ de matériaux à draguer et évacuer.

La mise en œuvre de cette mesure est évaluée à 555 000 € HT.

Par ailleurs, le dragage local peut être soumis à des mesures compensatoires en raison de ses effets potentiels sur le profil en long général de la Garonne et aux stabilités des berges avoisinantes.

Au regard des deux points précédents (coûts de la mesure et nouvelles mesures compensatoires induites), cette solution ne paraît pas satisfaisante.

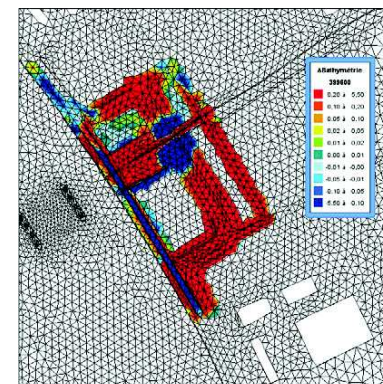
Ouvrages de décharge en lit majeur :

Les remblais de rétablissement des voiries en rive droite bloquent partiellement les écoulements et créent des surcotes.

Cependant ces remblais étant à la fois latéraux et transversaux (cf. image ci-dessous), les écoulements ne peuvent pas être rétablis facilement par des ouvrages de décharge. En particulier, prévoir un ouvrage de décharge de 4 m d'ouverture accolé à l'arrière de la culée rive droite (culée C9) ne serait pas suffisant pour rétablir les écoulements en état initial. Une ouverture plus grande viendrait de plus en conflit avec l'ouvrage souterrain.

Cette solution ne paraît donc pas satisfaisante.

Figure 44 : Modification de topographie entre l'état actuel et le projet



Pour la rive gauche, les raccordements projetés entre le pont et les voiries ne peuvent pas être optimisés sur cet aspect. Une trémie est présente et sert également d'ouvrage de décharge.

4.2.2 Mesures retenues

Le deuxième type de mesure ne permet pas de diminuer la surcote du projet mais consiste à gérer les volumes supplémentaires débordés et assurer leur ressuyage.

Il faut noter que dans le cadre de l'étude d'impact du pont Chaban-Delmas, qui génèrait un impact de 5 cm en lit majeur dans une configuration avec digue, c'est ce type de mesure compensatoire qui a été retenue, en proposant le stockage des volumes débordés supplémentaires, l'augmentation de la section des exutoires de 1 m², et la création de station de pompage pour le ressuyage.

Pour le cas du futur pont Jean-Jacques BOSC, les volumes débordés sont augmentés par rapport à l'état initial de 27 000 m³ en rive droite et 26 000 m³ en rive gauche sur les 5 jours modélisés pour la crue centennale de la Garonne.

Ces volumes supplémentaires peuvent être stockés dans des bassins de stockage existants, et vidangés par les exutoires pluviaux existants, ou évacués par pompage.

Les mesures suivantes sont donc proposées (et détaillées ci-après) :

- En rive gauche à :
 - o Prendre en compte l'amélioration de la capacité de stockage de la retenue de Bergonié (16 000 m³) ;
 - o Prendre en compte l'amélioration des capacités de pompage de la station de Noutary lorsque le niveau en Garonne est en dessous de la cote de débordement (ressuyage entre chaque pic de montée des eaux)

■ • En rive droite à :

- o Prendre en compte l'amélioration de ressuyage lié au redimensionnement de la noue paysagère actuelle dont la capacité est augmentée dans le cadre de l'opération JJ.Bosc (ouvrage de dévoiement avec ouverture hydraulique supérieure) ;
- o Prendre en compte l'amélioration du ressuyage par mise en place d'un pompage par station mobile d'une capacité de 500 m³/h dans le secteur « Dumoulin » (entre le ruisseau de Jacotte et la noue actuelle)
- o Utiliser de la station Jourde qui est connectée à tout le pluvial de Bastide / Jean Jaurès / Gaillan Richelieu, lorsque le niveau en Garonne est en dessous de la cote de débordement (ressuyage entre chaque pic de montée des eaux)

4.2.2.1 Fonctionnement actuel de l'assainissement pluvial au voisinage du projet :

Rive Gauche :

L'assainissement pluvial de la rive Gauche en amont du projet de franchissement présente un réseau principal et deux station de pompage / rétention :

- Retenue de Bergonié de 16 000 m³ avec 2 pompes + 1 pompe d'assèchement (capacité non connue)
- Canalisations provenant de Bergonié (secteur le plus impacté, Cf. Figure en page suivante) au diamètre Ø 1 400 à 1 800 mm ;
- Pompage et retenue de Noutary avec 7 motopompes (3 x 5 400 m³/h, 2 x 4 500 m³/h, 2 x 2 700 m³/h, soit une capacité de 30 600 m³/h ou 8.5 m³/s)

Les données chiffrées proviennent de la Direction de l'Eau de Bordeaux Métropole (données acquises dans le cadre du contrôle des ouvrages de d'assainissement réalisé par Egis à l'automne 2011.

Figure 45 : réseau pluvial en rive gauche (source – PLU – annexe : Zonage d'assainissement pluvial- mise à jour 2 avril 2012)

Equipements structurants de principe à réaliser pour limiter le risque inondation
(Bassin de Noutary)

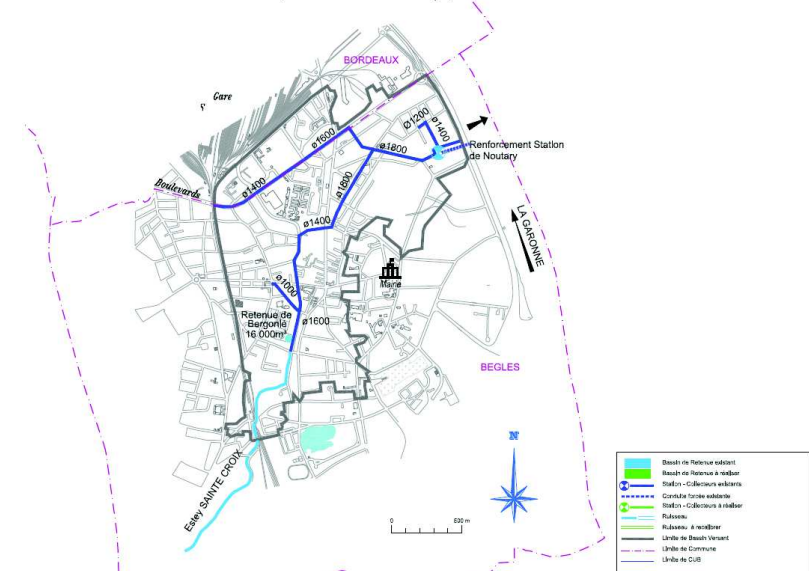
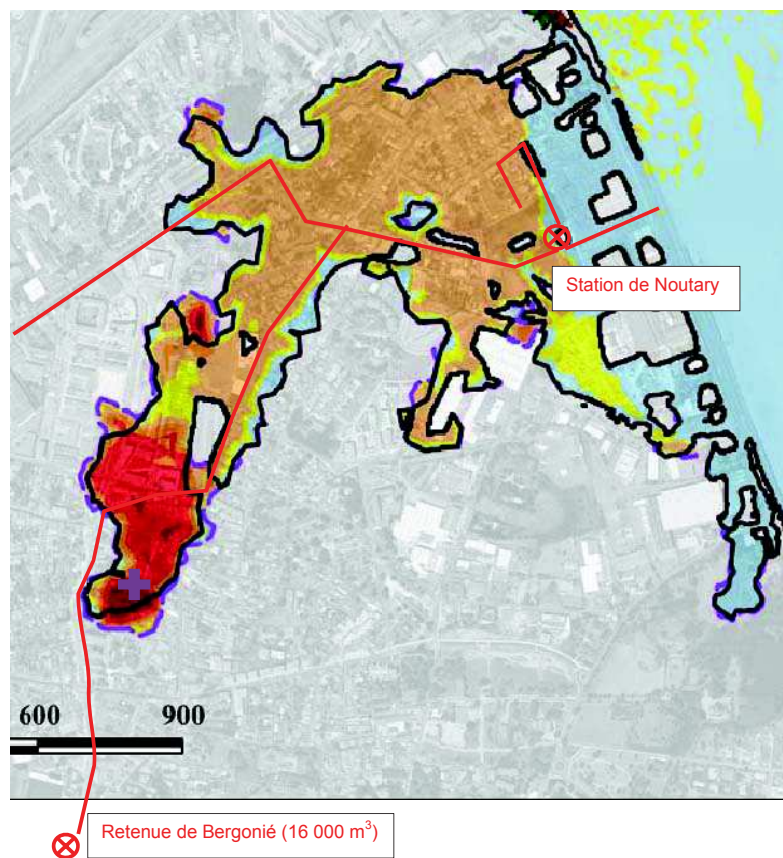


Figure 46 : Superposition réseau pluvial et impacts du projet sans digues



Rive Droite :

L'assainissement pluvial de la rive droite au droit du projet de franchissement présente :

- un réseau principal actuellement constitué par la noue (anciennement le Rébedech) et ses réseaux connexes (exutoire en Garonne à 0.94 m NGF avec clapet rectangulaire de 80cm x 160cm) ; il est prévu de dévier cette noue (située sous le futur remblai d'accès au pont) grâce à un cadre enterré de section hydraulique 250 cm x 150 cm.
- un réseau avec poste de refoulement : le PR Jourde, de capacité nominale 9,2 m³/h, se rejetant dans la Garonne sous le pont Saint Jean et connecté au réseau d'assainissement pluvial présent sous le quai de la Souys et dans les quartiers Cité Maupéou et Jean Jaurès.
- Un bassin de rétention de 1 000 m³ réalisé dans le cadre de la ZAC des Quai de Floirac Cf. plan en page suivante avec en bleu le réseau existant et en vert le réseau à l'état projet tel que prévu dans le cadre de l'opération pont Jean-Jacques Bosc (déviements nécessaires). Il est gravitaire et ne présente pas de station de refoulement.

Figure 47 : plan de l'assainissement pluvial en rive droite, avant (bleu) et après (vert) projet Jean-Jacques Bosc

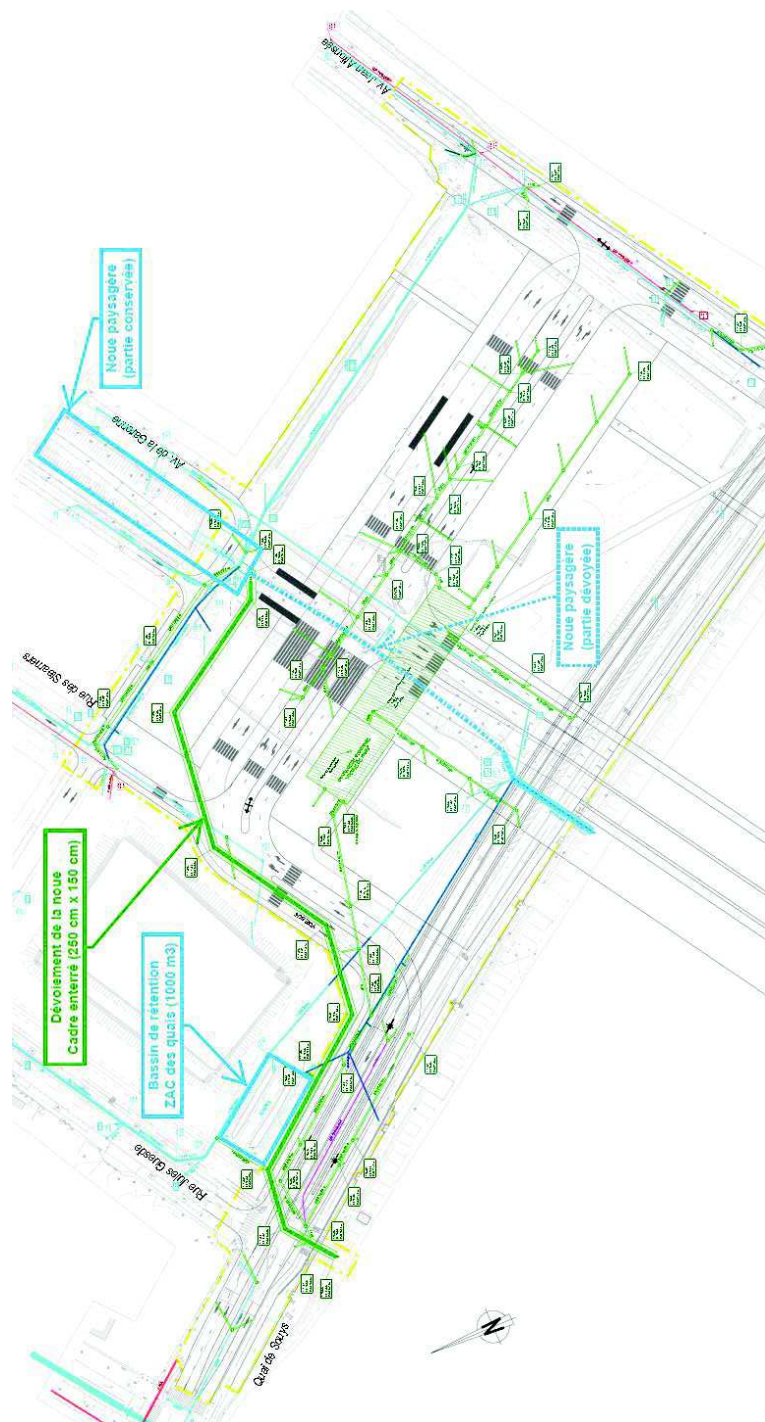


Figure 48 : réseau pluvial en rive droite (source – PLU – annexe : Zonage d'assainissement pluvial-mise à jour 2 avril 2012)

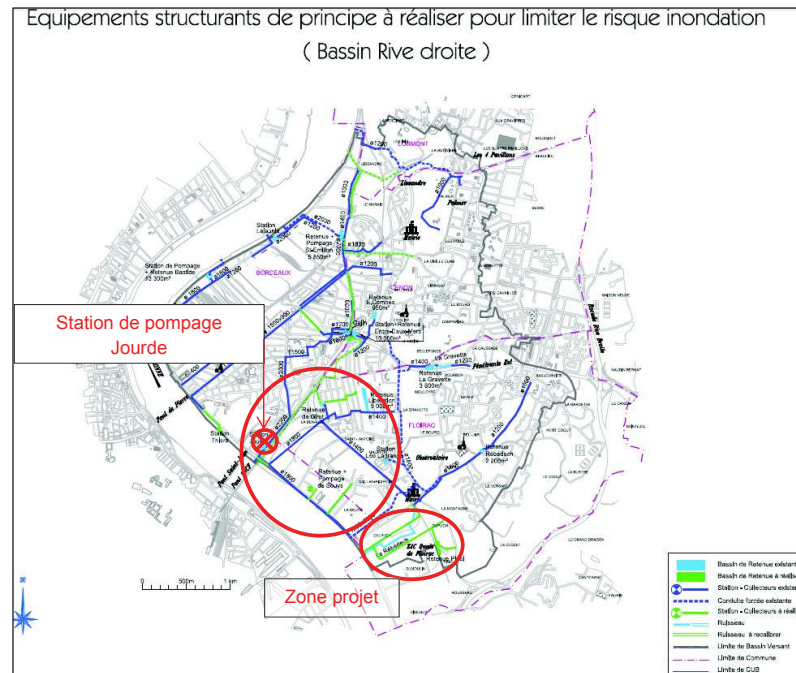
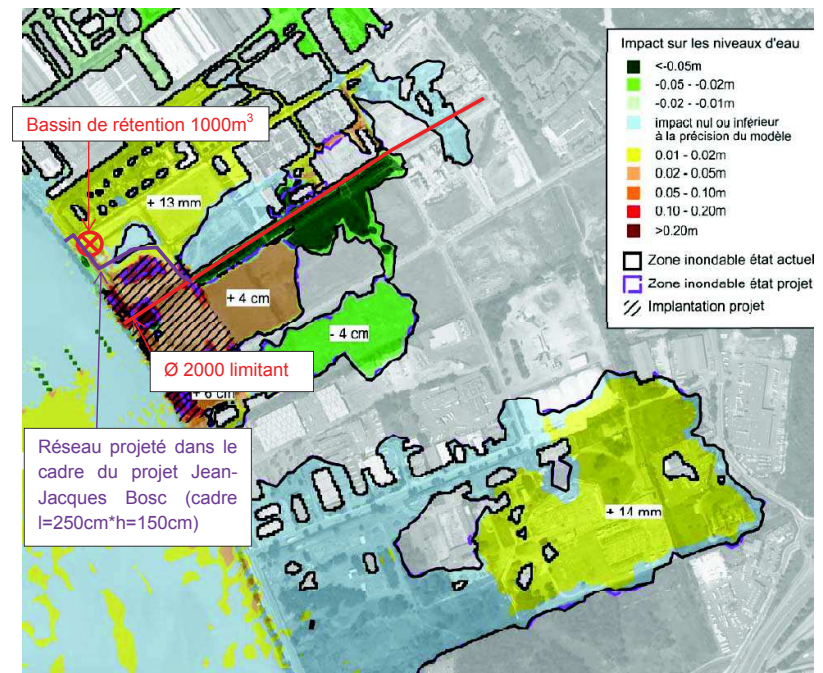


Figure 49 : Superposition réseau pluvial et impacts du projet sans digues



4.2.2.2 Compatibilité entre utilisation des ouvrages de stockage / pompage du réseau d'eau pluvial comme mesure compensatoire en période de crues de la Garonne et gestion des écoulements pluviaux

Les crues de la Garonne ont deux origines et ont lieu à des périodes déterminées :

- Pour les crues de tempêtes (Cf. événement de référence = tempête de décembre 1999) : elles sont liées aux différents paramètres suivants : forts coefficients de marée, vents et dépression. L'analyse statistique réalisée dans le RIG phase 1 a réalisé un recueil des éléments majeurs caractéristiques. Ces phénomènes ont lieu entre les mois de décembre et février.
- Pour les crues d'origine fluviale, elles sont générées par des phénomènes de fonte des neiges rapides (redoux soudain) et après une période d'enneigement exceptionnel. Ces phénomènes ont lieux au mois de mars-avril.

Le réseau d'assainissement pluvial de Bordeaux Métropole est dimensionné pour une période de retour décennale, correspondant à une intensité maximale de 40 mm/h.

Bien que la pluviométrie cumulée sur les mois d'hivers soit importante, elle ne reflète pas de situation de pluies intenses nécessitant l'emploi des postes de pompages et capacité de stockage. Ces équipements peuvent être utilisés, mais en fonctionnement très inférieur à leur capacité et en relation avec les niveaux d'eau en Garonne élevés (tempête, surcote). En effet, l'analyse statistique menée par Météo France sur 56 années sur les cumuls de pluie journaliers sur Bordeaux montre que des événements d'intensités supérieures à la pluie décennale (capacité du réseau) n'ont lieu que lors d'événements orageux les mois de juin à septembre.

Figure 50 : Analyse du nombre de dépassement de seuils de précipitation par jour sur 56 années (Météo France)

Mois	Nombre de dépassement du seuil 60mm/j en 56 années	Nombre de dépassement du seuil 90mm/j en 56 années
Décembre	6	0
Janvier	6	0
Février	3	1
Mars	2	0
Juin	24	1
Juillet	16	1
Août	23	6

Ces données ne donnent pas les intensités pluviométriques maximale par heure (donnée journalière) car cette analyse n'existe pas, mais bien d'approcher la notion d'intensité de pluie. Une pluie de 60 mm / j pourrait être assimilée à une intensité probablement proche de 20 à 30 mm/h.

Par exemple, l'intensité de l'orage centennal de juillet 2013 a été évalué à 70 mm/ 40 minutes.

Le système de stockage / pompage des eaux pluviales pourra donc être utilisé pour les optimisations de ressuyage puisque les événements pluvieux intenses de dimensionnement de ces ouvrages ont lieu lors des orages d'été, hors périodes de crue.

4.2.2.3 Mesure de gestion de l'assainissement pluvial en période de crue centennale Garonne au voisinage du projet

Rive Gauche :

Utilisation de la retenue de Bergonié :

La zone inondée pour la crue centennale Garonne n'arrive pas complètement jusqu'à la retenue de Bergonié par écoulement sur le terrain naturel. En revanche les hauteurs d'eau atteignent sur la zone la plus impactée (croix violette sur la Figure 46) la cote 4.23 m NGF (Cf. courbe rouge sur la figure suivante).

Après vérification des profils en long de l'assainissement pluvial, il s'avère que le réseau permet d'alimenter la retenue de Bergonié par fonctionnement inverse du réseau EP.

12 000 m³ seront ainsi mis à disposition et remplis au fur et à mesure des pics de crue.

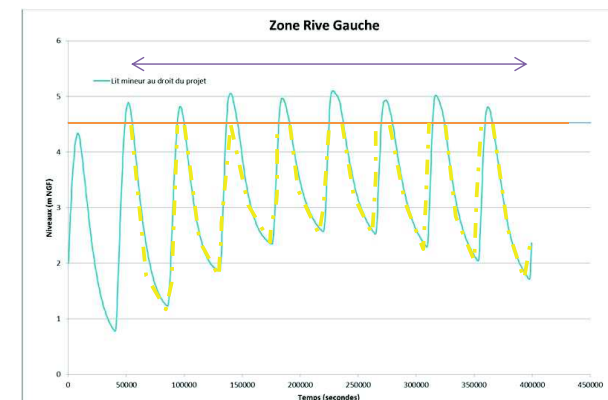
La retenue est située hors zone inondable de la Garonne. Il s'agit d'un bassin à sec situé à une profondeur supérieure à 10 m, télécontrôlé par RAMSES. La vidange s'effectue par le biais de 2 pompes de 500l/s de capacité chacune.

Utilisation du pompage de Noutary :

Pour la crue centennale Garonne, 26 000 m³ de débordement supplémentaire ont lieu sur la rive gauche en raison du franchissement Jean-Jacques Bosc, sans considération des digues.

Les débordements ont lieu dès lors que la cote en lit mineur dépasse 4,50 m NGF, point bas sans considération de la digue sur cette section de berge rive gauche.

Figure 51 : Limnigraphe pour Q100 Garonne, sans prise en compte des digues



Le ressuyage peut être réalisé dès lors que la Garonne se déborde plus par-dessus la berge, soit dès que la ligne d'eau est sous la cote 4.50 m NGF.

Le ressuyage pour cette cote nécessite l'activation du pompage par refoulement. Aussi, des consignes d'exploitations spécifiques seront mise en œuvre :

- Vidange des bassins en préalable à la crue annoncée par les services de l'état (Vigicrue) et de Bordeaux Métropole ;
- Inspection des postes de refoulements et de leurs équipements ;
- Mise en place des consignes de mises en route des pompes.

La mise en place des pompages sera donc intégrée dès lors que la cote en lit mineur sera inférieure à la cote 4.50 m NGF.

Cette station est équipée d'un groupe électrogène de 520 kW lui permettant de fonctionner en cas de panne du réseau d'alimentation principal.

7 pompes non immergées lui permettent d'atteindre du débit de refoulement maximal de 8,5 m³/s en Garonne.

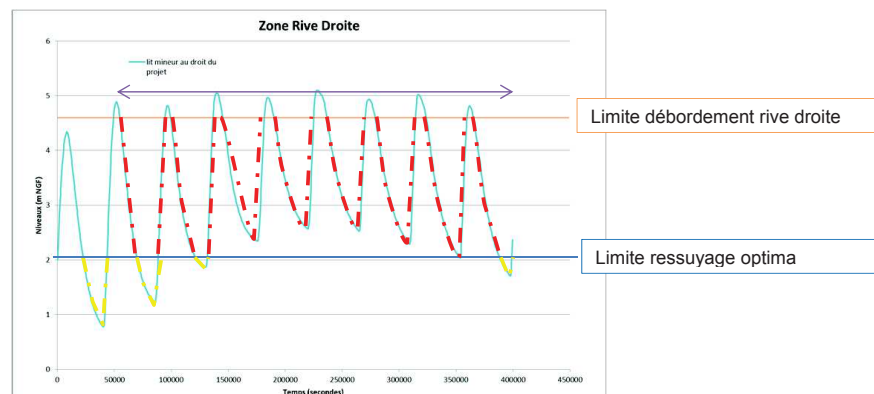
Rive Droite :

Cote débordement = 4.60 m NGF là où l'impact négatif est mesuré.

Amélioration du fonctionnement de la noue :

27 000 m³ de débordement supplémentaire ont lieu sur la rive droite en raison du franchissement Jean-Jacques Bosc, sans considération des digues.
Les débordements ont lieu dès lors que la cote en lit mineur dépasse 4,60 m NGF, point bas sans considération de la digue sur cette section de berge rive droite.

Figure 52 : Limnigraphe pour Q100 Garonne, sans prise en compte des digues



Le ressuyage peut être réalisé dès lors que la Garonne de déborde plus par-dessus la berge, soit dès que la ligne d'eau est sous la cote 4.60 m NGF (trait orange ci-dessus), et que la ligne d'eau dans le réseau est suffisamment haute pour ouvrir le clapet de l'exutoire (ligne d'eau pluvial > ligne d'eau Garonne, soit 2.54 m NGF sur le fonctionnement actuel).

En situation projet, le réseau est dévié coté aval et sa section limitante est 2.50 m x 1.50m (l x h), pour une pente de 3 ‰. **Sa capacité est ainsi augmentée.**

La cote exutoire est fixée à 0.55 m NGF à l'avant-projet. Pour le ressuyage, nous utiliserons donc la cote 2.05 m NGF comme seuil en dessous duquel il est réalisable.

L'amélioration de ce réseau pluvial sera intégrée à la modélisation Telemac.

Mise en place d'une unité de pompage mobile :

Afin de réduire l'impact du pont sur les hauteurs d'eau au niveau du secteur « Dumoulin » (entre le ruisseau de la Jacotte et la noue), une unité de pompage mobile de capacité 500 m³/h sera mise en place au niveau du point bas avec un refoulement vers la Jacotte.

Ce système nécessitera une station mobile et environ 506 m de canalisations de refoulement.

Il sera mis en place avant le premier pic de crue et l'installation de pompage sera mise hors d'eau sur une plateforme surélevée (pas en remblai mais surélevée de 1 m au niveau de la route afin d'être hors d'eau – Cf. Figure 55).

Figure 53 : Pompage mobile à mettre en œuvre

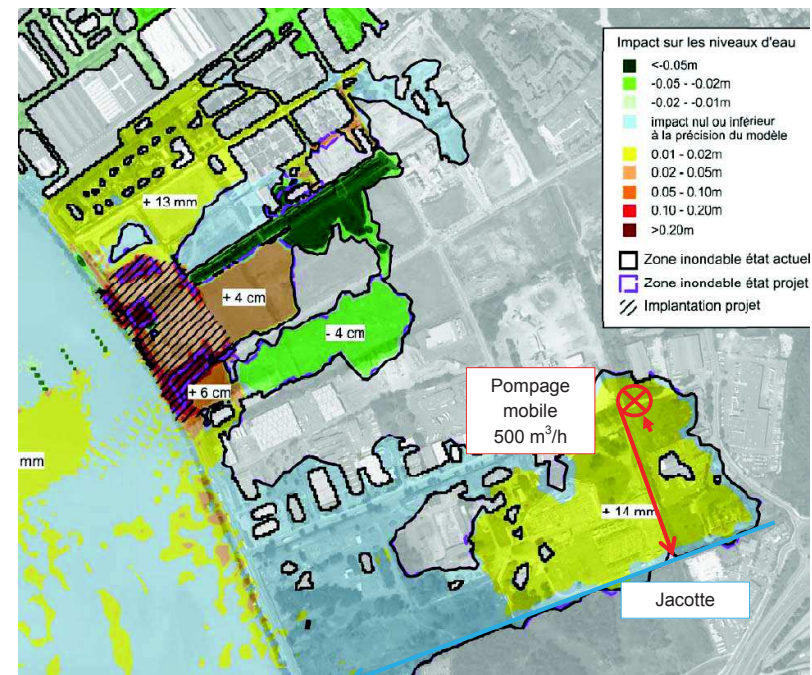
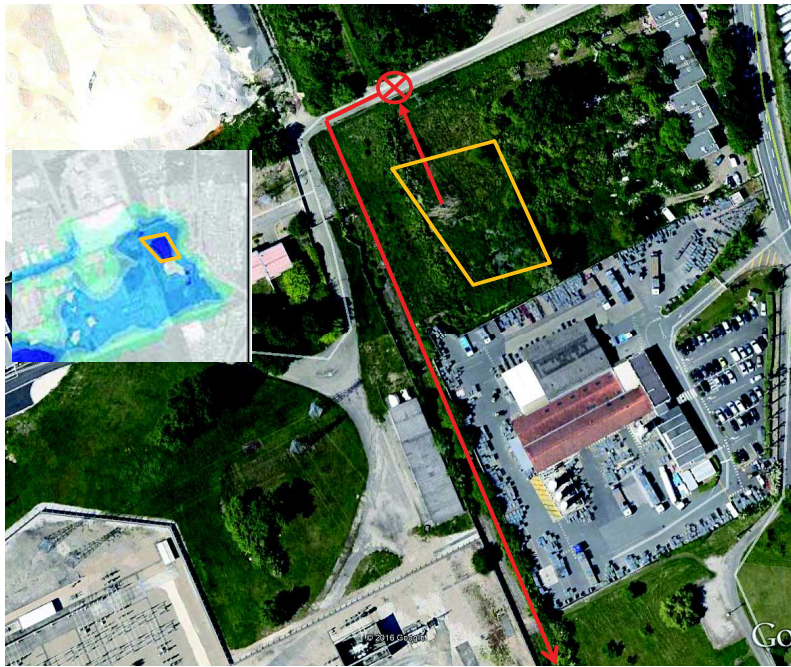


Figure 54 : Pompage mobile à mettre en œuvre – vue aérienne



Ce pompage sera intégré au modèle Telemac pour la mesure des impacts après mesures compensatoires.

Figure 55 : Exemple de pompage mobile

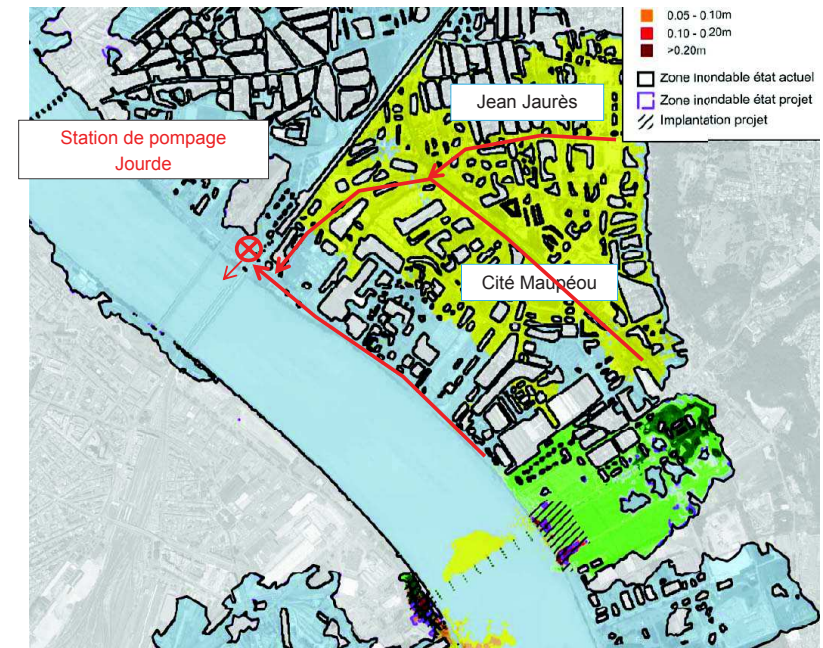


4.2.2.4 Mesure de gestion de l'assainissement pluvial pour un évènement type Tempête 1999 + 20 cm au Verdon

Constat

Pour l'évènement « Tempête 1999 +20 cm au Verdon », l'impact du projet se situe en aval rive droite du projet avec une surcote comprise entre 1 et 2 cm dans les quartiers « Cité Maupéou » et « Jean Jaurès ».

Figure 56 : Superposition des impacts de l'évènement Tempête avec le réseau pluvial en amont de la station Jourde



Intégration des capacités de pompage du poste de refoulement Jourde

L'amélioration du ressuyage nécessite l'activation du pompage par refoulement. Aussi, des consignes d'exploitations spécifiques seront mise en œuvre :

- Vidange de la bache de pompage en préalable à la crue annoncée par les services de l'état (Vigicrue) et de Bordeaux Métropole ;
- Inspection du poste de refoulement et de ses équipements ;
- Mise en place des consignes de mises en route des pompes.

La mise en place des pompages sera donc intégrée dès lors que la cote en lit mineur sera inférieure à la cote de débordement.

Cette station est équipée de 2 groupes électrogène de 880 kW (hors d'eau) lui permettant de fonctionner en cas de panne du réseau d'alimentation principal.

3 pompes non immergées lui permettent d'atteindre du débit de refoulement maximal de 9,2 m³/s en Garonne.

4.2.3 Méthodologie de calcul

4.2.3.1 Modélisation des optimisations du ressuyage

Le réseau pluvial ainsi que les postes de refoulement ont été modélisé à l'aide du logiciel PCSWMM.

Les caractéristiques des réseaux sont issues des données transmises par la Direction de l'Eau de Bordeaux Métropole et comprennent les fils d'eau des ouvrages, diamètres et cotes caractéristiques des postes de pompage / stockage.

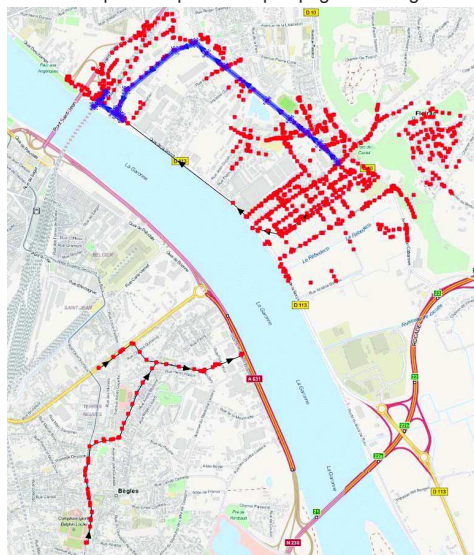


Figure 57 : Aperçu de la modélisation du pluvial réalisée à l'aide de PCSWMM

A ce modèle sont intégrés :

- En condition aux limites aval les limnigrammes du lit mineur de la Garonne ;
- En conditions aux limites amont : les apports en fonction du temps (hydrogrammes) sur le réseau EP liées aux différents scénarios étudiés (crue centennale ou tempête 99+20 cm, état de référence ou état projet).
- Pour l'état initial :
 - Le réseau pluvial est utilisé sans utilisation des volumes de stockage ou capacité de pompage du réseau (écoulement gravitaire).
- Pour l'état aménagé, tenant compte des consignes d'exploitation (vidange des bassins avant alerte) visant à assurer de la disponibilité des ouvrages de stockage avant crue, et à activer les dispositifs de pompage entre pics de marée dans les conditions précédemment définies :
 - Le réseau pluvial avec ses capacités de stockage (Bergonié) et capacités de pompage (Noutary pour la Q100 et Jourde pour la Q 99+20cm)

- L'amélioration de l'exutoire de la noue (augmentation de section) pour chaque évènement,
- Pour la Q100, une station de pompage mobile en amont rive droite du projet.

Ces différentes modélisations ont permis d'extraire pour l'état de référence comme pour l'état projet les différents hydrogrammes en fonction du temps soit dirigés vers la Garonne, soit vers le bassin de stockage.

La différence d'hydrogramme entre état projet (débits sortants forcément plus forts que les débits à l'état de référence en raison des pompages / stockage) et état de référence constitue l'amélioration du ressuyage qui sera intégrée dans le modèle Telemac.

4.2.3.2 Intégration au modèle Telemac 2D

Les hydrogrammes calculés après optimisation du ressuyage pluvial sont injectés au modèle Telemac. Ceci se déroule par exemple, pour la crue centennale Garonne : à chaque pic de débordement, une fraction de débit est extraite en rive gauche pour correspondre au volume stocké dans Bergonié (dans la limite de 12 000 m³) + une fraction de débit extraite du lit majeur dès que le niveau baisse sous la cote de débordement (mise en route des pompages).

De la même façon en rive droite, on parvient à accélérer le ressuyage de sorte à avoir moins de cumul de volume débordé après chaque épisode de marée haute.

4.3 Modélisation du projet avec les mesures compensatoires

Le projet est modélisé en prenant en compte les mesures compensatoires décrites ci-dessus.

Les résultats de l'impact du projet avec les mesures compensatoires sont présentés ci-après pour les 2 scénarios testés en état de référence : crue 100 ans Garonne et tempête 99+20 cm au Verdon.

4.3.1 Impact pour la crue 100 ans Garonne

L'impact du projet avec les mesures compensatoires est analysé pour la q100 par comparaison entre les résultats de l'état de référence et de l'état projet avec mesures compensatoires.

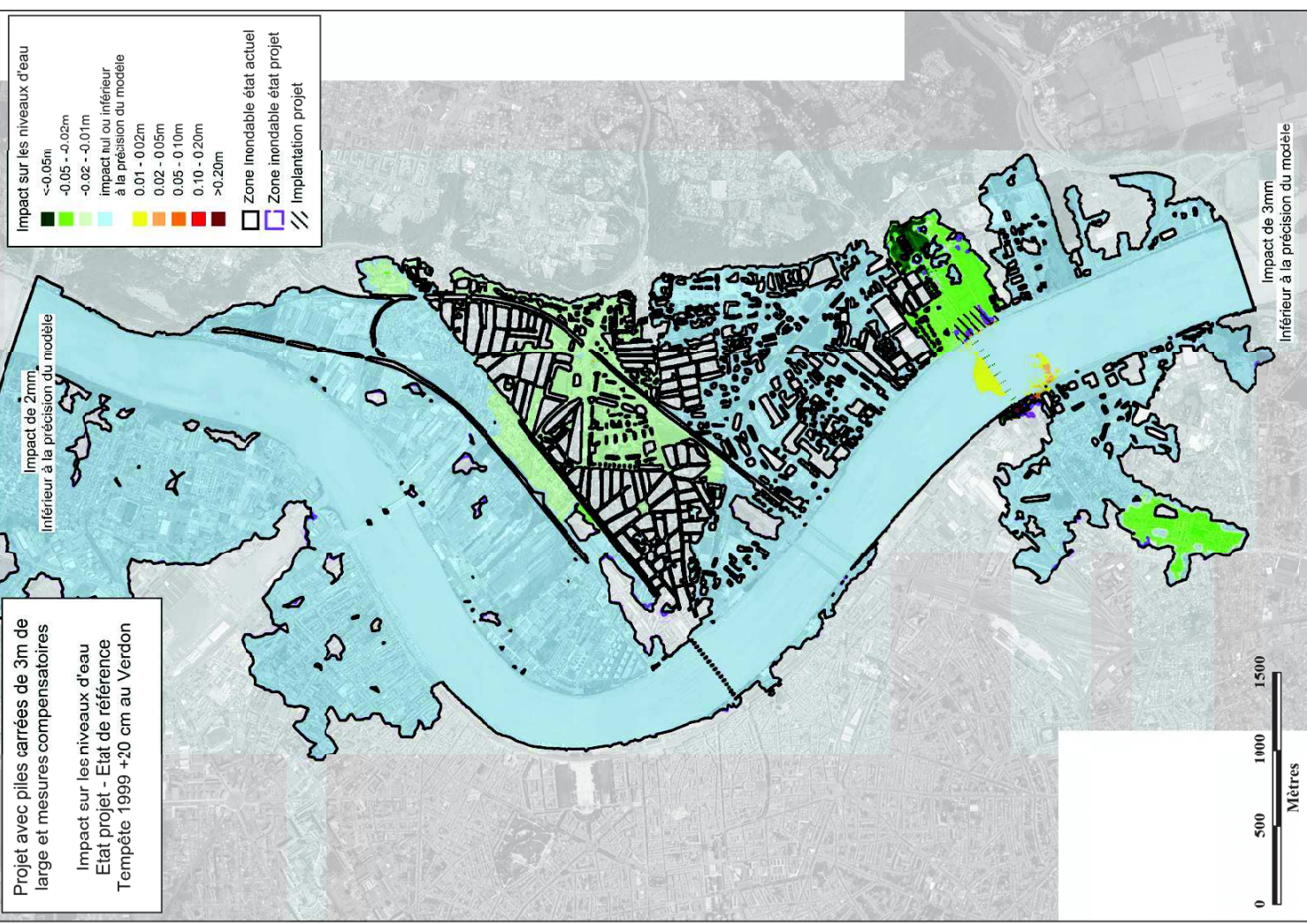
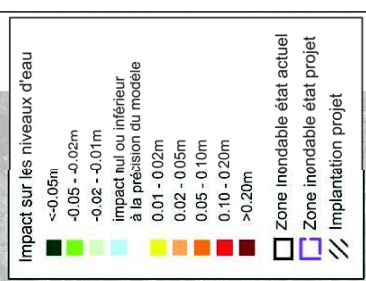
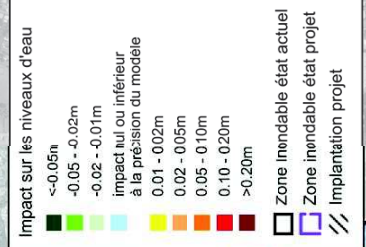
Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) sont donnés sur la figure ci-après.

L'impact maximal dans le lit mineur est inférieur à 2 cm en amont de l'ouvrage. Sur la limite amont du modèle, l'impact du projet et de ses mesures compensatoires reste inférieur à la précision du modèle, comme pour la situation « impacts bruts ». Cette conclusion est valable pour toutes les configurations testées par la suite (voir cartographies).

Les mesures compensatoires permettent de supprimer les surcotes qui étaient observées dans le lit majeur. Les seules surcotes observées en lit majeur rive droite sont localisées au droit du projet lui-même et dues à l'incidence des remblais des rétablissements de voiries, dans des zones sans habitations.

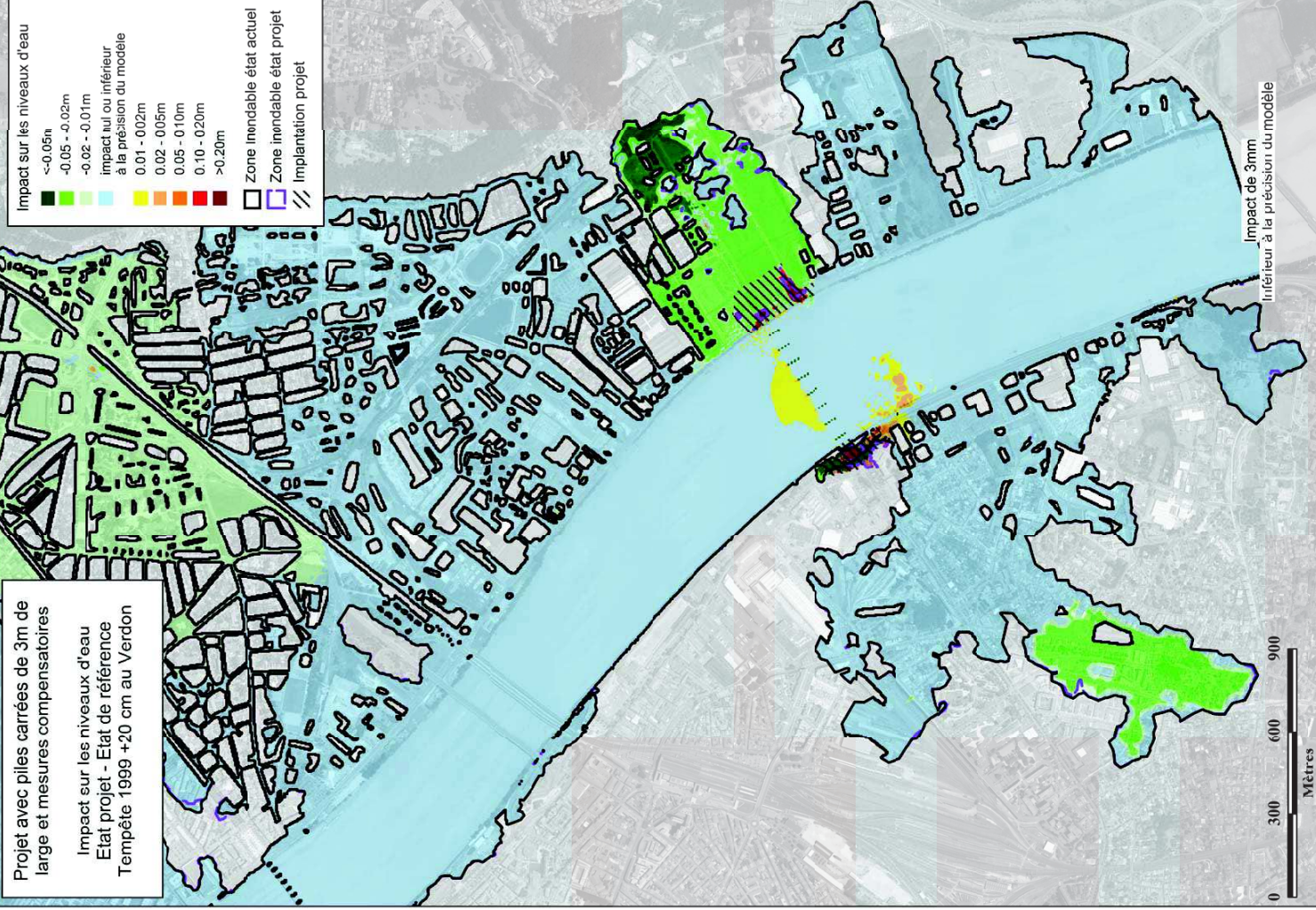
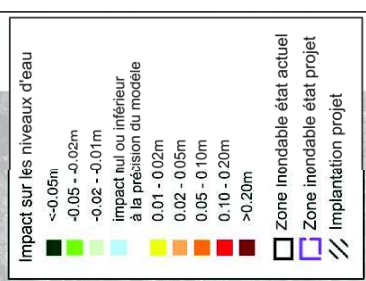
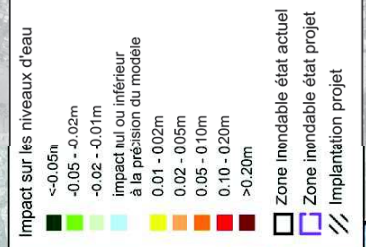
Projet avec piles carrées de 3m de large et mesures compensatoires

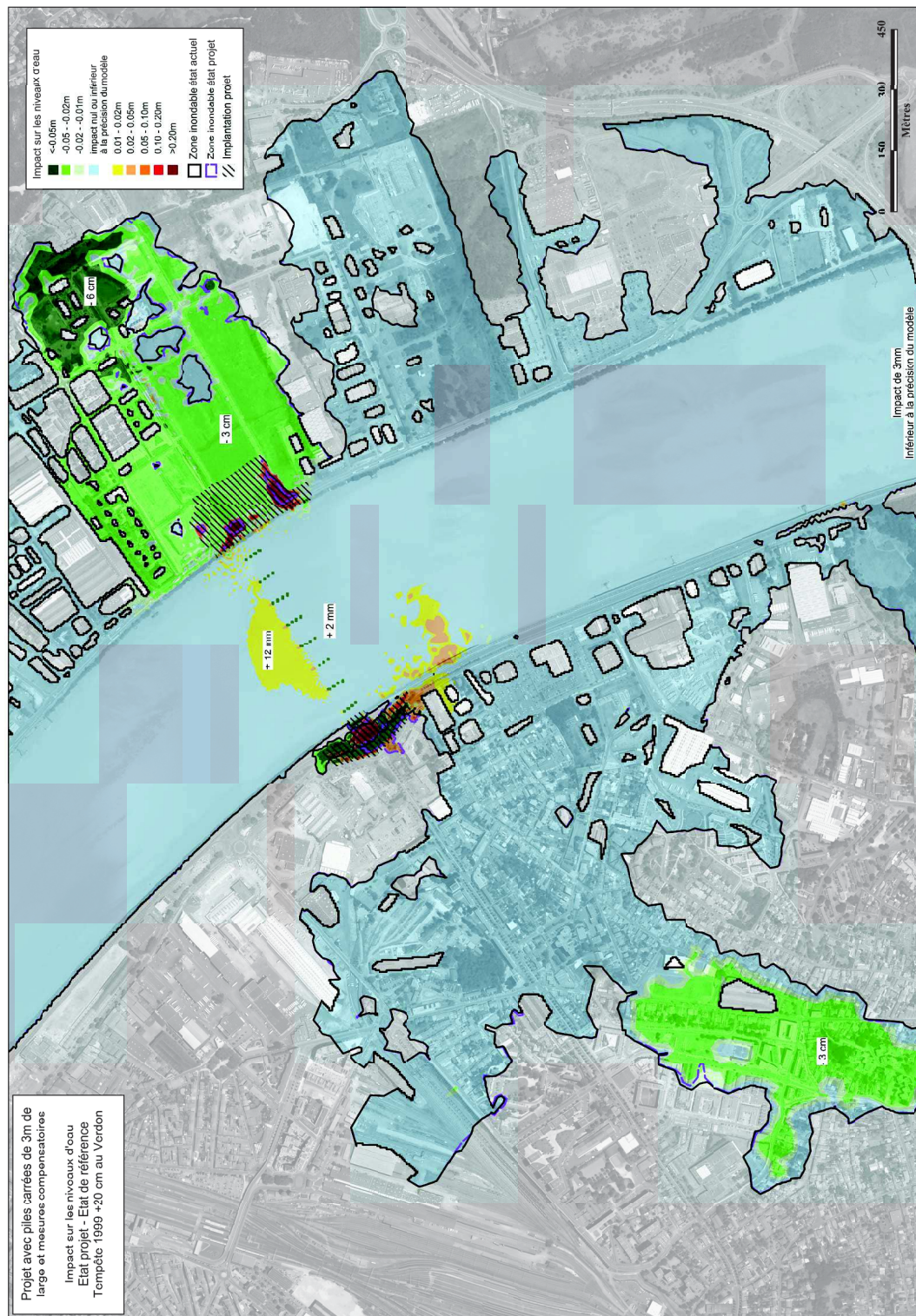
Impact sur les niveaux d'eau
Etat projet - Etat de référence
Tempête 1999 +20 cm au Verdon



Projet avec piles carrées de 3m de large et mesures compensatoires

Impact sur les niveaux d'eau
Etat projet - Etat de référence
Tempête 1999 +20 cm au Verdon





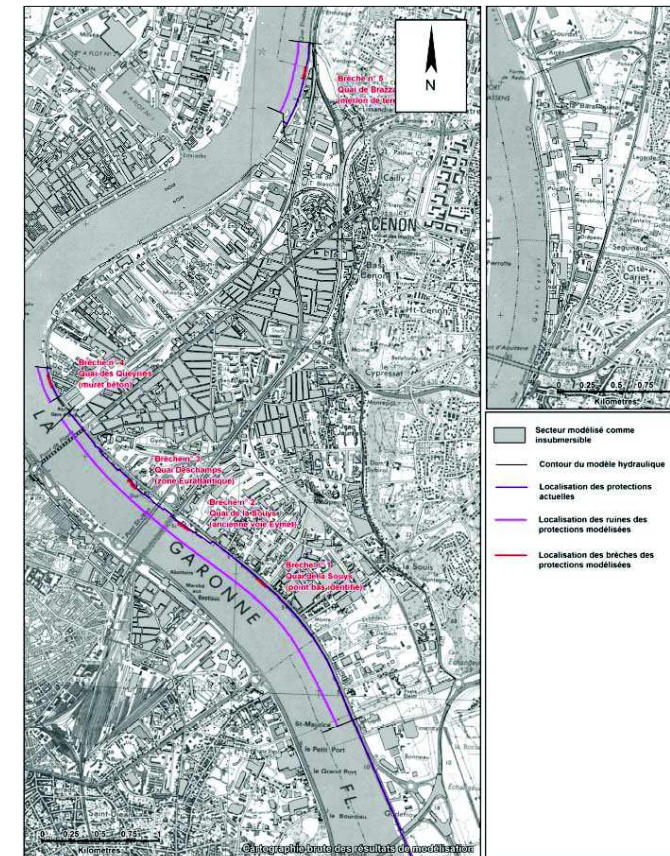
4.4 Compatibilité au PPR

Le PPRi actuel est en cours de révision (prescrite le 2 mars 2012) et aboutira à un Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) avec un nouveau règlement.

En attendant l'application du futur PPRL, c'est l'étude hydraulique Plaine de Garonne qui sert de base à l'analyse du risque inondation sur la rive droite entre Lormont et Bouliac.

Dans cette dernière étude, plusieurs scénarios ont été testés, soit pour des ruptures généralisées (ruine des protections), soit pour des brèches localisées (5 brèches sont testées).

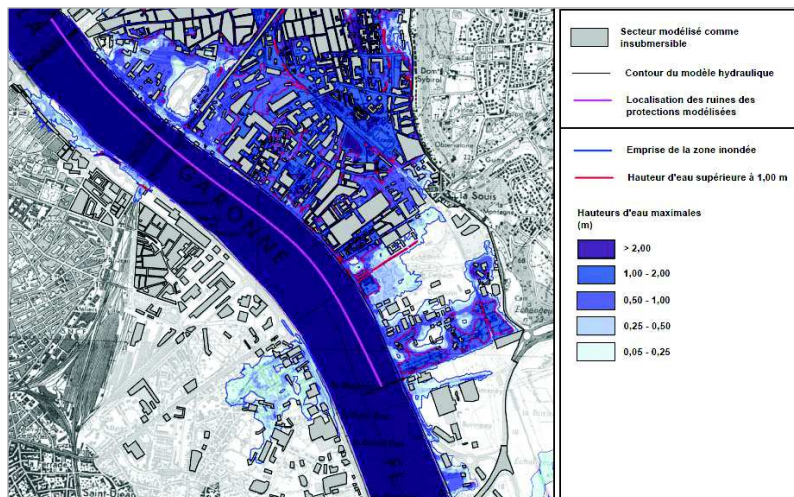
Figure 62 : scénarios de rupture de digues étudiés (étude Plaine de Garonne)



Sont ensuite retenues les cotes d'inondations maximales pour les prescriptions d'aménagement. La ruine généralisée des protections correspond, pour la rive droite, au scénario étudié pour quantifier les impacts du pont Jean-Jacques BOSC.

Pour ce dernier scénario, la zone inondable est donnée, pour l'étude Plaine de Garonne, dans la figure suivante.

Figure 63 : Cartographie de la zone inondable, Tempête 99+20 cm au Verdon, ruines des protections – étude Plaine de Garonne novembre 2012



Cette figure est à comparer à la Figure 20, page 31 (état de référence de la présente étude pour la crue 1999 +20cm). Les emprises des zones inondables sont conformes, avec une emprise légèrement supérieure pour la présente étude (hypothèses de modélisations différentes : maillage, pérennité de la rive gauche en aval du boulevard JJ Bosc, bathymétrie plus précise,...).

Avec prise en compte des mesures compensatoires, les impacts pour cette crue (Tempête 1999 +20 cm au Verdon) n'amènent pas de rehausse des niveaux d'eau sur l'ensemble du lit majeur de rive droite (Cf. Figure 60, page 85).

En conséquence, les prescriptions formulées dans l'étude Plaine de Garonne pour les projets d'aménagement en rive droite ne sont pas remises en cause.

L'aménagement du futur pont est donc bien compatible avec la réglementation en vigueur (PPRI et étude Plaine de Garonne).

5. Modélisation de la phase chantier

5.1 Construction du modèle en état chantier

La phase chantier est modélisée en prenant en compte :

- 4 batardeaux supposés réalisés simultanément pour les appuis du centre de dimensions 45 m de longueur et 7.5m de largeur
- présence de 4 piles de section carrée de 3 m de côté déjà construites de part et d'autre des batardeaux ;
- 2 estacades de 240 m de longueur de chaque côté et 10 m de large, composées de fûts circulaires de diamètre 1m espacés tous les 10 m (soit 25 fûts de chaque côté sur deux rangées)

Afin de diminuer l'impact hydraulique des batardeaux, ils ont été modélisés profilés par un avant bec de forme triangulaire, en amont et en aval. Cette contrainte de profilage sera fixée aux entreprises en charge des travaux.

Le maillage du modèle état projet a été modifié pour prendre en compte l'obstruction des batardeaux. Les fûts des estacades sont modélisés par des structures verticales qui permettent de prendre en compte dans le logiciel Télémac la présence d'objets s'opposant à l'écoulement en calculant les forces de trainée.

5.2 Impact hydraulique de la phase chantier

Les simulations ont été réalisées pour les deux scénarios : crue centennale et tempête 99+20cm au Verdon, en prenant en compte les mesures compensatoires optimisées pour la phase définitive.

L'impact des travaux en phase chantier est analysé pour les deux scénarios par comparaison entre les résultats de l'état de référence (sans digue en rive droite et rive gauche amont) et de l'état projet phase travaux avec mesures compensatoires.

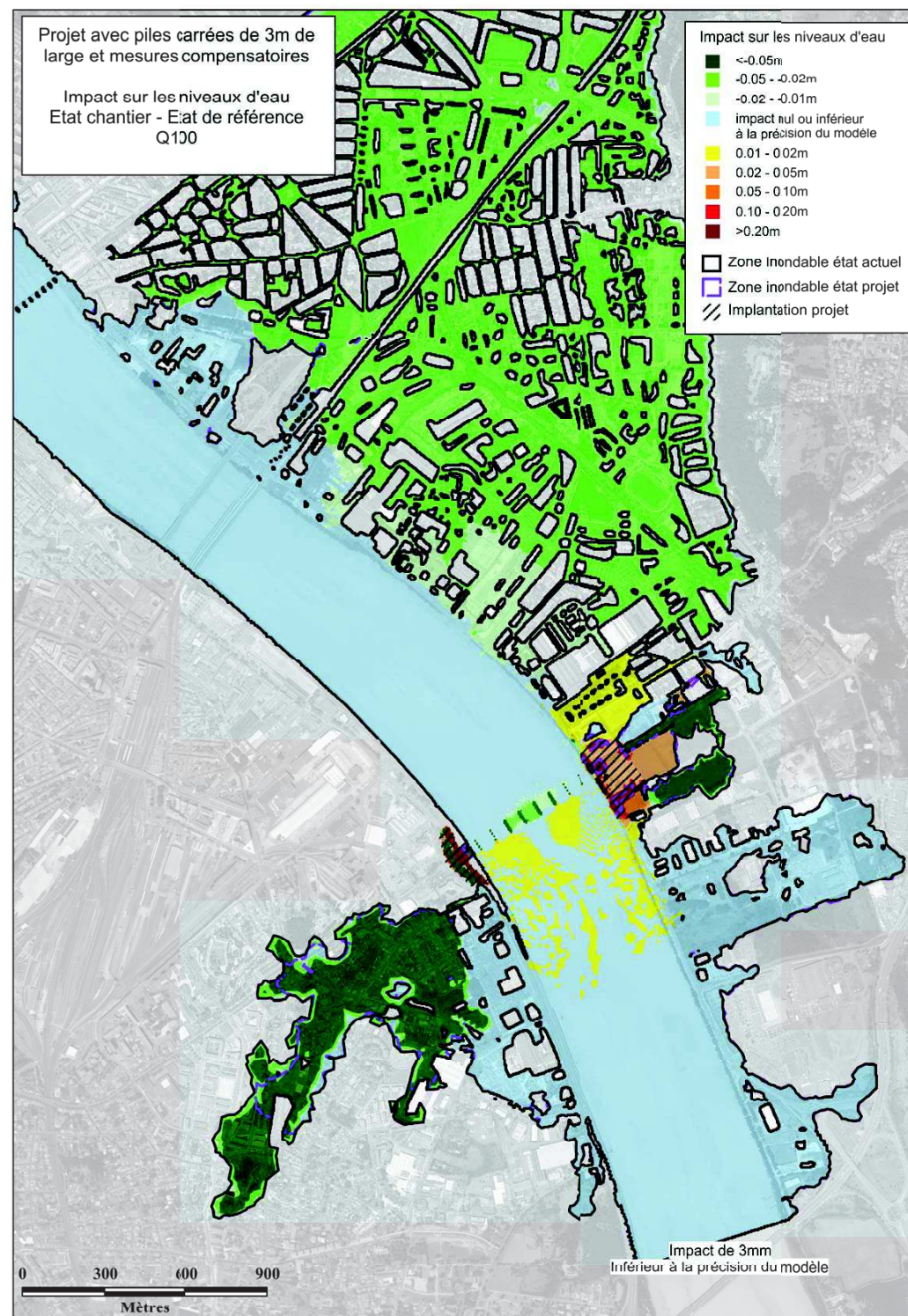
5.2.1 Impact pour la Q100

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence sont donnés sur la figure ci-après.

Le projet en phase chantier entraîne une surcote dans le lit mineur de la Garonne inférieure à 2 cm.

Les mesures compensatoires permettent de supprimer les surcotes en lit majeur rive gauche dans des zones basses d'accumulation des volumes débordés.

En rive droite, les hauteurs d'eau sont augmentées en rive droite de 1 cm à 4 cm au droit du projet (incidence des remblais des rétablissements de voiries en rive droite).



La phase de chantier modélisée hydrauliquement est la plus critique, et correspond à la phase (d'une durée prévisionnelle de 3 mois) pendant laquelle :

- 4 piles en rivière sont entièrement achevées
- 4 autres piles sont en construction à l'abri de batardeaux, plus larges que les piles finies

Cette configuration est la plus impactante hydrauliquement car :

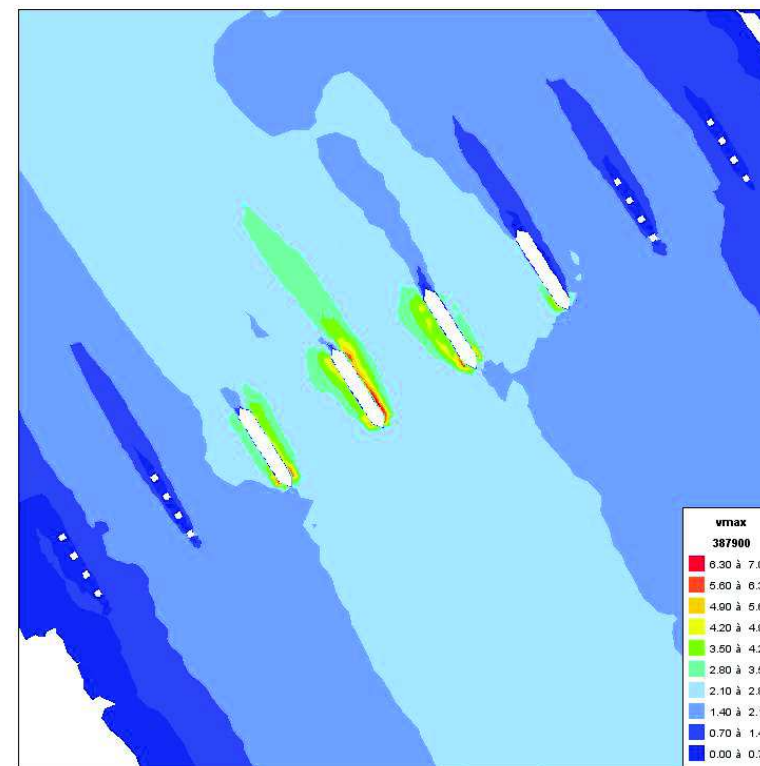
- Avant cette phase, le nombre de piles achevées est inférieur, et le nombre de batardeaux au maximum identique puisque la limitation à 4 sera imposée dans les contrats de travaux
- Après cette phase, le nombre de batardeaux concomitants présentes en Garonne est inférieur »

Étant donné la durée prévisionnelle de cette phase, la probabilité d'occurrence simultanée des événements modélisés (phase la plus impactante du chantier, crue d'occurrence centennale, et rupture/défaillance des digues) permet d'admettre un impact ponctuel sur la hauteur d'eau compris entre 1 et 4 cm.

La figure suivante donne les vitesses maximales en état projet au droit des batardeaux.

En état chantier, les vitesses maximales atteignent 2.1 à 2.8 m/s dans l'axe des écoulements entre les batardeaux centraux. Aux abords des batardeaux, des vitesses maximales de 4 à plus de 5 m/s sont calculées ponctuellement.

Figure 65 : vitesses maximales au droit des batardeaux (en m/s)



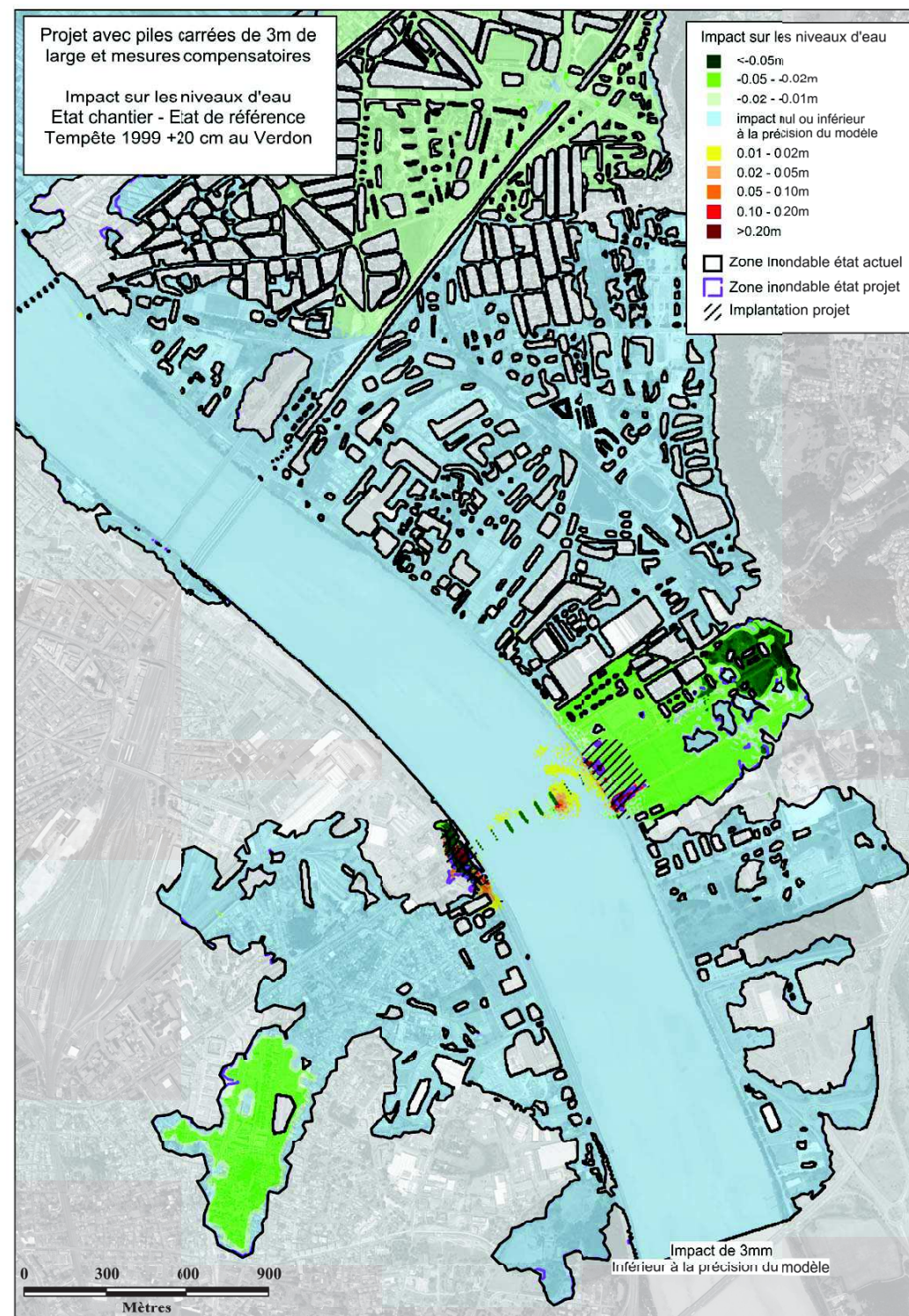
5.2.2 Impact pour le scénario 99+20cm

Les impacts en hauteur d'eau par rapport à l'état de référence sont donnés sur la figure ci-après.

L'impact en surcote dans le lit mineur est inférieur à 2 cm, il dépasse ponctuellement 10 cm au sud du batardeau le plus en rive droite. Sur la limite amont du modèle, l'impact du projet n'est plus sensible (surcote de 3mm, inférieure à la précision du modèle).

Les mesures compensatoires permettent de supprimer les surcotes dans le lit majeur.

La seule surcote observée en lit majeur est ponctuelle, localisée en rive gauche au droit du projet du fait de la modification topographique liée aux trémies différentes entre l'état actuel et projet, et en rive droite du fait des remblais d'accès.



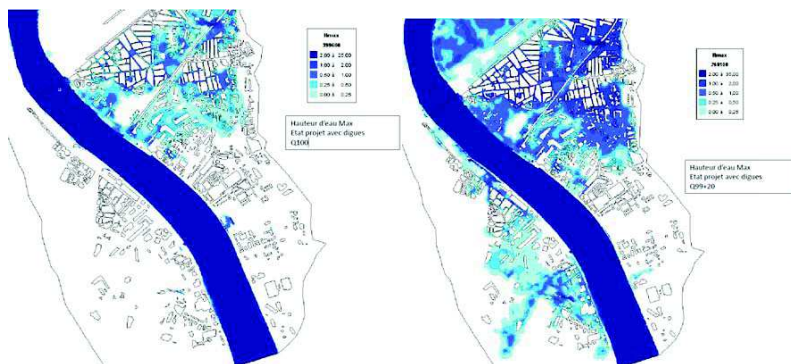
6. Synthèse sur les projets concomitants à l'opération

La pérennisation des digues permettra de réduire considérablement les débordements au droit du projet.

La pérennisation des digues de Bordeaux Métropole est entamée en phase étude et entrera en phase de travaux pour la rive droite en concomitance avec les travaux du futur pont Jean-Jacques Bosc (budget validé et maîtrise d'œuvre en phase PRO en février 2016). Pour la rive gauche, les actions sont en cours de programmation, un Programme d'Action de Prévention contre les Inondations (PAPI 2016-2021) a été déposé et labellisé le 5 novembre 2015. L'analyse coût bénéfice réalisée pour ces actions de pérennisation des ouvrages de protection est par ailleurs très largement favorable.

Aussi, après mise en place de ces mesures :

- La rive droite ne sera plus débordante au droit du projet que dans l'emprise stricte de l'aménagement (trémie) pour la crue centennale Garonne,
- La rive gauche sera débordante uniquement pour l'évènement de référence Tempête 1999 + 20 cm au Verdon (pas pour l'évènement crue centennale Garonne).



7. Les débordements résiduels compensés par les mesures d'amélioration du ressuyage

Une première mesure de réduction de l'impact hydraulique du projet a été étudiée et adoptée en réduisant la largeur des appuis en rivière (de 3,5 m à 3,0 m), diminuant ainsi sensiblement le maître-couple d'obstacle à l'écoulement.

Les volumes excédentaires résiduels débordés en lit majeur en plus des volumes débordés sans le projet de pont, et **sans prise en compte des digues** (hypothèse pessimiste) sont :

- De 27 000 m³ en rive droite sur l'ensemble de l'évènement considéré (8 débordements sur plus de 4 jours d'évènement étudié) pour la crue centennale ;
- De 26 000 m³ en rive gauche sur l'ensemble de l'évènement considéré (idem) pour la crue centennale.

Pour la rive gauche, cet excédent sera évacué par pompage en utilisant la station de Noutary et également stocké dans le bassin de rétention de Bergonié qui sera mobilisé spécialement en cas d'alerte de crue.

Pour la rive droite, l'augmentation de la section d'écoulement de la noue permet de compenser les impacts au droit du projet.

Pour les impacts en amont du projet, une station de pompage mobile de 500 m³/h sera implantée au niveau d'un point bas identifié afin de permettre de ressuyer la zone entre chaque pic de crue et réduire ainsi les hauteurs d'eau.

Enfin, pour l'impact en aval rive droite pour l'évènement Tempête 1999 + 20 cm au Verdon, l'impact brut du projet sera compensé par la mise en place de pompage à partir de la station Jourde qui est reliée à l'ensemble des réseaux pluviaux de la zone impactée.

Ces mesures seront également valables en phase chantier avec mise en place d'une veille sur l'évolution des niveaux en Garonne et une interaction avec les services de gestion de RAMSES.

Le nombre d'ouvrages provisoires en Garonne (4 batardeaux concomitamment au maximum), et leur profilage hydraulique par avant-bec et arrière-bec seront imposés au cahier des charges de travaux.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Analyse des données topographiques et bathymétriques

Analyse des données topographiques et bathymétriques utilisées dans les modélisations de la Garonne

Bathymétrie

RIG Phase 1 (2008-2010) :

- Levés généraux de 2002 du Port autonome
- Enrichi par bathy pont de pierre réalisée dans le cadre du passage des barges airbus A380 ;
- + donnée pont Chaban Delmas

Cf. Rapport Référentiel_Construction_Modèle_R5.pdf / rapport final d'octobre 2008

RIG Phase 2 (septembre 2012 – rapport d'étape 2) :

Le rapport de phase 2 de septembre 2012 ne détaille pas la bathymétrie utilisée. Il semble que la bathymétrie utilisée en phase 1 ait été réutilisée :

- Levés généraux de 2002 du Port autonome
- Enrichi par bathy pont de pierre réalisée dans le cadre du passage des barges airbus A380 ;
- + donnée pont Chaban Delmas

Cf. rapport_final_rig.pdf / rapport de septembre 2012

RIG Phase 2 – Scénario 5 (mai 2013) :

Les données utilisées sont identiques à l'étude précédente (rapport d'étape 2 de septembre 2012).

Cf. Rapport_RIG_SC5.pdf / rapport de mai 2013.

Etudes hydrauliques Plaine de Garonne (février 2013) :

Le rapport de février 2013 ne détaille pas la bathymétrie utilisée. Il semble que la bathymétrie utilisée pour le RIG phase 1 ait été employée :

- Levés généraux de 2002 du Port autonome
- Enrichi par bathy pont de pierre réalisée dans le cadre du passage des barges airbus A380 ;
- + donnée pont Chaban Delmas

Cf. Plaine_de_Garonne_V04.pdf / rapport de février 2013

Etant donnée la taille des mailles dans le secteur à étudier pour le franchissement Jean-Jacques BOSC, il semble que la densité de point soit faible. Cf. figure suivante.

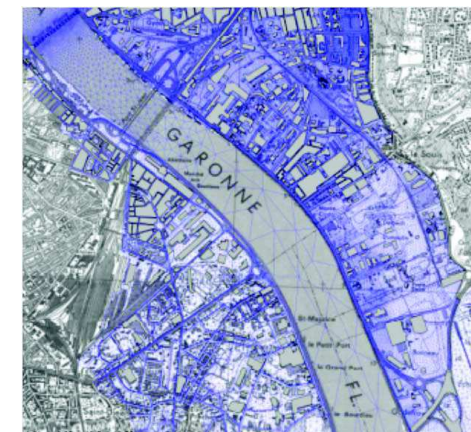


Figure68 : Maillage du modèle utilisé dans l'étude Plaine de Garonne (février 2013 – Artélia) au droit du futur franchissement

Topographie

RIG Phase 1 (2008-2010) :

- Photogrammétrie IGN2001 de densité 2pts / ha de précision ± 30 cm ;
- Complété par topographie terrestre (cotes regards d'assainissement La Cub).

Cf. *Rapport Référentiel_Construction_Modèle_R5.pdf / rapport final d'octobre 2008.*

RIG Phase 2 (septembre 2012 – rapport d'étape 2) :

- Photogrammétrie IGN2001 de densité 2pts / ha de précision ± 30 cm ;
- Complété par topographie terrestre (cotes regards d'assainissement La Cub),
- Complété par la photorestitution réalisée sur le secteur de Ludon-Médoc.

Cf. *rapport_final_rig.pdf / rapport de septembre 2012*

RIG Phase 2 – Scénario 5 (mai 2013) :

Les données utilisées sont identiques à l'étude précédente (rapport d'étape 2 de septembre 2012). Il est précisé que la donnée LIDAR de 2012 n'a pas été utilisée car non disponible lors de cette nouvelle analyse.

Cf. *Rapport_RIG_SC5.pdf / rapport de mai 2013.*

Etudes hydrauliques Plaine de Garonne (février 2013) :

Cf. *Plaine_de_Garonne_V04.pdf / rapport de février 2013*

- (prise en compte des bâtiments ou groupes de bâtiments) ;
- Photogrammétrie IGN2001 de densité 2pts / ha de précision ± 30 cm ;
- Complété par topographie terrestre (cotes regards d'assainissement La Cub),
- Complété des levés topographiques des différents quartiers de rive droite. Cf. Figure suivante.

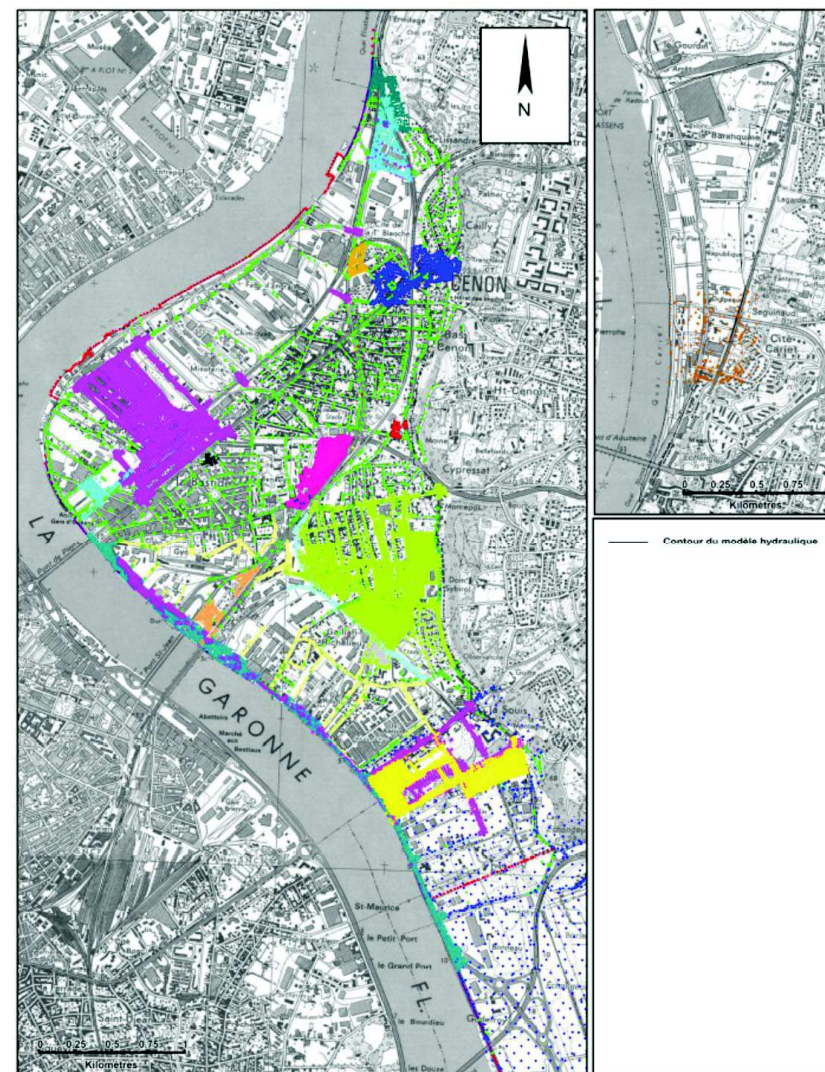


Figure: topographie utilisée dans l'étude Plaine de Garonne (février 2013 – Artélia)

Analyse des données topographiques et bathymétriques disponibles

Bathymétrie

- Plan généraux de bathymétrie de 2002 établi par le GPMB ;
- **Plan généraux de bathymétrie de 2008 établi par le GPMB** (cité dans le RIG phase 1) ;
- Bathymétrie réalisée dans le cadre du pont levant Jacques Chaban-Delmas (utilisé dans le RIG) ;
- Bathymétrie à réaliser dans le cadre du Pont Jean-Jacques Bosc ;

Topographie

- MNT de La Cub utilisé dans les études RIG :
 - Semi de points relevés par ortho-photogrammétrie (IGN 2001) ;
 - Levés topographiques terrestres
- Profils en long de la crête de digue (utilisés dans RIG phase 2) :
 - Levé du SPIRD de 2006
 - Levé de Bordeaux Euratlantique
- **Donnée topographique LIDAR 2012** (topographie laser) réalisée par La Cub et la DREAL.

ANNEXE 2 : Conventions d'utilisation des données fournies par le SMIDDEST

Convention de mise à disposition de données hydrauliques issues du RIG

Acte d'engagement de la Société LAGIS-Eau..... représentée par
M. LAVERGNE..... en qualité de Directeur Régional....., dont le siège
social est situé à Montpellier..... dont le n° SIRET est,
493 378 038 000 58..... et après dénommé l'Etablissement, dans le cadre de la délivrance d'un
ensemble de données numériques par le SMIDDEST.

* - * - *

OBJET

Utilisation par l'Etablissement des résultats hydrauliques de modélisations de plusieurs événements issus
du RIG phase 1 remis par le SMIDDEST pour :

La Communauté Urbaine de Bordeaux - Service District d'ouvrage
DONNEES MISES A DISPOSITION

Le SMIDDEST fournira les données hydrauliques suivantes sous format adéquat, **selon nécessité** dans
le cadre du projet :

- des fichiers « .res » issus des modélisations de différents événements de la phase de construction du RIG
phase 1. Ces fichiers rassemblent l'ensemble des variables hydrauliques des événements modélisés pour
le lit mineur et le lit majeur dans la limite du maillage correspondant au RIG phase 1.
- des données de types points ou polygones caractérisées par des variables X,Y,Z dans un
système de coordonnées géoréférencé. Ce seront principalement des données topographiques,
bathymétriques selon nécessité (après accord du Grand Port Maritime de Bordeaux), des laisses
de crues historiques, des profils en long de digues, des limites d'inondation pour un événement
hydro-météorologique défini,....;
- des données de type courbes caractérisées par des valeurs numériques dans des formats textes
pour un événement hydro-météorologique donné. Ce sont des données enregistrées aux
marégraphes $[z=f(t)]$, des hydrogrammes $[Q=f(t)]$ pour la Garonne, la Dordogne et l'Isle, des
vitesses de vents et leur orientation,
- des données de type variables hydrauliques pour un événement hydro-météorologique défini
qui sont des hauteurs d'eau en fonction du temps $[z=f(t)]$, des débits en fonction du temps
 $[Q=f(t)]$, des vitesses en fonction du temps $[V=f(t)]$et sont issues de résultats du modèle
hydraulique Telemac-2D. Les données hydrauliques seront extraites et associées à des points
(coordonnées X, Y dans la projection lambert II centre) se trouvant sur le contour fourni.
Chacune de ces données sera extraite pour un pas de temps donné et ce sur la durée totale de
l'événement ;
- les conditions limites amont et aval correspondant à un hydrogramme $Q(t)$ sur la Garonne et un
marégramme $Z(t)$. Ces données sont fournies sur une section hydraulique de calcul défini par la
Société

- des profils en long de digues et/ou des cotes TN (infrastructure) correspondant à une limite
physique entre le lit mineur et lit majeur ;
- un maillage 2D à grande maille du modèle sur le secteur étudié (modèle phase 1 du RIG).

L'ensemble de ces données hydrauliques sera fourni pour de plusieurs événements modélisés
dans le cadre de la construction du RIG phase 1 et dans la configuration des protections issue de
la dernière mise à jour de la base de données du RIG effectuée auprès de l'Etat.

En contrepartie de toute fourniture, les données complémentaires acquises devront être
transmises au SMIDDEST et à l'Etat (DDTM) pour poursuivre l'amélioration de l'outil RIG avec
des données plus précises, et permettre à l'Etat de disposer de données de qualité dans ce secteur
dans la perspective de la révision à terme des plans de prévention des risques naturels
inondation couvrant ce territoire.

FINALITE DES TRAITEMENTS

Les traitements effectués par l'Etablissement ont pour seules fonctions de :

- Définir les impacts hydrauliques du futur franchissement S.S. BOSC.
- Définir les mesures compensatoires éventuelles.

OBLIGATIONS

L'Etablissement s'engage à respecter les obligations ci-dessous :

- Etant donné que le SMIDDEST fournit gratuitement les données d'entrée du modèle RIG,
l'Etablissement s'engage à ne pas facturer à son maître d'ouvrage la collecte de ces dernières.
- ne prendre aucune copie des documents et supports d'informations confiés par le SMIDDEST
autre que pour les besoins de l'exécution de la prestation ;
- ne pas communiquer et céder ces documents ou informations à d'autres personnes, qu'il s'agisse de
personnes privées ou publiques, physiques ou morales sans l'autorisation expresse du SMIDDEST
- prendre toutes mesures permettant d'éviter toute utilisation détournée ou frauduleuse des données
fournies par le SMIDDEST
- prendre toutes mesures, notamment de sécurité matérielle pour assurer la conservation des documents et
informations traités ;
- détruire les données fournies par le SMIDDEST qu'elle n'aurait pas eu à restituer pour quelque motif
que ce soit, dans le cadre de l'exécution de ses objectifs, y compris les éventuelles copies de sauvegarde
qu'elle aurait été amenée à effectuer ;
- L'Etablissement s'interdit toute exploitation des données pour le compte de tiers ;
- L'Etablissement portera tout ou partie des mentions ci-dessous suivant les données utilisées : « Source
SMIDDEST ».

Le SMIDDEST se réserve le droit de procéder à toute vérification qui lui paraîtrait utile pour constater le respect des obligations précitées.

Si une de ces dispositions n'est pas respectée, le SMIDDEST ne sera d'aucune manière responsable des éventuelles conséquences.

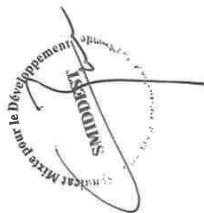
En cas de non-respect des prescriptions de la présente mise à disposition, le SMIDDEST refusera toute nouvelle délivrance.

RESPONSABILITE DU SMIDDEST

Les données fournies sont celles issues de la base de données du RIG et des résultats des modélisations effectuées. Le SMIDDEST ne saurait être tenu responsable en cas d'erreurs issues des résultats de la modélisation.

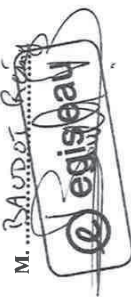
Fait à Bordeaux en 2 exemplaires originaux, le 19/05/14.

Pour le SMIDDEST
Le Directeur


SMIDDEST
Mise pour le Développement Durable de l'Estuaire de la Gironde

Pour la Société ...Egis Eau...

.....
.....
.....

M. ...RABOT...

@EgisEau

