

EPTB Charente

ETUDE DE MISE EN PLACE D'OUVRAGES DE DECHARGE DANS LES VOIES EN
REMBLAI DE LA VALLEE DE LA CHARENTE AVAL POUR LA REDUCTION DE L'ALEA
INONDATION

PHASE 1 : ETUDE PREALABLE


ARTELIA Ville & Transport
Agence de Bordeaux

Parc Sextant – Bâtiment D
6-8 avenue des Satellites
CS 70048
33187 LE HAILLAN CEDEX
Tel. : +33 (0) 5 56 13 85 82
Fax : +33 (0) 5 56 13 85 63



EPTB Charente

Etablissement Public Territorial de Bassin Charente

		Agence de Bordeaux Parc Sextant – Bâtiment D – 6/8 avenue des Satellites CS 70048 - 33187 LE HAILLAN CEDEX Tel. : 05 56 13 85 82 - Fax : 05 56 13 85 63		
N° Affaire		4352185		
Indice	Date	Établi par	Vérifié par	Commentaires / Modifications
1	08/2018	Anne Combes	Yvon Mensencal	-
2	10/2018	Anne Combes	Yvon Mensencal	Remarques EPTB
5	05/2019	Yvon MENSENCAL	Yvon MENSENCAL	Remarques finales EPTB Charente
6	09/2019	Anne Combes	Yvon MENSENCAL	Remarques finales EPTB Charente

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	5
2. OBJECTIFS	6
3. SYNTHESE DES ETUDES EXISTANTES	7
3.1. TOPOGRAPHIE DU BASSIN DE LA CHARENTE	9
3.2. RECENSEMENT DES CRUES DE LA CHARENTE	10
3.3. DEBITS CARACTERISTIQUES DE LA CHARENTE	12
3.3.1. Débits de pointe	12
3.3.2. Hydrogrammes de crues	13
3.4. HISTORIQUE DES AMENAGEMENTS SUR LE TERRITOIRE	14
3.5. ANALYSE DES PERTES DE CHARGE AU DROIT DES INFRASTRUCTURES	15
3.5.1. Etude de l'amélioration des écoulements – Pont Palissy (1994 – SOGREAH)	15
3.5.2. Etude du franchissement de la rocade sud (2006 – SOGREAH)	15
3.5.3. Etude de réduction des crues à Saintes (2008 – SOGREAH)	17
4. PRESENTATION DU TERRITOIRE	19
4.1. LA VOIE FERREE ET LA ROCADÉ SUD	22
4.2. L'AVENUE DE SAINTONGE	25
4.3. PROTECTIONS LOCALISEES DE LA VILLE DE SAINTES	27
4.4. LA CHAUSSEE SAINT-JAMES	31
4.5. LA RD18	32
5. MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL DE MODELISATION HYDRODYNAMIQUE	34
5.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMETRIQUES EXPLOITEES	34
5.1.1. Données bathymétriques	34
5.1.2. Données topographiques	35
5.1.2.1. LES DONNEES LIDAR	35
5.1.2.2. LES DONNEES TOPOGRAPHIQUES LEVEES PAR UN GEOMETRE	36
5.2. OUTIL DE MODELISATION	37
5.2.1. Objectifs de la modélisation	37
5.2.2. Logiciel utilisé : Telemac-2D	37
5.2.3. Emprise du modèle	37
5.2.4. Géo-référencement	40
5.3. CONSTRUCTION DU MAILLAGE	40
5.3.1. Remblais	40
5.3.2. Bâtiments et groupement dense de bâtiments	40
5.3.3. Seuils	41
5.3.4. Ouvrages de transparence hydraulique	41
5.3.5. Piles des ouvrages de franchissement	41
5.3.6. Caractéristiques du maillage mis en œuvre	42
5.3.7. Topographie et bathymétrie du modèle	42
5.4. HYPOTHESES ET LIMITES ASSOCIEES : INTERPOLATION ENTRE LES POINTS DE CALCUL	44
6. ANALYSE HYDRAULIQUE	45
6.1. PRESENTATION DES EVENEMENTS HYDROMETEOROLOGIQUES	45
6.1.1. Crue de décembre 1982	46
6.1.2. Crue de janvier 1994	47
6.1.3. Crue de novembre 2000	48
6.1.4. Condition limite aval	48

6.2.	CALAGE ET VALIDATION DU MODELE	50
6.2.1.	Principes	50
6.2.2.	Remarques	50
6.2.3.	Historique de l'évolution de l'occupation des sols	51
6.2.4.	Laisses de crue disponibles	54
6.2.5.	Calage et validation	55
6.2.5.1.	CALAGE DE LA CRUE DE 1982	56
6.2.5.2.	VALIDATION DU MODELE : CRUE DE 1994	59
6.2.5.3.	VALIDATION DU MODELE : CRUE DE 2000	62
6.2.6.	Coefficients de frottements retenus	65
6.3.	DEFINITION DES ALEAS DE REFERENCE	66
6.3.1.	Configuration de référence	66
6.3.2.	Définition des événements de référence	67
6.3.2.1.	CRUE DE PERIODE DE RETOUR 5 ANS	67
6.3.2.2.	CRUE DE PERIODE DE RETOUR 20 ANS	67
6.3.2.3.	CRUE DE PERIODE DE RETOUR 100 ANS	68
6.3.2.4.	CRUE DE PERIODE DE RETOUR 1 000 ANS	69
6.3.2.5.	CONDITIONS AUX LIMITES AVAL	70
6.3.3.	Evénements de référence	72
6.3.4.	Cartographie des aléas	74
6.3.5.	Analyse des pertes de charges au droit des structures	74
6.3.6.	Protections localisées de la ville de Saintes	79
6.4.	DEFINITION DE LA VULNERABILITE DES ENJEUX DU TERRITOIRE	80
6.4.1.	Recensement des enjeux	80
6.4.2.	Cartographie et vulnérabilité des enjeux	81
7.	CONCLUSIONS	86

ANNEXE 1	: Cartographies des hauteurs d'eau maximales et des laisses de crue de 1982 – Calage de la crue de 1982	87
-----------------	--	-----------

ANNEXE 2	: Cartographies des hauteurs d'eau maximales et des laisses de crue de 1994 – Calage de la crue de 1994	88
-----------------	--	-----------

ANNEXE 3	: Cartographies des aléas pour les 4 événements de référence (hauteurs, niveaux et vitesses)	89
-----------------	---	-----------

ANNEXE 4	: Cartographies des enjeux humains, économiques, environnementaux et patrimoniaux	90
-----------------	--	-----------

FIGURES

FIG. 1.	HYDROGRAMME DE LA CRUE DE DECEMBRE 1982 (SOGREAH 2006 ISSU DE SOGREAH 2004)	13
FIG. 2.	HYDROGRAMME DE LA CRUE DE JANVIER 1994 (SOGREAH, 2004)	13
FIG. 3.	HYDROGRAMME DE LA CRUE DE NOVEMBRE 2000 (SOGREAH, 2004)	13
FIG. 4.	SCHEMA DE PRINCIPE DES CHENAUX DE COUPURE DE MEANDRE	18
FIG. 5.	LOCALISATION DU TERRITOIRE D'ETUDE (SOURCE GEOPORTAIL IGN)	19
FIG. 6.	LOCALISATION DES ELEMENTS STRUCTURANTS	21
FIG. 7.	PROFILS EN LONG DE LA ROCADE ET DE LA VOIE SNCF	22
FIG. 8.	VOIE FERREE ET ROCADE SUD	22
FIG. 9.	PHOTOGRAPHIES DU PONT DU LUCERAT (1 : OUVRAGE PRINCIPAL ; 2 : OUVRAGE DE DECHARGE)	23
FIG. 10.	PHOTOGRAPHIE DU PONT DU LUCERAT (3 : OUVRAGE DE RETABLISSEMENT)	23
FIG. 11.	PHOTOGRAPHIES DES OUVRAGES DE LA ROCADE SUD (1 : OUVRAGE PRINCIPAL ; 2 : OUVRAGE DE DECHARGE ; 3 : OUVRAGE DE RETABLISSEMENT)	24
FIG. 12.	PROFILS EN LONG DE L'AVENUE DE SAINTONGE	25
FIG. 13.	AVENUE DE SAINTONGE	25
FIG. 14.	PONT DE SAINTONGE – OUVRAGE PRINCIPAL	26
FIG. 15.	LOCALISATION DES PROTECTIONS DU CENTRE-URBAIN DE SAINTES EN RIVE GAUCHE	27
FIG. 16.	PROFIL EN LONG DU QUAI DES ROCHES	28
FIG. 17.	PROFIL EN LONG DES PROTECTIONS LOCALISEES AU NIVEAU DU QUAI PALISSY	28
FIG. 18.	PHOTOGRAPHIE DES PROTECTIONS LOCALISEES AU NIVEAU DU QUAI PALISSY	28
FIG. 19.	PROFIL EN LONG DU QUAI DE VERDUN	29
FIG. 20.	PROFIL EN LONG DU QUAI DE LA REPUBLIQUE	29
FIG. 21.	PROFIL EN LONG DES PROTECTIONS LOCALISEES AU NIVEAU DU QUAI DE L'YSER	30
FIG. 22.	PHOTOGRAPHIES DES PROTECTIONS LOCALISEES AU NIVEAU DU QUAI DE L'YSER	30
FIG. 23.	PROFILS EN LONG DE LA CHAUSSEE SAINT-JAMES	31
FIG. 24.	CHAUSSEE SAINT-JAMES	31
FIG. 25.	PHOTOGRAPHIE D'UN DES OUVRAGES DE DECHARGE AU DROIT DE LA CHAUSSEE	32
FIG. 26.	PROFIL EN LONG DE LA RD18	32
FIG. 27.	PHOTOGRAPHIES PRISES EN LONG DE LA RD18 (2B : DEUX BUSES ET PONT AVEC 2 CADRES ; 3 : PONT AVEC 3 ARCHES)	33
FIG. 28.	EMPRISE DES DONNEES BATHYMETRIQUES ET TOPOGRAPHIQUES (LEVES GEOMETRE)	34
FIG. 29.	PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT DU « SCANNER LIDAR »	35
FIG. 30.	EXTRAIT DU LIDAR SUR LE SECTEUR DE SAINT-SAVINIEN	36
FIG. 31.	EMPRISE DU MODELE (SECTEUR AVAL JUSQU'A SAINT-SAVINIEN)	38
FIG. 32.	EMPRISE DU MODELE (SECTEUR AMONT JUSQU'A SAINT-SAVINIEN)	39
FIG. 33.	REPRESENTATION DES BATIMENTS	40
FIG. 34.	LOCALISATION DU SEUIL DE SAINT-SAVINIEN	41
FIG. 35.	REPRESENTATION DES PILES	41
FIG. 36.	TOPOGRAPHIE/BATHYMETRIE DU MODELE (SECTEURS DE SAINT-SAVINIEN – TAILLEBOURG)	42
FIG. 37.	TOPOGRAPHIE/BATHYMETRIE DU MODELE (SECTEURS DE TAILLEBOURG – SAINTES AMONT)	43
FIG. 38.	INTERPOLATION DU NIVEAU D'EAU ENTRE DEUX POINTS DE CALCUL	44
FIG. 39.	HYDROGRAMMES DE LA CRUE DE DECEMBRE 1982	46
FIG. 40.	HYDROGRAMME DE LA CRUE DE JANVIER 1994	47
FIG. 41.	HYDROGRAMME DE LA CRUE DE NOVEMBRE 2000	48
FIG. 42.	MAREGRAMME IMPOSE EN AVAL LORS DE LA CRUE DE 1982	49
FIG. 43.	MAREGRAMME IMPOSE EN AVAL LORS DE LA CRUE DE 1994	49
FIG. 44.	MAREGRAMME IMPOSE EN AVAL LORS DE LA CRUE DE 2000	49
FIG. 45.	COMPARAISON DES ORTHOPHOTOS DE 1982 (SOURCE IGN) ET ACTUEL (SOURCE GEOPORTAIL) – SECTEUR DE SAINTES	52
FIG. 46.	COMPARAISON DES ORTHOPHOTOS DE 1982 (SOURCE IGN) ET ACTUEL (SOURCE GEOPORTAIL) – AUTOROUTE DES OISEAUX A837	52
FIG. 47.	COMPARAISON DES ORTHOPHOTOS DE 1996 (SOURCE IGN) ET ACTUEL (SOURCE GEOPORTAIL) – SECTEUR DE SAINTES	53
FIG. 48.	COMPARAISON DES ORTHOPHOTOS DE 2000 (SOURCE IGN) ET ACTUEL (SOURCE GEOPORTAIL) – SECTEUR DE SAINTES	53
FIG. 49.	LOCALISATION DES LAISSES DE CRUE DE 1982	54
FIG. 50.	LOCALISATION DES LAISSES DE CRUE DE 1994	55
FIG. 51.	CALAGE DE LA CRUE DE 1982 – COMPARAISON ENTRE LA LIGNE D'EAU ET LES LAISSES DE CRUE CALCULEES ET REPERTORIEES	58
FIG. 52.	VALIDATION DE LA CRUE DE 1994 – COMPARAISON ENTRE LA LIGNE D'EAU ET LES LAISSES DE CRUE CALCULEES ET REPERTORIEES	61
FIG. 53.	VALIDATION DE LA CRUE DE 2000 – COMPARAISON ENTRE LA LIGNE D'EAU ET LES LAISSES DE CRUE REPERTORIEES	64
FIG. 54.	COEFFICIENTS DE FROTTEMENT RETENUS POUR LA CONFIGURATION DE REFERENCE	65
FIG. 55.	SCHEMATISATION DES TRAVAUX DE DEVASEMENT	66
FIG. 56.	HYDROGRAMME RETENU POUR L'EVENEMENT Q_5	67
FIG. 57.	HYDROGRAMMES RETENUS POUR L'EVENEMENT Q_{20}	68
FIG. 58.	HYDROGRAMMES RETENUS POUR L'EVENEMENT Q_{100}	68
FIG. 59.	HYDROGRAMMES RETENUS POUR L'EVENEMENT Q_{1000}	69
FIG. 60.	SECTEURS SOUS INFLUENCE MARITIME ET/OU FLUVIALE (ARTELIA)	70

FIG. 61.	LIGNES D'EAU DES EVENEMENTS DE REFERENCE	71
FIG. 62.	LIGNES D'EAU CALCULEES POUR LES CRUES DE REFERENCE DE LA CHARENTE	73
FIG. 63.	PERTES DE CHARGE AU DROIT DE LA RD18	76
FIG. 64.	PERTES DE CHARGE AU DROIT DE LA CHAUSSEE SAINT-JAMES	76
FIG. 65.	PERTES DE CHARGE AU DROIT DU PONT PALISSY	77
FIG. 66.	PERTES DE CHARGE AU DROIT DE LA RD24	77
FIG. 67.	PERTES DE CHARGE AU DROIT DE LA ROCADE SUD ET DE LA VOIE SNCF	78
FIG. 68.	PERTES DE CHARGE POUR LA TRAVERSEE DU CENTRE-URBAIN DE SAINTES	78
FIG. 69.	PROFILS EN LONG DES PROTECTIONS LOCALISEES DE LA VILLE DE SAINTES (QUAIS DE L'YSER ET PALISSY)	79
FIG. 70.	POPULATION EN ZONE INONDABLE EN FONCTION DE L'EVENEMENT DE REFERENCE	82
FIG. 71.	NOMBRE D'EMPLOIS EN ZONE INONDABLE EN FONCTION DE L'EVENEMENT DE REFERENCE	83

TABLEAUX

TABL. 1 -	INFORMATIONS SUR LES DEBITS ET NIVEAUX POUR LES CRUES DE 1961, 1982, 1994 ET 2000 (SOGREAH, 2008)	11
TABL. 2 -	DEBITS DE REFERENCE DE LA CHARENTE A SAINTES (SOGREAH, 2006)	12
TABL. 3 -	PERTES DE CHARGE CALCULEES AU DROIT DES OUVRAGES DE SAINTES (SOGREAH, 2006)	15
TABL. 4 -	PERTES DE CHARGE CALCULEES AU DROIT DU PONT PALISSY ET DES OUVRAGES DE SAINT-SAVINIEN ET TAILLEBOURG (SOGREAH, 2008)	16
TABL. 5 -	PERTES DE CHARGE OBTENUES POUR LES DIFFERENTS SCENARIOS (SOGREAH, 2006)	17
TABL. 6 -	PRINCIPAUX ELEMENTS TOPOGRAPHIQUES RECUEILLIS ET INTEGRES DANS LE MODELE 2D	36
TABL. 7 -	CALAGE – CRUE DE 1982	56
TABL. 8 -	VALIDATION – CRUE DE 1994	59
TABL. 9 -	COEFFICIENTS DE FROTTEMENT APPLIQUES PAR TYPE D'OCCUPATION DU SOL	65
TABL. 10 -	TABEAU DES PERTES DE CHARGE EN FONCTION DU DEBIT PAR INFRASTRUCTURE	74
TABL. 11 -	ANALYSE DES ENJEUX	80
TABL. 12 -	VULNERABILITE DES ENJEUX HUMAINS (POPULATION)	81
TABL. 13 -	VULNERABILITE DES ENJEUX ECONOMIQUES (EMPLOIS)	82
TABL. 14 -	VULNERABILITE DES ENJEUX AGRICOLES	83
TABL. 15 -	ENJEUX HUMAINS ET ECONOMIQUES RECENSES PAR COMMUNE	84

1. CONTEXTE

Le fleuve Charente présente, sur sa partie aval, de faibles pentes d'écoulement, et une vallée large et marquée occupée essentiellement par des prairies (« les prés »). Cette partie aval est soumise à l'influence maritime jusqu'en amont de la ville de Saintes, surtout marquée lors des forts coefficients de marées, et ce, malgré la présence de l'ouvrage régulé du barrage de Saint-Savinien.

Les crues de la Charente sont relativement fréquentes et longues (crues hivernales). Elles inondent alors toute la vallée et les zones agricoles et naturelles en aval de Saintes, mais peuvent également, lors des crues plus importantes, toucher les secteurs urbanisés de Saint-Savinien, de Taillebourg et de Saintes.

Ce phénomène est renforcé par l'envasement fort observé¹ en aval de Saint-Savinien et également en amont du barrage et par la présence de quelques routes en remblai barrant le lit majeur de la Charente. Ces obstacles provoquent une rehausse des niveaux d'eau en amont.

L'EPTB Charente consacre une partie de ses missions à la gestion des inondations. Dans ce cadre, il a porté un premier PAPI en 2004-2011 pour réduire le risque fluvial. Le diagnostic mené dans le cadre de ce premier programme d'actions a montré que la réduction de la vulnérabilité du territoire de la Charente aval ne peut être obtenue que par l'addition de différents aménagements, et non par la mise en œuvre d'une solution unique. Trois leviers d'actions ont alors été identifiés : actions sur les secteurs aval (Saintes/Saint-Savinien) pour faciliter l'évacuation des eaux de crues vers les pertuis, actions sur les bassins versants amont pour réduire les apports (limiter le ruissellement) et actions sur les personnes et les biens, en mettant en œuvre des systèmes d'alerte et de gestion de crise, et en travaillant sur la réduction de la vulnérabilité des bâtiments et sur la mise en œuvre de protections localisées.

Suite à ces premières réflexions ; un second PAPI porté par l'EPTB (PAPI Charente & Estuaire) a été déposé et labélisé en juillet 2012. Ce PAPI étend la volonté de réduction de la vulnérabilité du territoire aux parties aval soumises aux problématiques de submersion marine et ne se limite donc plus uniquement aux inondations fluviales du fleuve.

Un avenant au PAPI Charente & Estuaire a été labellisé par la Commission Mixte Inondation le 7 juillet 2016. Il complète le programme d'actions initial, en particulier dans l'estuaire de la Charente.

Le bureau d'études ARTELIA a été missionné par l'EPTB concernant une des actions du PAPI Charente & Estuaire.

Cette action concerne l'étude de scénarii de mise en œuvre d'une plus grande transparence des obstacles que créent les infrastructures présentes en travers du lit majeur du fleuve. De tels aménagements ont été étudiés sommairement précédemment et cette démarche s'inscrit dans le programme d'actions multiples à mettre en œuvre pour obtenir une réduction efficace de la vulnérabilité des enjeux du territoire.

Cette action fait également l'objet d'une disposition spécifique de la Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation (SLGRI) : IV-B-1 de la SLGRI « Favoriser la continuité hydraulique en lit majeur à proximité des zones à enjeux humains ».

¹ Opérations de dragage prévues de Port d'Envaux jusqu'au Pont de l'autoroute A837 en aval (Action PAPI).

En plus de ces réflexions, l'étude portera également sur la possibilité de mettre en œuvre des mesures de protections locales au niveau de la traversée de la zone urbaine de Saintes par le fleuve.

2. OBJECTIFS

L'étude doit donc permettre de répondre aux objectifs suivants :

- retenir le scénario d'aménagement le plus pertinent, permettant d'agir sur l'abaissement des lignes d'eau pour réduire l'aléa inondation et compléter/renforcer les actions déjà engagées (et celles à venir) portées par l'EPTB Charente, avec comme vision la réduction de la vulnérabilité des enjeux et en premier lieu des enjeux humains ;
- évaluer la pertinence de la mise en œuvre de mesures de protections locales au droit des secteurs les plus sensibles de l'agglomération de Saintes.

Cette analyse est menée en se focalisant sur les crues dommageables fréquentes.

Le gain et la pertinence des aménagements retenus sont également déterminés pour des crues plus rares (événement centennal et extrême). La non-aggravation du risque pour les tiers (principe de la Loi sur l'Eau) doit être respectée par les différents scénarii étudiés, tout comme le non impact sur le fonctionnement naturel de la Charente et de la biodiversité de la vallée.

L'étude se décompose en 3 phases :

- Phase 1 : Etude préalable. Cette partie comprend la synthèse bibliographique des études existantes, l'élaboration et le calage du modèle hydraulique, la simulation de crues à l'état de référence et l'identification des enjeux ;
- Phase 2 : Etude de faisabilité des stratégies. Cette partie regroupe l'ensemble des tests unitaires d'aménagements et de définition de stratégies d'aménagement complètes ainsi que la simulation hydraulique des scénarios et évaluation de leur intérêt ;
- Phase 3 : Analyse Multi-Critères. Cette tranche optionnelle comprend une description fine des scénarios, des résultats et comparatifs pour l'ensemble des occurrences de crues de projet ainsi que l'AMC.

Le présent rapport concerne la Phase 1 de l'étude.

3. SYNTHÈSE DES ETUDES EXISTANTES

L'objectif de cette phase préliminaire consiste à la prise de connaissance du contexte hydraulique et des réflexions, menées et en cours, par l'EPTB Charente.

Cette phase permet de recueillir les données nécessaires à la bonne réalisation de la mission et de les présenter sous forme d'une synthèse bibliographique.

Cette synthèse permet de décrire les phénomènes hydrauliques en jeu, de définir les caractéristiques des crues de référence à étudier et de re-contextualiser le cadre dans lequel la mission se situe.

Les principales conclusions des études élaborées sont donc reprises ici, en faisant ressortir les éléments pouvant avoir une utilité dans le cadre de notre prestation. Les documents seront examinés afin d'identifier notamment les crues de références, l'historique des aménagements sur le territoire ainsi que l'analyse des pertes de charge au droit des différentes infrastructures.

Les études analysées sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Date Rapport	Intitulé de l'étude / Objectifs	Réalisation / Client	Thèmes abordés dans l'étude
Novembre 1994 Rapport BH986.	Amélioration de l'écoulement des crues de la Charente à Saintes – Ouvrage de décharge au pont Palissy. ⇒ Apporter une solution au frein des écoulements visibles sur Saintes.	SOGREAH / Mairie de Saintes	Crues de calage et de projet. Morphologie du site. Mécanismes d'écoulement et débordements.
2006 Rapport 016 19891/EL.	Plan de prévention des inondations du bassin versant de la Charente. Définition d'un programme pluriannuel d'aménagements. Phase 1 : Etat des lieux, analyse détaillée et diagnostic de la situation actuelle. ⇒ Diagnostic de la configuration actuelle.	Hydratec / EPTB Charente	Crues de calage et de projet. Morphologie du site.
Janvier 2006 Rapport 4310112.	Route Centre Europe Atlantique – Franchissement de la Charente à Saintes. ⇒ Evaluer l'impact hydraulique du franchissement de la Charente et du canal de Lucérat (aménagement de la rocade Sud de Saintes). ⇒ Déterminer les possibilités d'amélioration des écoulements par des aménagements.	SOGREAH / DDE 17	Crues de calage et de projet. Morphologie du site. Détermination des impacts du projet et test de scénarios.

Mars 2007 Rapport 4310503.	Etude morpho-sédimentaire du lit de la Charente Secteur : de l'aval de Saintes à l'aval de Saint-Savinien. ⇒ Déterminer le futur profil en long des fonds de la Charente.	SOGREAH / EPTB Charente	Morphologie du fleuve. Ouvrages hydrauliques. Sédimentologie.
Février 2008 Rapport 3130339.	Révision des PPRi des communes de Saintes à la limite amont du département de la Charente-Maritime.	SOGREAH / DDE 17	Crues historiques et hydrologie. Evaluation des enjeux. Zonage et règlement.
Avril 2008 Rapport 1740517.	Réduction des crues de la Charente - Etude hydraulique complémentaire sur les projets de chenaux en aval de Saintes. ⇒ Optimiser le dimensionnement des chenaux de coupure de méandre afin d'augmenter la capacité d'écoulement à l'aval de Saintes.	SOGREAH / EPTB Charente	Hydrologie. Dimensionnement des chenaux.
Août 2009 Rapport 1741518.	Expertise morphologique et sédimentologique du fleuve Charente entre Taillebourg et Saint-Savinien. ⇒ Fonctionnement hydraulique du seuil de Taillebourg (influence sur les niveaux à Saintes). ⇒ Impact hydraulique associé à l'aménagement de la traversée de Saintes notamment au niveau du pont Palissy.	SOGREAH / EPTB Charente	Morphologie du fleuve. Sédimentologie.
2014	Rapport de présentation de la cartographie du risque d'inondation de la Charente sur le secteur de Saintes-Cognac-Angoulême – TRI.	DREAL POITOU- CHARENTES	
Mai 2016 Rapport 8310178.	EDD St Savinien – Opération n°76 : Estuaire Charente. ⇒ Evaluer les risques générés par l'ouvrage en termes de probabilité et de gravité des défaillances.	SOGREAH / CD 17	Hydrologie. Description des ouvrages hydrauliques.

3.1. TOPOGRAPHIE DU BASSIN DE LA CHARENTE

La Charente est une rivière très lente, dotée d'un lit mineur de faible capacité qui induit des débordements annuels récurrents dans les prairies proches, et d'un lit majeur important, tant par ses dimensions que par le rôle qu'il a à jouer au niveau des inondations.

La pente du profil en long du fond du lit mineur est très faible, et partout inférieur à 0,6 m/km. Toutefois sur le secteur aval de Cognac, la pente diminue très rapidement, pour devenir quasiment nulle à l'aval de Saintes.

Le lit mineur voit sa section augmenter d'amont en aval, mais avec une capacité d'écoulement très réduite sur tous les tronçons, ce qui explique un débordement très rapide en tous points du parcours en période de crue.

Le lit majeur se présente comme une succession de zones de stockage et de rétrécissements brusques :

- énorme bassin d'amortissement dans le tronçon Cognac-Saintes (confluences de la Seugne et du Né),
- rétrécissement brusque à Saintes, qui a pour effet un laminage de toutes les crues et une protection de l'aval. En effet, le verrou topographique de Saintes, qui force l'ensemble du débit du fleuve à passer sous le pont Palissy, du fait de l'extension de l'urbanisation dans la plaine de rive droite, protège, du fait de la rétention induite, les zones inondables en aval de Saintes.

La suppression de « l'étranglement » de Saintes permettrait de diminuer les niveaux de crue de l'amont de Saintes, du fait d'un transfert facilité au droit du cœur urbanisé de l'agglomération.

Les superficies du bassin versant de la Charente sont les suivantes :

- 7 472 km² à Saint-Savinien,
- 7 300 km² à Saintes,
- 6 300 km² en amont de la confluence avec la Seugne.

3.2. RECENSEMENT DES CRUES DE LA CHARENTE

Le recensement des crues passées est une étape importante avant le calage d'un modèle. Les informations recueillies permettent de régler le modèle qui permettra par la suite de simuler le plus fidèlement possible une crue de projet.

Plusieurs informations détaillées ont été récupérées sur les crues suivantes (d'après les rapports SOGREAH) :

1. **Crue de 1779** : Crue ayant généré beaucoup de dégâts malgré les travaux réalisés sur le fleuve. La cote a été estimée à 7,32 m NGF au pont Palissy à Saintes.
2. **Crue de 1842** : Crue causée par des pluies d'orages. La cote a atteint 6,83 m NGF au pont Palissy.
3. **Crue de 1882** : La cote estimée est de 6,50 m NGF au pont Palissy.
4. **Crue de 1904** : La cote a atteint 6,92 m NGF au pont Palissy.
5. **Crue de 1961** : La cote a atteint 6,63 m NGF au pont Palissy.
6. **Crue de 1982** : cette crue est d'occurrence centennale.

La crue de décembre 1982 a été générée par trois épisodes pluviométriques consécutifs, après un automne très pluvieux (bien au-dessus des normales saisonnières) :

- Précipitations soutenues pendant les 10 premiers jours de décembre, qui constituent l'amorce de la crue,
- Nouvelles précipitations le 16 et 17 décembre, sur des terres déjà inondées, entraînant une élévation brusque des niveaux,
- Troisième épisode extrêmement pluvieux les 19 et 20 décembre, donnant à la crue son caractère exceptionnel.

À Saintes, près de 400 habitations ont été inondées, dont plus de 100 par plus d'un mètre d'eau. Aux Gonds, 200 maisons ont également été inondées.

Le volume transité sous le pont Palissy est de l'ordre 1 340 millions de m³ sur une durée de 40 jours.

Le volume débordé en aval de Saintes est voisin de 450 à 500 millions de m³ pour une telle crue (hypothèse de début de débordement à 300 m³/s).

La submersion de Saintes a duré près de 20 jours pour cet événement.

7. **Crue de 1994** : cette crue d'occurrence cinquantennale, présente un caractère assez exceptionnel, quasiment du même type de celle de 1982. Cependant, elle présente en plus l'avantage de correspondre à un état d'aménagement du secteur plus proche de l'état actuel que lors de la crue de 1982 (en particulier : canal de Lucérat et rocade sud de Saintes, remblaiement de la prairie de la Palue). Les conditions d'écoulements sont donc proches des conditions actuelles.

Le nombre d'habitations impactées à Saintes par les inondations est identique à celui recensé en 1982. Toutefois, les hauteurs d'eau observées en 1982 étaient plus importantes que celles de 1994.

Les pluies diluviennes tombées les derniers jours de l'année 1993 ont entraîné à Saintes une forte montée des eaux. Le 3 janvier 1994, la cote d'alerte est dépassée depuis 2 semaines, et

plusieurs rues de Saintes sont déjà inondées. Jusqu'au 7 janvier, l'eau continue de monter sur la Charente et la Seugne, atteignant son maximum le 8 janvier, avec une cote de 6,82 m NGF au pont Palissy à Saintes. La décrue s'amorce à partir du 9 janvier.

8. **Crue de 2000** : cette crue est de moindre amplitude et permet de valider dans un second temps le réglage du modèle (en plus de la crue de 1994) sur un débit plus faible de crue. Ceci assure dans la modélisation une représentation plus fiable des mécanismes de débordement, quel que soit le débit de crue de la Charente.

La pluviométrie du début du mois de novembre 2000 a été assez exceptionnelle : 27 mm environ en 24 h le 7 novembre, et un total de 135 mm sur 7 jours (pour une hauteur normale pour un mois de novembre de 102 mm).

La crue générée sur la Charente a atteint une cote maximale de 5,92 m IGN69 au pont Palissy, le 14 novembre, touchant ainsi un peu plus de 100 habitations.

Cet événement reste donc d'une ampleur bien moindre que la crue de 1982, mais constitue l'événement le plus récent ayant causé des inondations à Saintes.

Tabl. 1 - Informations sur les débits et niveaux pour les crues de 1961, 1982, 1994 et 2000 (SOGREAH, 2008)

Crue	Débit de la Charente à Beillant (m3/s)	Débit de la Seugne à Jarlac (m3/s)	Débit de la Charente au pont Palissy (m3/s)	Niveau à Saintes au pont Palissy (m NGF)
1961 (T=35ans)	-	-	693	6,63
1982 (T=100ans)	700	115	815	6,99
1994 (T=50ans)	650	100	750	6,82
2000 (T=6ans)	430	80	510	5,92

9. **Crue de janvier 2018** : cette dernière crue de faible amplitude (normale pour la saison) a généré quelques débordements notamment à Saintes : en rive gauche (rue de Taillebourg) et rive droite (quai Palissy).

Les débits de crues retenus (Q_{1982} , Q_{1994} et Q_{2000}) pour la Charente à Beillant et la Seugne, dans le cadre de la présente étude sont issus de ces analyses.

3.3. DEBITS CARACTERISTIQUES DE LA CHARENTE

3.3.1. Débits de pointe

Les débits caractéristiques de la Charente à Saintes (SOGREAH, 2006) sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ces débits proviennent de diverses analyses statistiques (loi de Gumbel) réalisées dans le cadre des précédentes études (avant 2006) sur le secteur.

Tabl. 2 - Débits de référence de la Charente à Saintes (SOGREAH, 2006)

Événement	Débit à Saintes (m ³ /s)
Q ₂	320
Q ₅	450
Q ₁₀	535
Q₂₀	620
Q ₃₀	675
Q ₅₀	750
Q₁₀₀	815

Les débits de pointe retenus (Q₂₀ et Q₁₀₀) dans le cadre de la présente étude sont issus de ces analyses.

3.3.2. Hydrogrammes de crues

Les hydrogrammes des crues de 1982, 1994 et 2000 sont présentés ci-dessous.

La loi hauteur-débit établie au Pont Palissy à Saintes donne, par transformation du limnigramme observé, l'hydrogramme résultant de la crue de 2000 et 1982 à Saintes. Concernant la crue de 1994, le Service de Prévision des Crues du Littoral Atlantique a fourni des données enregistrées aux stations de Chérac (situé en amont de Saintes, entre Chaniers et Cognac) et du pont Palissy à Saintes et concernant l'événement de décembre 1993 / janvier 1994. Ceci a notamment permis de reconstituer les hydrogrammes de la crue de 1994 (SOGREAH, 2006).

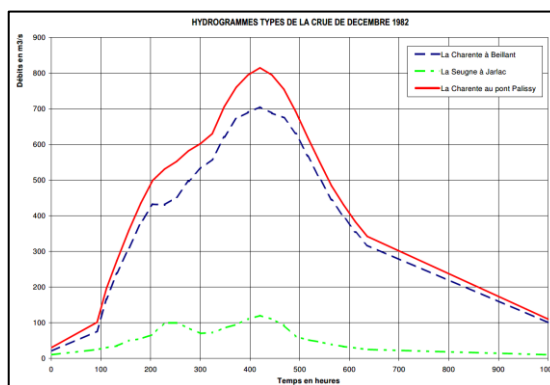


Fig. 1. Hydrogramme de la crue de décembre 1982 (SOGREAH 2006 issu de SOGREAH 2004)

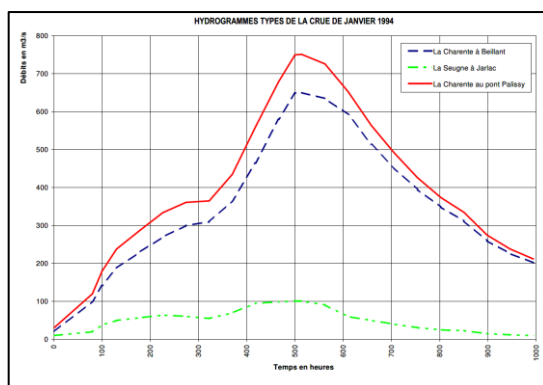


Fig. 2. Hydrogramme de la crue de janvier 1994 (SOGREAH, 2004)

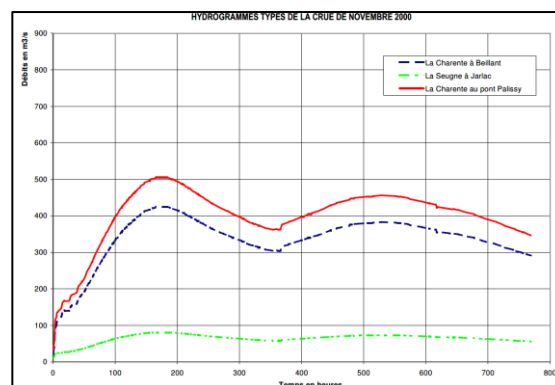


Fig. 3. Hydrogramme de la crue de novembre 2000 (SOGREAH, 2004)

Les hydrogrammes de la Charente sont repris dans le cadre de la présente étude.

3.4. HISTORIQUE DES AMENAGEMENTS SUR LE TERRITOIRE

Lors du réglage du modèle, il est indispensable d'intégrer l'état des sols concordants aux périodes des crues modélisées. En effet, simuler la crue de 1982 par exemple, avec un état des sols actuel (2018) n'est pas juste si des aménagements ayant un impact sur le comportement hydraulique de la Charente en crue ont été réalisés entre-temps.

Ainsi, les principaux aménagements à retenir sont les suivants (d'après le rapport SOGREAH n°4310112 – 2006) :

<i>Période</i>	<i>Aménagements réalisés sur le territoire</i>
Avant 1982 :	Augmentation des débouchés des ouvrages de décharge du pont de Saintonge et du pont de Lucérat (SNCF)
1984 :	Démolition d'une pile en rivière à Beillant (Chaniers)
1985 :	Dragage de St-Savinien à Crazannes
1985 :	Aménagement d'un chenal dans la prairie du Maine, reliant les deux ouvrages de décharge depuis St-Sorlin, et rejoignant la Charente en aval du pont de Saintonge au niveau du jardin public
1986 :	Aménagement d'une zone d'écoulement préférentiel dans le lit majeur de Saintes à St-Savinien (Prairie de la Palue)
1986 :	Élargissement du lit mineur en aval du pont Palissy
1986-1987 :	Enlèvement d'un quai et d'une cale sous le pont Palissy
1987-1989 :	Reconstruction du barrage de la Baine
1992-1994 :	Construction de la rocade sud de Saintes
Entre 1982 et 1994 :	Extension du remblai de la prairie de la Palue jusqu'au remblai SNCF
Entre 1982 et 1994 :	Rehaussement du chemin du Maine sur deux tronçons (de St-Sorlin au remblai SNCF, et du chemin des ronces jusqu'à l'avenue de Saintonge)
Entre 1994 et 2000 :	Rehaussement du chemin du Maine sur le dernier tronçon (du remblai SNCF au chemin des ronces)

3.5. ANALYSE DES PERTES DE CHARGE AU DROIT DES INFRASTRUCTURES

3.5.1. Etude de l'amélioration des écoulements – Pont Palissy (1994 – SOGREAH)

En 1994, le bureau d'études SOGREAH a réalisé une étude sur l'amélioration de l'écoulement des crues de la Charente à Saintes. Cette étude centrée sur le Pont Bernard Palissy, a permis de mettre en évidence le gain espéré à Saintes, obtenu par augmentation du débouché hydraulique sous ouvrage ajouté à l'élargissement du quai en rive droite. Cette solution conduit à une amélioration des écoulements et à un abaissement de la ligne d'eau amont de l'ordre de 2 à 3 cm. A noter que ce gain reste limité car la forte diminution du lit dynamique depuis les remblais du Lucérat (extension urbaine de Saintes) est plus contraignante que l'ouvrage lui-même.

3.5.2. Etude du franchissement de la rocade sud (2006 – SOGREAH)

En 2006, le bureau d'études SOGREAH a réalisé une étude sur le franchissement de la Charente (étude RCEA). L'objectif du projet était d'étudier la possibilité de doubler l'ouvrage sur la Charente (doublement de la RCEA).

Dans le cadre de cette étude, plusieurs scénarios d'aménagements ont été testés dont notamment :

- étude de la transparence hydraulique totale de la Rocade, de la voie SNCF et des deux infrastructures combinées (scénarios 2 et 3),
- étude du doublement de la RCEA avec création d'un ouvrage de décharge supplémentaire d'une largeur de 20m dans les remblais de Lucérat (Rocade + SNCF) entre la Charente et le canal (scénario 4),
- étude du doublement de la RCEA avec création d'un ouvrage de décharge supplémentaire d'une largeur de 50m dans les remblais de Lucérat (Rocade + SNCF) entre la Charente et le canal (scénario 5).

Un état de référence a été défini au préalable et les pertes de charge au droit des ouvrages ont notamment été analysées. Elles figurent dans le tableau ci-dessous.

Tabl. 3 - Pertes de charge calculées au droit des ouvrages de Saintes (SOGREAH, 2006)

Ouvrages	Perte de charge calculée pour la crue type décembre 1982 (m)	Perte de charge calculée pour la crue type novembre 2000 (m)
Voie SNCF seule	0,141	0,072
Rocade seule	0,088	0,048
Voie SNCF et Rocade	0,169	0,086
Avenue de Saintonge	0,100	0,080
Pont Palissy	Non calculé	0,090

Par ailleurs, l'étude de 2008 concernant les projets de chenaux en aval de Saintes, apporte des informations complémentaires sur les pertes de charge observées principalement au droit de Saint-Savinien et Taillebourg.

Tabl. 4 - Pertes de charge calculées au droit du Pont Palissy et des ouvrages de Saint-Savinien et Taillebourg (SOGREAH, 2008)

Ouvrages	Perte de charge calculée pour la crue type décembre 1982 (m)	Perte de charge calculée pour la crue type novembre 2000 (m)
Pont Palissy	0,120	0,090
Barrage de Saint-Savinien	0,160	Non calculé
Pont de Taillebourg	0,110	Non calculé

Les pertes de charge observées au niveau des remblais du Lucérat sont similaires à celles calculées lors de la présente étude soit 9 cm pour la crue de 2000 et 15 cm pour la crue de 1982 (cf. chapitre 6.3.5). Egalement, les pertes de charge au niveau du remblai de Saintonge et au niveau du Pont de Taillebourg sont similaires à celles calculées lors de la présente étude soit 7 cm pour la crue de 2000 et respectivement 10 cm et 11 cm pour la crue de 1982.

Les scénarios testés ont permis d'apporter les éléments de réponse suivants :

- La perte de charge totale au niveau des remblais de Lucérat est due à près de 80% à la voie SNCF.

De ce fait, dans le cadre de la présente étude, les propositions d'aménagements sur le secteur doivent inclure la Rocade Sud et la voie SNCF.

La modification de l'état d'aménagement de la plaine de Lucérat n'a pas d'incidence sur les conditions d'écoulement des crues de la Charente à l'aval de Lucérat. A l'amont, un abaissement des niveaux de l'ordre de 19 cm et 10 cm respectivement pour les crues de 1982 et 2000 est observé.

- La mise en place d'un ouvrage de décharge supplémentaire d'une largeur de 20 m permet d'abaisser le niveau d'eau en crue à l'amont immédiat des remblais de Lucérat de 4 cm pour une crue type 1982 et 1,7 cm pour une crue type 2000.
- La mise en place d'un ouvrage de décharge supplémentaire d'une largeur de 50 m permet d'abaisser le niveau d'eau en crue à l'amont immédiat des remblais de Lucérat de 8 cm pour une crue type 1982 et 3,8 cm pour une crue type 2000.

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus pour l'estimation des pertes de charge au niveau des remblais du Lucérat pour les différentes configurations d'ouvrages envisagées.

Tabl. 5 - Pertes de charge obtenues pour les différents scénarios (SOGREAH, 2006)

Cas de calcul		Perte de charge Crue type déc. 1982	Perte de charge Crue type nov. 2000
Remblais SNCF seuls	Scenario 2	0,141	0,072
Remblais Rocade seuls	Scenario 3	0,088	0,048
Remblais de Lucérat (SNCF + Rocade)	Etat de référence	0,169	0,086
Remblais de Lucérat (SNCF + Rocade + Projet)	Etat projet	0,173	0,088
Remblais de Lucérat (SNCF + Rocade + Projet) avec ouvrage de décharge supplémentaire L = 20m	Scenario 4	0,138	0,071
Remblais de Lucérat (SNCF + Rocade + Projet) avec ouvrage de décharge supplémentaire L = 50m	Scenario 5	0,095	0,050

3.5.3. Etude de réduction des crues à Saintes (2008 – SOGREAH)

En 2008, le bureau d'études SOGREAH a réalisé une étude sur la réduction des crues de la Charente dans le secteur de Saintes. L'objectif de celle-ci était notamment d'étudier les coupures de méandre en aval de Saintes afin d'augmenter la capacité hydraulique de la Charente en période de crue afin de faciliter l'évacuation des volumes d'eau vers l'aval. Cet aménagement aurait ainsi pour conséquence de baisser la ligne d'eau à l'amont du Pont Palissy. Cette étude reprend notamment l'étude de 2004 réalisée par SOGREAH dont les conclusions avaient amené à un gain sur les niveaux d'eau maximaux pour la crue de 1982 de 21 cm à l'aval du Pont Palissy. Les coupures de méandres étudiées s'étendaient de l'aval du Pont Palissy à la Prée Basse, de la Prée Basse à la prairie de Courbiac et de l'aval de Courbiac à l'amont de Bussac.

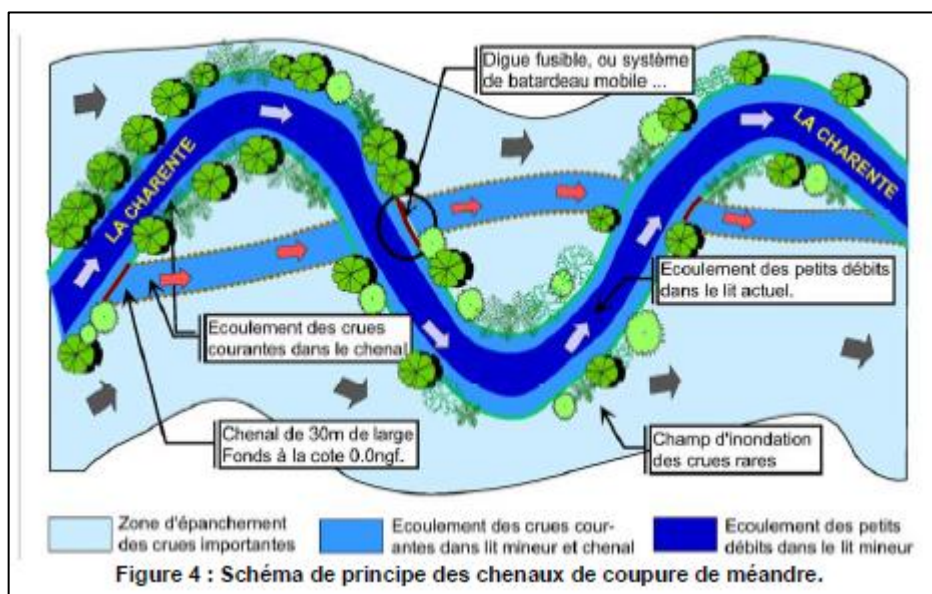


Fig. 4. Schéma de principe des chenaux de coupure de méandre

Les conclusions de l'étude de 2008 s'orientaient vers la création de deux chenaux placés dans les méandres immédiats à l'aval du Pont Palissy. L'impact obtenu par ce projet est un abaissement du niveau d'eau maximal de la Charente de 9 cm à Saintes pour une crue centennale et de 7 cm pour une crue décennale.

4. PRESENTATION DU TERRITOIRE

Pour rappel, le secteur d'étude s'étend (cf. figure ci-dessous) :

- depuis le pont de la RD 134 sur la commune de Chaniers (Beillant),
- jusqu'au pont de la D137 à Cabariot – Saint-Hippolyte en aval ; la limite aval est située à plus de 15 km en aval de l'autoroute des Oiseaux (A837).

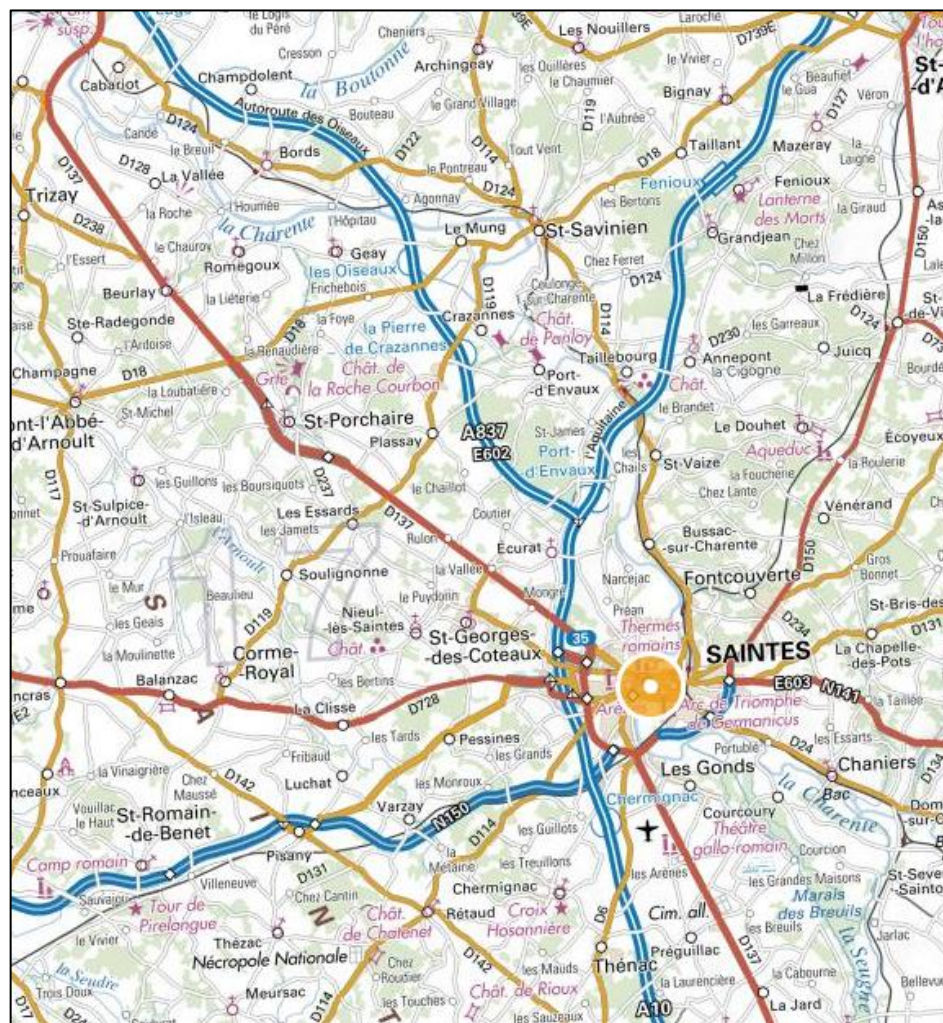


Fig. 5. Localisation du territoire d'étude (source Géoportail IGN)

Les emprises latérales de la zone d'étude, situées largement sur les coteaux de part et d'autre de la Charente, permettent ainsi d'inclure entièrement les zones potentiellement inondables de la Charente pour des crues fortes (crues supérieures aux crues centennales et allant jusqu'à la crue millénale).

Le secteur d'étude représente environ 55 km de linéaire de Charente. Sur l'ensemble de l'emprise retenue, la vallée de la Charente est constituée d'une large zone basse inondable bordée par les coteaux.

Le lit mineur de la Charente présente plusieurs méandres entre Saintes et Saint-Savinien.

Le lit majeur, variant entre 1 km et 5 km de large, présente une occupation des sols plutôt rurale (cultures) ainsi que des zones urbaines sur les communes de Saintes, Bussac-sur-Charente, Taillebourg, Port-d'Envaux et Saint-Savinien.

Le lit majeur est marqué par la présence de plusieurs éléments structurants en remblai (cf. figure suivante). On s'attardera notamment sur les cinq structures faisant l'objet de la présente étude, à savoir :

- la rocade Sud de Saintes,
- la voie ferrée (commune de Saintes),
- l'avenue de Saintonge (commune de Saintes),
- la RD127 – Chaussée Saint-James (commune de Taillebourg),
- la RD18 – communes Le Mung et Saint-Savinien.

Les protections localisées du centre-ville de Saintes au droit des quais de l'Yser et du quai Palissy font également l'objet de la présente étude.

La localisation de ces ouvrages est présentée ci-après.

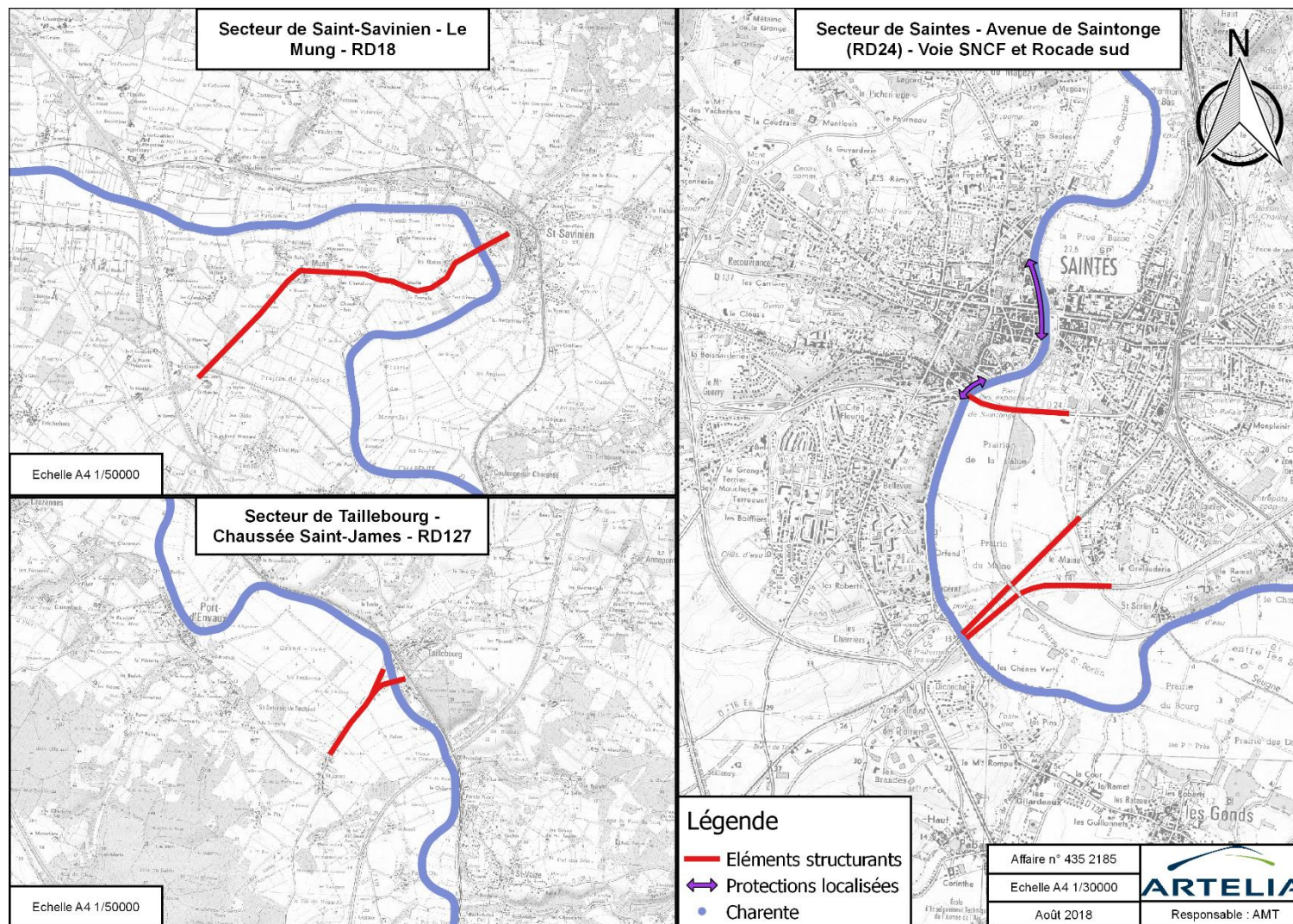


Fig. 6. Localisation des éléments structurants

4.1. LA VOIE FERREE ET LA ROCADE SUD

La voie SNCF est sous gestion de la SNCF et la rocade sud de Saintes est sous gestion de la DIR Atlantique. La voie SNCF présente une altimétrie comprise entre 14 m NGF et 9 m NGF soit une hauteur de remblai comprise entre 5 et 10 m environ. La rocade sud présente une altimétrie comprise entre 12 m NGF et 7,5 m NGF soit une hauteur de remblai comprise entre 4 et 7 m environ.

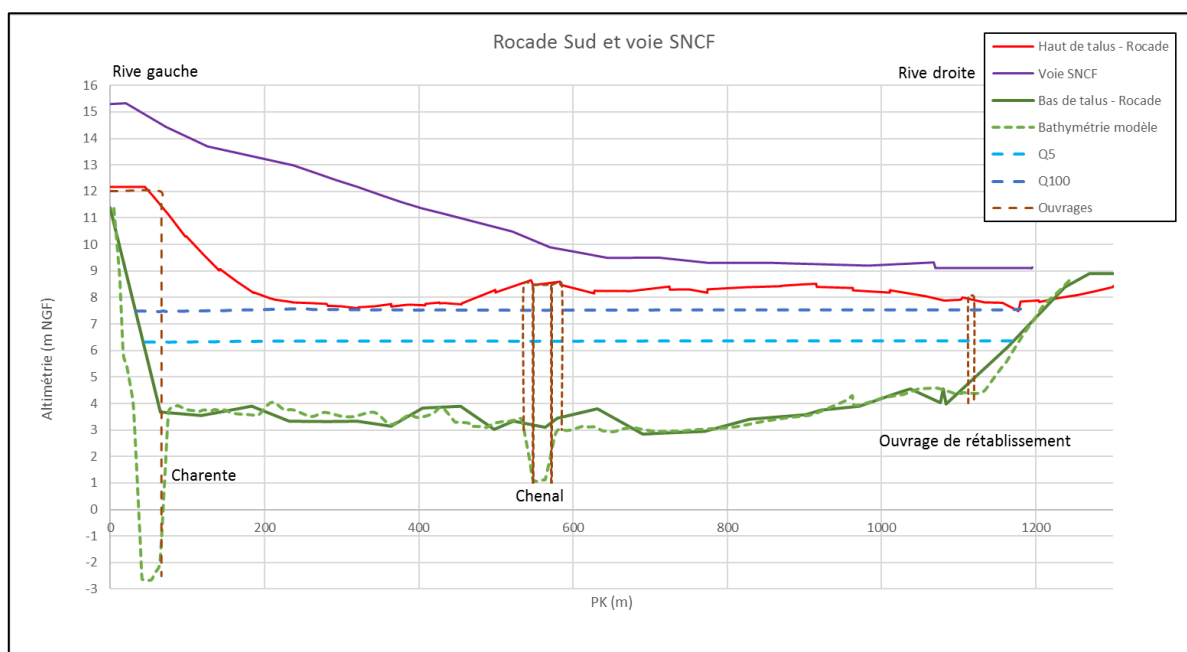


Fig. 7. Profils en long de la rocade et de la voie SNCF

Les figures ci-dessous présentent ces deux structures.

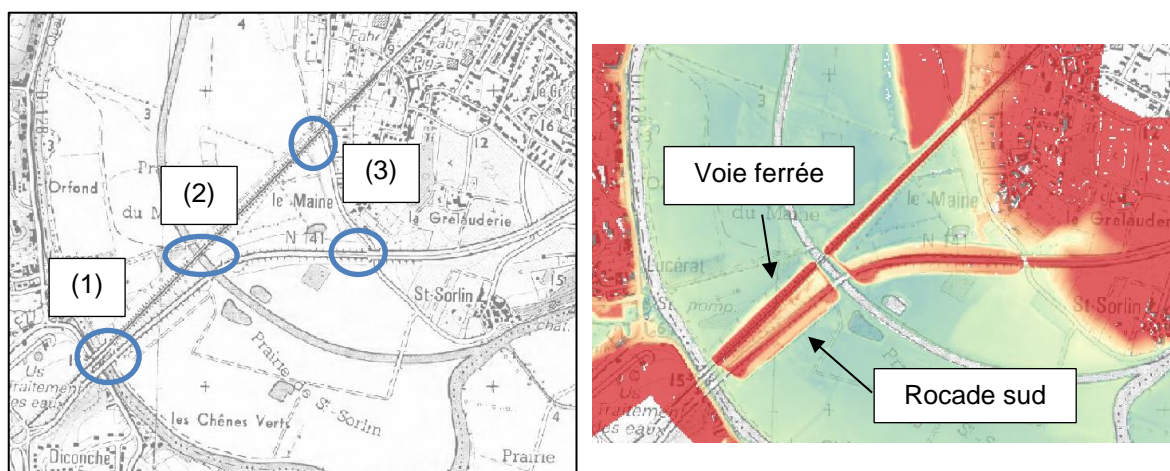


Fig. 8. Voie ferrée et rocade sud

Ces infrastructures présentent des ouvrages de types Pont.

Le Pont de Lucérat (voie SNCF) comprend :

- un ouvrage principal (1) sur la Charente dont les caractéristiques sont :
 - une arche principale de 44 m de largeur et 15 m de hauteur,
 - une arche secondaire en rive gauche de 9 m de largeur et 8 m de hauteur,
 - une arche secondaire en rive droite de 9 m de largeur et 7 m de hauteur.
- un ouvrage de décharge (2) du canal dont les caractéristiques sont trois arches de 10 m de largeur et 7,30 m de hauteur,
- un ouvrage secondaire de rétablissement (3) du chemin du Maine dont les caractéristiques sont un cadre de 4 m de largeur et 3,50 m de hauteur.



Fig. 9. Photographies du Pont du Lucérat (1 : ouvrage principal ; 2 : ouvrage de décharge)



Fig. 10. Photographie du Pont du Lucérat (3 : ouvrage de rétablissement)

La Rocade Sud de Saintes comprend :

- un ouvrage principal (1) sur la Charente dont les caractéristiques sont :
 - un cadre principal de 60 m de largeur et 12,50 m de hauteur,
 - un cadre secondaire en rive droite de 49 m de largeur et 4,70 m de hauteur, séparé du cadre principal par une pile de 2 m de largeur.
- un ouvrage de décharge (2) du canal dont les caractéristiques sont :
 - un cadre principal de 24,50 m de largeur et 6 m de hauteur,
 - deux cadres secondaires de chaque côté (séparés du cadre principal par deux pieux Ø1220) de 12,50 m de largeur et 4 m de hauteur.
- un ouvrage secondaire de rétablissement (3) du chemin du Maine dont les caractéristiques sont un cadre de 7 m de largeur et 4,60 m de hauteur.



Fig. 11. Photographies des ouvrages de la Rocade Sud (1 : ouvrage principal ; 2 : ouvrage de décharge ; 3 : ouvrage de rétablissement)

4.2. L'AVENUE DE SAINTONGE

L'avenue de Saintonge ou route départementale RD24 est actuellement sous gestion du CD17, la gestion sera transférée à la ville de Saintes. Le remblai présente une altimétrie comprise entre 10 m NGF et 7,50 m NGF soit une hauteur de remblai comprise entre 4 et 6 m.

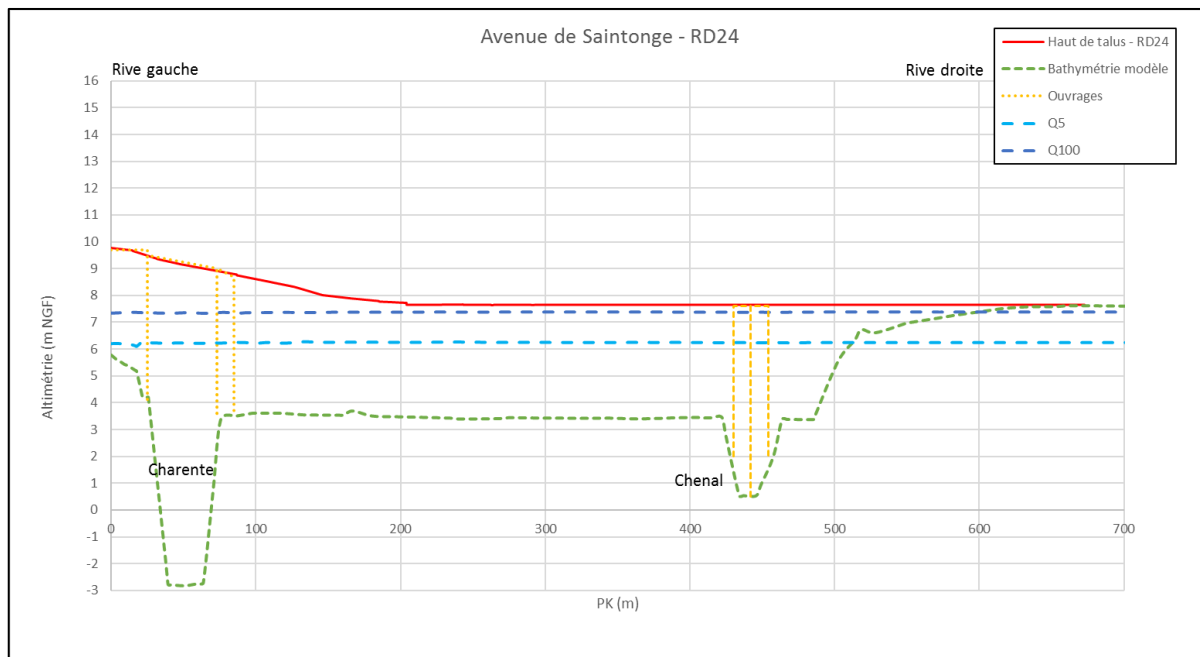


Fig. 12. Profils en long de l'avenue de Saintonge

Les figures ci-dessous présentent cette structure.



Fig. 13. Avenue de Saintonge

Cette infrastructure présente un ouvrage principal (1) sur la Charente de type Pont dont les caractéristiques sont décrites ci-dessous :

- un cadre principal de 47,50 m de largeur et 12 m de hauteur,
- un cadre secondaire en rive gauche de 12,60 m de largeur et 3,50 m de hauteur,
- un cadre secondaire en rive droite de 12,60 m de largeur et 5,50 m de hauteur.

Un ouvrage de décharge est également présent sur le canal. Celui-ci se compose de deux cadres de 12 m de largeur et 6,70 m de hauteur, séparés par une pile de 0,60 m de largeur. A proximité immédiate du cadre en rive droite du chenal, un passage ovoïde est présent au niveau du chemin reliant le Parc des Expositions à la Prairie de la Palue (sentier des Courlis).



Fig. 14. Pont de Saintonge – Ouvrage principal

4.3. PROTECTIONS LOCALISEES DE LA VILLE DE SAINTES

Seule la rive gauche du fleuve dispose de murets opaques pouvant faire office de protection contre les débordements du fleuve. Il n'existe pas de murets sur la berge en rive droite de la Charente au niveau de Saintes.

En rive gauche, au niveau des quais de l'Yser et Palissy, des murets de faible hauteur font office de protections localisées. Ces structures protègent les habitations situées en arrière pour des événements générant de très faibles débordements. Les murets ne forment pas un linéaire continu : des cales de mise à l'eau ainsi que des barrières ajourées sont identifiées. Nous précisons par ailleurs ici qu'aucune protection localisée n'est identifiée en rive droite de la Charente.

La figure ci-après localise les différents quais de la rive gauche de la Charente de la ville de Saintes. Par ailleurs, il est précisé la nature du linéaire (muret béton, muret ajouré, berge).

Les profils suivants retracent l'altimétrie de l'ensemble du linéaire des quais (quais des Roches, Palissy, Verdun, République et de l'Yser). Pour rappel, les données topographiques au niveau des quais proviennent des levés topographiques transmis par l'EPTB.

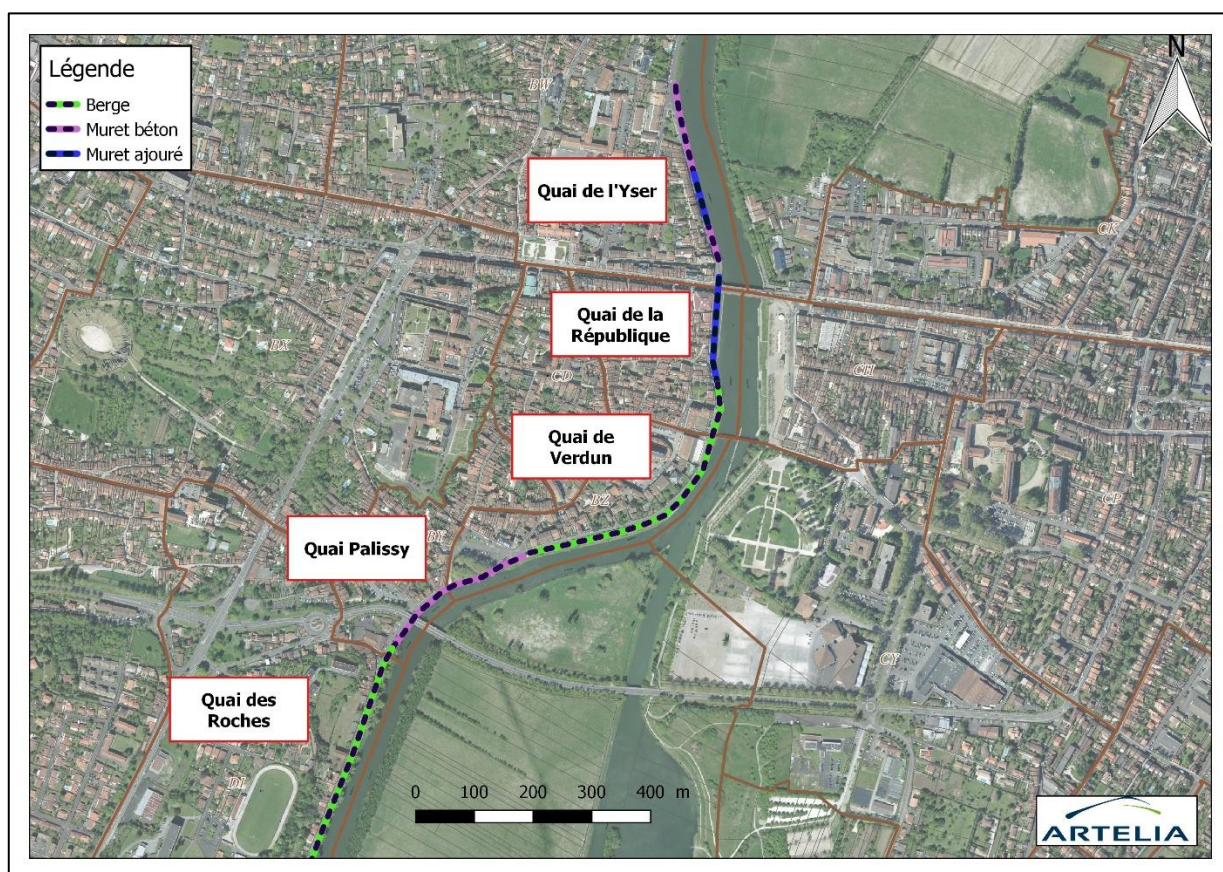


Fig. 15. Localisation des protections du centre-urbain de Saintes en rive gauche

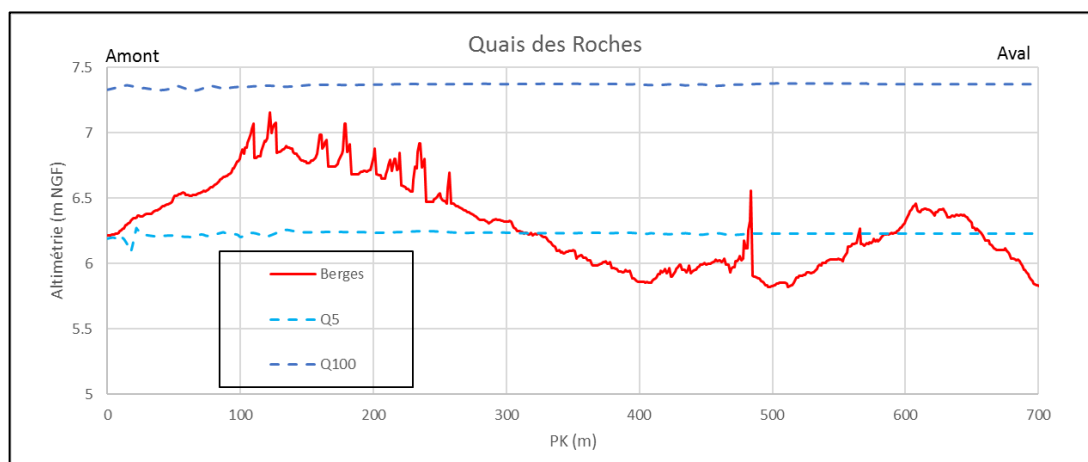


Fig. 16. Profil en long du Quai des Roches

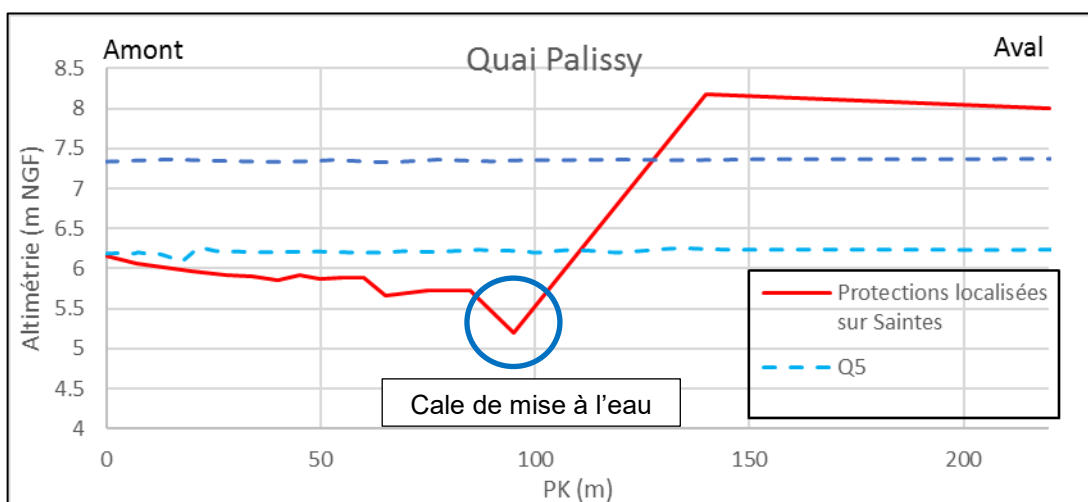


Fig. 17. Profil en long des protections localisées au niveau du Quai Palissy



Fig. 18. Photographie des protections localisées au niveau du Quai Palissy

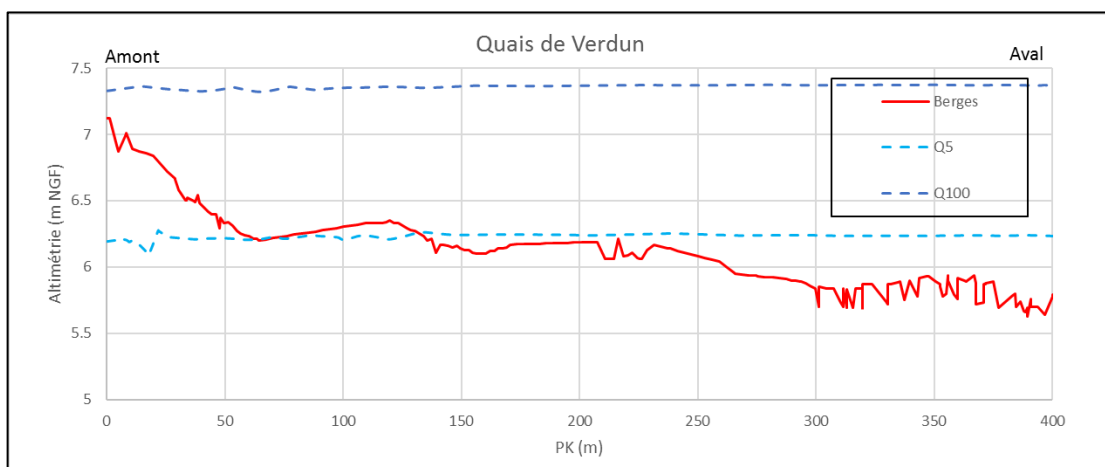


Fig. 19. Profil en long du Quai de Verdun

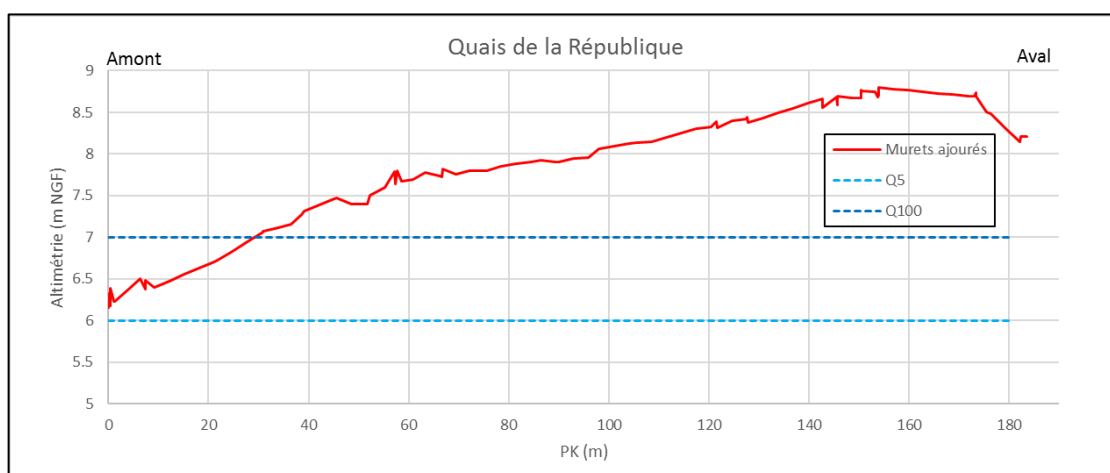


Fig. 20. Profil en long du Quai de la République

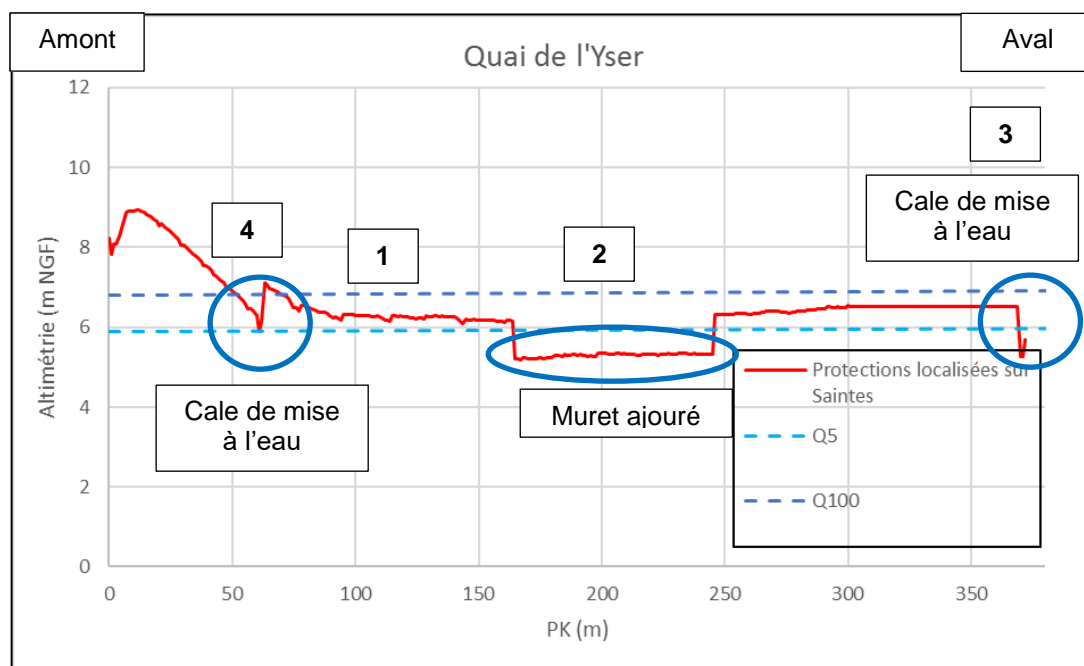


Fig. 21. Profil en long des protections localisées au niveau du Quai de l'Yser

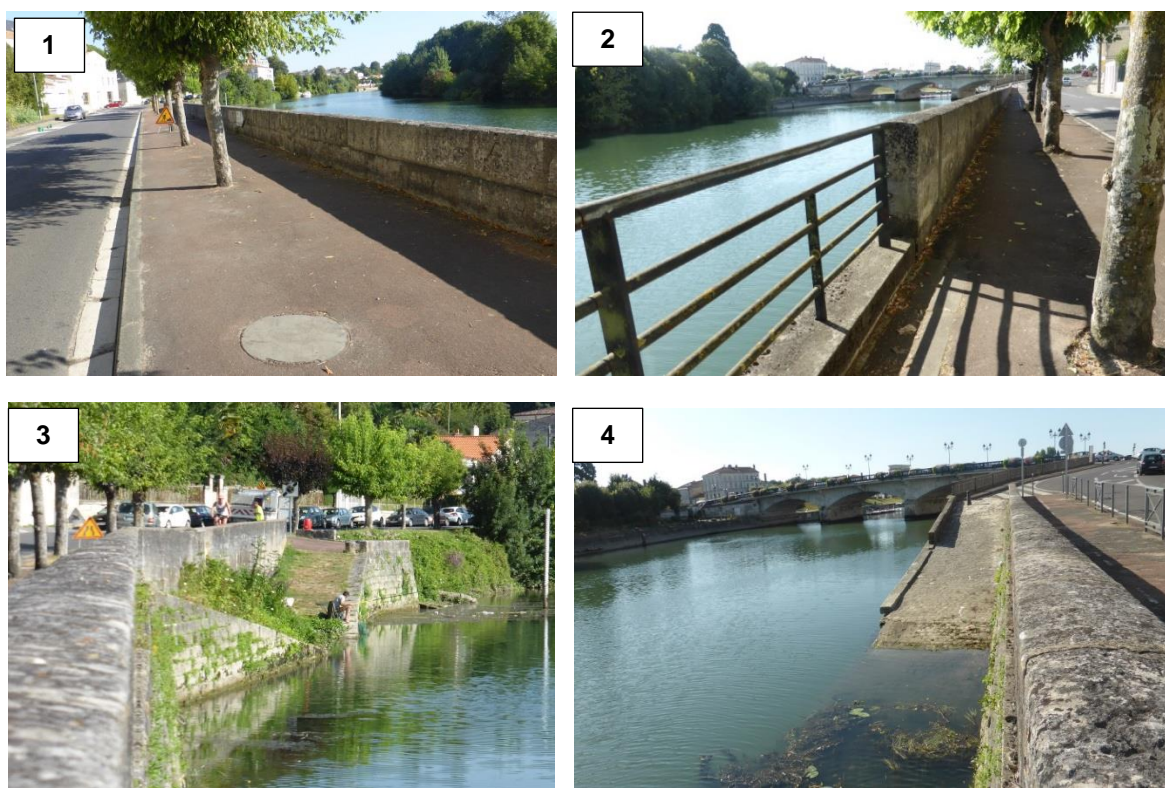


Fig. 22. Photographies des protections localisées au niveau du Quai de l'Yser

4.4. LA CHAUSSEE SAINT-JAMES

La route départementale RD127 et la chaussée de secours Saint-James sont sous gestion du CD17.

La RD127, situé au sud de la Chaussée se situe au TN. La voirie de la chaussée se situe à une altimétrie comprise entre 5,70 m NGF et 5,60 m NGF en moyenne, soit une hauteur comprise entre 2,40 m et 2,60 m environ.

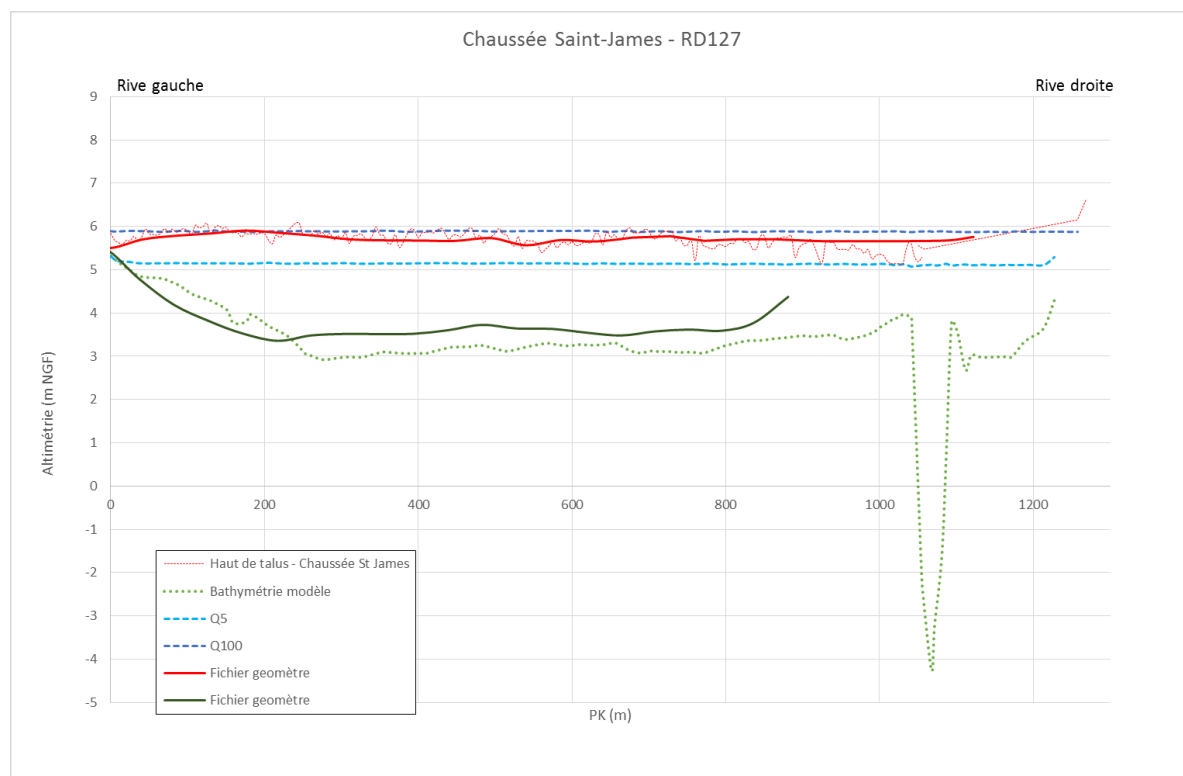


Fig. 23. Profils en long de la chaussée Saint-James

Vingt-deux ouvrages de décharge sont répartis le long de la chaussée. Ces ouvrages présentent en moyenne une largeur d'environ 4m et une hauteur d'environ 2m.

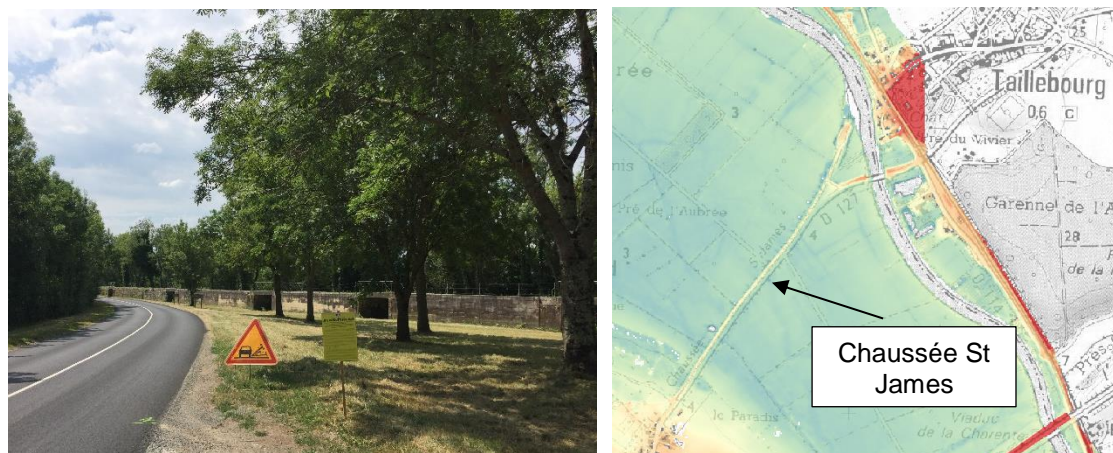


Fig. 24. Chaussée Saint-James



Fig. 25. Photographie d'un des ouvrages de décharge au droit de la Chaussée

4.5. LA RD18

La RD18 présente un remblai plus ou moins continu comprenant deux ouvrages de types buses de dimension Ø500 et deux ponts. La structure concernée ici s'étend depuis la jonction avec le canal du Moussard jusqu'à l'écluse de Saint-Savinien. Le secteur présente des zones plus hautes que la RD18.

La RD18 présente une altimétrie comprise entre 5,0 m NGF et 9,50 m NGF en moyenne. Le bas de talus de cette chaussée présente trois secteurs bas situés sous la cote des crues de la Charente : au niveau du pont de Saint-Savinien (1), au niveau du Mung (2) et au niveau du franchissement du Canal du Moussard (3).

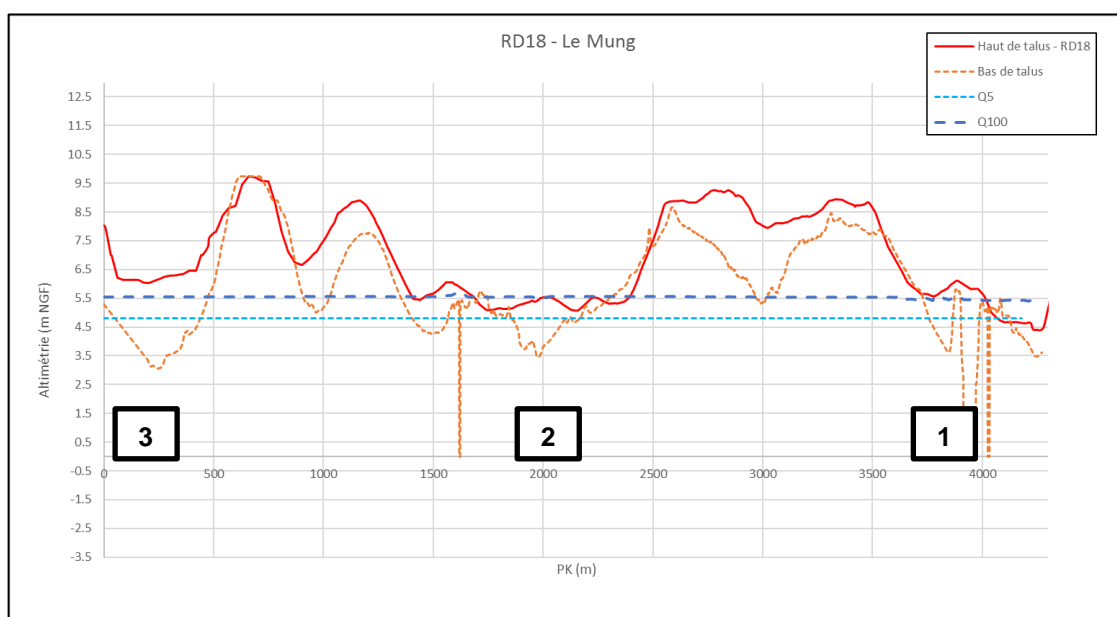


Fig. 26. Profil en long de la RD18

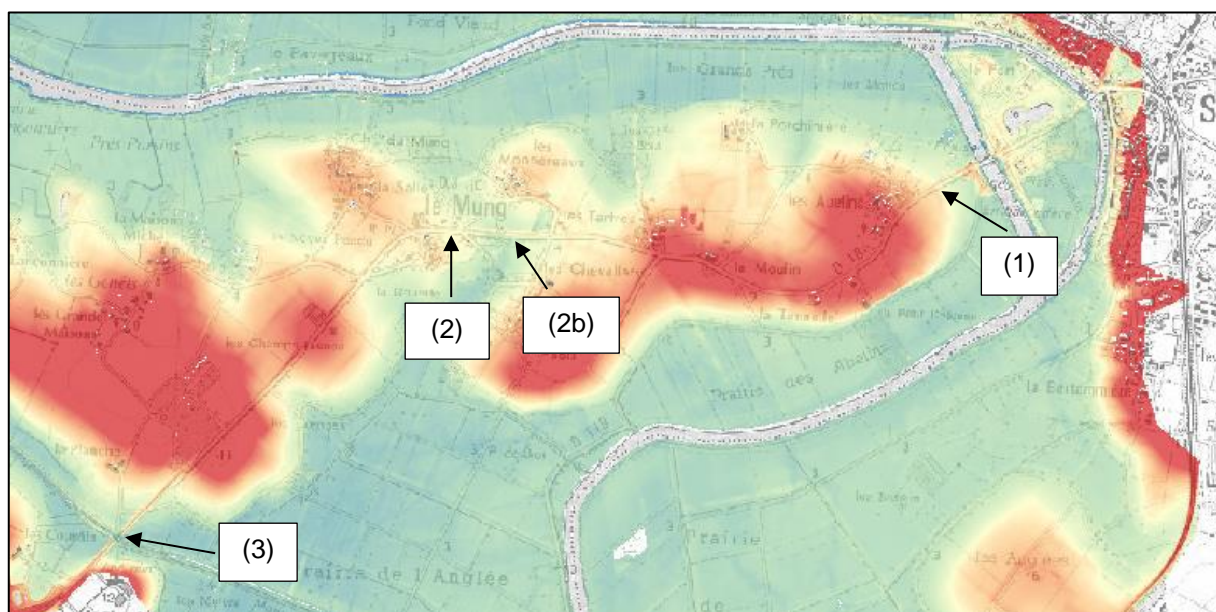


Fig. 27. Photographies prises le long de la RD18 (2b : deux buses et pont avec 2 cadres ; 3 : pont avec 3 arches)

5. MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL DE MODELISATION HYDRODYNAMIQUE

5.1. DONNEES TOPOGRAPHIQUES ET BATHYMETRIQUES EXPLOITEES

5.1.1. Données bathymétriques

Les données bathymétriques utilisées dans le cadre de l'étude proviennent d'études précédentes ou ont été transmises par l'EPTB au démarrage de la mission.

Les données bathymétriques mises à disposition sont donc :

- les levés antérieurs à 2007 (1995/2002/2005/2007 provenant de la DDE) récupérés notamment lors des études du CG17 (étude préalable de définition des protections sur l'estuaire de la Charente - ARTELIA) et de l'EPTB Charente (étude morpho-sédimentaire du lit de la Charente de l'aval de Saintes à l'aval de Saint-Savinien - SOGREAH),
- les levés 2009, 2010, 2012 (secteur de Chaniers) et 2013 (CG17).

L'ensemble de ces levés a permis d'obtenir un état bathymétrique de la Charente correspondant à la situation actuelle mais aussi à la situation de 1982, 1994 et 2000 (calage du modèle).

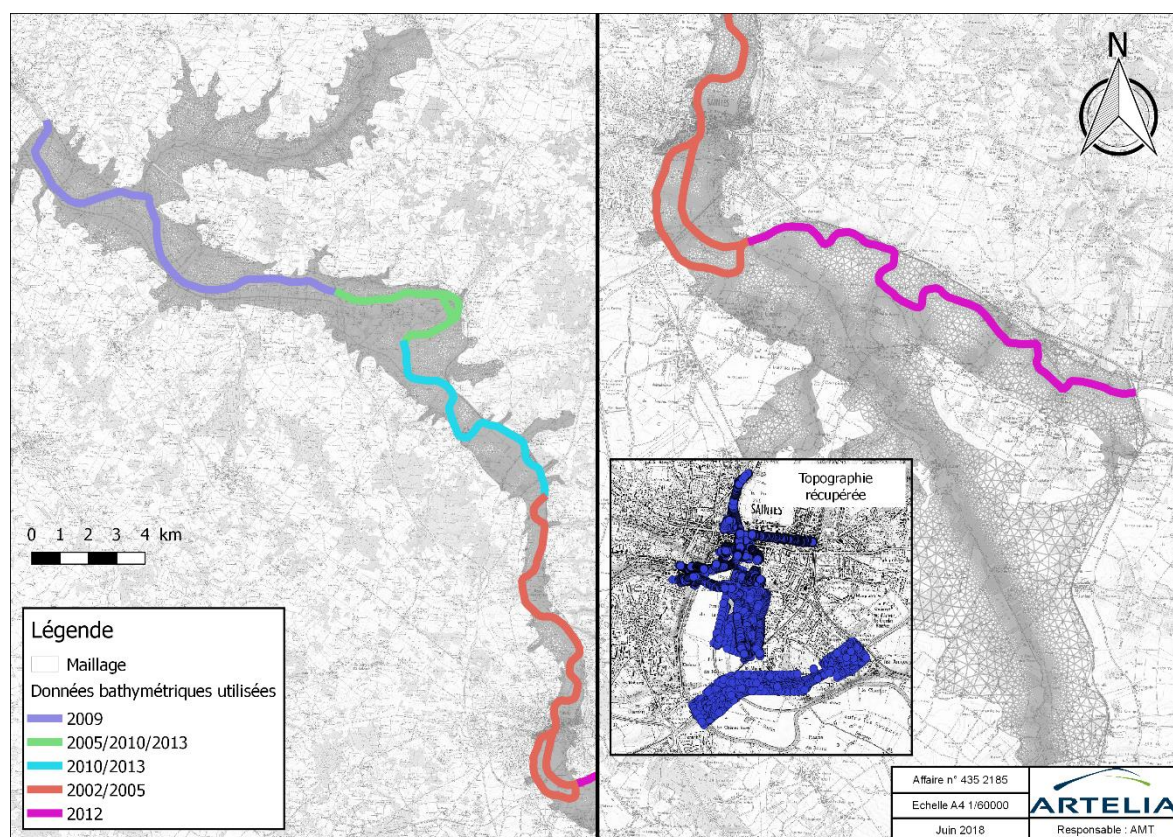


Fig. 28. Emprise des données bathymétriques et topographiques (levés géomètre)

5.1.2. Données topographiques

Les données topographiques sont issues d'une part du levé LIDAR ainsi que des levés topographiques effectués par géomètre sur la commune de Saintes.

5.1.2.1. LES DONNEES LIDAR

Les données topographiques utilisées sont issues en grande majorité du levé LIDAR. Ce dernier date de 2006/2007 et a été recueilli lors d'études précédentes.

Pour rappel, le fonctionnement « LIDAR » est détaillé ci-dessous.

La télédétection par laser ou LIDAR, acronyme de l'expression en langue anglaise « light detection and ranging », est une technologie de télédétection ou de mesure optique basée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau renvoyé vers son émetteur. Concrètement, les données topographiques LIDAR s'obtiennent par un survol aérien de la zone à traiter, et par l'envoi d'ondes sur le sol, réfléchies par la surface frappée, puis récupérées par l'engin émetteur. Le résultat est un modèle numérique de terrain des sols ainsi « scanné ». Un traitement informatique approprié permet ensuite de traiter les informations de façon à ne retenir que les données associées au sol (suppression de la végétation et du bâti entre autre).

La précision des informations ainsi obtenues permet d'obtenir une altitude du terrain naturel à ± 10 cm près², pour une résolution spatiale de 1 m².

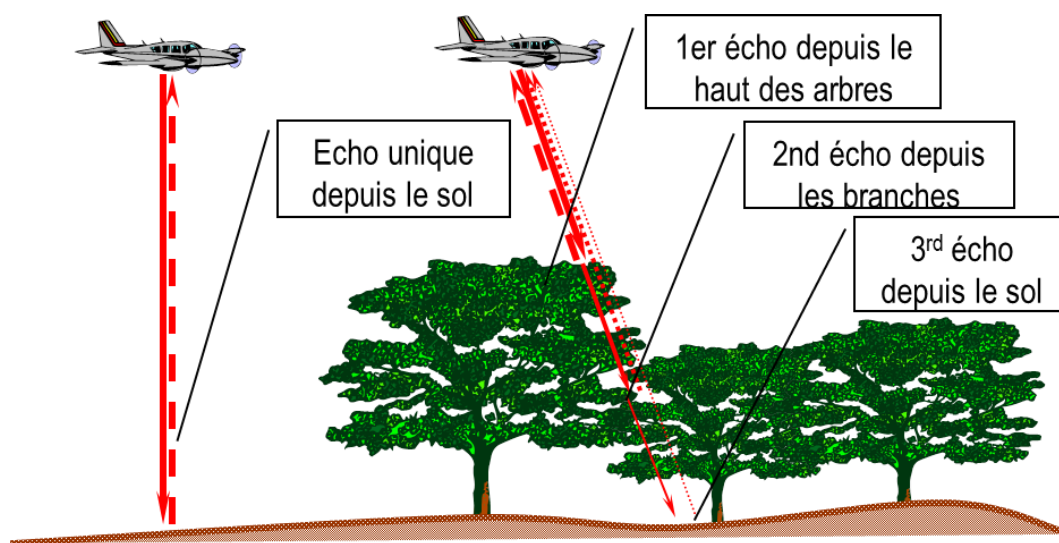


Fig. 29. Principe du fonctionnement du « scanner LIDAR »

Le LIDAR utilisé a été exploité dans le cadre de la présente étude de manière à obtenir un point tous les 1m. Le modèle réalisé offre donc une bonne précision topographique et est bien représentatif de la configuration actuelle du territoire.

La figure ci-après présente un extrait du LIDAR sur le territoire, sur le secteur de Saint-Savinien.

² Précision altimétrique annoncée par le prestataire qui a effectué les levés LIDAR pour l'EPTB.

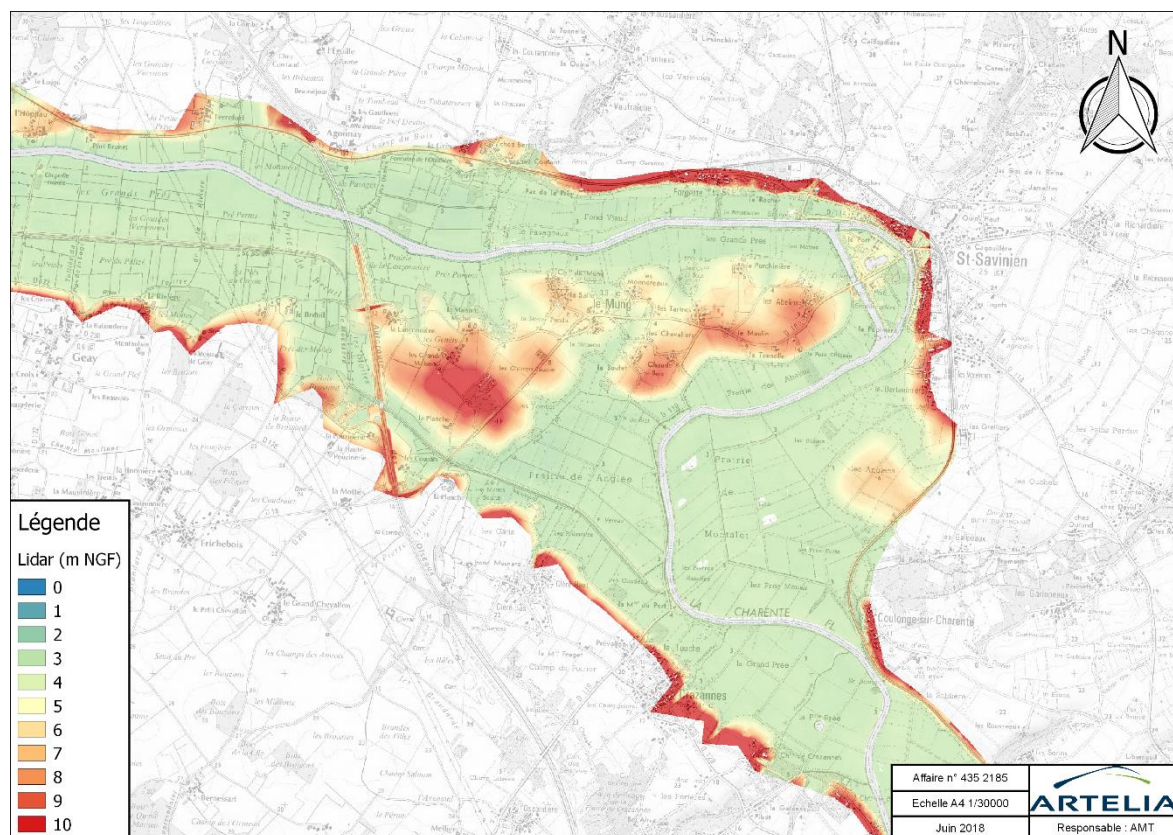


Fig. 30. Extrait du Lidar sur le secteur de Saint-Savinien

5.1.2.2. LES DONNEES TOPOGRAPHIQUES LEVEES PAR UN GEOMETRE

Plusieurs plans autocad (version dwg) ont été transmis à ARTELIA par l'EPTB et le CD17.

Ces relevés topographiques ont permis d'apporter plus de précisions altimétriques principalement sur le secteur de Saintes (rocade, avenue de Saintonge, murets localisés en rive gauche de la Charente sur Saintes, etc.).

Le tableau suivant présente les principaux éléments recueillis et intégrés dans le modèle 2D sur la commune de Saintes.

Tabl. 6 - Principaux éléments topographiques recueillis et intégrés dans le modèle 2D

Plans autocad (dwg) transmis par l'EPTB sur la commune de Saintes		
Secteur Gambetta	Quai de l'Yser	Quais de la République
Place St-Pierre	Quai de Verdun	Secteur du Jardin Public
Palue – chemin de la Prairie	Quai des Roches	Avenue de Saintonge
Rue Gautier	Secteur Bois d'amour	Rocade de Saintes

Le CD17 a transmis notamment des éléments concernant les ouvrages de Saint-Savinien. Ceux-ci ont été pris en compte dans la modélisation.

5.2. OUTIL DE MODELISATION

5.2.1. Objectifs de la modélisation

Le modèle développé et mis en œuvre doit représenter fidèlement les écoulements de la Charente en période de crue (faibles et forts débits), et notamment aux abords des différentes infrastructures en remblai à étudier. Il s'agit notamment de représenter correctement les pertes de charge générées par ces ouvrages et les remblais associés.

5.2.2. Logiciel utilisé : Telemac-2D

Le système TELEMAC (© EDF), dont fait partie TELEMAC-2D, est développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, en respect des procédures d'Assurance de la Qualité des Logiciels Scientifiques et Techniques d'EDF. Ce système logiciel est à présent mis à disposition gratuitement par EDF-DRD en open source et il peut être téléchargé sans aucun coût d'acquisition de licence.

La force de l'approche bidimensionnelle réside dans la caractérisation complète des grandeurs principales de l'écoulement – hauteur d'eau et vitesse d'écoulement – s'appuyant sur une représentation du terrain naturel fidèle au modèle numérique de terrain disponible. En effet, ce type de modèle se construit comme une maquette virtuelle du terrain à l'aide d'un maillage non structuré, constitué de facettes triangulaires 3D de taille et de forme variables.

Chaque sommet de triangle constitue un point de calcul et est caractérisé par son référencement planimétrique (X, Y), altimétrique (Z) et par un coefficient de rugosité traduisant l'état de surface du terrain. Ce coefficient est affiné lors du calage du modèle numérique.

Cette approche présente deux avantages :

- le maillage s'adapte aux géométries complexes du lit des cours d'eau, de leurs affluents, de leurs ouvrages (digues, lit mineur des rivières à méandres, îles, ouvrages, routes, rues, affluents secondaires, etc.),
- elle permet de densifier le maillage (et donc d'affiner les résultats fournis par le modèle) dans les zones d'intérêt : c'est par exemple le cas au droit des ouvrages et des zones sensibles.

Les équations décrivant la dynamique des écoulements (équations de Barré de Saint Venant) dans le lit mineur, dans la plaine inondable ou dans les secteurs urbanisés permettent de calculer en tout point du maillage, les évolutions au cours du temps du niveau d'eau et de la vitesse de l'écoulement, à la fois en direction et en intensité.

La précision spatiale des résultats obtenus est fixée par la taille des mailles du modèle bidimensionnel. Le maillage peut être affiné dans les secteurs d'hydraulique complexe ou au niveau des zones d'intérêt.

Cette approche est donc parfaitement adaptée à la détermination précise des caractéristiques des écoulements et des débordements d'un cours d'eau tels que la Charente.

5.2.3. Emprise du modèle

Le modèle s'étend en aval depuis le pont de la D137 à Cabariot jusqu'au pont de la D134 en amont à Chaniers (Beillant). L'emprise étendue par rapport au secteur d'étude permet de s'affranchir des effets liés aux limites de la modélisation numérique. Par ailleurs, les cours d'eau de la Boutonne et de la Seugne ont été intégrés au modèle afin de représenter les autres apports sur le territoire. Les figures ci-dessous présentent l'emprise du modèle.

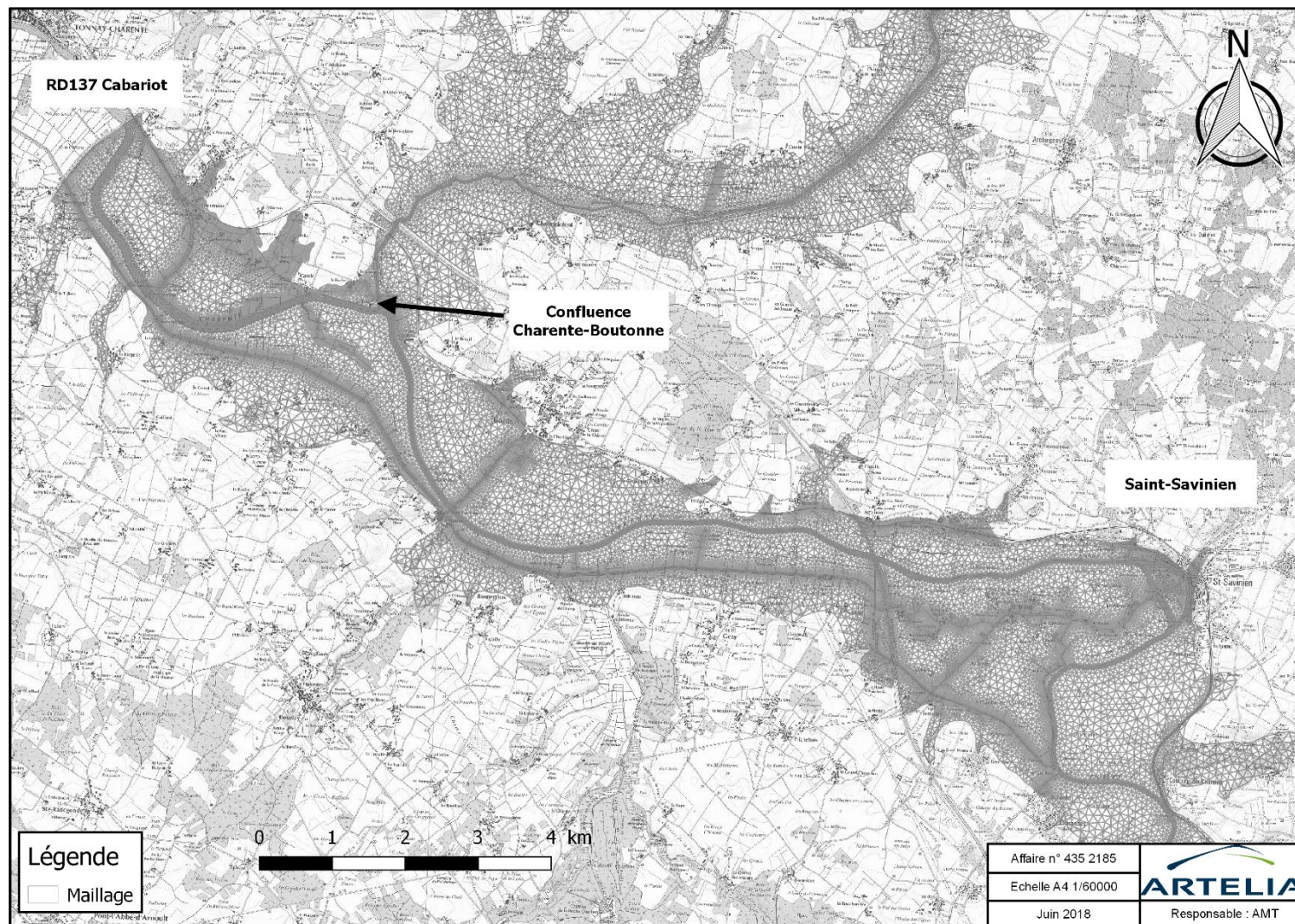


Fig. 31. Emprise du modèle (secteur aval jusqu'à Saint-Savinien)

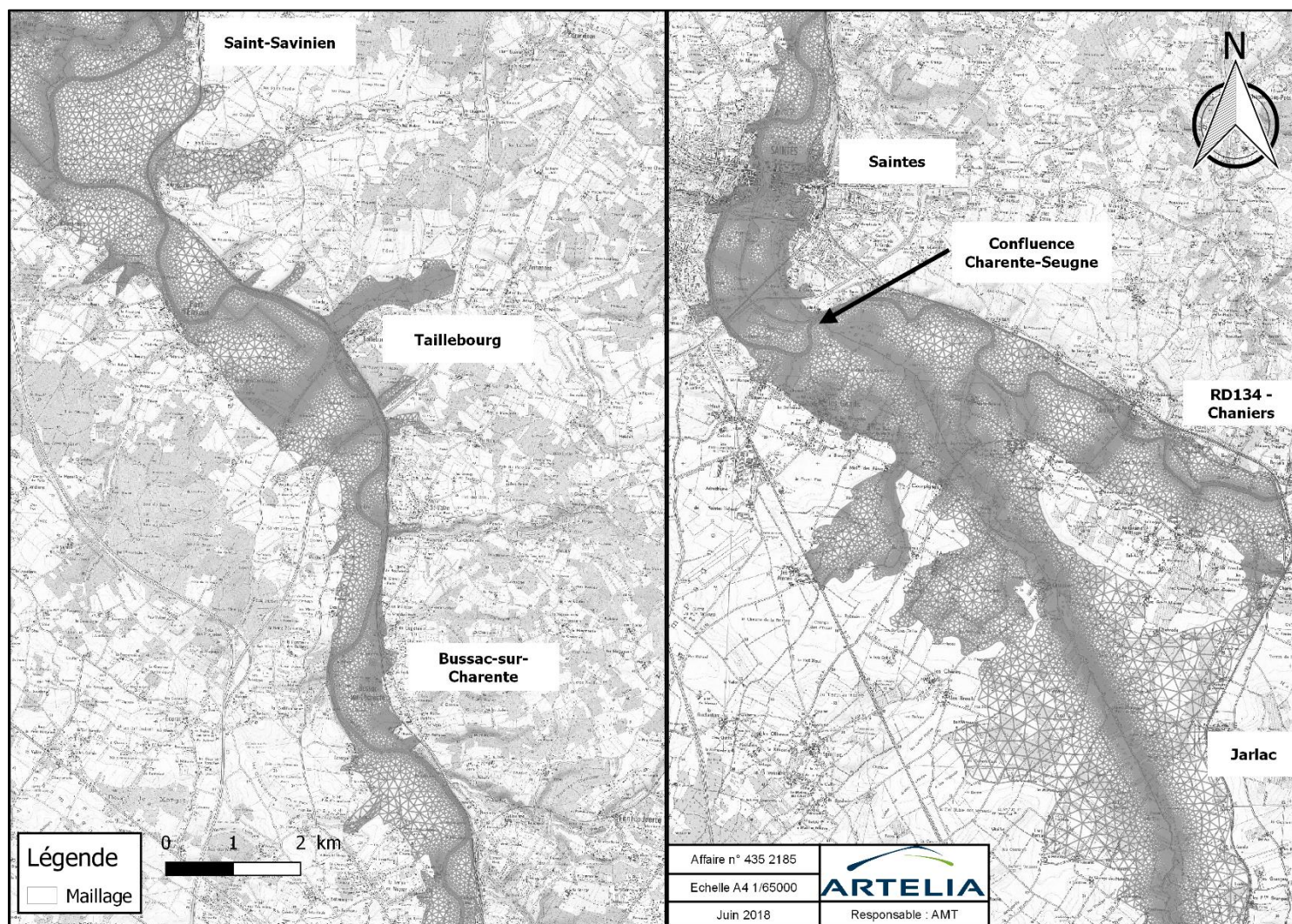


Fig. 32. Emprise du modèle (secteur amont jusqu'à Saint-Savinien)

5.2.4. Géo-référencement

Le modèle numérique de terrain est construit dans le système de coordonnées suivantes :

- Lambert II Centre pour le géo-référencement spatial,
- Nivellement Général de la France (m NGF) pour le géo-référencement altimétrique.

5.3. CONSTRUCTION DU MAILLAGE

Le maillage constitue une représentation schématique de la réalité. Du fait de cette schématisation, sa construction est une étape essentielle de la réalisation d'une étude de modélisation hydraulique.

Il est en effet indispensable que le maillage intègre et représente de manière la plus fidèle possible la réalité du terrain, et plus spécifiquement au niveau des éléments structurants. Ces éléments sont constitués par les particularités qui ont une influence sur le comportement des écoulements à leur niveau.

Sur le secteur d'étude, les éléments structurants sont nombreux et divers. Leur traitement et la manière de les représenter dans les modèles mis en œuvre sont détaillés dans les paragraphes ci-après.

5.3.1. Remblais

Les remblais font l'objet de la présente étude. Il convient donc de les représenter finement.

La représentation fine des remblais permis par la modélisation 2D permet la bonne représentation du rôle d'obstacle aux écoulements et de leur caractère éventuellement submersible. Pour cela, il est nécessaire de représenter correctement de manière conjointe l'altimétrie des pieds de talus et celle du haut (crête).

Les principaux remblais, objets de la présente étude, sont donc la RD18, la RD127, l'avenue de Saintonge et les remblais du Lucérat (rocade sud et voie SNCF).

5.3.2. Bâtiments et groupement dense de bâtiments

Dans le cadre des études menées, les très grands bâtiments ou grands groupements denses de bâtiments pouvant jouer un rôle d'obstacle pour la progression des écoulements ont été intégrés dans le maillage mis en œuvre sous la forme d'îles insubmersibles sur les secteurs de Saintes, Taillebourg et Saint-Savinien.

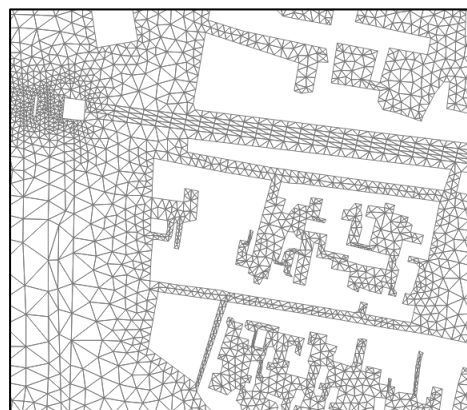


Fig. 33. Représentation des bâtiments

5.3.3. Seuils

La topographie du seuil de Saint-Savinien a été levée et intégrée dans le modèle.

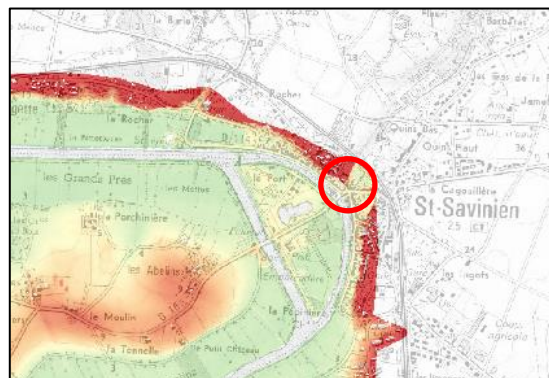


Fig. 34. Localisation du seuil de Saint-Savinien

5.3.4. Ouvrages de transparence hydraulique

Les principaux ouvrages hydrauliques présents sur le secteur d'étude ont été intégrés à la modélisation. Les ouvrages présents sur le territoire sont principalement des ouvrages de transparence sous les remblais, de type buses ou cadres.

Sur le secteur de Saint-Savinien et Taillebourg principalement, la représentation des ouvrages intègre les pertes de charge générées par la mise en charge de ces ouvrages de faible dimension.

Sur le secteur de Saintes, au niveau du chemin du Maine, ainsi que l'ensemble de franchissement du lit majeur, les ouvrages sont représentés par la topographie des fonds et leur largeur. L'influence du tablier en cas de mise en charge éventuelle de l'ouvrage n'est pas prise en compte par l'outil mis en œuvre ici.

Le réseau pluvial des zones urbanisées n'est pas représenté dans la modélisation mise en œuvre.

5.3.5. Piles des ouvrages de franchissement

L'ensemble des ponts de l'emprise d'étude est représenté dans le modèle. Les piles ont ainsi été maillées de la même manière que les bâtiments (îles insubmersibles : obstacles aux écoulements).

Cette méthode bien que contraignante (elle alourdit le modèle) permet de représenter au mieux l'information relative à la perte de charge et à la trace de l'obstacle en lit mineur.

Les principaux ponts (maillage des piles) représentés en lit mineur sont ceux identifiés sur les communes de Saintes (rocade sud, voie SNCF, avenue de Saintonge, Pont Palissy, Passerelle du Quai de Verdun), Taillebourg (A10 et D127), et la Vallée (Pont de l'Houmée).

Concernant les ouvrages de Saint-Savinien (écluse), ils sont en configuration ouverte c'est-à-dire qu'il n'y a pas de gestion du niveau d'eau en période de crue. La largeur et la hauteur des obstacles ainsi que la cote des radiers sont précisées afin de représenter au mieux l'ouverture de l'ouvrage.

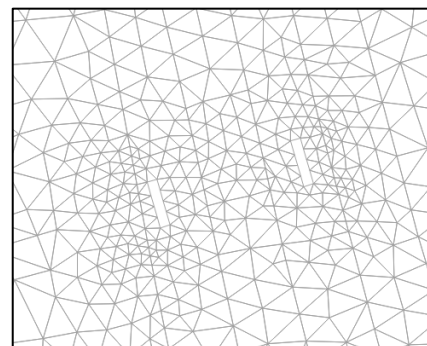


Fig. 35. Représentation des piles

5.3.6. Caractéristiques du maillage mis en œuvre

Le modèle mis en œuvre pour représenter la configuration actuelle du secteur d'étude est composé d'environ 89 300 points de calculs formant près de 168 000 mailles triangulaires.

La précision spatiale des résultats obtenus est fixée par la taille des mailles du modèle bidimensionnel. Le maillage est raffiné dans les secteurs d'hydraulique complexe ou au niveau des zones d'intérêt.

Les tailles des mailles imposées lors de la construction du modèle sont les suivantes :

- 100 m au maximum dans les zones naturelles sans contraintes hydrauliques particulières (et sans singularités),
- 40 à 50 m dans la longueur (sens du courant) dans le lit mineur de la Charente et dans le chenal à Saintes et en moyenne 20 à 30 m dans la largeur,
- 15 à 20 m dans la longueur (sens du courant) dans le lit mineur de la Seugne et en moyenne 5 à 10 m dans la largeur,
- 10 à 20 m pour les routes en remblai,
- 0,5 à 5 m pour les piles des ponts, le seuil.

5.3.7. Topographie et bathymétrie du modèle

Les figures ci-après présentent la topographie/bathymétrie du modèle réalisé pour la configuration de référence (état actuel des sols + travaux PAPI).

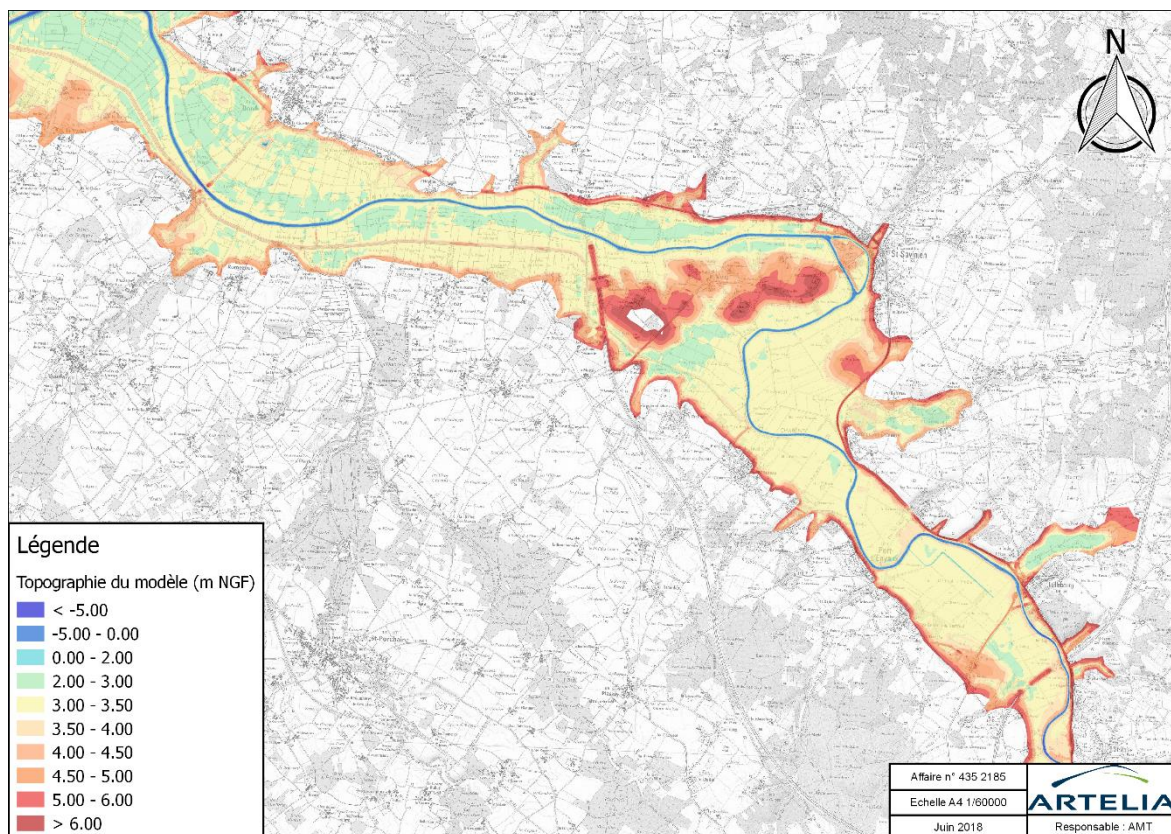


Fig. 36. Topographie/bathymétrie du modèle (secteurs de Saint-Savinien – Taillebourg)

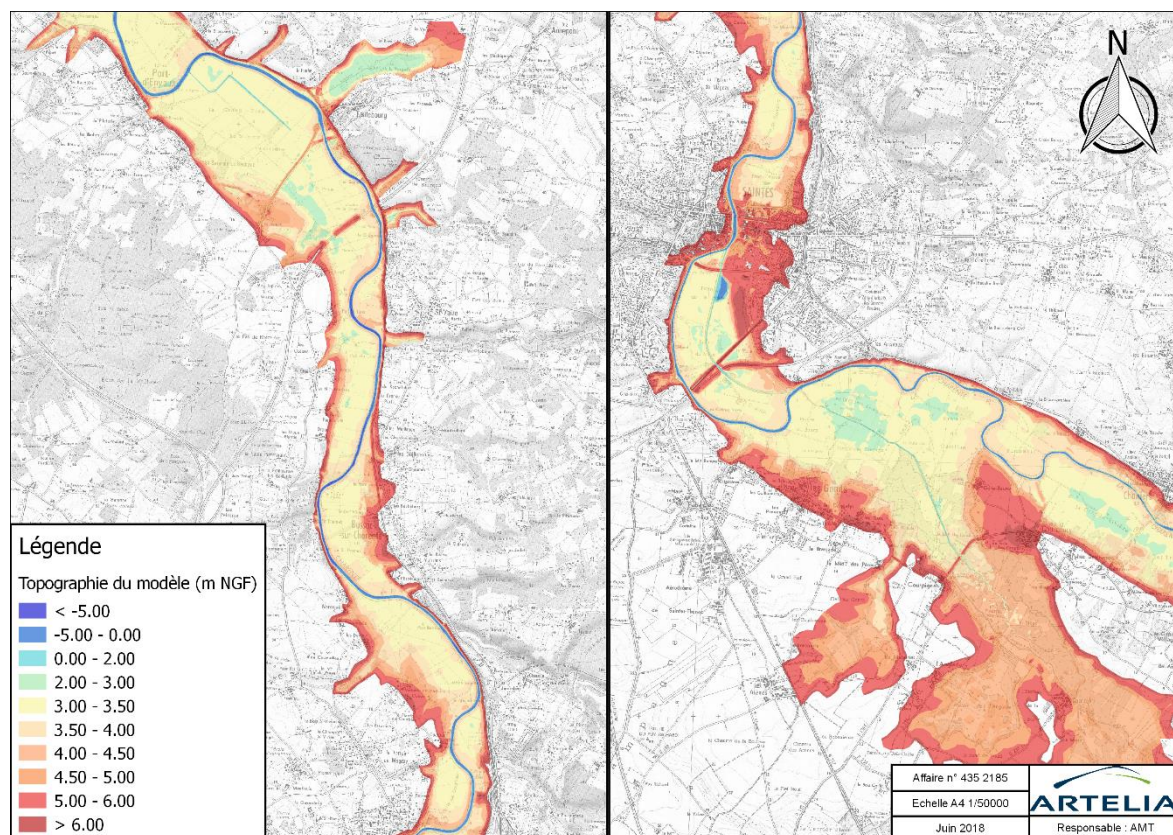


Fig. 37. Topographie/bathymétrie du modèle (secteurs de Taillebourg – Saintes amont)

5.4. HYPOTHESES ET LIMITES ASSOCIEES : INTERPOLATION ENTRE LES POINTS DE CALCUL

Les limites associées à la modélisation mise en œuvre sont liées aux hypothèses propres, au modèle bidimensionnel et à la précision des données de base, qui ont servi à son élaboration.

La précision des résultats obtenus est directement liée à la précision :

- des données d'entrée,
- de la taille des mailles du maillage : les résultats obtenus à une échelle spatiale inférieure à la taille d'une maille sont directement interpolés à partir des résultats des points de calculs de la maille (sommet du triangle).

La limite de la zone inondée ne peut être déterminée de manière précise avec un modèle présentant des mailles de tailles trop importantes. En effet, la limite inondable est déterminée en considérant la dernière maille en eau et la suivante, ce qui induit le calcul d'une rehausse artificielle du niveau d'eau lors de l'exploitation du modèle. Cette rehausse tend donc à surestimer l'emprise de la zone inondée. Ce phénomène est illustré sur la figure suivante.

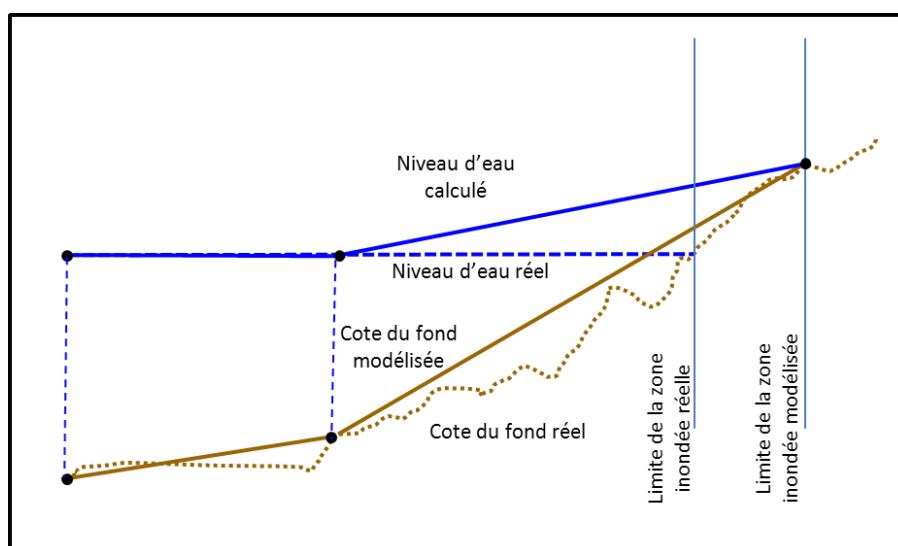


Fig. 38. Interpolation du niveau d'eau entre deux points de calcul

Dans le cadre de la présente étude, les résultats affichés sont bruts, c'est-à-dire qu'aucune méthode de post-traitement des données n'est effectuée.

6. ANALYSE HYDRAULIQUE

6.1. PRESENTATION DES EVENEMENTS HYDROMETEOROLOGIQUES

Le modèle propose la prise en compte des apports des débits de la Charente et de la Seugne en amont du domaine d'étude, mais également ceux des bassins versants principaux débouchant tout au long de l'emprise du modèle mis en œuvre comme c'est le cas de La Boutonne.

Le niveau aval imposé dans le modèle est déterminé par la marée et le niveau de la Charente.

Dans le cadre de la présente étude, le débit d'apport de la Seugne est considéré comme constant au cours de l'évènement. Cette hypothèse simplificatrice permet :

- de proposer une hypothèse faiblement impactante sur le comportement hydraulique à représenter, les débits de la Seugne étant faibles par rapport à ceux de la Charente à la confluence, et les hydrogrammes de la Seugne présentant peu de variations à l'échelle des crues à étudier,
- de s'affranchir des problématiques de concomitance des crues des deux cours d'eau,
- de caractériser les périodes de retour des évènements hydrométéorologiques considérés par rapport au débit de pointe au Pont Palissy,
- de conserver les limnigrammes enregistrés à cette station lors des évènements étudiés (1982, 1994 et 2000),
- de proposer une légère schématisation de la réalité sur l'emprise du modèle en amont de la confluence des deux cours d'eau, donc sur les secteurs situés en dehors de la zone d'étude.

Cette hypothèse est donc cohérente au regard des objectifs assignés à la présente mission.

6.1.1. Crue de décembre 1982

Les débits atteints pour la crue de décembre 1982 sont évalués à une période de retour centennale sur Saintes. Il s'agit de l'événement historique majeur connu sur ce secteur.

Pour rappel, le débit de pointe à Saintes est de $815 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2006).

La figure ci-dessous présente les hydrogrammes imposés aux frontières amont du modèle (la Charente à Beillant et la Boutonne). Concernant la Seugne, le débit imposé est considéré comme constant dans le modèle soit $Q=115 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2006). A noter que nous reprenons les débits issus des études antérieures (SOGREAH 2006, 2008 et 2009).

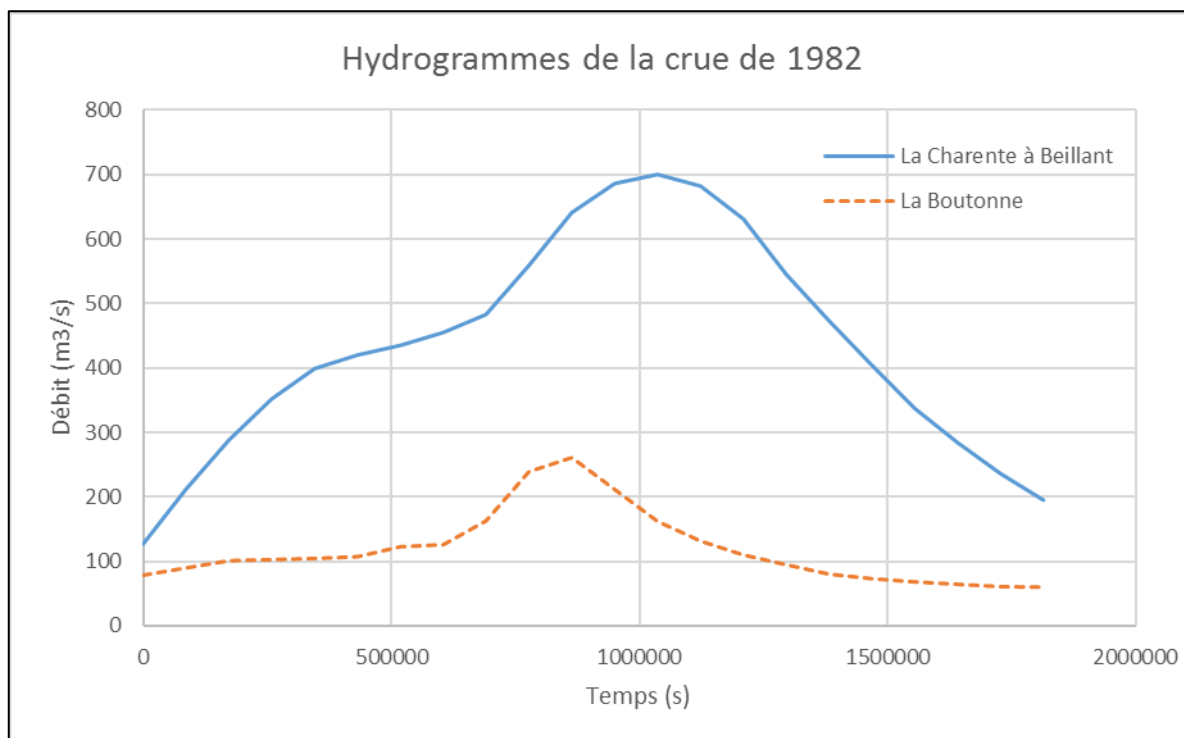


Fig. 39. Hydrogrammes de la crue de décembre 1982

Remarque : L'EPTB Charente a démontré, par le biais d'une étude menée par le bureau d'études HYDRATEC en 2006, qu'un même événement pluviométrique que celui de 1982 pourrait induire aujourd'hui des hauteurs d'eau supérieures à celles observées en 1982 de 20 cm environ à Cognac et 10 cm environ à Saintes.

Ceci est dû à la modification des caractéristiques du bassin versant (modification du type de culture, de l'urbanisation, ...) qui, pour le même événement météorologique que celui qui s'est produit en 1982, induirait un ruissellement plus important vers le lit mineur et donc un accroissement des débits par rapport à ceux générés en 1982. L'accroissement des débits de 1982 pour un état actualisé des sols est évalué à + 10% soit une valeur de 896,5 m³/s à Saintes (Hydratec, 2006).

A noter que dans le cadre de la présente étude, nous conservons un débit de pointe de 815 m³/s pour le calage de la crue de 1982 (état des sols de 1982). Concernant l'événement de référence Q100, nous utilisons ce même débit de pointe (débit de la crue de 1982 non revu). Ce point, validé en CoTech, s'explique par les doutes existants sur le calcul de ce débit et sur les interrogations sur la période de retour à lui associer.

6.1.2. Crue de janvier 1994

La crue de janvier 1994 présente une période de retour cinquantennale et son débit de pointe à Saintes est de 750 m³/s (SOGREAH, 2006). Tout comme la crue de 1982, le débit imposé de la Seugne est considéré comme constant dans le modèle soit Q=100m³/s (SOGREAH, 2006). Par ailleurs, le débit de la Boutonne a été redéfini dans le cadre de l'étude pour la crue de 1994. Le débit de la Boutonne est considéré comme constant dans le modèle soit Q=120m³/s. A noter que le débit de la Boutonne n'a pas d'influence sur le niveau d'eau en aval immédiat de la commune de Saint-Savinien.

La figure ci-dessous présente l'hydrogramme imposé à la frontière amont du modèle (la Charente à Beillant).

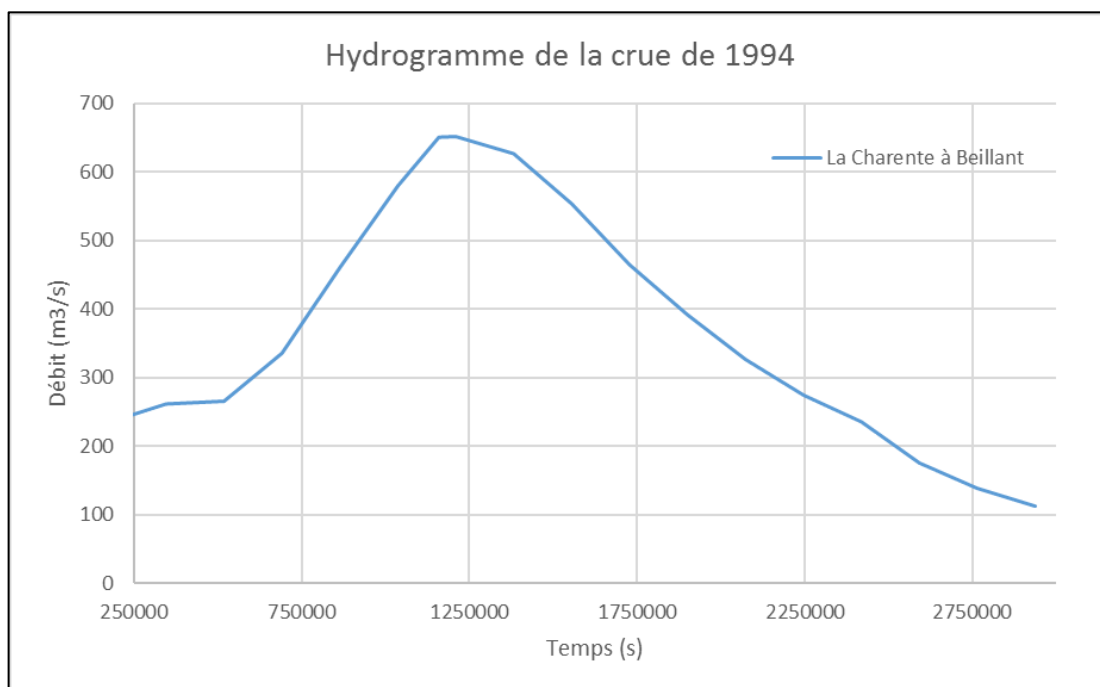


Fig. 40. Hydrogramme de la crue de janvier 1994

6.1.3. Crue de novembre 2000

La crue de novembre 2000 présente une période de retour de l'ordre de 5/6 ans et son débit de pointe à Saintes est de $510 \text{ m}^3/\text{s}$. Tout comme les crues de 1982 et 1994, le débit imposé de la Seugne est considéré comme constant dans le modèle soit $Q=80 \text{ m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2006). Par ailleurs, le débit de la Boutonne a été redéfini dans le cadre de l'étude pour la crue de 2000. Le débit de la Boutonne est considéré comme constant dans le modèle soit $Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$.

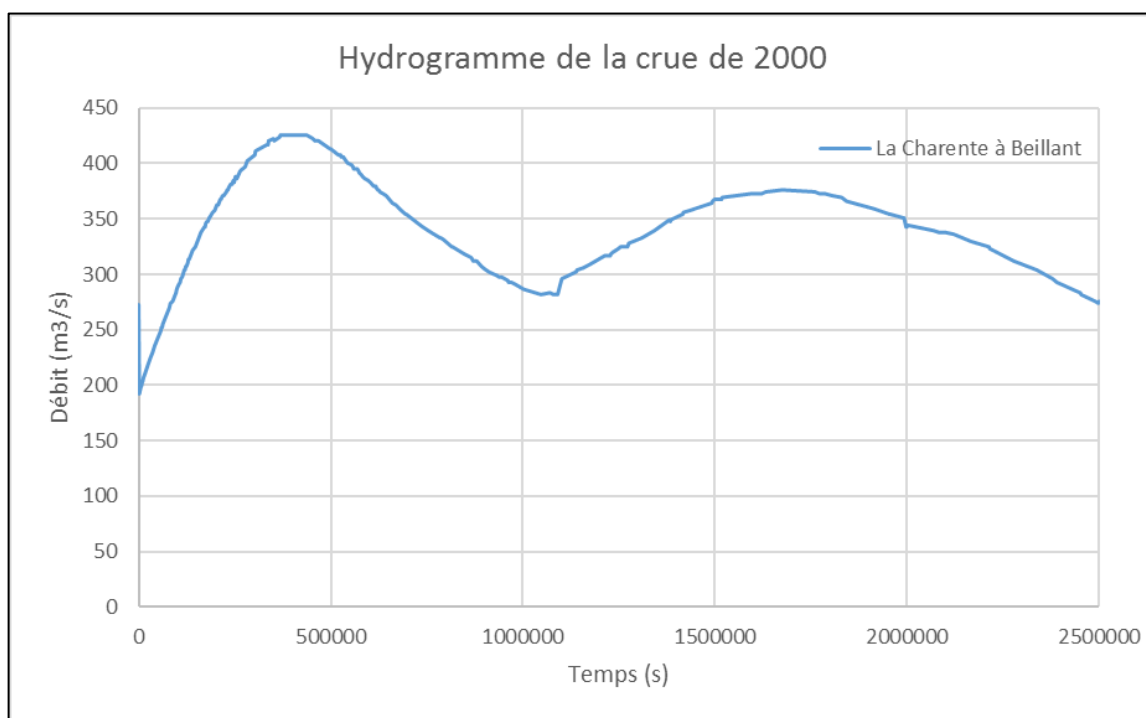


Fig. 41. Hydrogramme de la crue de novembre 2000

6.1.4. Condition limite aval

La frontière aval du modèle mis en œuvre spécifiquement dans le cadre de la présente étude (secteur de Tonnay-Charente) se situe dans une zone sous influence fluvio-maritime. Cela signifie que l'onde de marée qui remonte dans l'estuaire de la Charente est influencée par les débits fluviaux de la Charente, qui influent sur le niveau moyen et sur l'amplitude de la marée.

Afin de représenter dans la présente étude l'influence spécifique des différents débits étudiés sur les marées imposées à l'aval de l'outil de modélisation, un modèle de grande emprise de l'estuaire de la Charente (modèle développé par ARTELIA dans le cadre des études réalisées pour la réalisation du PPR de la Charente aval) a été exploité.

Ce modèle intègre l'ensemble du territoire de la Charente aval sous influence maritime, depuis les Pertuis à l'aval jusqu'à Chaniers à l'amont. Ce modèle a permis de déterminer les marégrammes de la marée à imposer dans le cadre de la présente étude représentatifs des événements à étudier (un événement est ici composé d'une chronique de marée et des hydrogrammes de la Charente et de ses affluents).

En premier lieu, ce modèle a donc été exploité pour déterminer les marégrammes pour les trois crues de calage retenues pour la présente étude. Ces marégrammes sont donc définis à partir des conditions de marées réelles observées au large de l'estuaire au moment de survenance de ces trois crues et par les chroniques de débits enregistrés (ou reconstitués) en amont.

Les figures ci-dessous présentent les marégrammes ainsi définis et imposés dans le modèle à Tonnay-Charente pour les événements de calage 1982, 1994 et 2000.

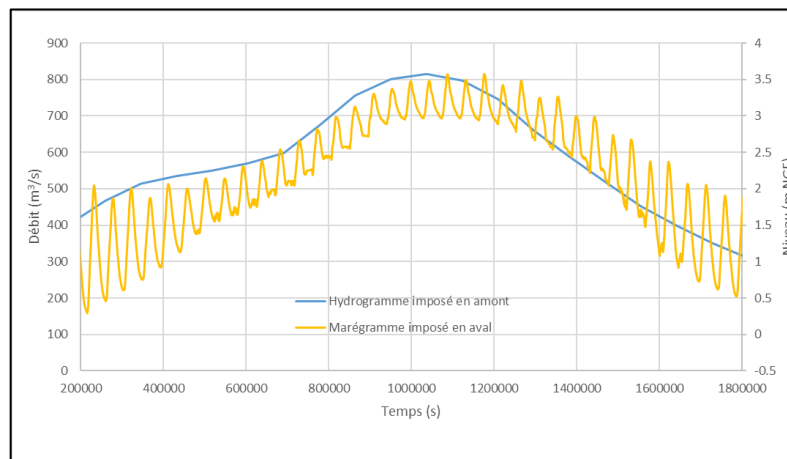


Fig. 42. Marégramme imposé en aval lors de la crue de 1982

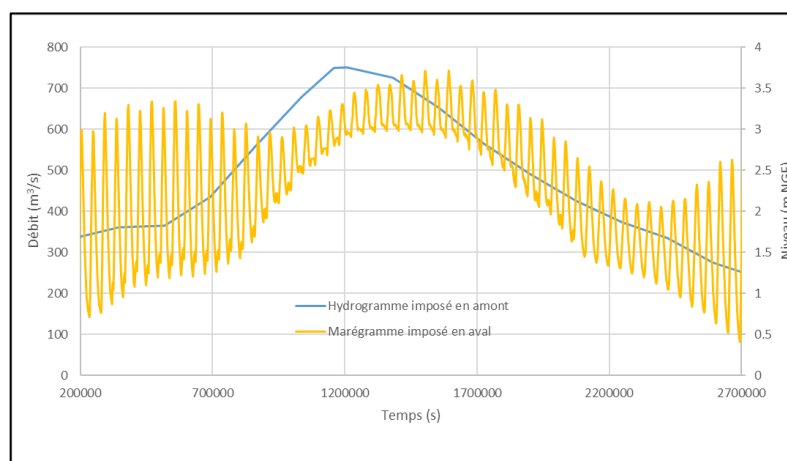


Fig. 43. Marégramme imposé en aval lors de la crue de 1994

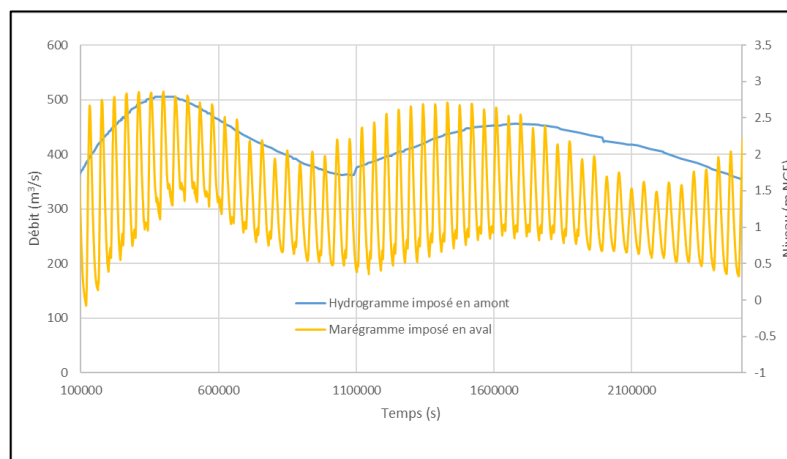


Fig. 44. Marégramme imposé en aval lors de la crue de 2000

6.2. CALAGE ET VALIDATION DU MODELE

6.2.1. Principes

Le principe du calage consiste à reproduire le plus fidèlement possible les écoulements naturels observés, principalement par l'ajustement des coefficients de rugosité des sols (coefficient de Strickler) qui traduit le frottement plus ou moins important de l'eau sur le sol en fonction de l'état de la surface du terrain. **Le calage du modèle hydraulique constitue une étape essentielle de la modélisation car il conditionne la qualité et la validité des résultats ultérieurs du modèle.**

En fonction de l'occupation des sols déterminée à partir de l'enquête de terrain et de l'analyse des photographies aériennes, un coefficient de rugosité a été affecté par secteur homogène du territoire (lit majeur, lit mineur, secteur urbanisé, secteur rural, secteur boisé...). La rugosité exprime la nature du sol.

Ainsi, un secteur fortement végétalisé présente une rugosité importante et les écoulements y sont freinés. A contrario, le lit d'un cours d'eau constitué de sédiments fins présente une rugosité faible, ce qui favorise les écoulements.

Le modèle permet ensuite de représenter un événement hydrologique passé. Les coefficients de rugosité sont alors ajustés, par essais successifs, afin de représenter correctement, à l'aide du modèle, les laisses de crues cohérentes recensées sur le cours d'eau concerné.

La phase de validation consiste alors à valider les paramètres retenus lors de la phase de calage du modèle. Pour cela, lorsque cela est possible, et sans modifier les coefficients retenus lors de la phase de calage, un second (ou plusieurs) événement(s) hydrologique(s) connu(s) est (sont) modélisé(s). La bonne représentation des laisses de crues correspondantes par le modèle permet de valider la représentativité du modèle et des paramètres de calcul qui y sont associés. La validation du modèle permet d'apprécier la qualité et la précision de ce dernier.

Dans le cas de la présente étude et au vu des informations disponibles, la crue de décembre 1982 est retenue comme événements de calage pour la Charente et les crues de janvier 1994 et de novembre 2000 comme événements de validation.

Pour chaque événement, il est nécessaire de représenter l'occupation des sols de l'époque. Le paragraphe 6.2.3 présente l'historique de l'évolution de l'occupation des sols.

6.2.2. Remarques

La quantification de la bonne représentativité des conditions hydrodynamiques observées par le modèle se fait par la comparaison des résultats obtenus avec les informations disponibles et recueillies pour les événements modélisés.

Il est important de noter que les informations relevées correspondent essentiellement en des laisses de crues situées dans le lit majeur, qui indiquent le niveau maximal atteint ponctuellement par la crue.

Il convient de rappeler que les niveaux obtenus en lit majeur peuvent être légèrement différents de ceux obtenus et/ou observés en lit mineur au droit de ceux-ci. Ceci se traduit par l'inflexion des isocotes des niveaux d'eau maximaux dans le lit majeur au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lit mineur et/ou sous l'effet d'éléments structurants du lit majeur (perte de charge).

De plus, rappelons qu'il existe différents degrés d'incertitudes sur les laisses de crues qui se révèlent plus ou moins fiables.

Enfin, certaines informations correspondent à un niveau d'eau maximal atteint au cours de la crue sous influence directe d'un élément structurant (mur créant un point d'arrêt...). Le niveau d'eau associé, bien qu'observé au cours de la crue n'est donc pas forcément représentatif du niveau d'eau de la crue elle-même, mais de sa charge hydraulique ($\text{charge} = \text{niveau} + V^2/2g$).

Les éléments ayant conduit très localement à de tels niveaux ne sont pas nécessairement intégrés dans le modèle mis en œuvre dans le cadre de la présente étude, dont l'objectif est de représenter correctement les conditions hydrodynamiques (niveaux et vitesses) générales associées aux crues de la Charente. Ces éléments sont les murets/clôtures au droit des bâtiments, les petits ouvrages de types buses en limite de modèle.

6.2.3. Historique de l'évolution de l'occupation des sols

Le modèle doit être calé sur la base des données relatives aux crues historiques, il est important de s'attarder sur l'évolution de l'occupation des sols et des obstacles aux écoulements.

La méthodologie retenue a donc été de construire un modèle par crue en tenant compte de l'état des sols de 1982, 1994 et 2000 pour le calage et la validation.

Le modèle final utilisé pour la définition des aléas de référence (simulation des quatre crues de référence) représente la configuration de référence : c'est-à-dire qu'il prend en compte l'état actuel des sols ainsi que les travaux validés dans le cadre de l'avenant au PAPI 2016 (Action VII.F.2 : Mise en œuvre des travaux de dévasement du Fleuve Charente entre Port-d'Envaux et le Pont de l'A837 à Saint-Savinien-sur-Charente).

L'ensemble des modèles sont construits sur les mêmes hypothèses et la même méthodologie de représentation afin d'assurer une cohérence de représentation entre les différents états. Ainsi, un modèle par crue a été réalisé. Les coefficients de frottements ont été ajustés en fonction de l'occupation des sols (terrain naturel, présence de remblais).

Les modifications historiques d'occupation des sols qui peuvent affecter l'hydrodynamique du territoire sont décrites ci-après.

1. Etat de 1982

Les principaux aménagements non pris en compte dans l'état de 1982 sont :

- les dragages de Saint-Savinien,
- les aménagements du chenal dans la prairie du Maine à Saintes,
- la construction de la rocade sud de Saintes,
- l'extension du remblai de la prairie de la Palue jusqu'au remblai SNCF à Saintes,
- la construction de l'autoroute A837 (autoroute des Oiseaux),
- le rehaussement des chemins du Maine.

2. Etat de 1994

Les principaux aménagements non pris en compte dans l'état de 1994 sont :

- les dragages de Saint-Savinien,
- la construction en cours de l'autoroute A837 (autoroute des Oiseaux),
- le rehaussement du chemin du Maine du remblai SNCF au chemin des Ronces.

Concernant l'état de 2000, seuls les dragages de Saint-Savinien ont été réalisés depuis.

Par ailleurs, les phénomènes d'envasements sur le secteur de Saint-Savinien ont eu un impact significatif sur la bathymétrie du lit mineur.

Les figures suivantes présentent des orthophotos anciennes comparées à des orthophotos actuelles au niveau des secteurs identifiés ci-avant, et qui permettent de localiser les différences entre les différents états.



Fig. 45. Comparaison des orthophotos de 1982 (source IGN) et actuel (source Géoportail) – Secteur de Saintes



Fig. 46. Comparaison des orthophotos de 1982 (source IGN) et actuel (source Géoportail) – Autoroute des Oiseaux A83



Fig. 47. Comparaison des orthophotos de 1996 (source IGN) et actuel (source Géoportail) – Secteur de Saintes



Fig. 48. Comparaison des orthophotos de 2000 (source IGN) et actuel (source Géoportail) – Secteur de Saintes

6.2.4. Laisses de crue disponibles

Un certain nombre de laisses de crue est issue d'études antérieures. Les laisses de 1982 et 1994 ont été utilisées. Concernant les laisses de crue de 2000, moins d'une dizaine ont pu être récupérées.

Ainsi, nous disposons de 133 laisses de crue pour la crue de 1982, 101 laisses de crue pour 1994 et 4 pour 2000.

Pour la crue de 1982 et de 1994, la forte densité de ces informations ainsi que leurs bonnes répartitions spatiales permettent un calage et une validation optimum tout au long du linéaire d'étude.



Fig. 49. Localisation des laisses de crue de 1982



Fig. 50. Localisation des laisses de crue de 1994

6.2.5. Calage et validation

Le modèle a été calé sur la crue de 1982 et validé sur les crues de 1994 et 2000 en tenant compte de l'état de 1982, 1994 et 2000.

Plusieurs tests ont été réalisés afin de caler au mieux le modèle. Le paramètre influant sur le calage est principalement le coefficient de rugosité de Strickler.

Pour chacune des crues, la ligne d'eau maximale (en bleue) ainsi que la charge maximale (en rouge) calculées en lit mineur sur l'ensemble du secteur d'étude ont été tracées en fonction des pk (points kilométriques). Sur les graphiques, sont projetés également les niveaux (m NGF) des laisses de crues relevées en lit majeur et les niveaux calculés par le modèle en ce même point (sondes).

Des différences entre les niveaux observés en lit mineur et en lit majeur peuvent être observées. Celles-ci s'expliquent par la présence d'écoulements complexes dus à la présence des aménagements mais également à la prise en compte des différences de vitesses d'écoulement entre ces deux zones. Ces phénomènes physiques et réels sont donc parfaitement décrits et rendus par la modélisation 2D retenue pour cette étude.

Les paragraphes suivants présentent les résultats obtenus par la modélisation et la comparaison entre ceux-ci et les données de terrain.

6.2.5.1. CALAGE DE LA CRUE DE 1982

Pour rappel, les débits atteints pour la crue de décembre 1982 sont évalués à une période de retour centennale sur Saintes. Il s'agit de l'événement historique majeur connu sur ce secteur.

Les paragraphes suivants présentent donc les résultats obtenus par la modélisation dans la configuration ancienne de l'état des sols (Etat des sols de 1982).

Le calage a consisté en l'ajustement des coefficients de frottement, du lit mineur et du lit majeur permettant la meilleure représentation des niveaux maximaux modélisés pour la représentation de cette crue de la Charente.

Cette représentation est quantifiée par la comparaison des résultats obtenus avec les observations de décembre 1982 recueillies lors d'études antérieures.

L'illustration suivante présente la ligne d'eau maximale modélisée en lit mineur de la Charente (en bleu), la charge maximale (en rouge), la projection de l'altimétrie des laisses de crues recensées sur la ligne des PK (en rond noir) et la cote maximale de l'eau calculée au niveau de la localisation de la laisse (triangle rouge).

Afin de vérifier la bonne représentativité de la modélisation, il y a donc lieu de comparer, pour un même PK, l'altimétrie de l'information réelle (en noir) à celle calculée en ce même point (en rouge).

Certaines informations jugées comme étant peu fiables ou incohérentes, du fait de leur altimétrie par comparaison de l'ensemble des informations, ont quand même été représentées sur ce profil.

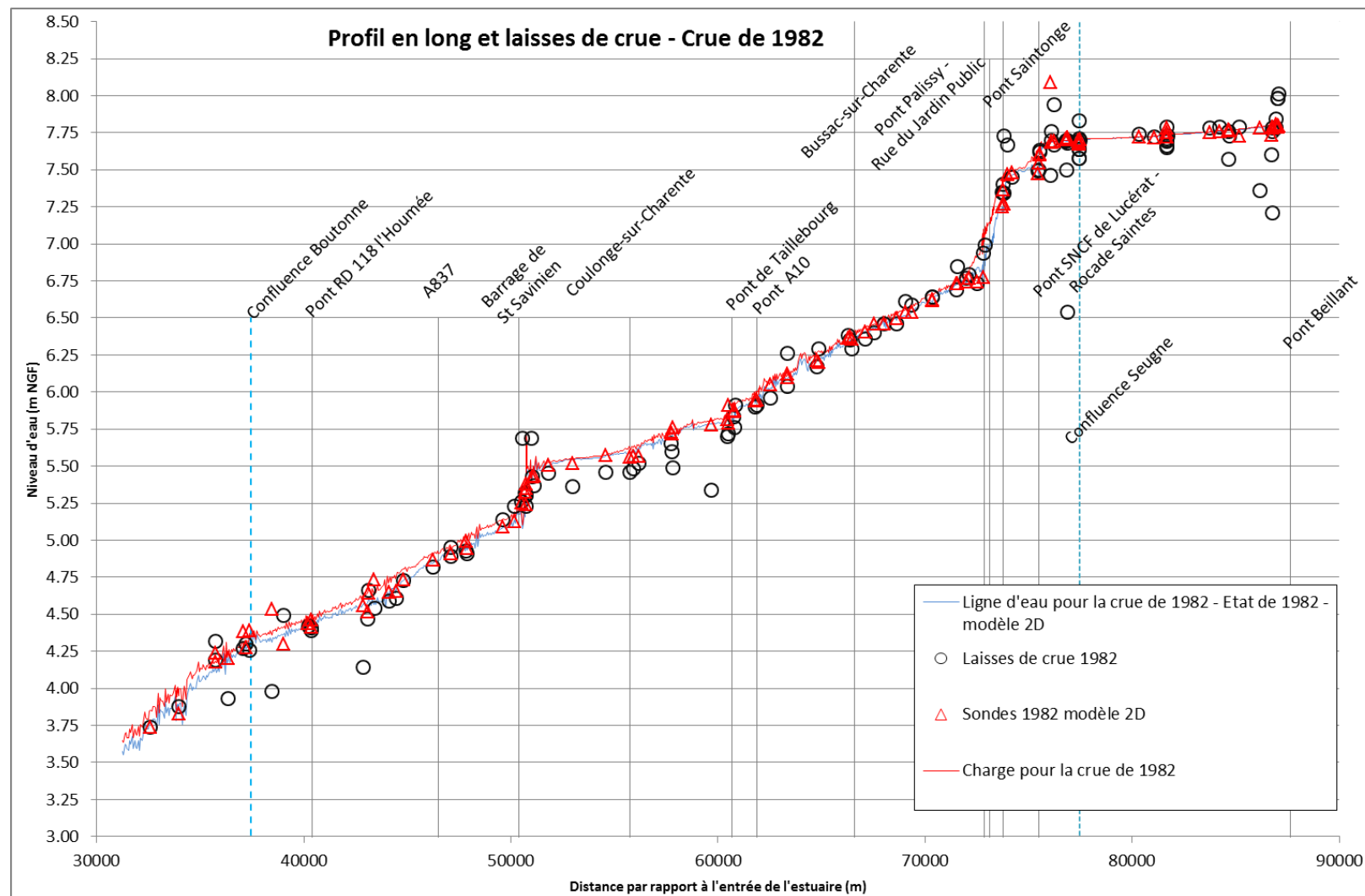
Les cartographies de l'annexe 1 présentent les hauteurs d'eau maximales de l'événement décembre 1982 modélisé et la cote maximale de l'eau modélisée au niveau de la localisation de chaque laisse de crue ainsi que l'écart entre les deux nivellements (observation – résultats de modélisation).

La précision du modèle obtenue pour la crue de décembre 1982 est de 2 cm en moyenne avec des écarts maximaux de +27 et -25 cm, en excluant les informations jugées incohérentes. La grande majorité des laisses présente un écart inférieur à 10 cm (76%).

Le tableau ci-dessous présente les écarts observés entre les laisses de crue recensées et les niveaux calculés.

Tabl. 7 - Calage – crue de 1982

Ecart modèle/observation	124 (100%)
Entre [0 ; 0.05 m]	70 (56%)
Entre [0.05 ; 0.10 m]	25 (20%)
Entre [0 ; 10 ; 0.20 m]	22 (18%)
Supérieur à [0.20 m]	7 (6%)



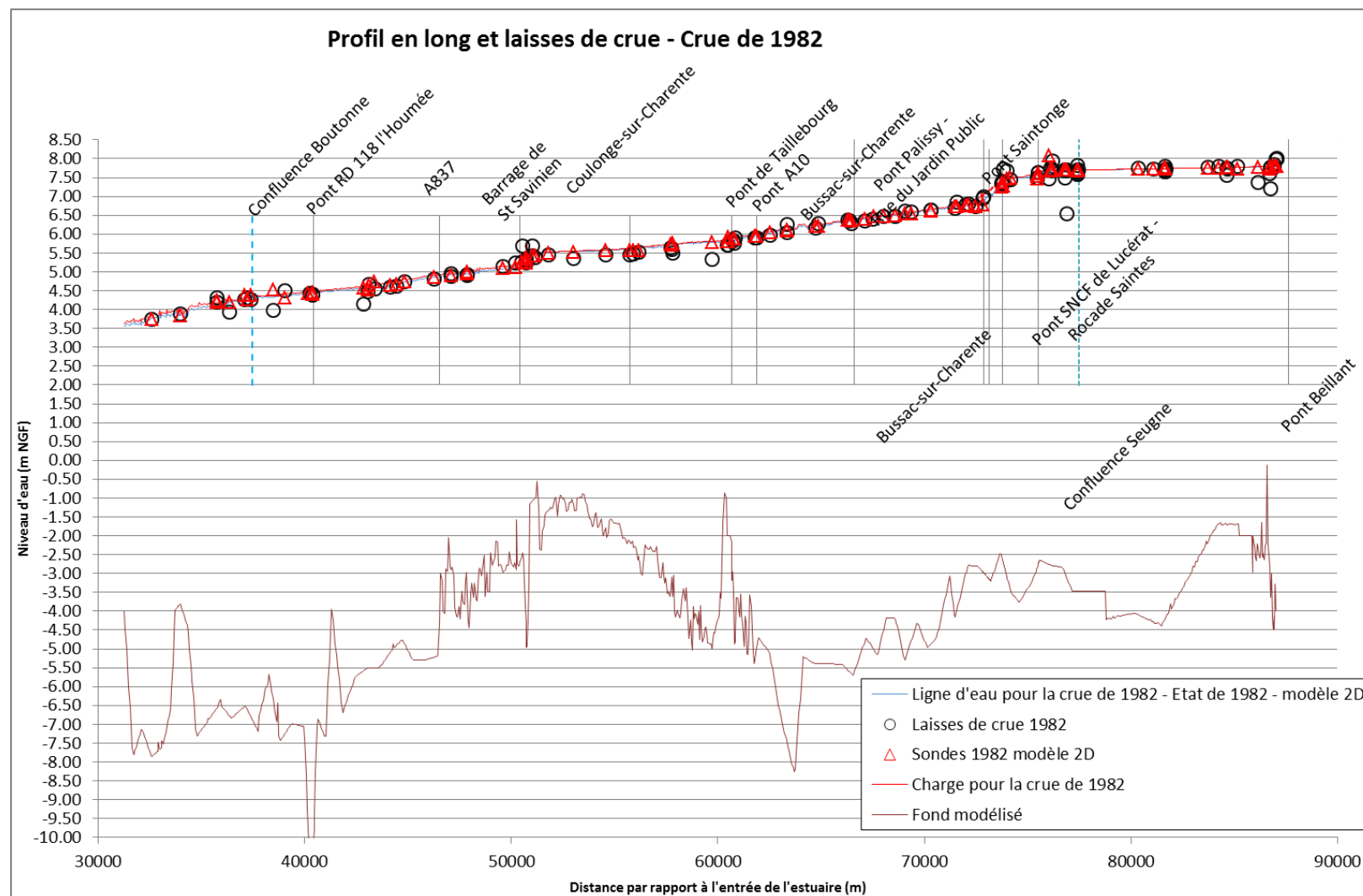


Fig. 51. Calage de la crue de 1982 – Comparaison entre la ligne d'eau et les laisses de crue calculées et répertoriées

Les principales différences observées peuvent s'expliquer par :

- une approximation lors de la mesure du niveau de la laisse de crue,
- une fiabilité de l'information peu connue ; pour certaines laisses, il ne s'agit pas d'informations précises concernant une hauteur d'eau mesurée sur une habitation ou correspondant à une marque bien précise identifiée au plus fort de l'inondation,
- une influence locale sur le niveau maximal atteint non modélisée dans le cadre de la présente étude (présence d'un obstacle tel qu'une haie, un muret...).

La grande majorité des différences observées se situe en aval du modèle (aval de Saint-Savinien) et en amont du territoire principalement à partir de la confluence de la Seugne avec la Charente.

Compte tenu des remarques précédentes, les écarts obtenus entre les niveaux des laisses de crues observés et calculés sont faibles et les résultats du modèle sur l'ensemble du territoire sont bons.

6.2.5.2. VALIDATION DU MODELE : CRUE DE 1994

Une fois le modèle calé sur l'événement de 1982 pour une configuration ancienne du territoire, il convient de vérifier que le modèle est ajusté pour les événements de 1994 et de novembre 2000.

De la même manière que la crue de 1982, la figure ci-après présente la ligne d'eau obtenue après validation du modèle pour la crue de 1994.

Il est important de souligner que les coefficients de rugosité ajustés pour la crue de 1982 sont identiques à ceux de 1994 sur les secteurs n'ayant subi aucune évolution entre 1982 et 1994. Uniquement les aménagements identifiés dans le chapitre 6.2.3 (historique de l'évolution de l'occupation des sols) peuvent différer de l'état de 1982.

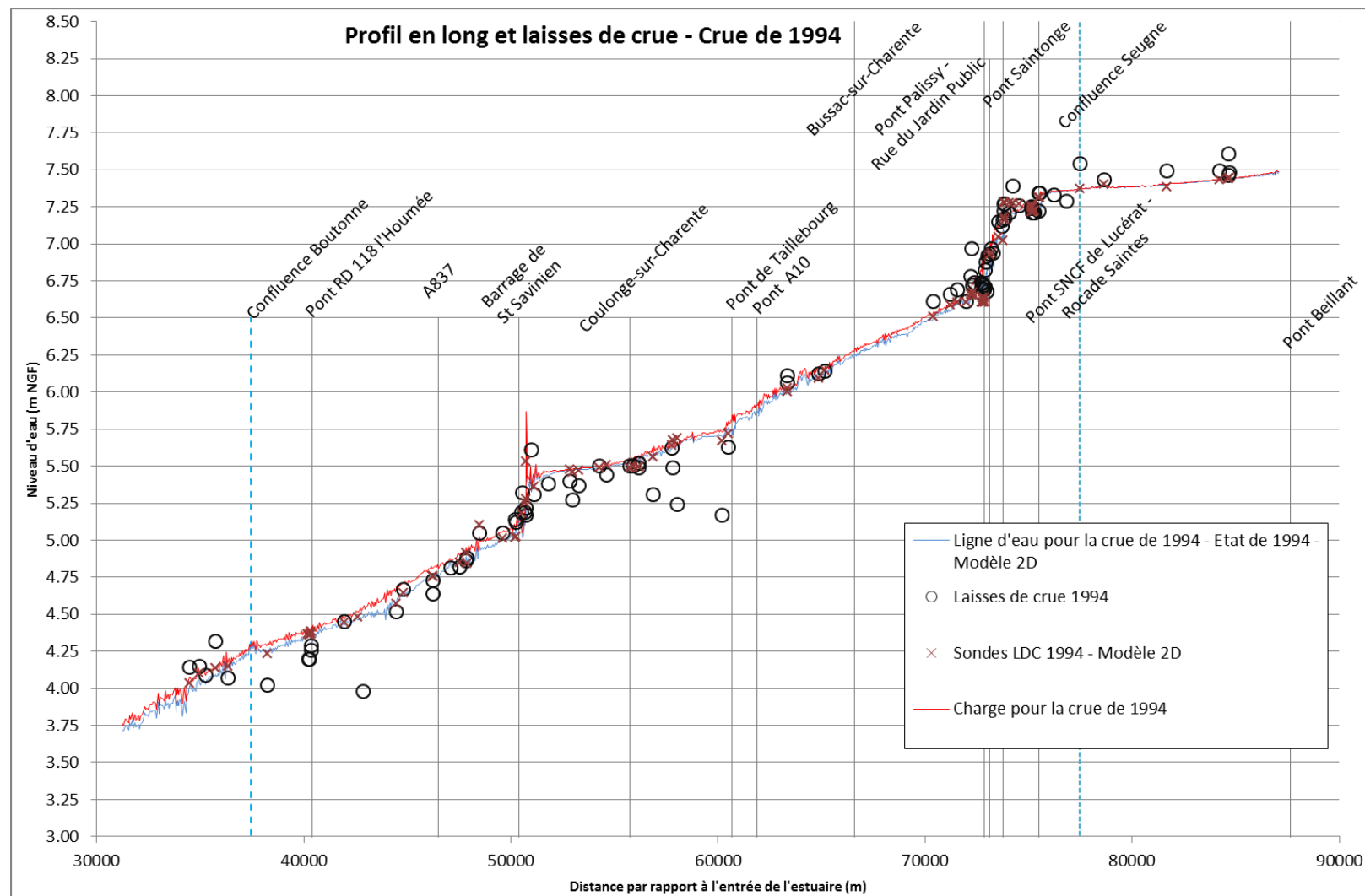
Les cartographies de l'annexe 2 présentent les hauteurs d'eau maximales de l'événement janvier 1994 modélisé et surtout la cote maximale de l'eau modélisée au niveau de la localisation de la laisse de crue ainsi que l'écart entre les deux nivellements (observation – résultats de modélisation).

La précision du modèle obtenue pour la crue de janvier 1994 est de -1 cm en moyenne avec des écarts maximaux de +36 et -31 cm, en excluant les informations jugées incohérentes. La grande majorité des laisses présente un écart inférieur à 10 cm (72%).

Le tableau ci-dessous présente les écarts observés entre les laisses de crue recensées et les niveaux calculés.

Tabl. 8 - Validation – Crue de 1994

Ecart modèle/observation	85 (100%)
Entre [0 ; 0.05 m]	39 (46%)
Entre [0.05 ; 0.10 m]	22 (26%)
Entre [0 ; 10 ; 0.20 m]	21 (24,5%)
Supérieur à [0.20 m]	3 (3,5%)



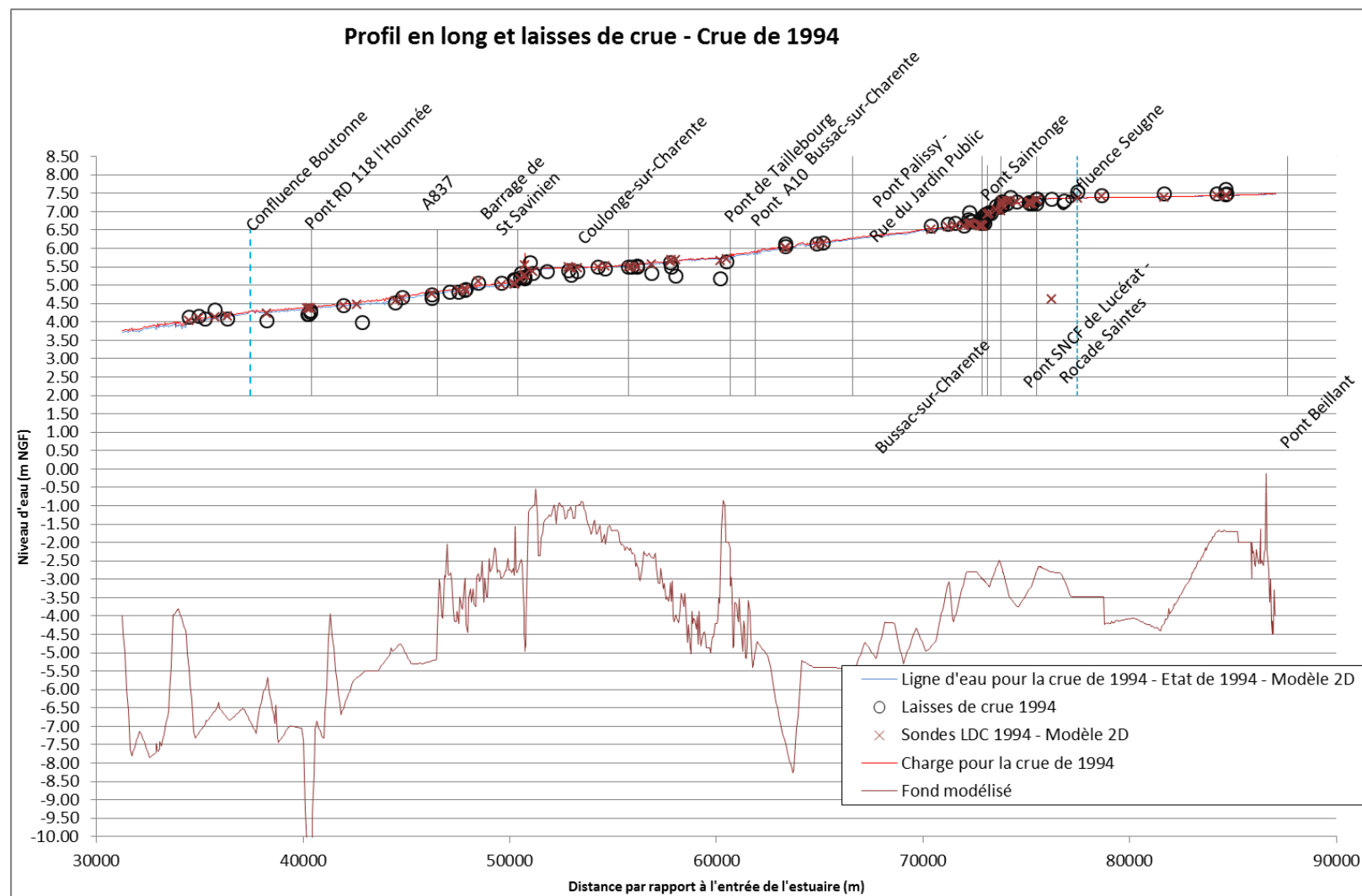


Fig. 52. Validation de la crue de 1994 – Comparaison entre la ligne d'eau et les laisses de crue calculées et répertoriées

De la même manière que la crue de décembre 1982, les écarts obtenus entre les niveaux des laisses de crues observés et calculés sont faibles et les résultats du modèle sur l'ensemble du territoire sont bons.

Les différences observées se situent notamment sur le secteur de Coulonge-sur-Charente. A noter toutefois que les laisses de crue relevées sur ce secteur, présentent des valeurs irrégulières (mauvaise fiabilité des laisses).

Sur la base des résultats obtenus et présentés ci-dessus, le modèle mis en œuvre est considéré comme validé et bien représentatif du comportement hydraulique observé sur l'ensemble du secteur d'étude pour tous types de crue (fortement à faiblement débordantes).

6.2.5.3. VALIDATION DU MODELE : CRUE DE 2000

De même que pour la crue de 1994, il convient de vérifier que le modèle est ajusté pour l'événement de novembre 2000. Pour rappel, le modèle est calé pour la crue de 1982 et validé pour la crue de 1994.

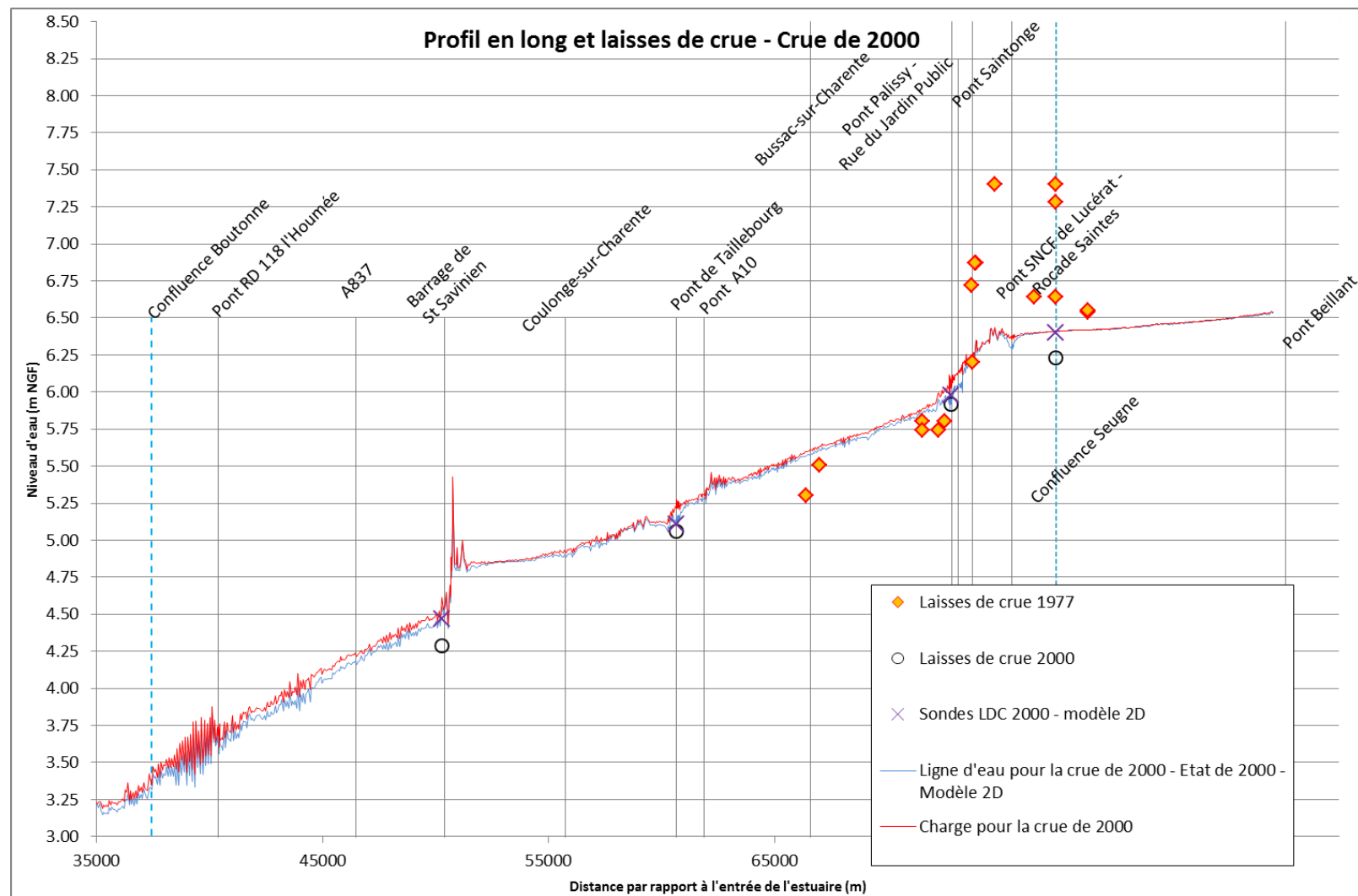
Lors de cette crue, le territoire présentait une configuration semblable à l'état des sols actuel. Seule la bathymétrie du lit mineur sur le secteur de Saint-Savinien est différente de celle de l'état actuel (évolution remarquable des fonds sur ce secteur depuis 2000).

Concernant cet événement, très peu de laisses de crue sont disponibles. Par ailleurs, la fiabilité de celles-ci n'est pas connue. En raison d'un manque de données sur le territoire pour ce type d'événement, les laisses de crue de 1977 ont été rajoutées sur le profil. En effet, l'événement de 1977 est similaire à la crue de novembre 2000 (débit proche). Toutefois, ces laisses de crue semblent peu fiables. Les informations recueillies ne sont pas cohérentes sur un même secteur.

Les résultats de la simulation de la crue de 2000 sont présentés ci-après.

Les résultats du modèle pour la représentation de la crue de novembre 2000 sont corrects bien que des écarts puissent être observés. Il faut préciser que la fiabilité des laisses de crue n'est pas bonne en raison notamment du manque de précision sur la date de la laisse. En effet, en 2000, trois événements dont deux très rapprochés ont eu lieu : en janvier, le 14 novembre et le 2 décembre. Par ailleurs, seules les laisses de crue dont le mois est « précisé », ont été répertoriées sur le profil.

Sur la base des résultats obtenus et présentés ci-dessus, le modèle mis en œuvre est considéré comme validé et bien représentatif du comportement hydraulique observé sur l'ensemble du secteur d'étude pour tous types de crue (fortement à faiblement débordantes).



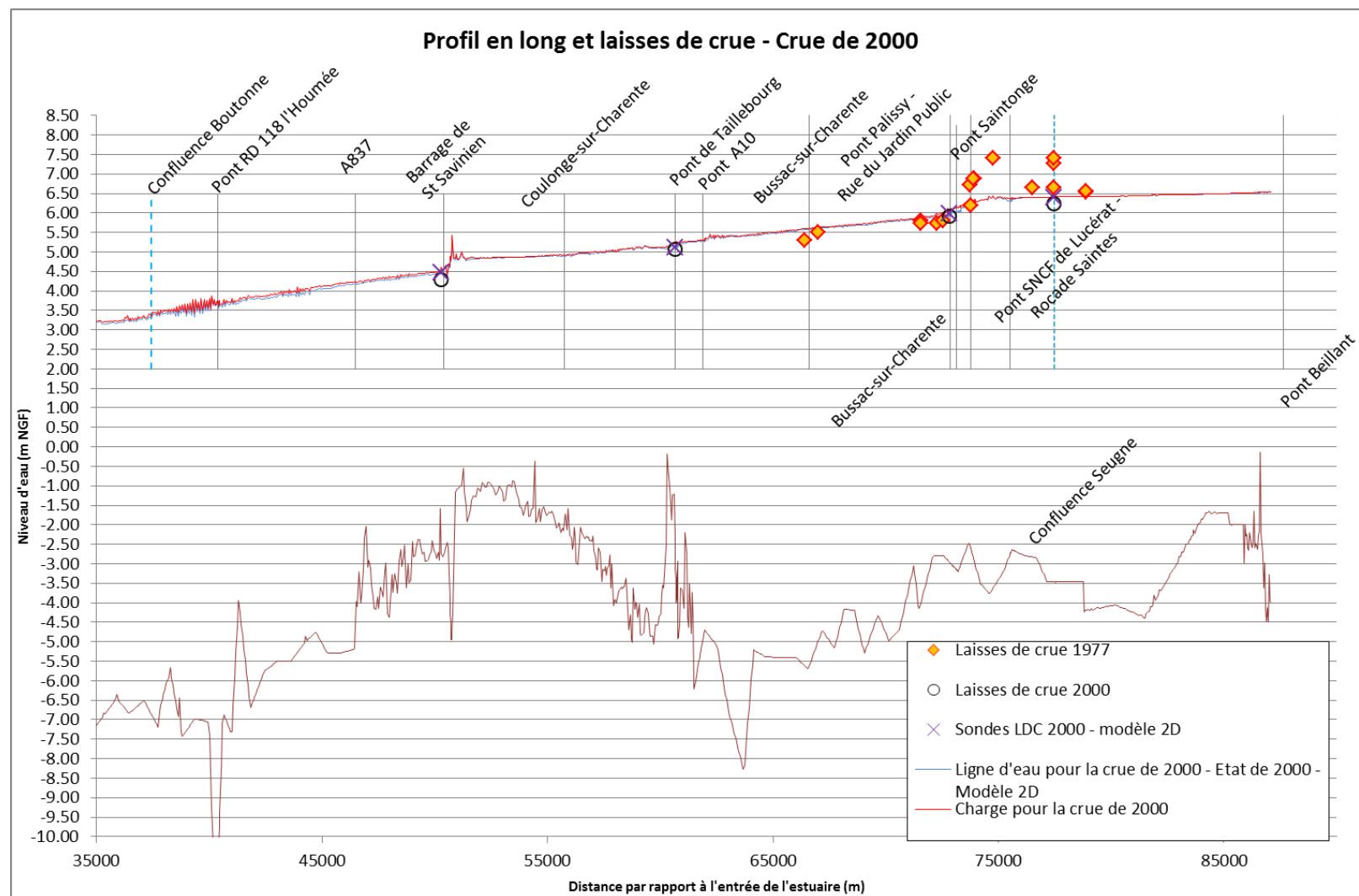


Fig. 53. Validation de la crue de 2000 – Comparaison entre la ligne d'eau et les laisses de crue répertoriées

6.2.6. Coefficients de frottements retenus

Le modèle est calé et donc validé pour les crues de 1982, 1994 et 2000.

Les coefficients de frottements retenus dans le modèle pour la situation de référence sont présentés sur la figure ci-dessous.

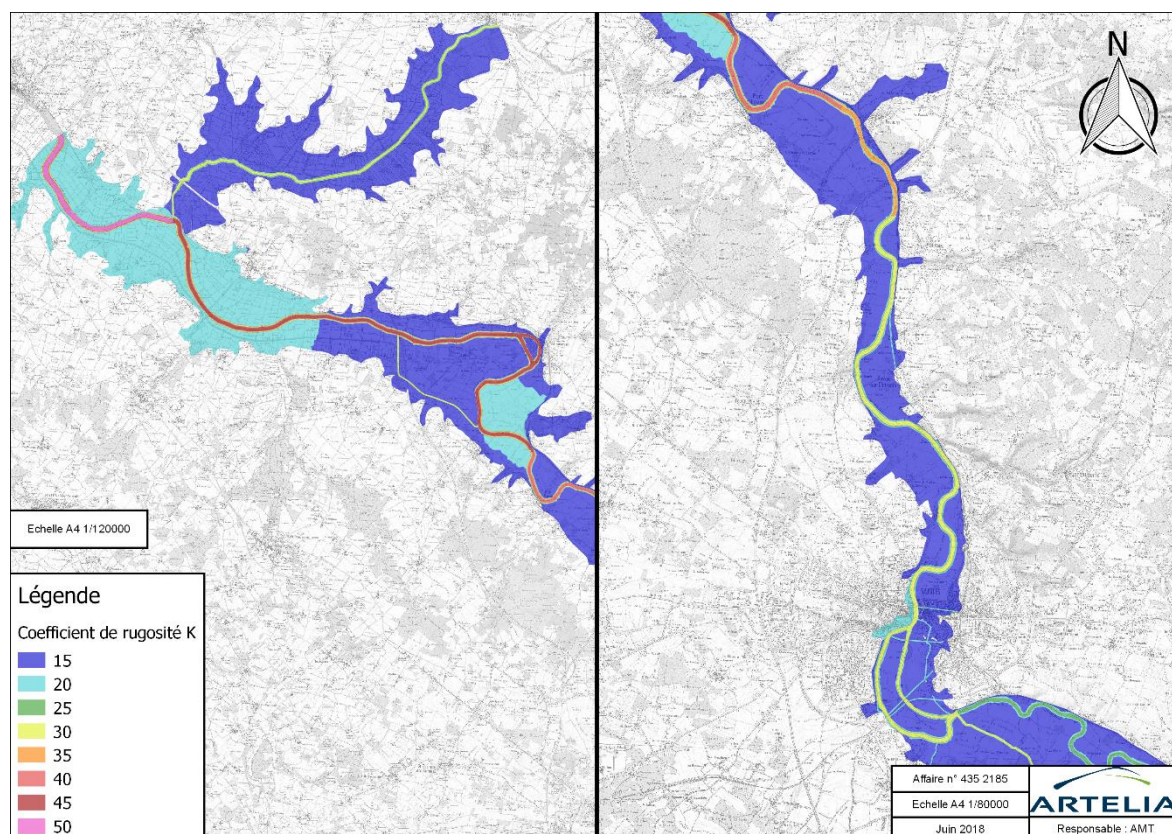


Fig. 54. Coefficients de frottement retenus pour la configuration de référence

Le tableau ci-dessous présente les coefficients de frottement définis dans le modèle en fonction de l'état des sols.

Tabl. 9 - Coefficients de frottement appliqués par type d'occupation du sol

Coefficients de frottement	Type d'occupation du sol
15	Lit majeur de type prairie/champ avec de nombreuses haies
20	Lit majeur de type prairie/champ avec peu de haies
25 à 50	Lit mineur : frottements plus importants en amont du modèle (K=25/30) en raison de l'évolution granulométrique en fond du lit. La granulométrie du fond est plus grossière en amont du territoire qu'en aval.

6.3. DEFINITION DES ALEAS DE REFERENCE

Le modèle hydraulique est exploité pour étudier les crues de référence dans la configuration actuelle du territoire. L'exploitation des résultats obtenus permet de déterminer et de caractériser le fonctionnement hydraulique actuel du site, ainsi que les aléas associés.

6.3.1. Configuration de référence

Dans la présente étude, les aléas sont définis en fonction de la configuration du territoire et de la crue modélisée.

La configuration de référence correspond à l'état actuel du territoire couplé aux travaux validés dans le cadre de l'avenant au PAPI 2016. Ces travaux font référence à l'Action VII.F.2. : « Mise en œuvre des travaux de dévasement du Fleuve Charente entre Port-d'Envaux et le Pont de l'A837 à Saint-Savinien-sur-Charente ».



Fig. 55. Schématisation des travaux de dévasement

6.3.2. Définition des événements de référence

Dans le cadre de la présente étude, quatre crues de référence ont été définies.

Elles sont associées aux périodes de retour suivantes :

- 5 ans : événement générant les premiers désordres au niveau de la zone urbaine de Saintes,
- 20 ans : événement FREQUENT dans le cadre de la Directive Inondation,
- 100 ans : événement MOYEN de la Directive Inondation,
- 1000 ans : événement RARE (exceptionnel) de la Directive Inondation.

6.3.2.1. CRUE DE PERIODE DE RETOUR 5 ANS

La crue de novembre 2000 présente une période de retour de l'ordre de 5/6 ans. Ainsi, nous retiendrons cet événement pour la crue de référence 5 ans. Pour rappel, son débit de pointe à Saintes est de 510 m³/s, le débit de la Seugne est considéré comme constant dans le modèle soit Q=80m³/s et le débit de la Boutonne est de 50 m³/s (débit également considéré comme constant).

La figure ci-dessous présente l'hydrogramme retenu pour la Charente à Beillant.

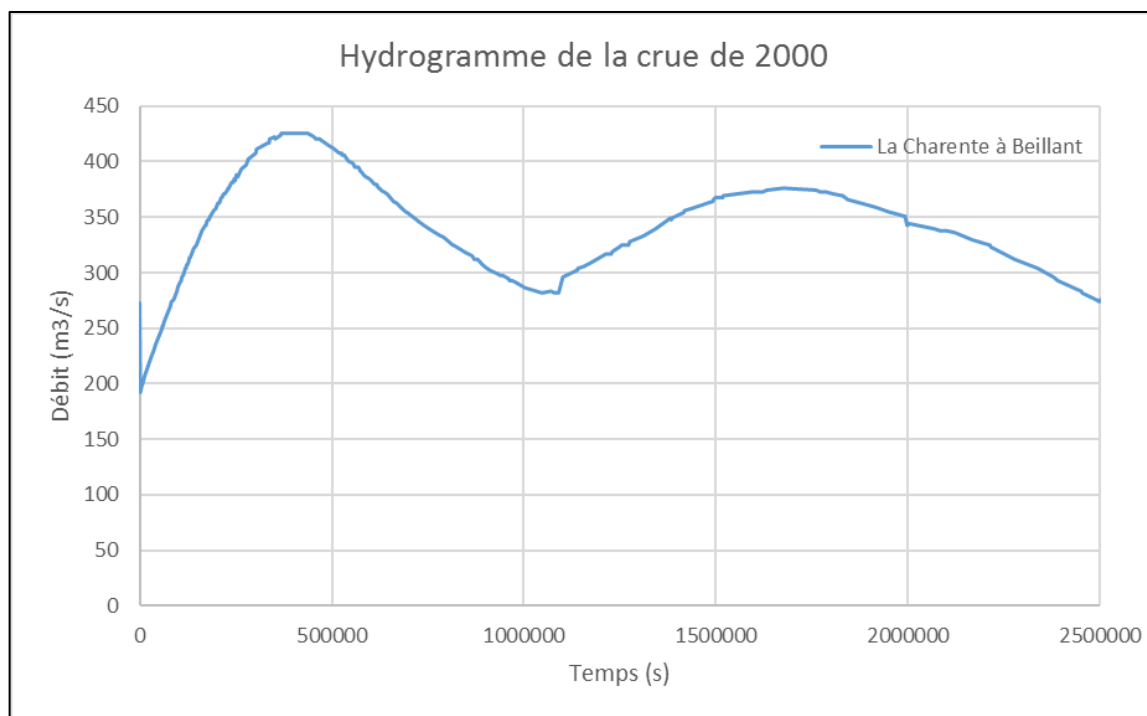


Fig. 56. Hydrogramme retenu pour l'événement Q₅

6.3.2.2. CRUE DE PERIODE DE RETOUR 20 ANS

La crue de période de retour 20 ans présente un débit de pointe de 620 m³/s à Saintes (SOGREAH, 2006). L'hydrogramme retenu a été construit sur la base de l'hydrogramme de la crue de 1982 par homothétie. La Charente présente un débit de pointe à Beillant de 530 m³/s et la Seugne un débit considéré comme constant dans le modèle de 90 m³/s.

La figure ci-dessous présente les hydrogrammes retenus pour la Charente à Beillant et la Boutonne.

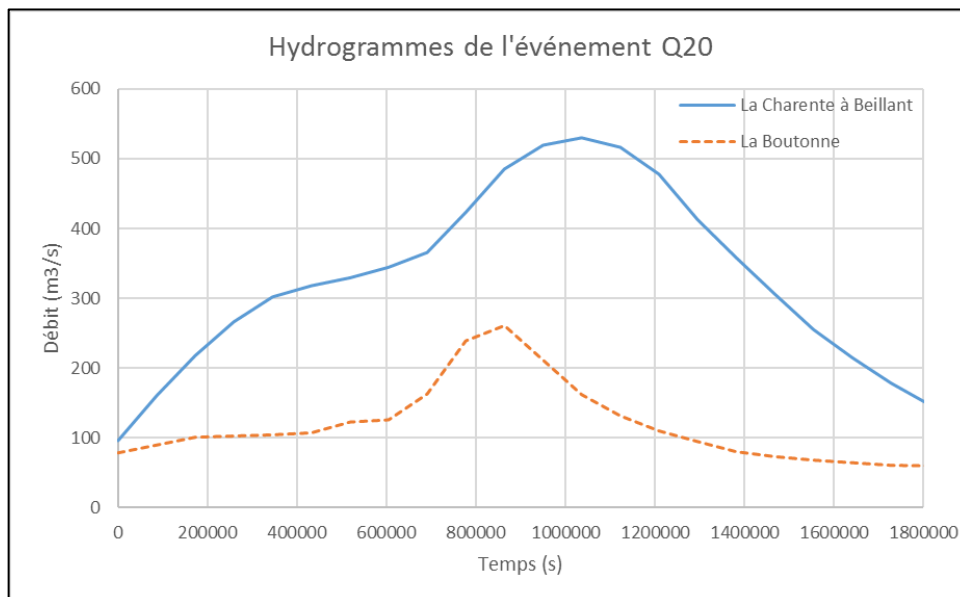


Fig. 57. Hydrogrammes retenus pour l'événement Q_{20}

6.3.2.3. CRUE DE PERIODE DE RETOUR 100 ANS

Nous retiendrons dans le cadre de cette étude, la crue de décembre 1982 comme crue de période de retour centennale. Pour rappel, le débit atteint à Saintes est de 815 m³/s (SOGREAH, 2006). Le débit imposé pour la Seugne est considéré comme constant dans le modèle soit $Q=115\text{m}^3/\text{s}$ (SOGREAH, 2006).

La figure ci-dessous présente les hydrogrammes de la Charente à Beillant et de la Boutonne, retenus pour l'événement Q_{100} .

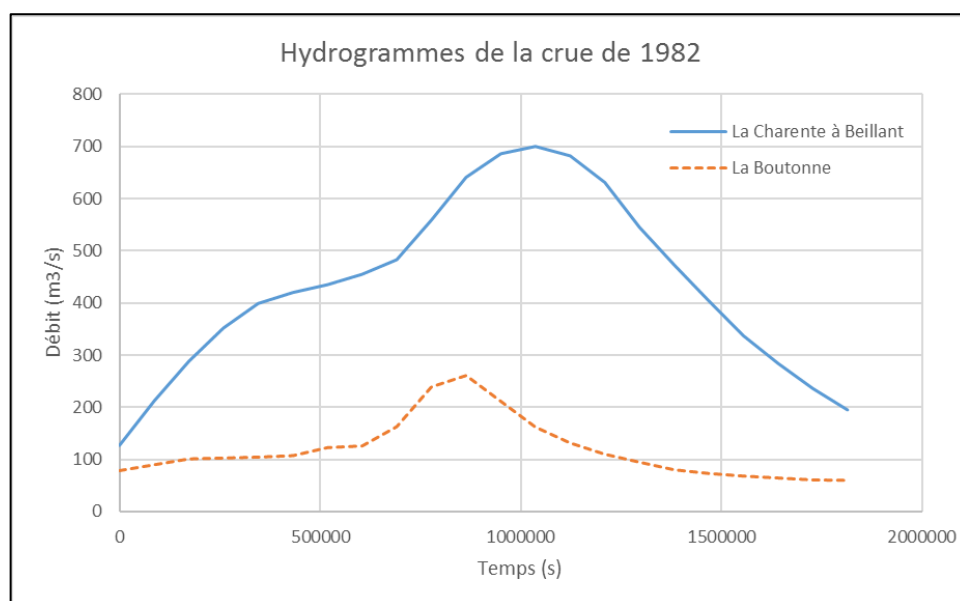


Fig. 58. Hydrogrammes retenus pour l'événement Q_{100}

6.3.2.4. CRUE DE PERIODE DE RETOUR 1 000 ANS

Concernant la crue de période de retour millénale, un coefficient multiplicateur de 1.33 a été appliqué aux hydrogrammes de 1982 (méthodologie identique à celle retenue pour le TRI de Saintes-Cognac-Angoulême de 2014) :

$$Q_{1000} = Q_{100} \times 1.33 = 815 \times 1.33 = 1084 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Le débit de pointe retenu est donc de 1084 m³/s à Saintes. Les hydrogrammes ont été construits sur la base des hydrogrammes de 1982 par homothétie pour la Charente et la Boutonne. La Seugne présente un débit considéré comme constant dans le modèle de 153 m³/s.

La figure ci-dessous présente les hydrogrammes de la Charente à Beillant et de la Boutonne, retenus pour l'événement Q_{1000} .

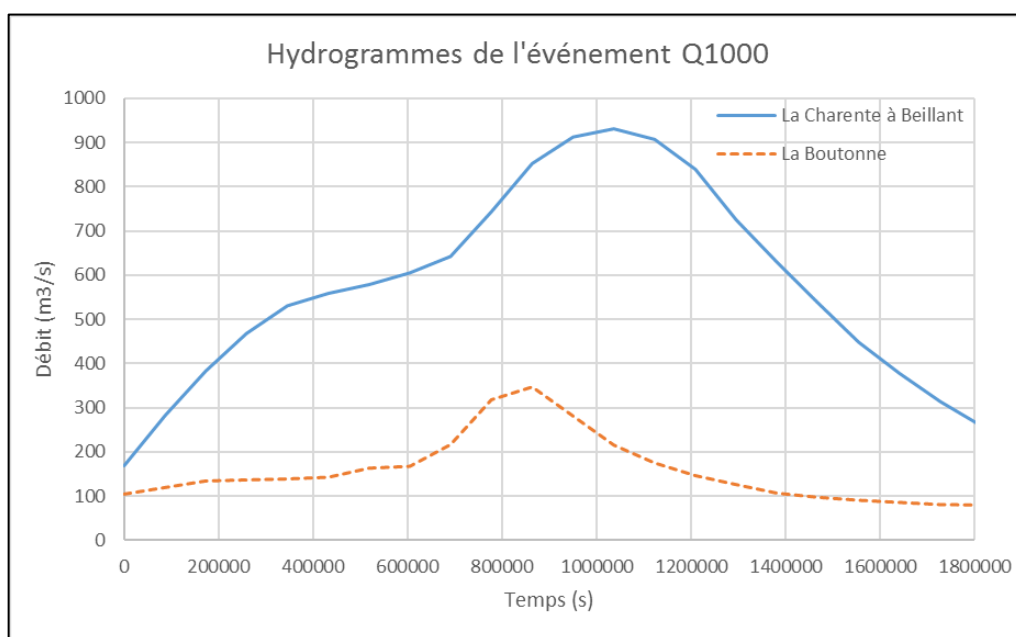


Fig. 59. Hydrogrammes retenus pour l'événement Q_{1000}

6.3.2.5. CONDITIONS AUX LIMITES AVAL

La notion d'influence maritime sur les secteurs estuariens est extrêmement complexe à définir. En effet, la zone d'influence dépend des différents paramètres hydro-météorologiques définissant l'évènement : conditions maritimes, dépendant du coefficient de marée, du vent et de la surcote océanique, et conditions fluviales caractérisées par le débit de cours d'eau, ces deux conditions étant variables dans le temps avec des périodes différentes. Ainsi, en période de débits faibles, l'influence maritime remonte plus en amont qu'en période de débits plus soutenus.

Il convient donc de s'assurer de deux points dans le cadre de cette étude :

- le secteur aval retenu pour le modèle, et pour les conditions hydro-météorologiques à étudier est-il bien situé sous un secteur sous influence maritime, de manière à pouvoir être forcé aux limites par un modèle océanique et estuarien de la Charente,
- les évènements définis dans le cadre de la prestation, et définis par une période de retour fixée sont-ils les plus pertinents vis-à-vis des objectifs assignés à l'étude.

Les études antérieures ont déjà abordées la problématique de la définition des secteurs sous influence maritime, sous influence fluvio-maritime et sous influence fluviale. L'étude sur l'aménagement de la Charente aval est parmi les plus récentes. Comme le montre la figure ci-après extraite du rapport de cette étude, le territoire situé en amont de la confluence avec la Boutonne est sous influence fluviale pour des forts débits fluviaux. La ligne bleue clair correspond au niveau d'eau maximal obtenu pour la crue de 1982 et la ligne rouge au niveau d'eau maximal obtenu pour l'évènement Xynthia+60cm qui correspond à l'aléa à long terme (évènement de référence du PPRL des communes situées en aval du Pont de Tonnay-Charente + 60 cm).

En amont du pont de Tonnay-Charente, les niveaux d'eau maximaux sont bien générés par les évènements d'origine fluviale.

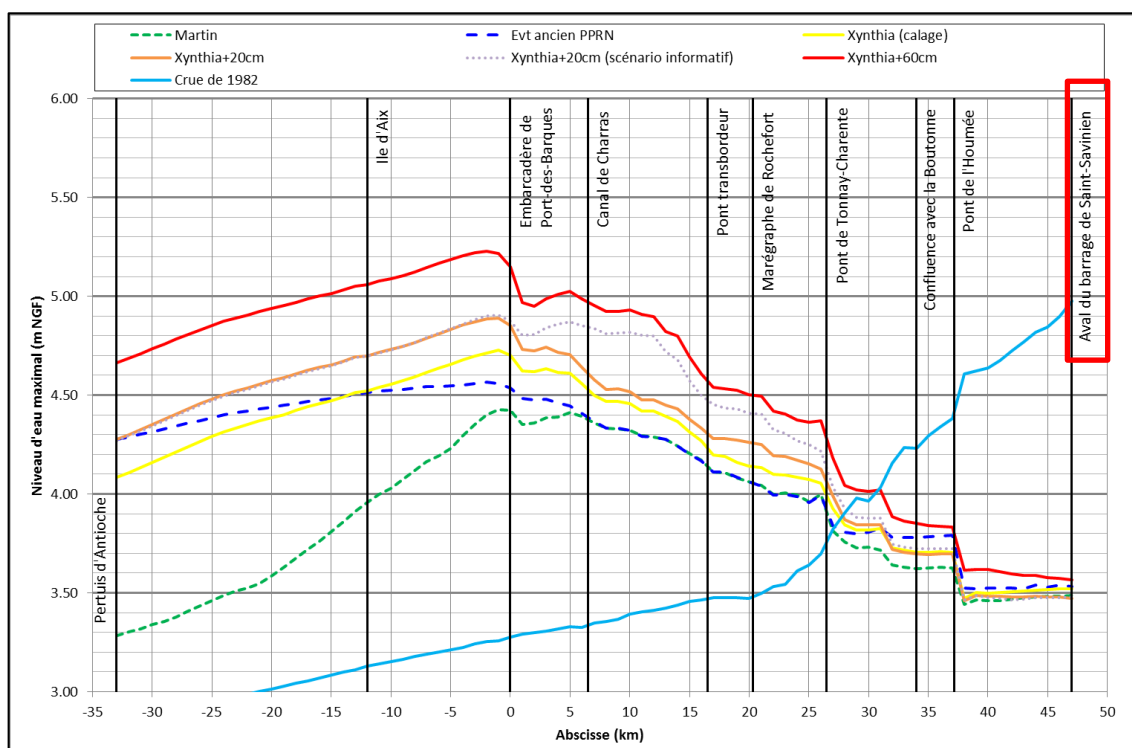


Fig. 60. Secteurs sous influence maritime et/ou fluviale (ARTELIA)

L'analyse comparée de ces lignes d'eau maximales par rapport à celles des événements de référence modélisés dans le cadre du calage du modèle hydrodynamique est présentée sur le graphique suivant.

Celui-ci présente :

- Evènements maritimes définis avec le modèle Estuaire :
 - Plus Hautes Mers Astronomiques (PHMA en rose) : niveau des marées astronomiques maximal sans surcote,
 - l'évènement réel Xynthia,
 - les évènements théoriques Xynthia+20cm au large et Xynthia+20cm au large avec un débit décennal de la Charente à Saintes,
- Crues fluviales réelles définies avec le modèle Estuaire :
 - Crue de 1982 (Q100),
 - Crue de 1994 (Q50),
 - Crue de 2000 (Q5),
- Crues fluviales définies avec le modèle spécifiquement mis en œuvre dans le cadre de la présente étude :
 - Crue réelle de 1982 (Q100),
 - Crue réelle de 1994 (Q50),
 - Crue réelle de 2000 (Q5),
 - Crue théorique de période de retour 20 ans (cf. plus loin dans ce rapport).

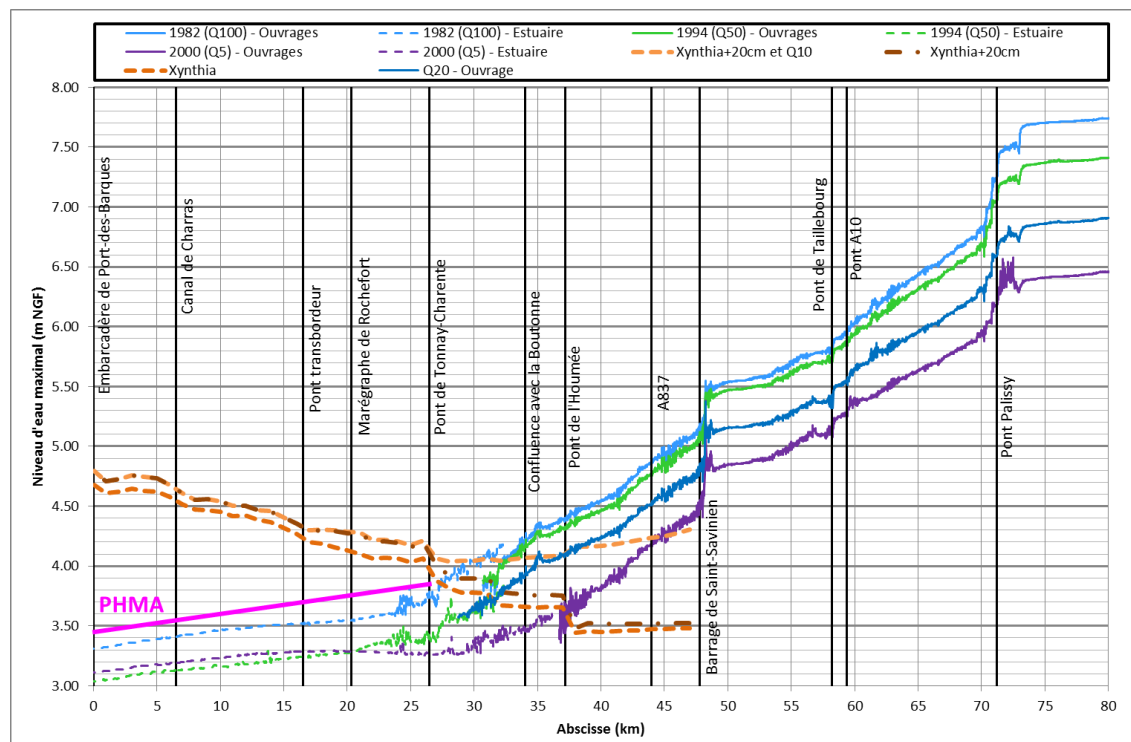


Fig. 61. Lignes d'eau des événements de référence

Il ressort de l'analyse de ces graphiques les points suivants :

- la comparaison des lignes d'eau maximales observées pour l'évènement Xynthia+20cm et Xynthia+20cm avec crue décennale de la Charente montre une séparation des deux lignes d'eau au niveau du Pont de Tonnay-Charente. La ligne d'eau de l'évènement Xynthia+20cm remonte à l'amont de ce point. Ainsi, ce pont constitue la limite d'influence maritime pure pour cet évènement et ce débit de crue,
- la comparaison des lignes d'eau des crues fluviales réelles fait apparaître deux zones : la première à l'amont, pour laquelle une pente d'écoulement est observée (les lignes d'eau des différentes crues étant parallèles), et une seconde, à l'aval, bien plus plate, et au niveau de laquelle les courbes peuvent se croiser. Cette seconde zone est sous influence maritime. La limite de ces deux zones se situe entre le marégraphe de Rochefort, au niveau duquel se coupent les lignes d'eau de l'évènement 2000 (marée forte et débit Q5ans) et l'évènement de 1994 (marée plus faible mais débit Q50ans), et une zone située entre le pont de Tonnay-Charente et la confluence Boutonne/Charente (changement de pente des lignes d'eau).

Cette limite varie en fonction de l'importance de la marée (marée forte repousse cette limite vers l'amont) et du débit (débit fort repousse cette limite vers l'aval). Pour la gamme de débit à étudier ici, cette limite se situe à l'aval de la confluence Charente/Boutonne.

Les écoulements observés sur le secteur d'étude de la présente mission sont donc indépendants des conditions maritimes retenues pour la construction des évènements hydro-météorologiques de référence.

Il est relativement aisé de définir une période de retour basée d'un évènement purement maritime ou purement fluvial, sur des secteurs instrumentés : à partir d'un niveau d'eau maritime ou d'un couple niveau/débit pour les parties fluviales. En secteur estuarien, la recombinaison de ces évènements est bien plus complexe, la notion de concomitance intervenant également.

Les évènements de référence retenus dans le cadre de la présente étude correspondent à la concomitance entre les crues de référence et aux marées imposées en aval du modèle. Afin de conserver les périodes de retour associés aux évènements réels, les chroniques de marées réelles des évènements historiques pour les évènements de référence sont conservées :

- Evènement de référence quinquennal basé sur la crue de novembre 2000 : marée réelle de novembre 2000 et hydrogramme de cette crue,
- Evènement de référence centennal basé sur la crue de décembre 1982 : marée réelle de décembre 1982 et hydrogramme de cette crue.

Les hydrogrammes des crues de projet Q_{20} et Q_{1000} ayant été construits à partir de celui de la crue de 1982, il a été retenu de conserver pour ces deux crues le cycle de marée réel observée lors de cette crue.

6.3.3. Evénements de référence

La figure ci-après rend compte des résultats obtenus avec le modèle pour la configuration de référence et pour les différents débits des crues de référence (lignes d'eau maximales).

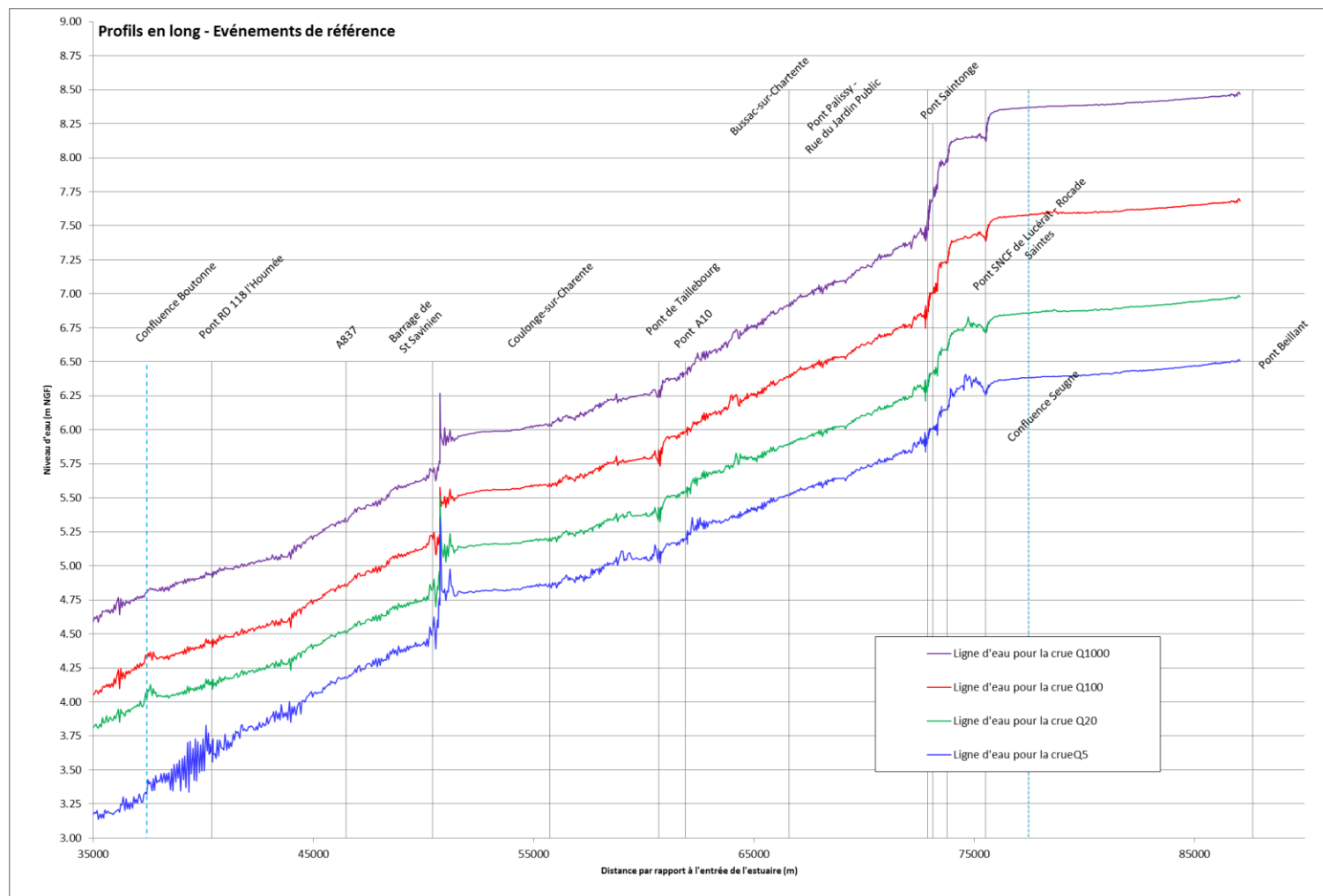


Fig. 62. Lignes d'eau calculées pour les crues de référence de la Charente

6.3.4. Cartographie des aléas

Les cartographies exposées en annexe 3 présentent pour chaque crue de référence les hauteurs d'eau maximales, les niveaux d'eau maximaux ainsi que les vitesses maximales d'écoulement.

Il est important de rappeler ici que les cartographies présentent les résultats bruts directement extraits du modèle 2D. Aucun traitement (lissage notamment) n'a été appliqué à contrario d'une étude type PPRI par exemple.

6.3.5. Analyse des pertes de charges au droit des structures

Une synthèse des informations concernant les niveaux d'eau à l'amont et à l'aval des différentes structures (RD18, RD127, remblais de Saintonge et remblais de Lucérat – soit la voie SNCF et la Rocade) a été établie.

Les pertes de charge obtenues en fonction des événements de référence (débits de pointe) sont présentées ci-dessous par infrastructure.

Tabl. 10 - Tableau des pertes de charge en fonction du débit par infrastructure

Infrastructure	Perte de charge (m)	Débit (m3/s)
RD18 (Le Mung)	0.43	510 (T=5/6 ans)
	0.45	620 (T=20 ans)
	0.46	815 (T=100 ans)
	0.33	1084 (T=1000 ans)
RD18 (Saint-Savinien)	0.27	510 (T=5/6 ans)
	0.31	620 (T=20 ans)
	0.32	815 (T=100 ans)
	0.25	1084 (T=1000 ans)
RD18 (canal du Moussard)	0.18	510 (T=5/6 ans)
	0.21	620 (T=20 ans)
	0.25	815 (T=100 ans)
	0.24	1084 (T=1000 ans)
RD127 (Taillebourg)	0.12	510 (T=5/6 ans)
	0.15	620 (T=20 ans)
	0.17	815 (T=100 ans)
	0.11	1084 (T=1000 ans)

Avenue de Saintonge	0.08	510 (T=5/6 ans)
	0.10	620 (T=20 ans)
	0.13	815 (T=100 ans)
	0.25	1084 (T=1000 ans)
Voie SNCF + Rode (rive gauche)	0.08	510 (T=5/6 ans)
	0.11	620 (T=20 ans)
	0.19	815 (T=100 ans)
	0.19	1084 (T=1000 ans)
Voie SNCF + Rode (rive droite)	0.10	510 (T=5/6 ans)
	0.12	620 (T=20 ans)
	0.16	815 (T=100 ans)
	0.22	1084 (T=1000 ans)
Pont Palissy ³	0.05	510 (T=5/6 ans)
	0.05	620 (T=20 ans)
	0.09	815 (T=100 ans)
	0.17	1084 (T=1000 ans)

Il est important de souligner que les pertes de charge obtenues dans la présente étude sont similaires à celles obtenues lors des études antérieures (cf. chapitre 3.5) pour l'ensemble de ces infrastructures.

Les graphiques suivants présentent les évolutions des pertes de charge calculées au droit de chacune des infrastructures en remblai présentes sur le secteur d'étude en fonction du débit de la Charente.

Après analyse de ces résultats, il en ressort que lorsque le débit augmente, la perte de charge augmente tant que l'infrastructure n'est pas surversée.

Ainsi, pour les infrastructures non surversées, on observe une augmentation de la perte de charge au fur-et-à-mesure que le débit augmente. C'est le cas pour l'avenue de Saintonge et la voie SNCF.

A partir du moment où l'infrastructure est surversée (niveau d'eau supérieur à l'altimétrie du remblai), le débit transite à travers l'ouvrage de transparence existant, mais également par-dessus l'ouvrage, sur un linéaire qui augmente en fonction de l'augmentation du niveau amont (et du débit). Ces écoulements en surverse permettent rapidement d'évacuer un débit conséquent, ce qui se traduit par une diminution de la perte de charge observée de part et d'autre de l'infrastructure. Cette diminution est d'autant plus importante que le linéaire surversé est important.

³ Pertes de charge analysées à titre d'information.

Ces courbes permettent ainsi de visualiser les débits de la Charente pour lesquels les infrastructures sont surversées :

- RD18 : entre Q_5 et Q_{1000} ,
- Chaussée Saint-James : entre Q_{20} et Q_{1000} ,
- Rocade Sud : entre Q_{100} et Q_{1000} .

Concernant les remblais du Lucérat et de Saintonge, les pertes de charge ne diminuent pas même pour un événement extrême. Les remblais (RD24 et SNCF) présentent des altimétries supérieures au niveau d'eau généré par l'événement concerné.

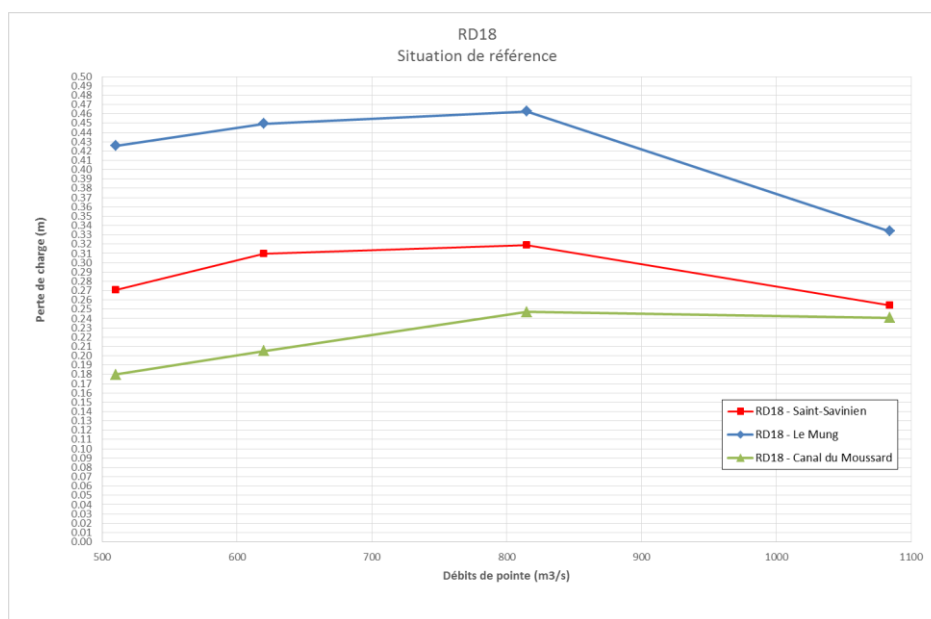


Fig. 63. Pertes de charge au droit de la RD18

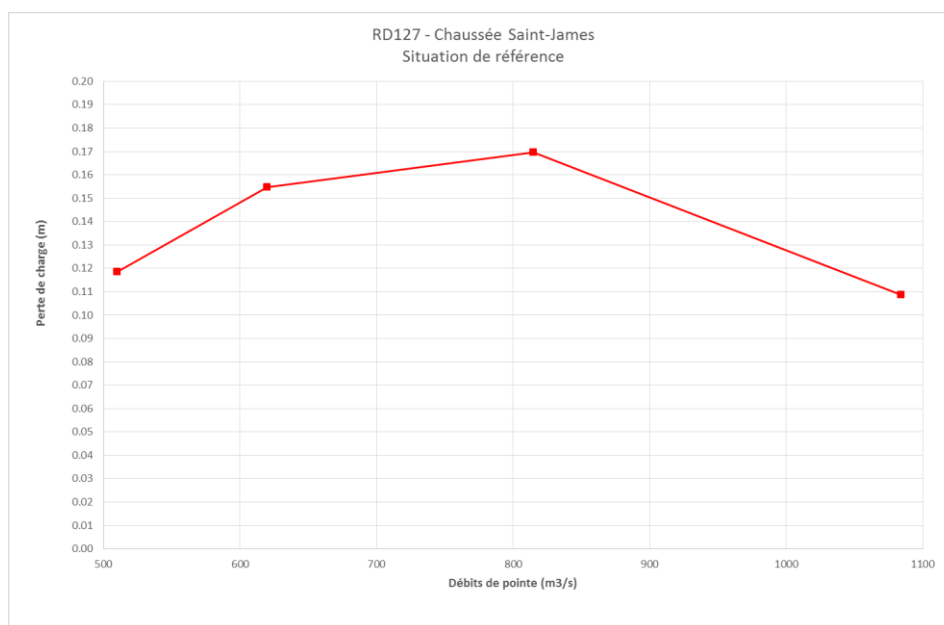
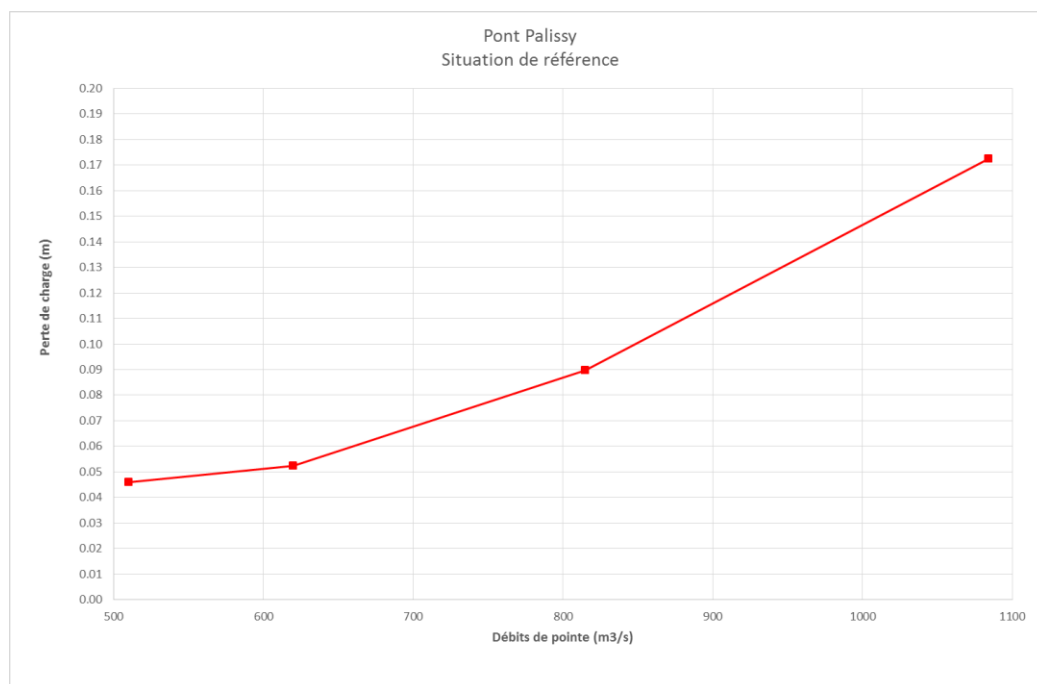
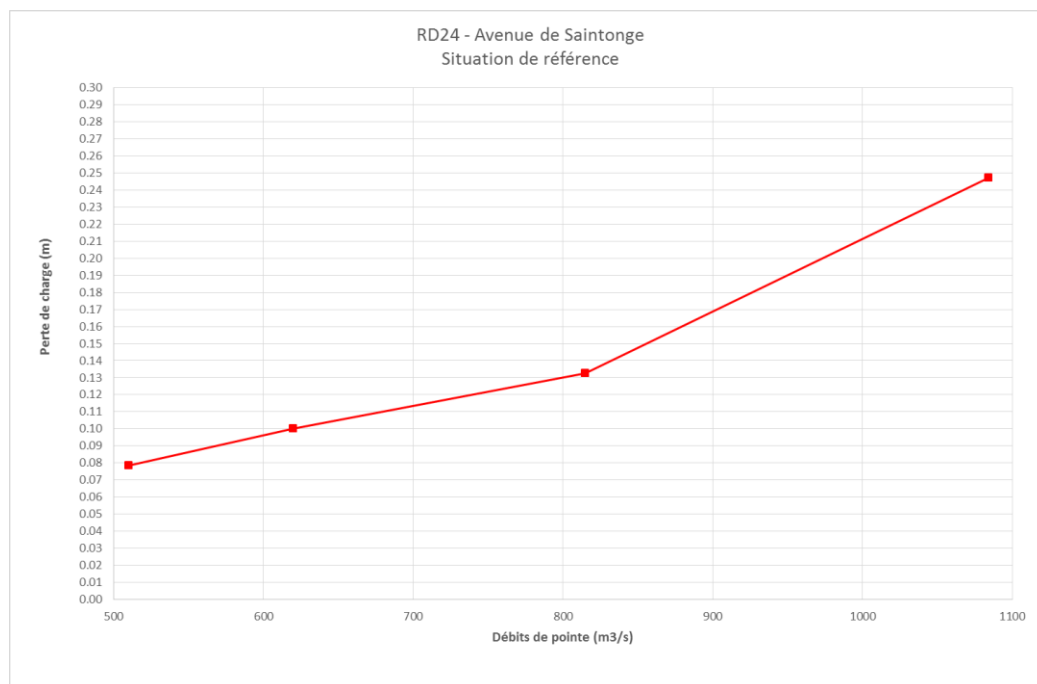


Fig. 64. Pertes de charge au droit de la chaussée Saint-James

**Fig. 65. Pertes de charge au droit du pont Palissy****Fig. 66. Pertes de charge au droit de la RD24**

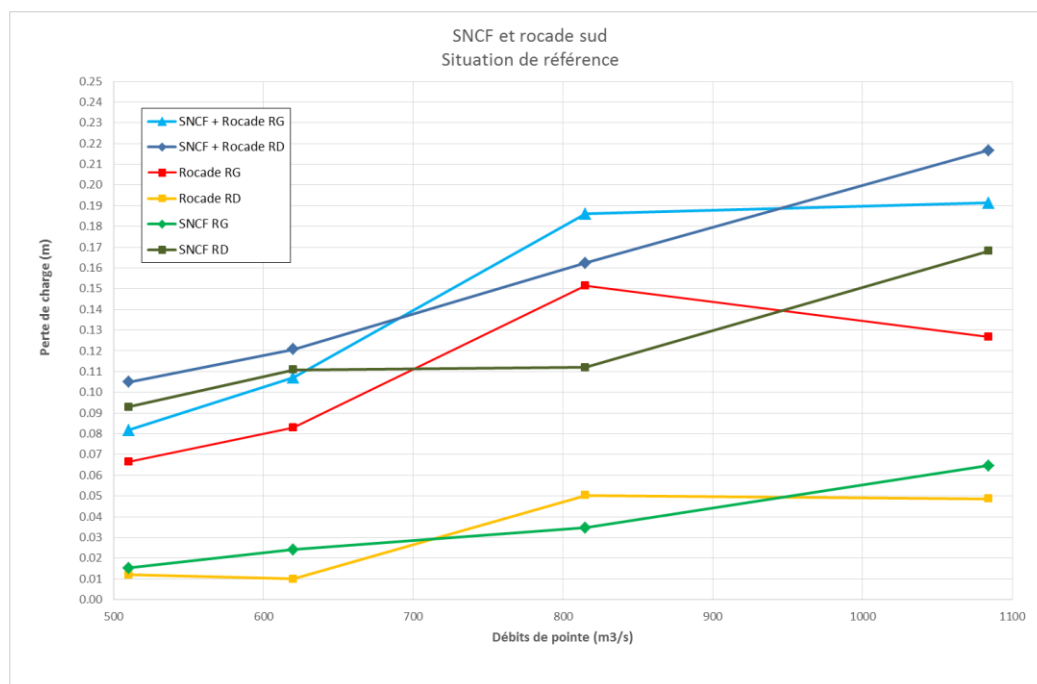


Fig. 67. Pertes de charge au droit de la Rocade Sud et de la voie SNCF

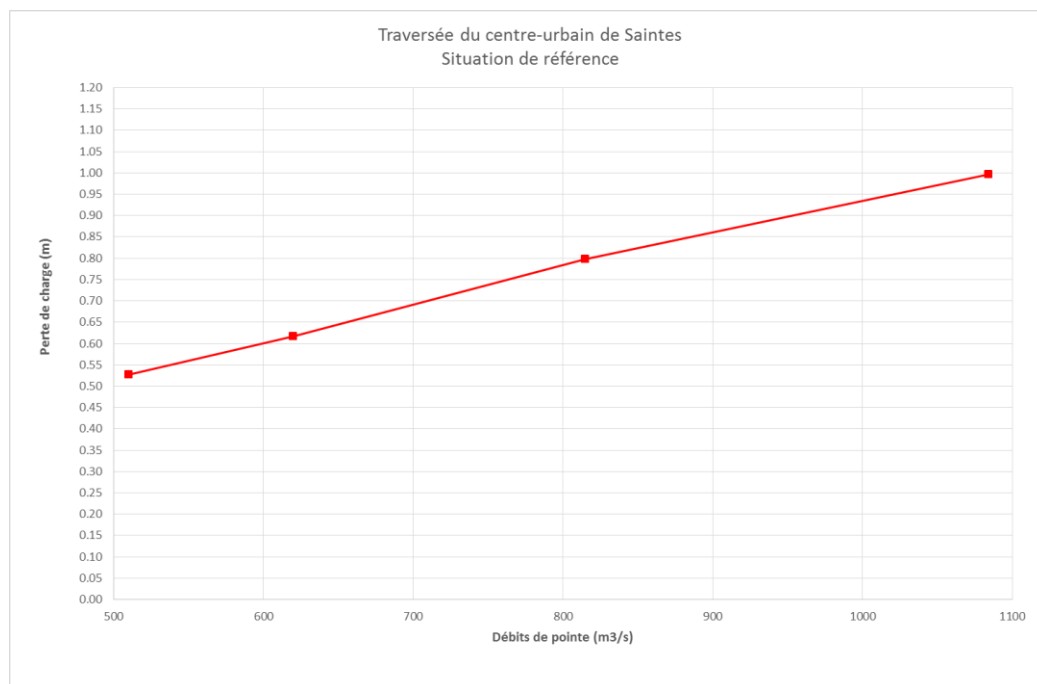


Fig. 68. Pertes de charge pour la traversée du centre-urbain de Saintes

6.3.6. Protections localisées de la ville de Saintes

Concernant les protections localisées de la ville de Saintes, la comparaison des profils en long de la crête des protections montre bien que celles-ci sont surversées pour un événement générant des premiers désordres (Q_5). Les niveaux d'eau en amont et aval des protections sont identiques.

Les figures ci-après sont présentées pour rappel.

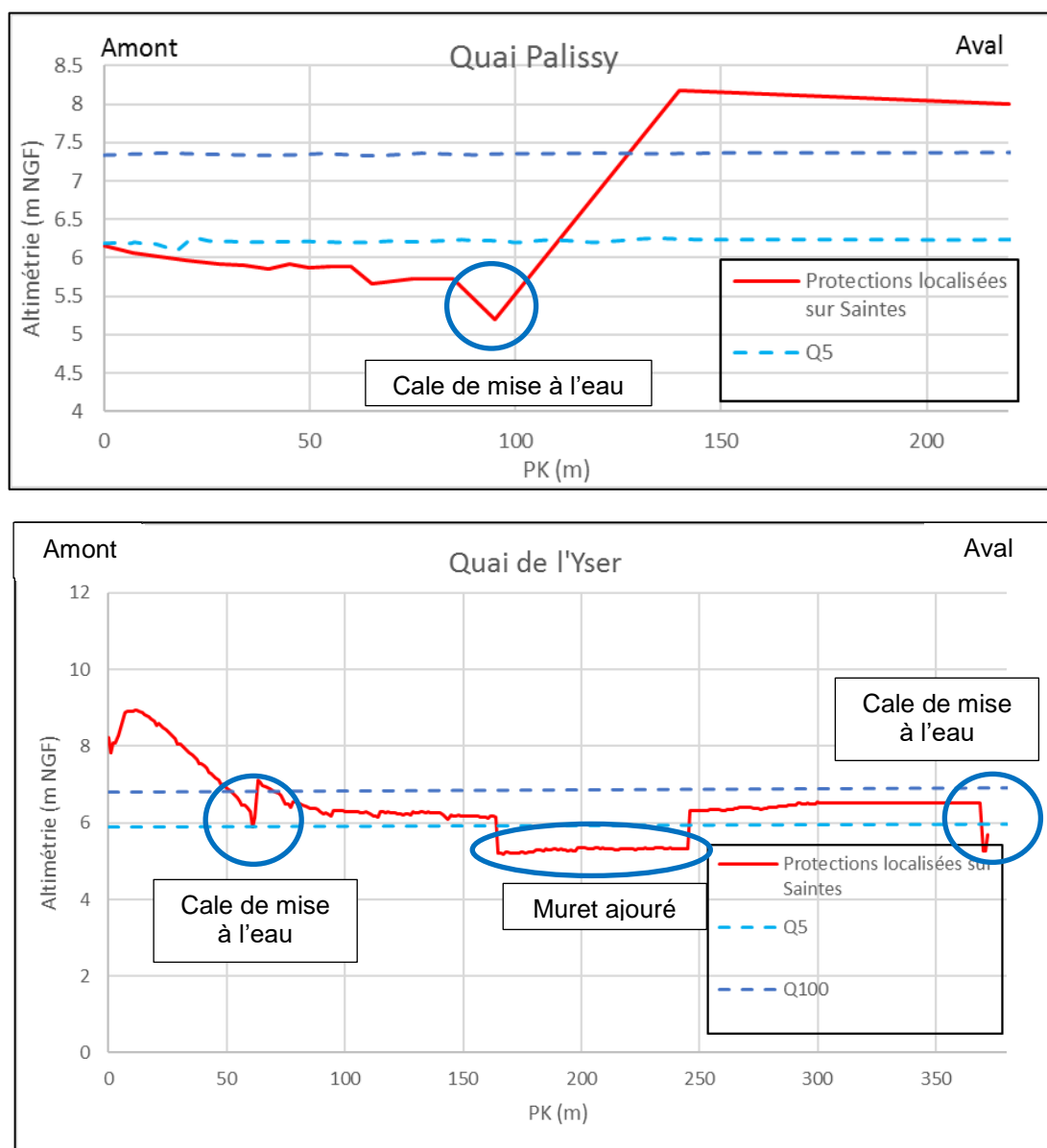


Fig. 69. Profils en long des protections localisées de la ville de Saintes (Quais de l'Yser et Palissy)

6.4. DEFINITION DE LA VULNERABILITE DES ENJEUX DU TERRITOIRE

Ce chapitre a pour objet, via le croisement entre les enjeux du territoire et les aléas déterminés précédemment, de caractériser la vulnérabilité de ceux-ci vis-à-vis d'une gamme large de crues de référence.

Les enjeux ont été étudiés pour les quatre crues de référence : Q₅, Q₂₀, Q₁₀₀ et Q₁₀₀₀.

Cette étape permet de définir la vulnérabilité de référence du territoire et de ses enjeux. A noter que les enjeux recensés sont ceux qui permettront la réalisation de l'Analyse Multi-Critères (AMC) dans la continuité de la mission.

La localisation et l'intensité de la vulnérabilité des enjeux permettent d'orienter les aménagements à étudier et à retenir dans la suite des réflexions.

6.4.1. Recensement des enjeux

Les enjeux recensés concernent quatre thématiques :

- Humains : population, emplois, services ;
- Economiques : activités industrielles, commerciales, agricoles ;
- Patrimoniaux : bâtiments culturels, historiques ;
- Environnementaux : sites Natura 2000, ZNIEFF, zones humides.

Le tableau ci-dessous mentionne les types d'enjeux recensés ainsi que la source des données.

Tabl. 11 - Analyse des enjeux

Type d'enjeux		Source
Enjeux humains	Logements	BD Topo/ Carroyage INSEE
	Etablissements publics et /ou établissements sensibles	SIRENE / SDIS / FINESS / Google Maps
	Bâtiments participant directement à la gestion de crise	IGN / BD Topo / Plan Communal de Sauvegarde / Google Maps
	Captage en eau potable	Agence de l'eau Adour Garonne / BRGM
Enjeux économiques	Entreprises	SIRENE
	Entreprises aidant à la reconstruction	SIRENE
	Activités agricoles	RPG 2016
	Gares	IGN

Type d'enjeux		Source
	Réseaux principaux	IGN
Enjeux environnementaux	STEP	Agence de l'eau Adour Garonne
	ICPE	SIGORE Poitou-Charentes / DREAL Poitou-Charentes
	Zones naturelles protégées	DREAL Poitou-Charentes
Enjeux patrimoniaux	Bâtiments patrimoniaux	DRAC Poitou-Charentes
	Sites remarquables	DRAC Poitou-Charentes / DREAL Poitou-Charentes

A noter que l'analyse des enjeux a été établie sur le modèle de l'étude de 2015 réalisée par ARTELIA dans le cadre de l'AMC de Saint-Savinien concernant l'opération de dragage.

Lors de l'analyse des enjeux, le territoire d'étude regroupe l'ensemble des communes suivantes : Saintes, Chaniers, Courcours, Gonds, Fontcouverte, Bussac-sur-Charente, Saint-Vaize, Taillebourg, Port-d'Envaux, Crazannes, Le Mung, Saint-Savinien, Geay, Bords, Romégoux, La Vallée, La Jard, Lussant, Montils, Saint-Hippolyte, Cabariot, Champdolent, Colombiers, Berneuil, Puy-du-Lac, Saint-Coutant-le-Grand et Saint-Sever-de-Saintonge.

A noter toutefois que la majorité des enjeux est localisée sur la commune de Saintes.

6.4.2. Cartographie et vulnérabilité des enjeux

Les hauteurs d'eau maximales issues des événements de référence ont été croisées avec les enjeux humains (population), économiques (emplois) et agricoles.

Ce croisement a permis d'estimer la population située en zone inondable, le nombre d'emplois impactés par ces aléas ainsi que la surface agricole inondée. Une analyse des hauteurs d'eau par classe a été réalisée pour chacun des événements de référence retenus.

Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Les parcelles dont les centrides sont en eau sont considérées comme vulnérables pour l'événement considéré. L'analyse de la population a été réalisée selon la méthodologie préconisée dans le guide AMC (surface au sol habitable).

La population située en zone inondable est importante (supérieure à 1000) même pour un événement fréquent (période de retour de 5 ans).

Tabl. 12 - Vulnérabilité des enjeux humains (population)

Evénement	Q5	Q20	Q100	Q1000
Population totale en zone inondable	1241	2072	3045	4328
Population dans les zones [0 - 0,5 m]	837	1289	1417	1496
Population dans les zones [0,5 - 1 m]	268	477	917	1086
Population dans les zones > 1m	136	306	711	1746

Le graphique ci-dessous présente la population située en zone inondable sur le territoire d'étude en fonction de l'événement de référence. Pour plus de clarté, chaque événement est représenté par le niveau d'eau maximal atteint au Pont Palissy à Saintes.

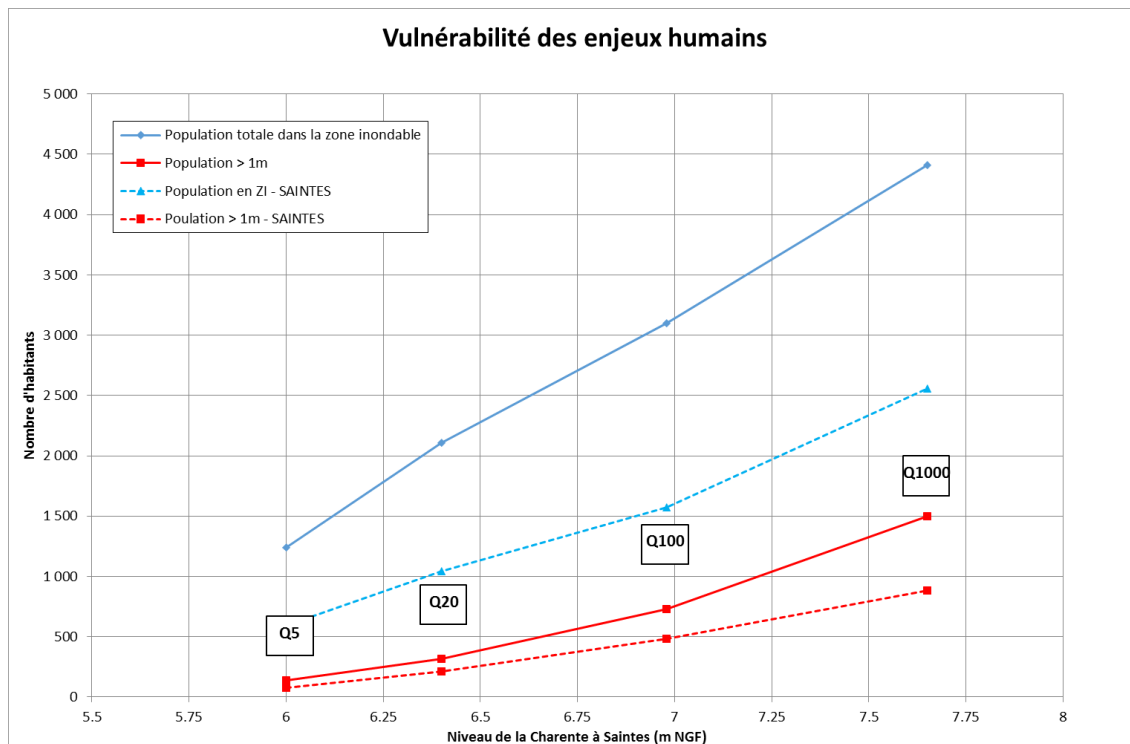


Fig. 70. Population en zone inondable en fonction de l'événement de référence

Concernant l'analyse des emplois, la méthodologie est similaire à celle des habitations (d'après guide AMC). Il s'agit d'un croisement des couches de hauteurs d'eau maximales avec la table correspondant aux emplois.

Tabl. 13 - Vulnérabilité des enjeux économiques (emplois)

Événement	Q5	Q20	Q100	Q1000
Nombre total d'emplois en ZI min	1292	1641	2272	2898
Nombre total d'emplois en ZI max	1519	2069	2942	3875
Emplois dans les zones [0 - 0,5m] tranche min	1195	411	596	325
Emplois dans les zones [0 - 0,5m] tranche max	1397	623	798	450
Emplois dans les zones [0,5 - 1m] tranche min	41	1156	432	665
Emplois dans les zones [0,5 - 1m] tranche max	48	1349	676	942
Emplois dans les zones >1m tranche min	31	74	1244	1885
Emplois dans les zones >1m tranche max	44	97	1468	2452

Le graphique ci-dessous présente le nombre total d'emplois impacté sur le territoire d'étude en fonction de l'événement de référence. Pour plus de clarté, chaque événement est représenté par le niveau d'eau maximal atteint au Pont Palissy à Saintes.

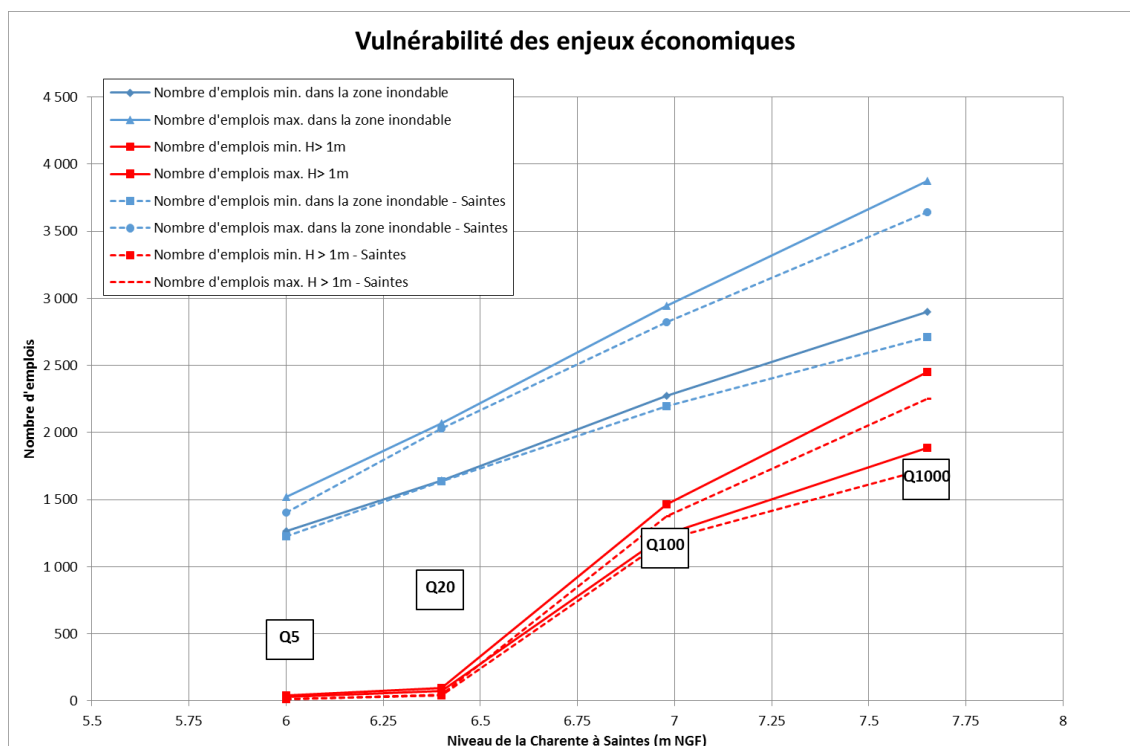


Fig. 71. Nombre d'emplois en zone inondable en fonction de l'événement de référence

Concernant l'analyse agricole, la méthodologie permet de calculer la surface de terre agricole en zone inondable par type de culture pour un événement hydrométéorologique (source RPG 2016).

Tabl. 14 - Vulnérabilité des enjeux agricoles

Surface en hectares (ha)	Événement			
	Q5	Q20	Q100	Q1000
Surface totale agricole inondée	6547	7163	7398	7575
Blé tendres	125	159	184	209
Colza	22	31	39	43
Divers	133	94	87	74
Estive landes	14	14	14	14
Fourrage	58	50	54	58
Gel	244	261	261	264
Légumes fleurs	1	2	2	2
Mais grain et ensilage	1302	1359	1373	1398
Orge	35	52	71	81
Plantes à fibres	4	4	4	4
Prairies permanentes	4273	4356	4237	4177
Prairies temporaires	107	109	112	118
Protéagineux	11	12	15	17
Tournesol	92	107	128	139
Vignes	1	2	3	4
Autres céréales	0	0	0	0
Autres cultures industrielles	0	0	0	0

Enfin, le tableau ci-dessous répertorie par commune la population totale en zone inondable ainsi que le nombre total d'emplois impactés pour chaque événement de référence.

Tabl. 15 - Enjeux humains et économiques recensés par commune

COMMUNE	Q5	Q20	Q100	Q1000
SAINTES	Population totale en zone inondable			
	591	1044	1571	2313
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	1404	1917	2655	3460
CHANIERES	Population totale en zone inondable			
	92	112	122	142
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	38	43	45	45
COURCOURY	Population totale en zone inondable			
	60	68	89	158
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	8	12	13	33
GONDS	Population totale en zone inondable			
	52	171	340	498
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	24	39	100	153
FONTCOUVERTE	Population totale en zone inondable			
	3	3	3	3
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	0	0
BUSSAC-SUR-CHARENTE	Population totale en zone inondable			
	35	39	39	41
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	3	3	3	3
SAINT-VAIZE	Population totale en zone inondable			
	0	0	0	0
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	1	1	1
TAILLEBOURG	Population totale en zone inondable			
	28	38	47	57
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	12	16	19	20
PORT-D'ENVAUX	Population totale en zone inondable			
	121	145	162	173
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	11	11	13	14
CRAZANNES	Population totale en zone inondable			
	0	0	0	5
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	0	0
LE MUNG	Population totale en zone inondable			
	27	44	100	121
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	10	13	14	22
SAINT-SAVINIEN	Population totale en zone inondable			
	94	107	146	208
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	36	40	86	98
GEAY	Population totale en zone inondable			
	4	7	7	7
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	1	1	1	1

BORDS	Population totale en zone inondable			
	48	82	86	96
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	2	4	4
ROMEGOUX	Population totale en zone inondable			
	6	6	6	6
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	1	1	1	1
LA VALLEE	Population totale en zone inondable			
	14	55	91	160
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	9	18	53
LA JARD	Population totale en zone inondable			
	0	3	18	29
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	1	1	1
LUSSANT	Population totale en zone inondable			
	0	2	2	2
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	0	0
MONTILS	Population totale en zone inondable			
	6	6	6	10
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	6	6
SAINT-HIPPOLYTE	Population totale en zone inondable			
	0	0	1	49
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	0	7
CABARIOT	Population totale en zone inondable			
	8	51	58	70
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	1	1	1
CHAMPDOLENT	Population totale en zone inondable			
	4	4	4	4
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	15	15	15	15
COLOMBIERS	Population totale en zone inondable			
	6	6	12	13
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	1	1	1	1
BERNEUIL	Population totale en zone inondable			
	5	14	54	67
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	8	16
PUY-DU-LAC	Population totale en zone inondable			
	1	1	1	6
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	0	0
SAINT-COUTANT-LE-GRAND	Population totale en zone inondable			
	5	8	8	8
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	0	0	0	1
SAINT-SEVER-DE-SAINTONGE	Population totale en zone inondable			
	23	48	66	74
	Nombre total d'emplois en ZI max			
	1	1	5	5

Les cartographies des enjeux sont présentées en annexe 4.

7. CONCLUSIONS

Le territoire d'étude est fortement vulnérable quel que soit l'événement de référence. Pour un événement générant des premiers désordres (Q_5), le nombre d'habitants situé en zone inondable est supérieur à 1 200 sur l'ensemble du territoire d'étude et le nombre d'emplois impactés est de l'ordre de 1 200/1 500. La population en zone inondable pour un événement de type 1982 (crue centennale) est d'environ 3 100 personnes et concerne 2 200/2 900 emplois.

Ces éléments illustrent la très forte vulnérabilité de la zone d'étude face à la problématique inondation, qu'il s'agisse des enjeux humains en premier lieu : près de 140 personnes sont soumises à plus de 1,0 m d'eau pour une crue quinquennale et plus de 730 le sont pour une crue centennale, ou pour les enjeux économiques dans un second temps.

Il y a donc une nécessité d'engager des réflexions pour identifier les aménagements pouvant être mis en œuvre sur ce territoire pour en diminuer la vulnérabilité, ce qui est l'objet de la seconde phase de la présente étude.

Toutefois, les pertes de charge observées au niveau des différentes infrastructures sont relativement réduites (10/20cm). Les gains à attendre de la mise en œuvre d'ouvrages de transparence sur celles-ci ne permettront pas de totalement supprimer la vulnérabilité des enjeux du territoire. Il conviendra donc en phase 2 de l'étude d'optimiser ces aménagements pour concentrer les gains hydrauliques au niveau des secteurs présentant les enjeux les plus vulnérables en nombre et/ou en intensité. Cette réflexion intégrera également le fait que le territoire est fortement vulnérable dès des crues fréquentes de la Charente, et que les aménagements devront donc être les plus efficaces pour ces gammes d'événements.

Par ailleurs, une analyse plus détaillée sur le secteur urbanisé de Saintes sera réalisée concernant les protections localisées en rive gauche et rive droite de la Charente. L'étude de ces aménagements fera l'objet de tests complémentaires lors de la Phase 2.

ANNEXE 1 : Cartographies des hauteurs d'eau maximales et des laisses de crue de 1982 – Calage de la crue de 1982

ANNEXE 2 : Cartographies des hauteurs d'eau maximales et des laisses de crue de 1994 – Calage de la crue de 1994

ANNEXE 3 : Cartographies des aléas pour les 4 événements de référence (hauteurs, niveaux et vitesses)

ANNEXE 4 : Cartographies des enjeux humains, économiques, environnementaux et patrimoniaux