

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

ARTELIA Eau & Environnement Sud-Ouest
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





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		8310773		
Indice	Date	Établi par	Vérifié par	Commentaires / Modifications
Ind00	01/09/16	RCD/AMT	DLU	Remarques DDTM intégrées
Ind01	01/04/17	RCD/AMT	DLU	Remarques DDTM/SMAS intégrées

SOMMAIRE

Section 1

Partie PPR : Définition des aléas de référence _____ 6

1 - PRISE EN COMPTE DES OUVRAGES DE PROTECTION SUR L'ENSEMBLE DU LITTORAL ET DES DIGUES DE LA SEUDRE JUSQU'À SAUJON _____ 7

1.1. IDENTIFICATION DE L'ENSEMBLE DES OUVRAGES CONSTITUANT LE SYSTÈME DE PROTECTION	7
1.1.1. Généralités : les secteurs homogènes initiaux	7
1.1.2. Application au travail pour le PPR	7
1.2. PRISE EN COMPTE DE LA SOLLICITATION À LA HOULE DES OUVRAGES	8
1.3. PRISE EN COMPTE DE LA PROTECTION	8
1.4. DYNAMIQUE DE CONSTITUTION DES BRÈCHES OU D'EFFACEMENTS D'OUVRAGES	10

2 - CARTOGRAPHIE DES ALÉAS DE RÉFÉRENCE DU FUTUR PPRL _____ 10

2.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES CARTOGRAPHIES	10
2.2. CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU	11
2.3. CARTOGRAPHIE DES VITESSES D'ÉCOULEMENTS	11
2.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA DE RÉFÉRENCE	11

Section 2

Partie PAPI : Définition d'une stratégie de protection _____ 12

3 - ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE _____ 13

3.1. RAPPEL DES SCÉNARIOS MODÉLISÉS	13
3.2. IMPACT DES BARRAGES MOBILES SUR LES NIVEAUX DE LA SEUDRE CONTINENTALE	13
3.2.1. Événement fréquent	14
3.2.2. Événement moyen	14
3.2.3. Synthèse	15
3.3. INFLUENCE DU DISPOSITIF DE PROTECTION ACTUEL	16
3.3.1. TEST 1 : Scénarios sans digue	16
3.3.1.1. ÉVÉNEMENT RARE SANS DIGUE	16
3.3.1.2. ÉVÉNEMENT MOYEN SANS DIGUE	18
3.3.1.3. ÉVÉNEMENT FRÉQUENT : RETOUR À L'ÉTAT DE VASIÈRES DES MARAIS DE LA SEUDRE	20
3.3.1.4. SYNTHÈSE	22
3.3.2. TEST 2 : Événement rare avec digues insubmersibles	23
3.4. STRATÉGIE DE PROTECTION ET DE GESTION DES SUBMERSIONS	24
3.4.1. Événements simulés	25
3.4.2. Présentation des stratégies	26
3.4.3. Stratégie maximaliste	26
3.4.3.1. PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE	26

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage**PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE****RAPPORT**

3.4.3.2.	IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE	30
3.4.4.	Stratégie intermédiaire	34
3.4.4.1.	PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE INTERMÉDIAIRE	34
3.4.4.2.	IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA STRATÉGIE INTERMÉDIAIRE	37
3.4.5.	Stratégie minimaliste	40
3.4.5.1.	PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE MINIMALISTE	40
3.4.5.2.	IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA STRATÉGIE MINIMALISTE	40
3.5.	STRATÉGIE DE GESTION DES INONDATIONS FLUVIALES	40
3.5.1.	Stratégie maximaliste	40
3.5.1.1.	PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE	40
3.5.1.2.	IMPACT HYDRAULIQUE DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE	41
3.5.2.	Stratégie intermédiaire	43
3.5.3.	Stratégie minimaliste	44
3.5.3.1.	GESTION DES CLAPETS DE LA SEUDRE CONTINENTALE	44
3.5.3.2.	MISE EN PLACE D'UN BASSIN DE RÉTENTION DES CRUES	44
3.6.	STRATÉGIE RETENUE	45
3.7.	ESTIMATION SOMMAIRE DES COÛTS D'AMÉNAGEMENT	45
3.7.1.	Hypothèses de calcul	45
3.7.2.	Estimation des cotes des protections	46
3.7.3.	Synthèse des estimations sommaires	48

Section 3	
Documents annexes	50

Annexe 1	
Tableau récapitulatif des caractéristiques des tronçons homogènes de digues	51

Annexe 2	
Tableau récapitulatif de la prise en compte des ouvrages pour la définition des aléas du PPR	52

Annexe 3	
Cartographie présentant les estimations des cotes des protection de la stratégie intermédiaire	53

TABLEAUX

TABL. 1 -	LINÉAIRE DE BRÈCHE APPLIQUÉ EN FONCTION DE L'EXPOSITION À LA HOULE	8
TABL. 2 -	PRINCIPES DE PRISE EN COMPTE DES OUVRAGES PROTECTIONS	9
TABL. 3 -	DÉFINITION DE L'ALÉA PAR CROISEMENT DES VITESSES ET DES HAUTEURS D'EAU	11
TABL. 4 -	RÉCAPITULATIF DES SCÉNARIOS RÉALISÉS DANS LE CADRE DU PAPI	13

FIGURES

FIG. 1.	GRAPHIQUE PRÉSENTANT LES FILS D'EAU DANS LE LIT MINEUR DE LA SEUDRE POUR L'ÉVÉNEMENT FRÉQUENT POUR DEUX POSITIONS DES CLAPETS	14
FIG. 2.	GRAPHIQUE PRÉSENTANT LES FILS D'EAU DANS LE LIT MINEUR DE LA SEUDRE POUR L'ÉVÉNEMENT MOYEN POUR DEUX POSITIONS DES CLAPETS	15
FIG. 3.	GRAPHIQUE PRÉSENTANT LES NIVEAUX EN LIT MINEUR AVEC ET SANS DIGUE POUR L'ÉVÉNEMENT RARE	16
FIG. 4.	CARTE D'IMPACT ENTRE LE SCÉNARIO SANS DIGUE ET LE SCÉNARIO AVEC DIGUES ACTUELLES PÉRENNES POUR L'ÉVÉNEMENT RARE	17

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

FIG. 5.	SURVERSE DES DIGUES POUR LORSQUE CELLES-CI-SONT PÉRENNES	18
FIG. 6.	ÉVOLUTION DU NIVEAU D'EAU LORSQUE LES DIGUES SONT ARASÉES	18
FIG. 7.	CARTE D'IMPACT ENTRE LE SCÉNARIO SANS DIGUE ET LE SCÉNARIO AVEC DIGUES ACTUELLES PÉRENNES POUR L'ÉVÉNEMENT MOYEN	19
FIG. 8.	ZONES INONDABLES DU SCÉNARIO SANS DIGUE ET DU SCÉNARIO AVEC DIGUES ACTUELLES PÉRENNES POUR L'ÉVÉNEMENT MOYEN	20
FIG. 9.	CARTE D'IMPACT ENTRE LE SCÉNARIO DE RETOUR À L'ÉTAT DE VASIÈRE DES MARAIS ET LE SCÉNARIO AVEC DIGUES ACTUELLES PÉRENNES POUR L'ÉVÉNEMENT FRÉQUENT	21
FIG. 10.	ZONES INONDABLES DU SCÉNARIO AVEC LES MARAIS À L'ÉTAT DE VASIÈRE ET DU SCÉNARIO AVEC DIGUES ACTUELLES PÉRENNES POUR L'ÉVÉNEMENT FRÉQUENT	22
FIG. 11.	GRAPHIQUE PRÉSENTANT LES NIVEAUX EN LIT MINEUR AVEC DIGUES ACTUELLES ET DIGUES INSUBMERSIBLES	23
FIG. 12.	CARTE D'IMPACT ENTRE LE SCÉNARIO AVEC DIGUES INSUBMERSIBLES ET LE SCÉNARIO AVEC DIGUES ACTUELLES PÉRENNES	23
FIG. 13.	LOCALISATION DES ZONES URBANISÉES SUR LE SECTEUR D'ÉTUDE	25
FIG. 14.	DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE (PLANCHES 1,2 ET 3)	30
FIG. 15.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI POUR L'ÉVÉNEMENT FRÉQUENT	31
FIG. 16.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI POUR L'ÉVÉNEMENT MOYEN	32
FIG. 17.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI POUR L'ÉVÉNEMENT RARE	33
FIG. 18.	DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS DE LA STRATÉGIE INTERMÉDIAIRE	36
FIG. 19.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI POUR L'ÉVÉNEMENT FRÉQUENT	37
FIG. 20.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI POUR L'ÉVÉNEMENT MOYEN	38
FIG. 21.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI POUR L'ÉVÉNEMENT RARE	39
FIG. 22.	DESCRIPTION DES AMÉNAGEMENTS DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE SUR SAUJON	41
FIG. 23.	CARTE DES HAUTEURS D'EAU DANS SAUJON AVEC LES PROTECTIONS PAPI DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE	42
FIG. 24.	CARTE D'IMPACT DE LA MISE EN PLACE DES PROTECTIONS PAPI SUR SAUJON POUR UN DÉBIT CENTENNAL	43
FIG. 25.	HYDROGRAMME DE LA CRUE DE 1982	44
FIG. 26.	STRATÉGIE PAPI INTERMÉDIAIRE : COTES DE PROTECTIONS ESTIMÉES	47

SECTION 1

PARTIE PPR : DÉFINITION DES ALÉAS DE RÉFÉRENCE

1 - PRISE EN COMPTE DES OUVRAGES DE PROTECTION SUR L'ENSEMBLE DU LITTORAL ET DES DIGUES DE LA SEUDRE JUSQU'À SAUJON

1.1. IDENTIFICATION DE L'ENSEMBLE DES OUVRAGES CONSTITUANT LE SYSTÈME DE PROTECTION

1.1.1. Généralités : les secteurs homogènes initiaux

Lors de la phase 1, 88 secteurs homogènes ont été déterminés. Dans le cadre de la présente analyse, ces 88 secteurs sont repris en plus des tronçons cohérents des digues bordant la Seudre.

L'homogénéité de ces secteurs est appréciée en regard de différents critères qui sont :

- le type de défense : anthropique (présence d'un ouvrage longitudinal de rigidification du trait de côte) ou côte « naturelle »,
- la nature de la protection :
 - falaise ou micro-falaise (défendue ou non),
 - cordon dunaire (défendu ou non),
 - cordon de galets ou remblais.

Pour les secteurs présentant des ouvrages anthropiques, le type d'ouvrage (maçonné ou en enrochements) est précisé. Par ailleurs, pour ces mêmes secteurs, il est également indiqué s'il y a présence de parapets ou non.

Enfin, les secteurs où la topographie en arrière de l'ouvrage est surélevée (dunes, falaises), au même niveau ou plus haute, sont également identifiés afin de juger de la pérennité de la côte hors présence des ouvrages.

1.1.2. Application au travail pour le PPR

L'identification de secteurs homogènes avait pour objectif d'identifier :

- la moyenne du recul ou de l'avancée du trait de côte sur chacun,
- la prise en compte de chaque secteur de défense qui pourra être adaptée en regard des directives de la circulaire de juillet 2011 pour la détermination de la submersion de celle-ci et le calcul de l'aléa submersion en arrière.

Ces secteurs sont présentés dans le tableau de l'annexe 3 qui identifie, par secteur, les critères énoncés précédemment (type et nature de la défense, présence d'un parapet et dénivelée avec terrain en arrière) auxquels nous avons ajouté :

- la longueur du tronçon concerné et son nom,
- l'état de la protection : en l'absence d'information sur l'état des digues bordant la Seudre, un état dégradé a été retenu ;
- l'altimétrie de l'ouvrage : l'altimétrie de l'ouvrage a été déterminée à partir du LIDAR.

1.2. PRISE EN COMPTE DE LA SOLLICITATION À LA HOULE DES OUVRAGES

La façade maritime, bien que protégée de la houle par l'île d'Oléron, est plus exposée que les bords de l'estuaire de la Seudre. Ainsi, afin de différencier ces sollicitations, et les défaillances qu'il en résulte, nous avons marqué par la suite pour chaque secteur son exposition à la houle.

1.3. PRISE EN COMPTE DE LA PROTECTION

L'expression « ouvrage de protection » désigne le système d'endiguement globalement cohérent du point de vue hydraulique et de la protection effective des populations.

Aucun ouvrage ne peut être considéré comme infaillible, quelles que soient ses caractéristiques et sa résistance présumée. Dans le cadre du projet de PPR, le principe guidant les actions est qu'une zone protégée par une digue reste une zone inondable.

La circulaire du 27 juillet 2011 précise les conditions et principes à appliquer pour la représentation des protections et leur prise en compte dans les calculs.

Ainsi, si :

- la protection est surversée par plus de 0,20 m d'eau par l'aléa pris en compte (cote du plan d'eau à identifier en bordure de côte),
- l'état de la protection est caractérisé (aspect visuel identifié au volet 2) par un état moyen ou dégradé,

la protection doit être considérée dans le calcul comme s'effaçant totalement au cours de l'événement et sur le linéaire homogène total considéré (critère d'effacement défini dans le chapitre 1.4. suivant).

Par ailleurs, comme aucune protection ne peut être considérée comme complètement pérenne, pour toute protection décrite en bon état et ayant une cote de crête la rendant soit insubmersible, soit submersible par moins de 0,20 m par rapport à la cote d'eau calculée au droit du secteur pour l'aléa considéré, une hypothèse de brèche doit être prise en compte dans les calculs. Comme précisé dans le paragraphe précédent, cette hypothèse de brèche est dépendante de l'exposition à la houle de la protection. Ainsi, les linéaires de brèche appliqués pour cette étude sont présentés dans le tableau suivant :

Tabl. 1 - Linéaire de brèche appliqué en fonction de l'exposition à la houle

Ouvrage de protection en état satisfaisant avec une surverse pour l'événement de référence à simuler (REF + 20 ou REF + 60) inférieure à 20 cm			
Exposition à la houle			
OUI		NON	
L tronçon	Brèches	L tronçon	Brèches
0 - 300 m	1 x 50 m	0 - 300 m	1 x 50 m
300 - 500 m	1 x 100 m	300 - 750 m	1 x 100 m
500 - 1000 m	2 x 100 m	750 - 1250 m	2 x 100 m
1000 - 1500 m	3 x 100 m	1250 - 2250 m	3 x 100 m
1500 - 2000 m	4 x 100 m	2250 - 3250 m	4 x 100 m
2000 - 2500 m	5 x 100 m	3250 - 4250 m	5 x 100 m
2500 - 3000 m	6 x 100 m	L > 4250 m	6 x 100 m

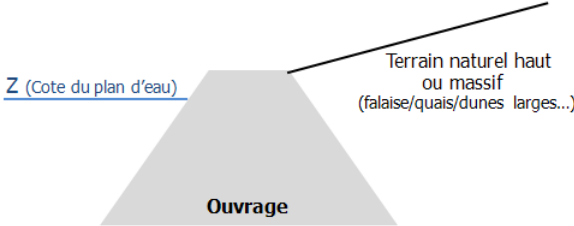
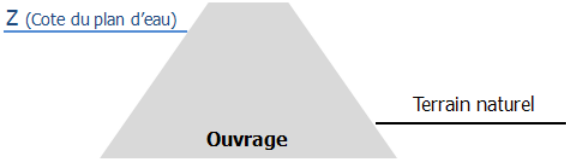
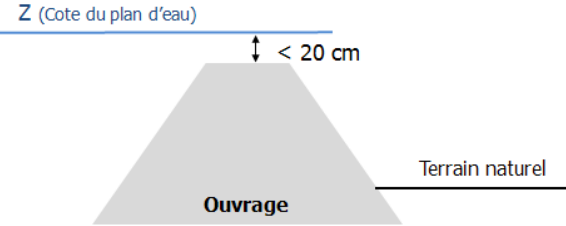
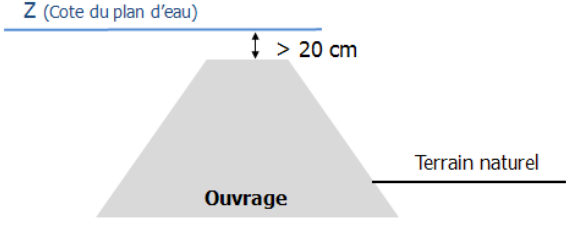
Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

Le schéma suivant récapitule les différents principes retenus pour la prise en compte des protections dans les futurs calculs à réaliser.

Tabl. 2 - Principes de prise en compte des ouvrages protections

État de l'ouvrage Scénario de l'ouvrage	État satisfaisant	État moyen/dégradé
Secteurs de falaises, de quais, de terrains hauts à l'arrière de la protection ou de dunes larges (cordons de largeur > 25 m) 	Ouvrage pérenne en regard du risque submersion Pas de brèches ni d'effacement d'ouvrage	
Secteurs de protections pour lesquels la cote de protection est supérieure à la cote du plan d'eau 	Simulation de brèches	Simulation d'un effacement sur l'ensemble du linéaire
Secteurs de protections pour lesquels la cote du plan d'eau est supérieure <u>de moins</u> de 20 cm à la cote de protection 	Simulation de brèches	Simulation d'un effacement sur l'ensemble du linéaire
Secteurs de protections pour lesquels la cote du plan d'eau est supérieure <u>de plus</u> de 20 cm à la cote de protection 	Simulation d'un effacement sur l'ensemble du linéaire	Simulation d'un effacement sur l'ensemble du linéaire

La prise en compte de chaque ouvrage est présentée dans le tableau en annexe 4. Les différents éléments permettant la définition de la défaillance pour chaque niveau d'aléa sont précisés.

1.4. DYNAMIQUE DE CONSTITUTION DES BRÈCHES OU D'EFFACEMENTS D'OUVRAGES

La circulaire ne précise pas la dynamique de constitution, au cours du calcul, de la brèche ou de l'effacement de la protection considérée.

Cette problématique de survenue de la dynamique d'arasement (à la cote du terrain naturel en arrière immédiat), influe sur les volumes entrant à l'intérieur des terres (et donc sur les cotes d'inondation dans ces secteurs), mais également sur la dynamique des vitesses dans ces secteurs.

Des analyses de sensibilité ayant été menées en 2012 lors de l'élaboration des études préalables au PPRn Nord Département, ont précisé en détail la dynamique à retenir. Ces éléments précisés ci-après ont été validés par le CETMEF.

Ainsi, les principes retenus quant à la dynamique de constitution des brèches ou d'effacements **d'ouvrages** sont les suivants :

- ruine ou effacement se produisant **une heure avant la pleine mer** en tout point du linéaire,
- ruine ou brèche se produisant **instantanément** dans le calcul,
- prise en compte après ruine ou brèche de la cote du terrain naturel ou de la route située immédiatement en arrière de la protection initiale.

Cette dynamique et ce scénario de rupture (brèche ou ruine) sont donc appliqués selon la situation et la longueur indiquées dans le tableau de l'annexe n°4 de l'ensemble des ouvrages, pour tous les calculs réalisés ci-après.

2 - CARTOGRAPHIE DES ALÉAS DE RÉFÉRENCE DU FUTUR PPRL

Les différentes limites des paramètres retenues pour les cartographies des hauteurs (0,5 et 1 m) et des vitesses (0,20 et 0,50 m/s) présentées dans les paragraphes suivants, ont été définies en concertation notamment avec les services de la DDTM qui s'appuient, pour les déterminer, sur les préconisations émises dans le cadre de la dernière circulaire de juillet 2011 qui traite de ces sujets.

2.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES CARTOGRAPHIES

Pour rappel, le secteur d'étude est constitué de 3 secteurs :

- Le secteur maritime, comprenant le littoral devant les marais de Brouage et l'estuaire de la Seudre entre la Tremblade et les Écluses du Ribérou à Saujon ;
- Le secteur fluvio-maritime, s'étendant sur un linéaire d'environ 1 km à l'amont des écluses ;
- Le secteur fluvial, s'étendant de l'amont du bourg de Saujon à Plassac.

D'un point de vue de la cartographie des vitesses, hauteurs d'eau et aléas, les cartes relatives à l'événement de référence à court terme prennent en compte les résultats des modèles sur les trois secteurs, alors que les cartes relatives à l'aléa à long terme prennent en compte les résultats du modèle 2D sur la partie maritime. En effet, la réhausse des niveaux des océans due au changement climatique n'intervient pas sur le secteur fluvial et n'est pas sensible sur le secteur fluvio-maritime.

2.2. CARTOGRAPHIE DES HAUTEURS D'EAU

Pour les différents scénarios, il a été réalisé, sur la base des résultats détaillés issus du modèle, un MNT décrivant le plan d'eau maximal obtenu en tout point de calcul.

Les plans d'eau ainsi générés identifient donc les niveaux pour :

- l'aléa maritime à court terme (REF +20 cm au large), avec les brèches et les ruines décrites dans le tableau de l'annexe n°4,
- l'aléa fluvio-maritime (REF + 20 cm au large + Q10), avec les brèches et les ruines décrites dans le tableau de l'annexe n°4,
- l'aléa fluvial (Q100),
- l'aléa maritime à long terme (REF +60 cm au large), avec les brèches et les ruines décrites en dernière colonne du tableau de l'annexe n°4.

2.3. CARTOGRAPHIE DES VITESSES D'ÉCOULEMENTS

Pour les mêmes scénarios décrits précédemment, il a été extrait des résultats détaillés des modèles une cartographie des vitesses sur support SCAN 25 (comme pour les hauteurs).

Notons ici que, compte tenu du fait que les bâtiments ne sont pas décrits dans le modèle 2D comme des obstacles en dur, la cartographie présentée doit être, dans les zones densément urbanisées, prise en compte comme identifiant ce paramètre à échelle globale et donc sans détailler les survitesses ou zones d'ombre qui pourraient être très localement identifiées en considérant, avec un détail adapté, le bâti présent dans la zone. Ces zones densément peuplées sont toutefois très peu présentes sur le secteur.

2.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA DE RÉFÉRENCE

Le tableau suivant, issu des directives nationales prises en considération par les services de l'État (dernière circulaire de juillet 2011), identifie le croisement adopté pour décrire le territoire en termes d'aléa :

Tabl. 3 - Définition de l'aléa par croisement des vitesses et des hauteurs d'eau

Hauteur d'eau Vitesse*	0 à 0,50 m	0,50 à 1 m	Supérieure à 1 m
0 à 0,20 m/s	Faible	Modéré	Fort
0,20 à 0,50 m/s	Modéré	Modéré	Fort
Supérieure à 0,50 m/s	Fort	Fort	Très fort

Pour les scénarios décrits précédemment, il a été extrait des résultats détaillés du modèle une cartographie des aléas sur support SCAN 25.

Notons ici que ces cartographies brutes, obtenus directement par exploitation informatiques ont été lissées et confrontées à la topographie fine issue du Litto3D, pour pouvoir être portées au final sur des plans cadastraux à échelle exploitable.

SECTION 2

PARTIE PAPI : DÉFINITION D'UNE STRATÉGIE DE PROTECTION

3 - ANALYSE DU FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE

3.1. RAPPEL DES SCÉNARIOS MODÉLISÉS

Les scénarios étudiés dans le cadre du PAPI sont les suivants :

Tabl. 4 - Récapitulatif des scénarios réalisés dans le cadre du PAPI

Nom du scénario	Niveaux imposés au large et surcote	Vent imposé sur tout le territoire	Débit de la Seudre (periode de retour ou débit en m3/s)	Prise en compte des ouvrages
PAPI _1	-	-	1982	Clapets relevés
PAPI _2	Xynthia	Martin	5	digues perenne
PAPI _3	Xynthia	Martin	5	sans digue
PAPI _4	Xynthia +20	Martin	Q10	digues perennes
PAPI _5	Xynthia	Martin	5	digues insubmersibles
	Xynthia -30	Xynthia	5	sans digue
PAPI _6	Xynthia	Martin	5	Stratégie maximaliste
PAPI 6 FREQ	Xynthia -30	Xynthia	5	Stratégie maximaliste
PAPI 6 EXT	Xynthia +20	Martin	5	Stratégie maximaliste
PAPI 6 MOY	Xynthia	Xynthia	5	Stratégie maximaliste
PAPI 6 MOY	Martin	Martin	10	Stratégie maximaliste
PAPI _7			Q20	Clapets abaissés/relevés
PAPI 8	Xynthia	Martin	5	Stratégie intermédiaire
PAPI 8 FREQ	Xynthia -30	Xynthia	5	Stratégie intermédiaire
PAPI 8 EXT	Xynthia +20	Martin	5	Stratégie intermédiaire

3.2. IMPACT DES BARRAGES MOBILES SUR LES NIVEAUX DE LA SEUDRE CONTINENTALE

Dans ce chapitre, nous avons réalisés des simulations pour différents événements intégrant d'une part une position relevée des 8 clapets basculants de la Seudre en amont de Corne-Ecluse, et d'autre part une position abaissée. Ces simulations ont été réalisées grâce au modèle 1D.

Pour rappel, les 8 clapets sur la Seudre continentale ont été mis en place pour permettre de développer les cultures sur les bords de la Seudre, de soutenir l'étiage en été et éventuellement d'écarter les crues en amont de Saujon par inondation des plaines inondables.

Il s'agit donc dans ce chapitre de caractériser l'impact des clapets pour différents événements fluviaux afin d'identifier si une gestion optimisée de ces ouvrages est possible en vue de diminuer les inondations sur les zones à enjeux.

3.2.1. Événement fréquent

L'impact des clapets a d'abord été évalué sur un événement fréquent (crue vicennale). Les deux tests réalisés sont les suivants :

- TEST 1 : Injections de débits aux affluents et en amont pour retrouver un débit vicennal de 15,5 m³/s à Saint-André-de-Lidon, clapets en position relevée.
- TEST 2 : Injections de débits aux affluents et en amont pour retrouver un débit vicennal de 15,5 m³/s à Saint-André-de-Lidon, clapets abaissés.

Le niveaux d'eau obtenus en lit mineur de la Seudre pour ces deux tests sont présentés sur le graphique suivant :

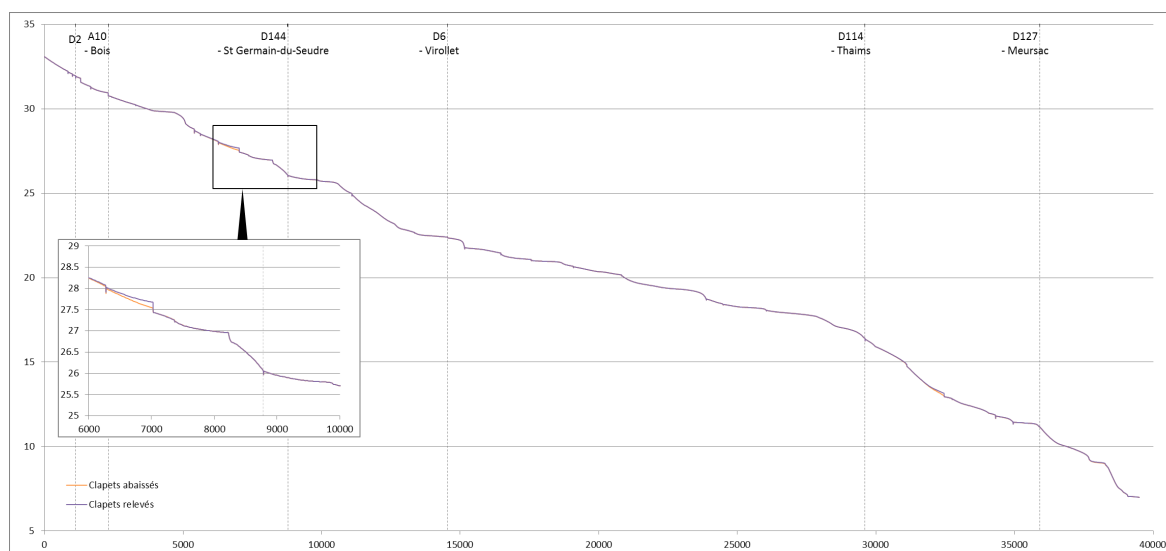


Fig. 1. Graphique présentant les fils d'eau dans le lit mineur de la Seudre pour l'événement fréquent pour deux positions des clapets

On constate donc que, pour ce débit, la mise en place des clapets en position haute engendre localement une rehausse des niveaux (au plus de 20 cm) sur maximum 1 km en amont de certains ouvrages, mais de manière globale, l'impact de ces clapets est quasi-nul. En effet, ces clapets sont dimensionnés pour avoir un intérêt de maintien d'un plan d'eau et donc d'un volume de restitution (faible) à l'étiage et pour des débits moyens, mais sont rapidement transparents d'un point de vue hydraulique lorsque la Seudre est en crue (même peu importante).

3.2.2. Événement moyen

L'impact des clapets a ensuite été évalué sur un événement moyen (crue centennale). Les deux tests réalisés sont les suivants :

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

- TEST 1 : Injections de débits aux affluents et en amont pour retrouver un débit centennal de 23,2 m³/s à Saint-André-de-Lidon, clapets en position relevée.
- TEST 2 : Injections de débits aux affluents et en amont pour retrouver un débit centennal de 23,2 m³/s à Saint-André-de-Lidon, clapets abaissés.

Le niveaux d'eau obtenus en lit mineur de la Seudre pour ces deux tests sont présentés sur le graphique suivant :

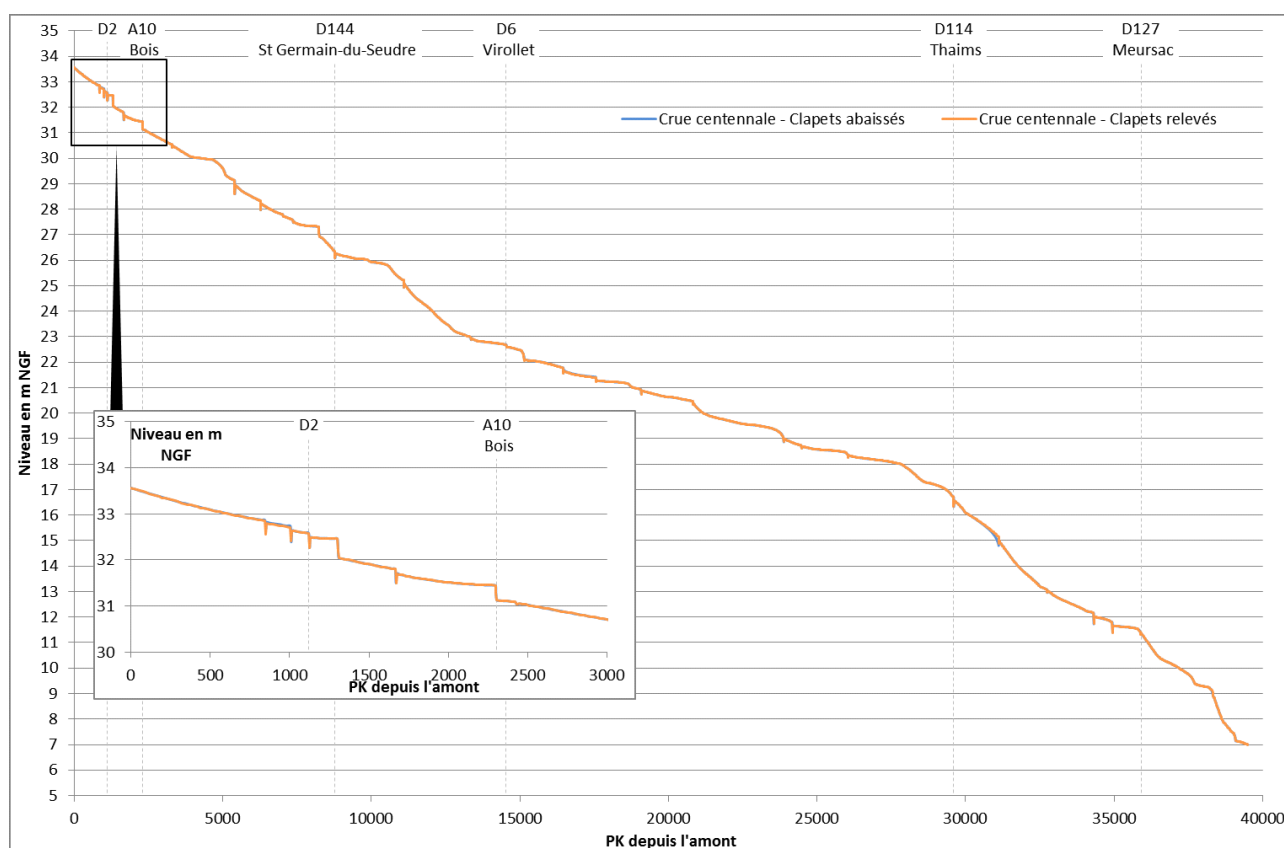


Fig. 2. Graphique présentant les fils d'eau dans le lit mineur de la Seudre pour l'événement moyen pour deux positions des clapets

On constate donc que pour un débit centennal, la mise en place des clapets en position haute engendre très localement une rehausse des niveaux sur des remous hydraulique d'au plus 1 km, mais de manière globale, l'impact de ces clapets est quasi-nul. En effet, ces clapets sont dimensionnés pour avoir un intérêt à l'étiage et pour des débits moyens, mais sont rapidement transparents d'un point de vue hydraulique lorsque la Seudre est en crue.

3.2.3. Synthèse

Les tests sur un événement fréquent et un événement moyen permettent de souligner l'absence d'impact significatifs sur les niveaux d'eau de la rehausse des clapets lorsque la Seudre est en crue. Ainsi, il n'est pas intéressant d'établir un protocole des gestion des clapets pour diminuer l'inondabilité des zones à enjeux.

3.3. INFLUENCE DU DISPOSITIF DE PROTECTION ACTUEL

Dans ce chapitre, nous avons réalisé des simulations intégrant des modifications importantes du dispositif de protection. Ces simulations à grande échelle nous permettent d'approfondir les connaissances sur le fonctionnement hydrodynamique de l'estuaire de la Seudre et notamment l'influence des digues existantes.

Les digues de premier rang ont été modifiées de 2 manières : soit un effacement complet, soit une rehausse à un niveau insubmersible. Ces modifications ont été appliquées dans un premier temps sur l'ensemble des digues en bordure du lit mineur de la Seudre.

Les tests réalisés prenaient en compte :

- soit un effacement complet des digues de premier rang (test dénommé "sans digue"). Pour l'événement fréquent ce scénario s'identifiera à un retour à l'état de vasières des marais (Cf description §3.3.1.3.).
- soit une rehausse des digues à un niveau insubmersible sur tout l'estuaire (test dénommé "digue insubmersibles").

3.3.1. TEST 1 : Scénarios sans digue

3.3.1.1. ÉVÉNEMENT RARE SANS DIGUE

Une première simulation sans digue a été réalisée pour l'événement rare, c'est-à-dire l'événement Niveaux Xynthia+20 cm au large + Vent Martin. Pour ce test, l'ensemble des digues de premier rang de la Seudre et des marais Brouage a été effacé.

Le graphique suivant présente les niveaux d'eau dans l'estuaire de la Seudre pour le scénario sans digue et pour le scénario avec l'ensemble des digues actuelles sans défaillance :

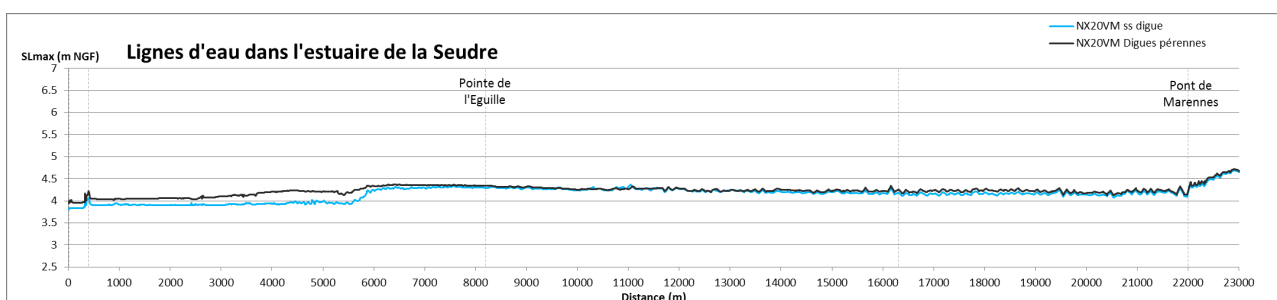


Fig. 3. Graphique présentant les niveaux en lit mineur avec et sans digue pour l'événement rare

Sur le graphique ci-dessus, le niveau d'eau en lit mineur est plus bas pour le scénario sans digue en amont de l'Eguille par rapport au scénario avec digues actuelles pérennes. Cette différence de niveau en lit mineur entre les deux configurations étudiées est quasi nulle en aval de l'Eguille jusqu'à l'entrée de l'estuaire.

La carte suivante présente la différence de niveaux d'eau entre le scénario sans digue, et le scénario avec digues actuelles pérennes.

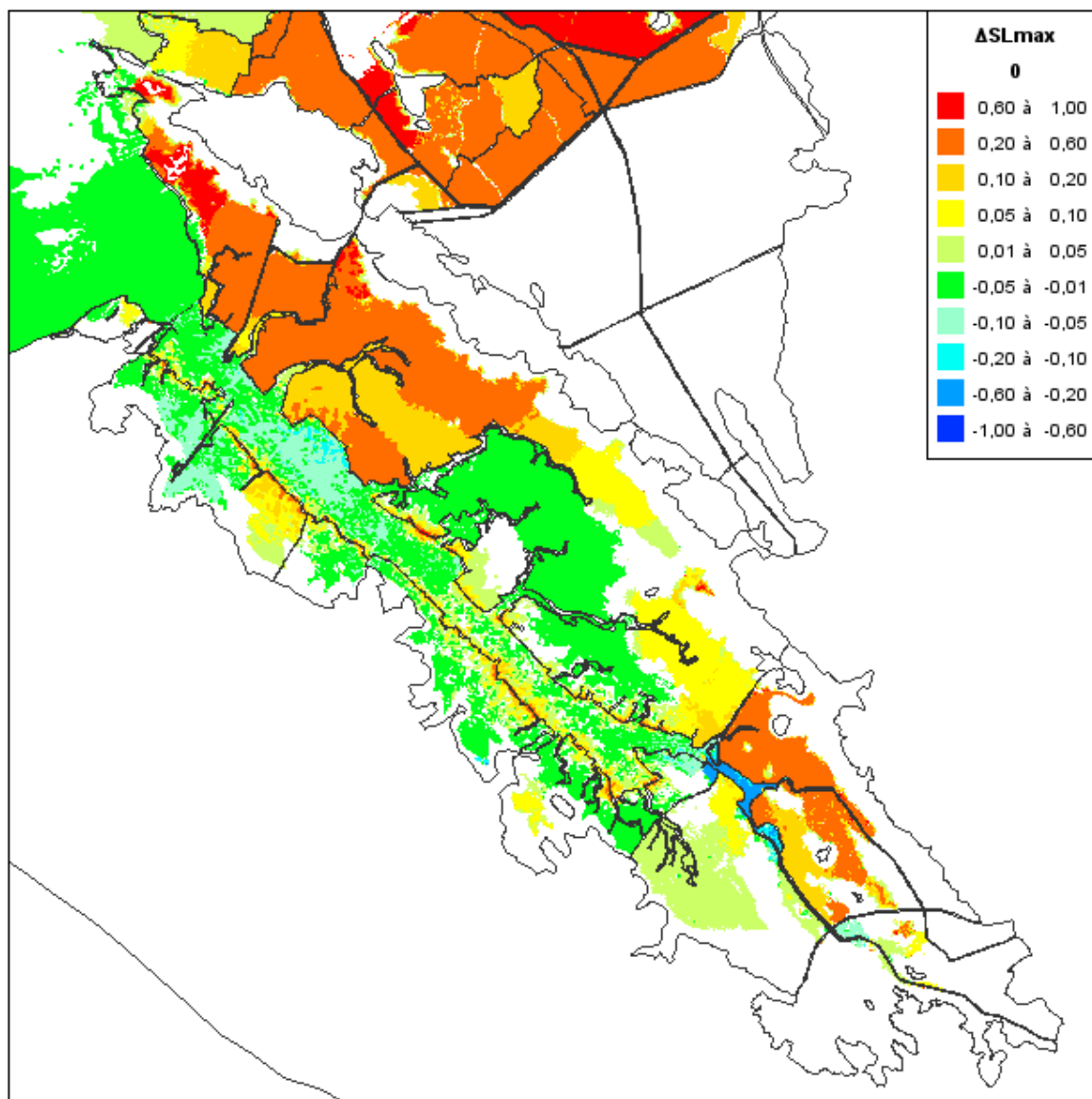


Fig. 4. Carte d'impact entre le scénario sans digue et le scénario avec digues actuelles pérennes pour l'événement rare

De manière générale, on constate un léger abaissement des niveaux d'eau en rive gauche et en lit mineur (de 1 à 5 cm), et une rehausse importante des niveaux d'eau en rive droite sur l'aval de l'estuaire (> 20 cm) si on compare le scénario sans digue avec une configuration avec digues actuelles pérennes.

En effet, les digues en rive gauche sont plus basses que celles en rive droite. Ainsi, lorsque les digues sont pérennes, le casier en rive gauche est quasiment au même niveau que le lit mineur étant donné que les surverses sont très importantes, alors que le casier de rive droite présente un niveau d'eau inférieur à celui en lit mineur, la surverse étant moindre. La forte disparité entre les cotes des digues en rive gauche et rive droite, explique les impacts observés sur les niveaux d'eau entre les deux configurations étudiées.

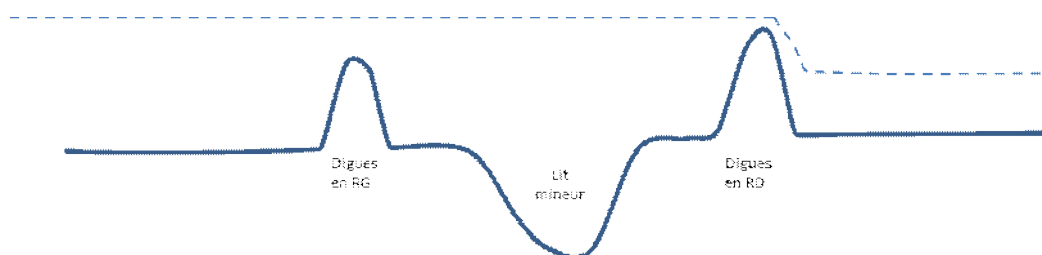


Fig. 5. Surverse des digues pour lorsque celles-ci sont pérennes

Lorsque les digues sont arasées, les marais en rive droite peuvent accueillir un grand volume d'eau issu du lit mineur. Cela engendre donc une baisse des niveaux en lit mineur et également en rive gauche.

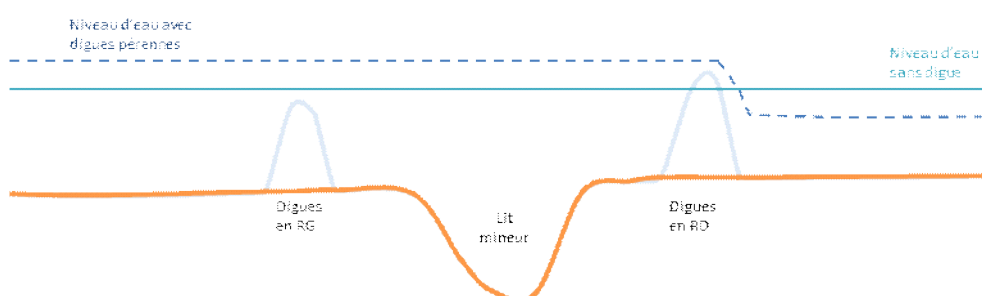


Fig. 6. Évolution du niveau d'eau lorsque les digues sont arasées

Par contre, en terme d'emprise inondable, il n'y a que très peu de différence entre ces deux scénarios. En effet, comme nous l'avons vu lors de la modélisation d'événements très majorants, les marais présentant une topographie très plate, l'eau atteint très rapidement les coteaux. Ainsi quelque soit le volume débordé, la différence se fera en termes de niveaux atteints et non en termes d'emprises inondées.

3.3.1.2. ÉVÉNEMENT MOYEN SANS DIGUE

Un test similaire a été réalisé pour l'événement moyen du PAPI, c'est à dire l'événement Niveaux Xynthia+Vent Martin. Pour ce test, seules les digues de la Seudre ont été effacées.

La carte suivante présente la différence de niveaux entre le scénario sans digue, et avec digues actuelles pérennes.

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

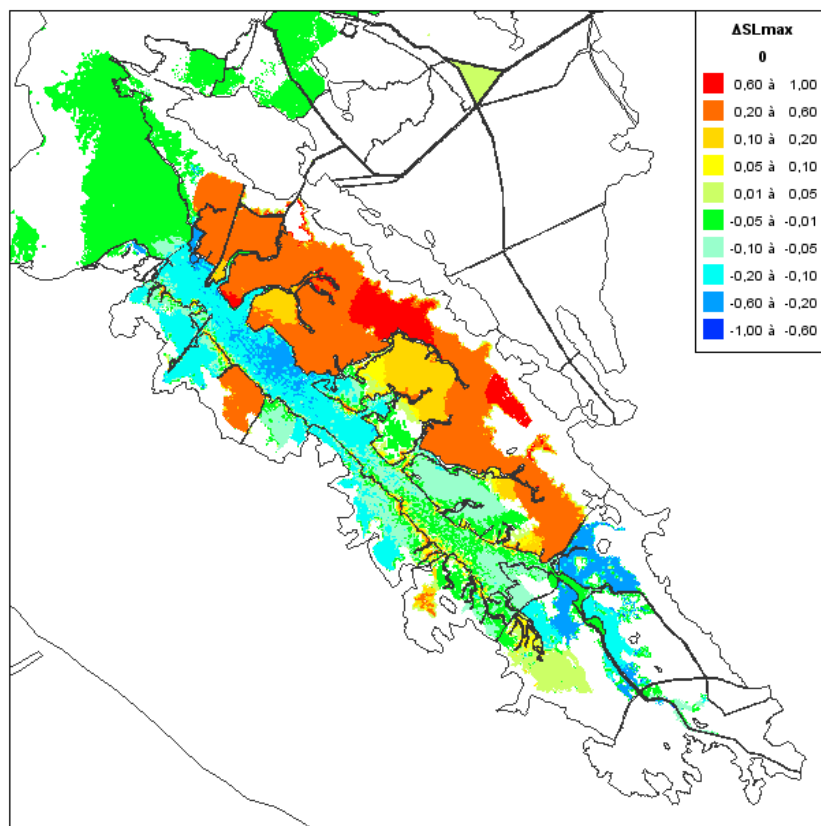


Fig. 7. Carte d'impact entre le scénario sans digue et le scénario avec digues actuelles pérennes pour l'événement moyen

En terme de niveaux d'eau, on constate un léger abaissement en rive gauche et en lit mineur et une rehausse importante des niveaux en rive droite, sur l'aval de l'estuaire comme pour la modélisation de l'événement rare.

La carte suivante montre l'ordre de grandeur des différences en termes d'emprise inondable entre ces deux scénarios :

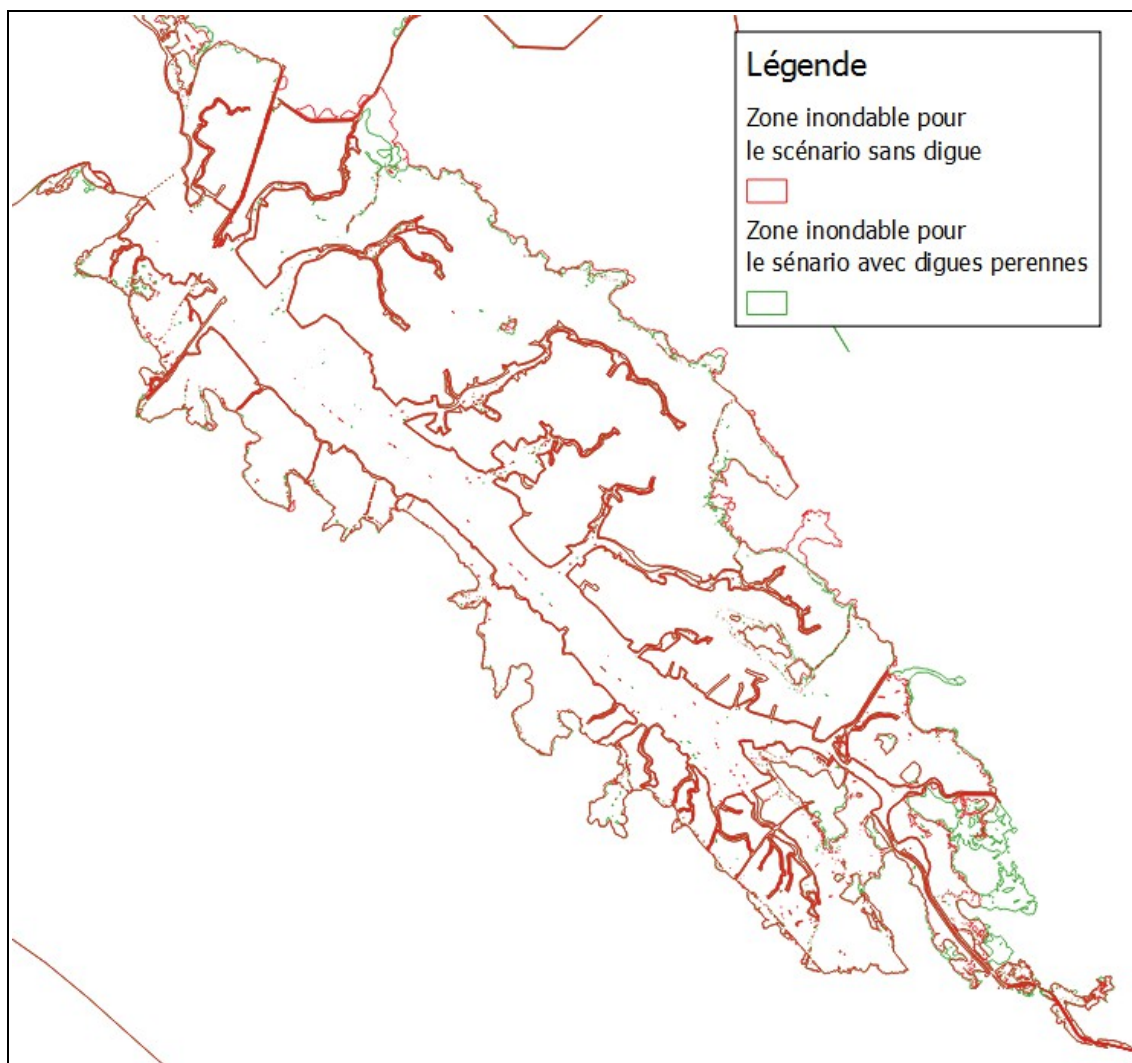


Fig. 8. Zones inondables du scénario sans digue et du scénario avec digues actuelles pérennes pour l'événement moyen

On constate donc que la présence des digues en bords de Seudre permet de diminuer très localement la zone inondable au niveau des marais. Par contre, étant donné que les digues engendrent une rehausse de niveau en lit mineur, elle induisent également une légère augmentation de la zone inondable juste à l'aval du centre de Saujon, sur le secteur le Grand Marais (commune de Saujon). Toutefois, aucun enjeu n'est recensé sur cette zone.

3.3.1.3. ÉVÉNEMENT FRÉQUENT : RETOUR À L'ÉTAT DE VASIÈRES DES MARAIS DE LA SEUDRE

Pour l'événement fréquent (événement Niveaux Xynthia - 30 cm au large), en plus de l'effacement des digues de premier rang, il a également été considéré un retour à l'état de vasière des marais de la Seudre. Pour simuler cela, des frottements très faibles ont été pris en compte dans ces marais. Ainsi, sur tout les secteurs de marais derrière les digues de premier rang, le frottements appliqué dans cette simulation étaient similaires à ceux pris en compte dans le réglage initial pour les territoires situées dans l'estuaire entre les digues de premier rang et le lit mineur.

La carte d'impact entre le scénario avec les marais à l'état de vasière et le scénario avec digues pérennes est présentée ci-dessous :

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

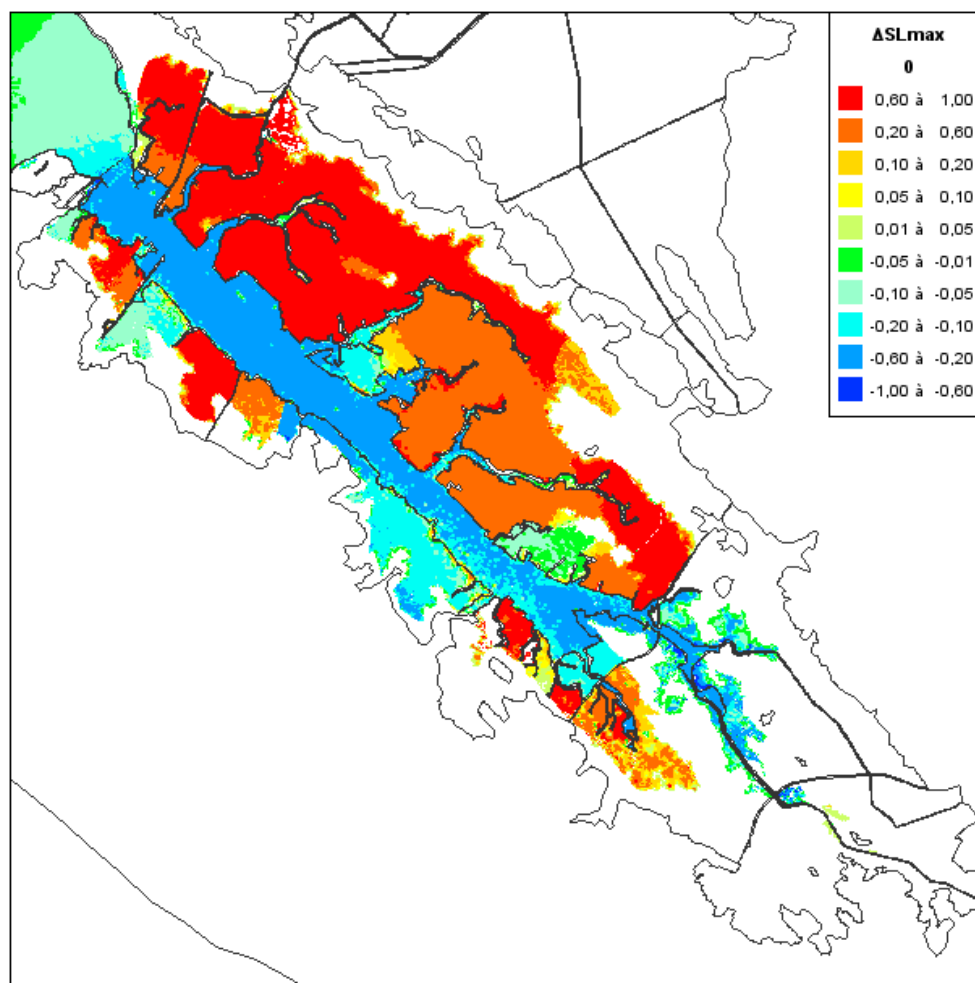


Fig. 9. Carte d'impact entre le scénario de retour à l'état de vasière des marais et le scénario avec digues actuelles pérennes pour l'événement fréquent

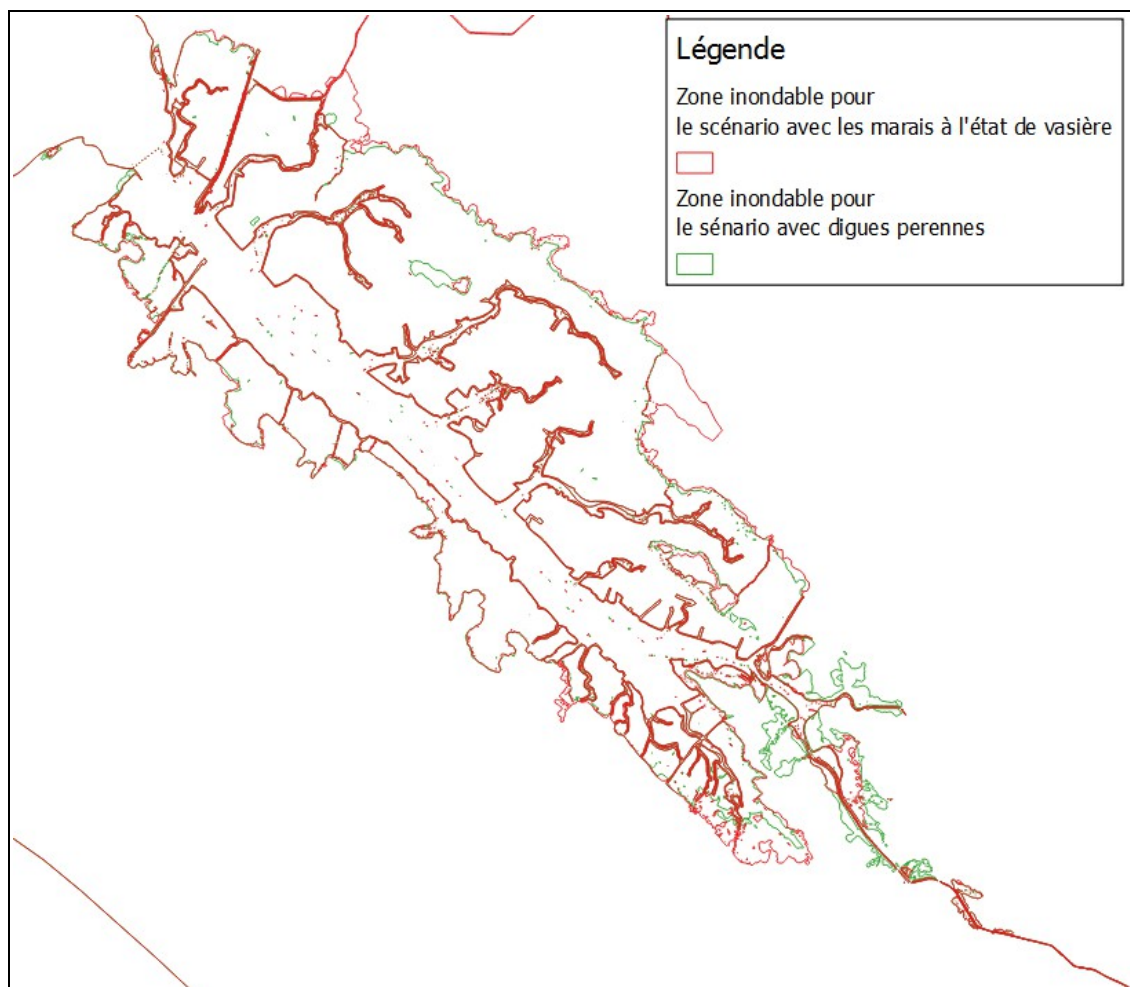


Fig. 10. Zones inondables du scénario avec les marais à l'état de vasière et du scénario avec digues actuelles pérennes pour l'événement fréquent

Les mêmes observations que pour l'événement moyen (avec uniquement un arasement des digues de premier rang) peuvent être faites :

- En termes de niveaux, on constate un abaissement des niveaux sur quelques casiers en rive gauche et en lit mineur et une rehausse importante des niveaux en rive droite, sur l'aval de l'estuaire.
- En terme d'emprise inondée, la présence des digues engendre une sur-inondation au niveau de Saujon. Par ailleurs, des enjeux sont concernés (habitations, activités/loisirs, équipements publics).

3.3.1.4. SYNTHÈSE

On constate donc que, quelque soit le niveau de submersion, la présence des digues en bords de Seudre induit une rehausse des niveaux en lit mineur et dans certains casiers de rive gauche ainsi qu'une sur-inondation au niveau de Saujon et à l'aval. Par contre, ces digues permettent de limiter les niveaux atteints en rive droite.

Par ailleurs, ces cartes permettent de faire ressortir une stratégie de protection : certains secteurs de digues pourraient être laissés à l'abandon afin de favoriser l'expansion des inondations dans les zones sans enjeu, alors que d'autres pourraient être maintenus, voire légèrement rallongés étant donné qu'ils s'avèrent utiles pour protéger des zones à enjeux.

3.3.2. TEST 2 : Événement rare avec digues insubmersibles

Le graphique suivant présente les niveaux d'eau dans l'estuaire de la Seudre pour le scénario avec digues insubmersibles et pour le scénario avec l'ensemble des digues actuelles sans défaillance :

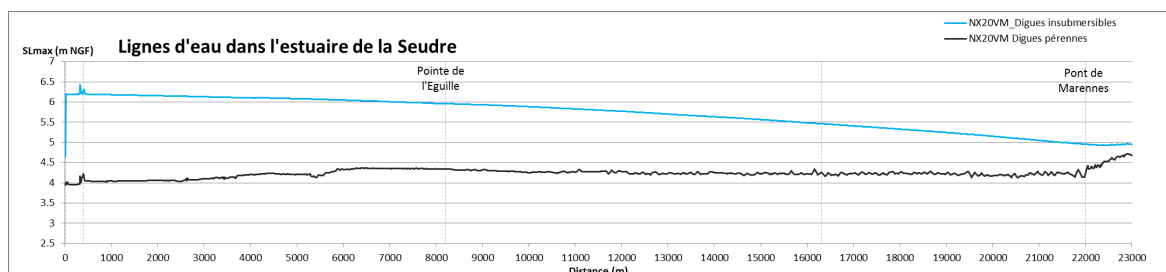


Fig. 11. Graphique présentant les niveaux en lit mineur avec digues actuelles et digues insubmersibles

La carte suivante présente la différence de niveaux entre le scénario avec digues insubmersibles, et avec digues actuelles pérennes.

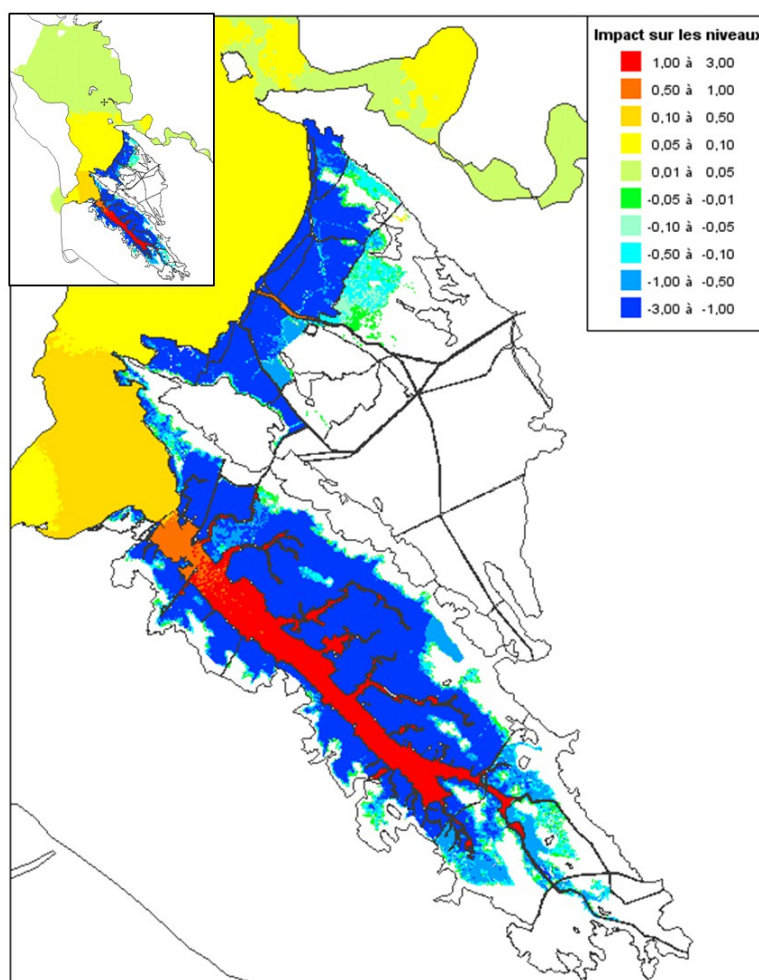


Fig. 12. Carte d'impact entre le scénario avec digues insubmersibles et le scénario avec digues actuelles pérennes

Cette comparaison des niveaux d'eau permet d'identifier que la mise en place de digues insubmersibles sur tout l'estuaire et sur les marais Brouage induirait :

- une rehausse des niveaux allant jusqu'à 11 cm sur les cote de l'Ile d'Oléron, et de 1 à 2 cm sur le territoire de la Communauté d'Agglomération de la Rochelle,
- une rehausse des niveaux en lit mineur de la Seudre pouvant aller jusqu'à 2,20 m à Saujon. Une telle configuration des digues de premier rang impliquerait donc la réalisation de digues à une cote de plus de 6 m ce qui est techniquement et financièrement très difficile.

Ainsi, en dehors d'une analyse coût bénéfice qui serait sûrement négative, un tel système de protection n'est évidemment pas envisageable étant donné les forts impacts qu'il engendre sur des territoires à enjeux.

3.4. STRATÉGIE DE PROTECTION ET DE GESTION DES SUBMERSIONS

Avant d'élaborer un scénario d'aménagement définitif, nous avons défini plusieurs stratégies de protection des enjeux sur l'estuaire de la Seudre dont le but est de servir d'outil d'aide à la décision pour les élus locaux. Le but de cette démarche est d'analyser en parallèle les résultats hydrauliques, les résultats de l'Analyse Multi-Critère (réalisée en parallèle par le SMASS) et les coûts d'aménagement afin d'aboutir à un scénario d'aménagement cohérent par rapport aux différents objectifs des acteurs locaux. Ainsi ont été examiné et pris en compte :

- les enjeux à protéger,
- les niveaux de protection,
- le type de protection,
- l'intégration globale des nouveaux aménagements,
- les coûts des nouveaux aménagements et/ou des confortements.

Les grandes zones à enjeux à protéger sont identifiées sur la carte suivante. Un recensement plus complet des enjeux est présenté dans le rapport de phase 3.

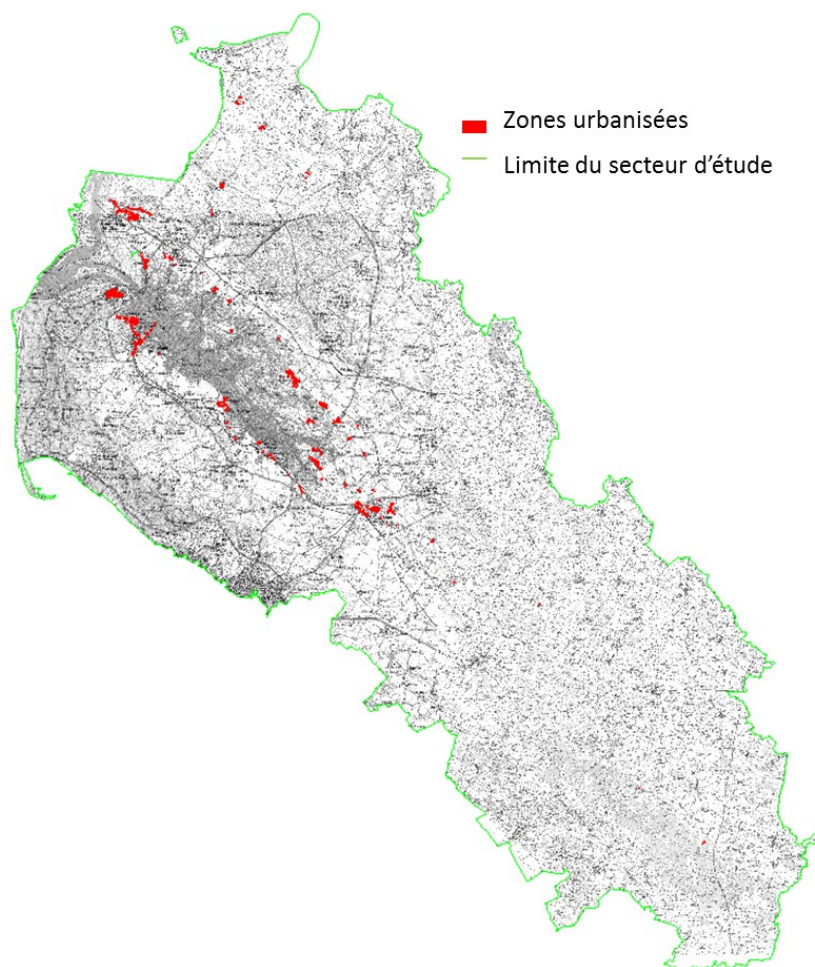


Fig. 13. Localisation des zones urbanisées sur le secteur d'étude

Pour les 3 stratégies présentées ci-après, les simulations engagées ont plusieurs objectifs :

- définir le tracé et le niveau altimétrique des futures protections (en intégrant les éventuels impacts des aménagements),
- vérifier les impacts hydrauliques (non-aggravation du risque),
- fournir les résultats hydrauliques de simulation des divers événements nécessaires à l'AMC.

3.4.1. Événements simulés

Pour les besoins de l'AMC, 3 événements ont été simulés. Sur l'estuaire de la Seudre, nous avons construit ces événements à partir de l'historique des tempêtes Martin et Xynthia.

Ainsi, les événements simulés et les périodes de retour associées sont les suivants (Cf. Rapport de phase 2 : « Principes de modélisation ») :

- Événement fréquent = Niveaux Xynthia – 30 cm au large : 10 à 30 ans,

- Événement moyen = Niveaux Xynthia associés au vent Martin : 100 à 150 ans,
- Événement rare = Niveaux Xynthia + 20 cm au large associés au vent Martin : 300 ans.

Nous pouvons ajouter à cela que les premiers dommages sont identifiés pour l'événement fréquent retenu. Dans les marais de la Seudre, les inondations sont néanmoins plus fréquentes, et les bâtiments ostréicoles sont régulièrement légèrement inondés.

Notons que ces estimations ne sont pas basées sur des analyses statistiques (manque de données pour réaliser ces analyses sur l'ensemble de l'estuaire) mais plutôt sur l'analyse de l'historique des submersions marines sur le secteur (Cf. Rapport de phase 2 : « Principes de modélisation »).

3.4.2. Présentation des stratégies

Afin d'orienter le choix des aménagements qui seront proposés pour protéger les enjeux situés sur l'estuaire de la Seudre contre les submersions marines, différentes stratégies de protection ont été élaborées.

La proposition de ces stratégies découle de l'analyse du fonctionnement hydraulique global de l'estuaire de la Seudre, et en particulier de l'influence des digues de 1^{er} rang.

Le terme scénario n'est pas encore utilisé à ce stade afin d'insister sur le caractère provisoire de ces stratégies. Elles permettent de cerner les tendances des impacts hydrauliques du futur scénario d'aménagement tout en ayant une approche du coût des travaux associés.

Au total, 3 stratégies ont été élaborées :

- Stratégie maximaliste : Schéma d'aménagement ambitieux ;
- Stratégie intermédiaire : Schéma d'aménagement retenu suite aux résultats de l'AMC ;
- Stratégie minimaliste : Optimisation du rôle tampon des marais de la Seudre.

Ces différentes stratégies sont décrites ci-après.

3.4.3. Stratégie maximaliste

3.4.3.1. PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE

Les principes d'aménagement retenus pour élaborer la stratégie maximaliste sont les suivants :

- la protection rapprochée des zones urbaines denses,
- le maintien en état satisfaisant des digues de premier rang.

Dans cette première stratégie, nous avons proposé de protéger une grande majorité des enjeux humains (zones urbaines denses, peu denses et hameaux). En fonction de la densité d'enjeux présents sur chaque secteur, différents types de protection ont été évoqués. Ainsi, pour de fortes densités d'habitats, des protections de types digues en terre ou murets sont privilégiées. Concernant les zones d'habitations plus éparpillées, les protections individuelles sont proposées. En effet, il paraît difficile notamment en termes de coûts, de protéger des habitations éloignées les unes par rapport aux autres, par un système d'endiguement. Par ailleurs, les impacts hydrauliques sur les niveaux d'eau maximaux seraient importants (perte de volume des eaux de débordements).

Dans le cadre de cette stratégie, les niveaux de protection sont déterminés en fonction des paramètres hydro-météorologiques qui influent sur les secteurs.

Les secteurs localisés en aval de l'estuaire (Marennes Plage et Ronce-les-Bains) sont fortement exposés à la houle ; de ce fait, les niveaux sont définis en prenant compte d'une part le niveau statique de l'événement rare (niveaux Xynthia + 20 cm au large associés au vent Martin), et d'autre part, les débordements par paquets de mer (débit franchissant inférieur à 20 l/s qui correspond à l'énergie de la houle au contact d'ouvrages ; ce débit est fonction des caractéristiques de l'ouvrage de protection. A ce stade de l'étude, il s'agit d'une estimation, le débit sera donc affiné au cours des études d'avant-projet).

Les autres secteurs hormis la commune de Saujon sont protégés par des digues de retrait en terre dont la cote de protection est déterminée en fonction du niveau statique obtenu pour l'événement rare avec prise en compte d'une revanche (une dizaine de centimètres environ).

La commune de Saujon est concernée par l'événement de référence fluvio-maritime (concomitance). Le niveau de protection retenu pour celle-ci, est donc défini en fonction du niveau statique de cet événement avec prise en compte d'une revanche.

En parallèle de ces protections nouvelles, les digues actuelles de premier rang sont maintenues. Par ailleurs, dans le cadre de ce scénario, les digues de 1^{er} rang sur lesquelles aucun aménagement n'est prévu, sont considérées comme pérennes. Aucune rupture de digue de 1^{er} rang n'est simulée dans le calcul. Une gestion durable du système d'endiguement doit être établie.

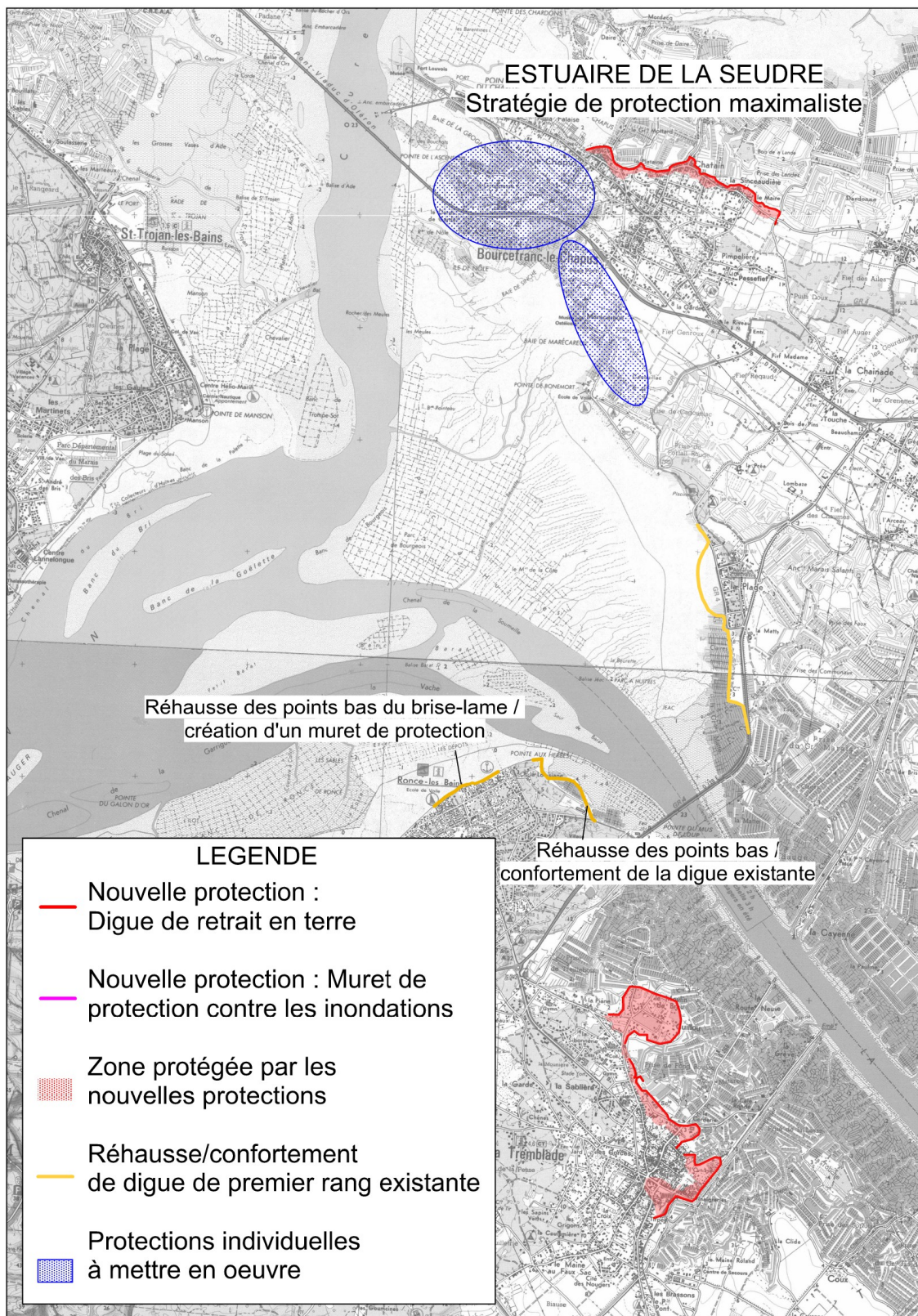
Il est toutefois important de savoir que les surverses de ces digues de premier rang restent importantes sur tout le secteur d'étude.

Les aménagements proposés dans le cadre de la stratégie maximaliste sont localisés sur la figure suivante :

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

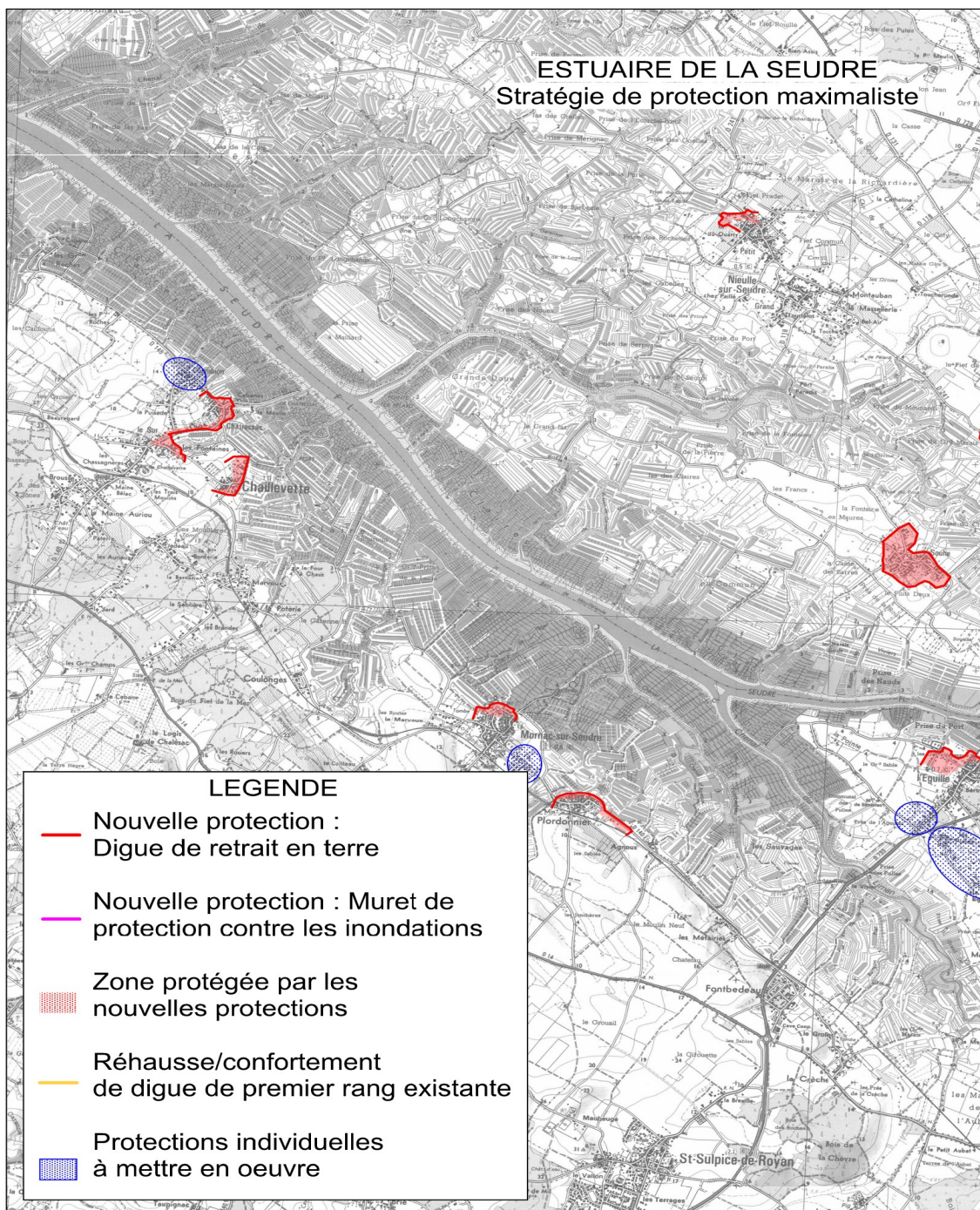
RAPPORT



Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT



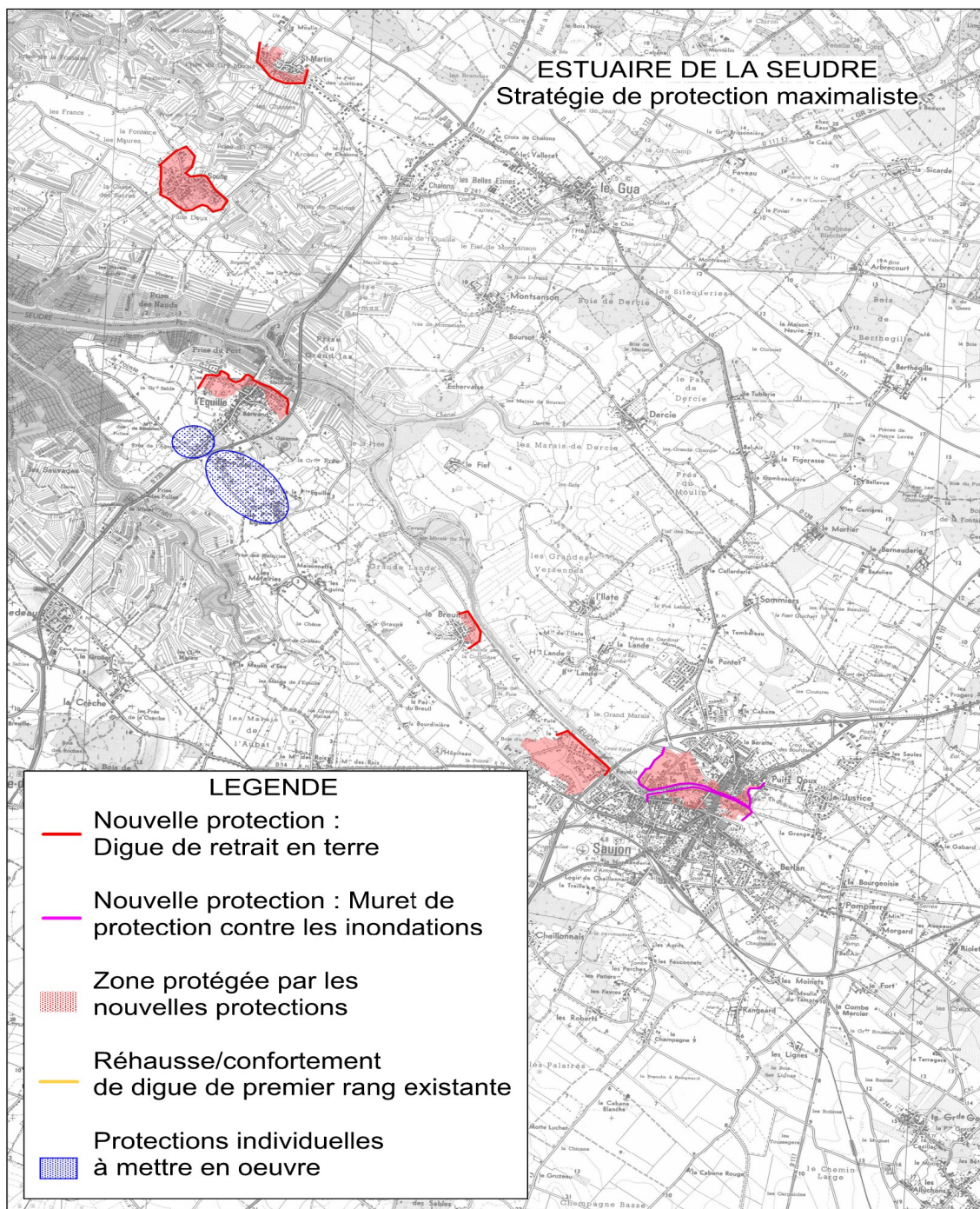
Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage**PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE****RAPPORT**

Fig. 14. Description des aménagements de la stratégie maximaliste (planches 1,2 et 3)

Notons qu'aucune protection individuelle n'est proposée lorsque la hauteur d'eau dépasse 1 m (la faisabilité technique n'est pas assurée).

3.4.3.2. IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE

Les impacts hydrauliques sur les niveaux d'eau maximaux de la stratégie maximaliste sont calculés en comparant les résultats des simulations avec aménagements aux résultats obtenus dans l'état actuel des protections pérennes et des sols, qui sert ici d'état de référence.

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

Des cartes sont présentées ci-après. Elles représentent les impacts sur les niveaux d'eau maximaux atteints au cours d'un événement hydrométéorologique. Ils sont représentés de la manière suivante :

- dans les tons bleus : baisse des niveaux d'eau maximaux (moins d'eau sur les terrains inondés),
- dans les tons jaunes à rouges : rehausse des niveaux d'eau maximaux (plus d'eau sur les terrains inondés).

Les cartes ci-dessous présentent les impacts hydrauliques des protections maximalistes sur les niveaux d'eau pour l'événement fréquent, l'événement moyen et l'événement rare.

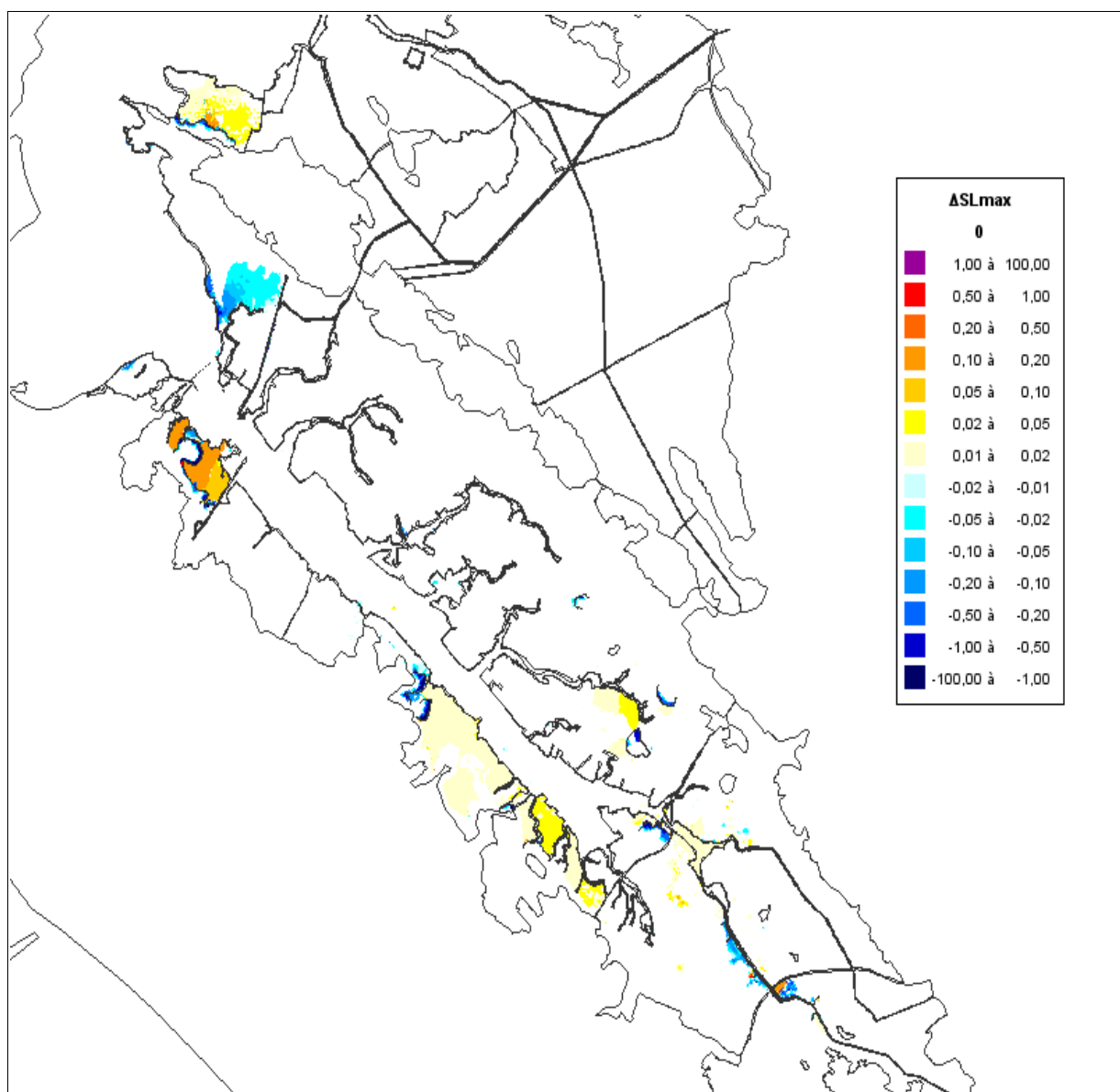


Fig. 15. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI pour l'événement fréquent

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

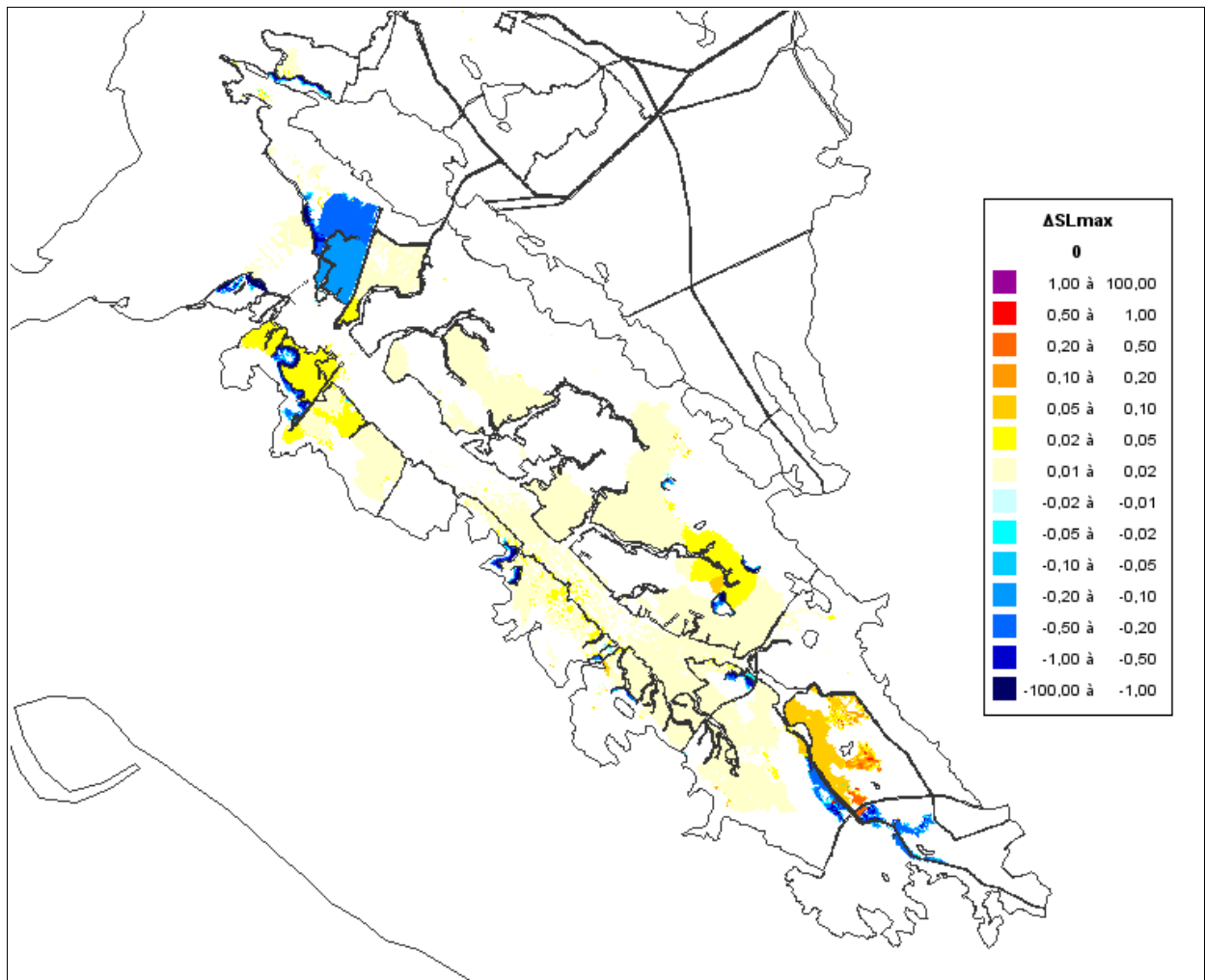


Fig. 16. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI pour l'événement moyen

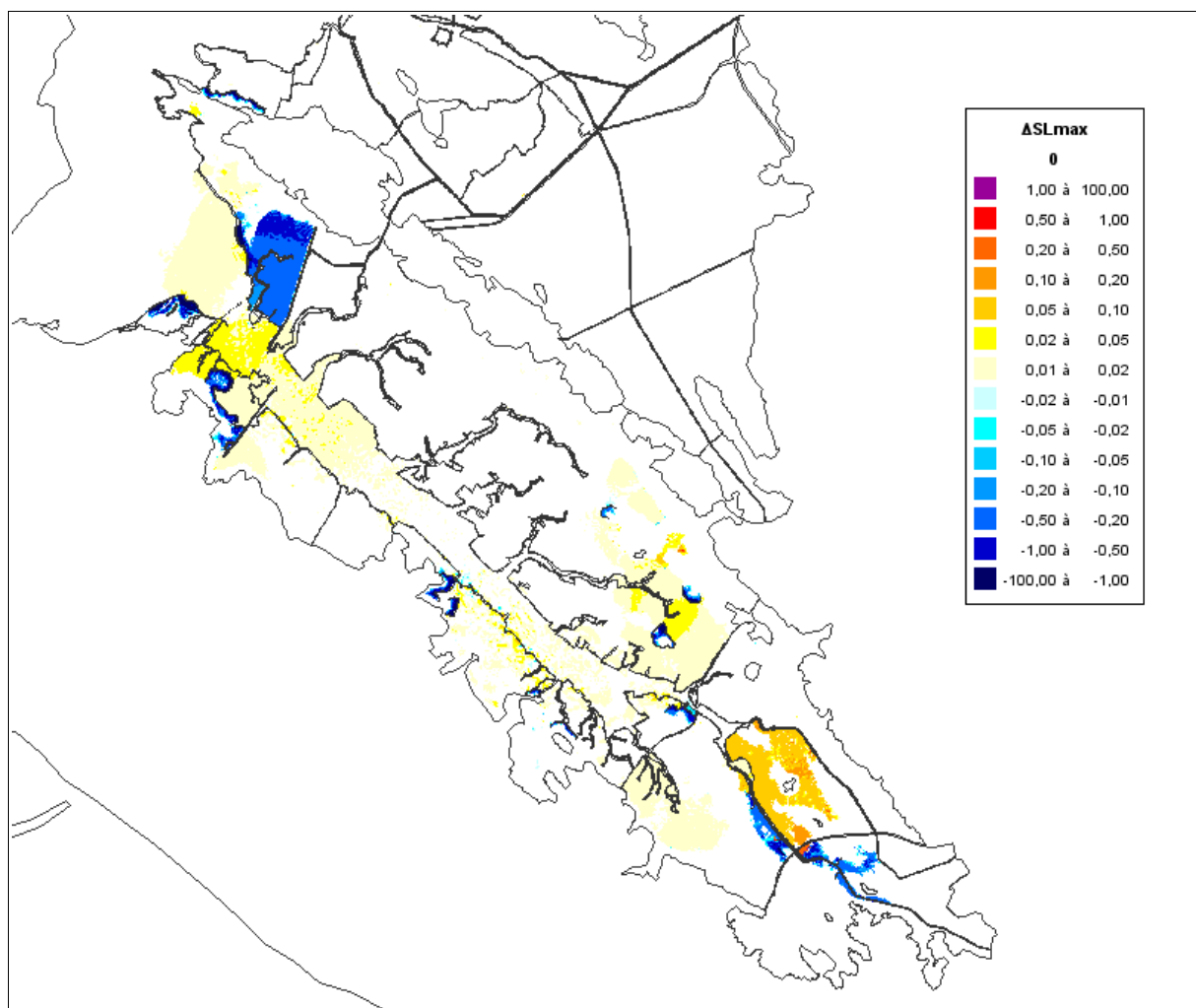


Fig. 17. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI pour l'événement rare

On constate que pour les événements fréquents, la mise en place de ces digues de retrait induirait une rehausse des niveaux localement devant les nouvelles digues, sans rehausser pour autant les niveaux en lit mineur et dans les zones à enjeux.

Pour des événements plus rares, on constate que la mise en place de telles digues de retrait induirait une rehausse des niveaux localement devant les nouvelles digues, et sur quelques secteurs du lit mineur. Globalement, peu de zones à enjeux sont touchées par une rehausse des niveaux.

Pour l'ensemble des événements, on constate globalement des rehausses de 1 à 3 cm, avec quelques zones présentant une rehausse plus importante des niveaux d'eau comprise entre 5 et 10 cm notamment à l'aval de Saujon. Cependant, les enjeux localisés sur ces secteurs ne sont pas significativement impactés.

Ainsi, en terme d'impact, cette stratégie est acceptable. Toutefois, suite aux résultats de l'AMC, il n'est pas possible de maintenir ce scénario de protection. Une stratégie intermédiaire de protection a donc été proposée. Elle est décrite ci-après.

3.4.4. Stratégie intermédiaire

3.4.4.1. PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE INTERMÉDIAIRE

Les principes d'aménagement retenus pour élaborer la stratégie intermédiaire sont les suivants :

- la protection rapprochée des zones urbaines denses suivantes :
 - Ronce-les-Bains,
 - La Tremblade,
 - Marennes-Plage,
 - Bourcefranc,
 - Chaillevette,
 - l'Eguille (centre, le Treuil et le Breuil),
 - Saujon.
- définition des niveaux de protection :
 - définis par rapport au niveau d'eau maximal dans le lit mineur pour chaque secteur à l'exception de Bourcefranc,
 - les digues de 1er rang sont considérées comme pérennes dans les simulations. Toutefois, il est important de préciser ici qu'en cas de brèches ou d'effacement de celles-ci, le niveau d'eau ne peut pas être plus élevé. Au contraire, celui-ci a tendance à baisser en raison du remplissage des marais. Dans le cas du secteur de Bourcefranc, il est nécessaire de tenir compte du niveau d'eau dans la mer notamment en cas de rupture(s) de la digue de 1er rang ou d'entretenir cette dernière.

Dans cette deuxième stratégie, la grande majorité des enjeux humains (zones urbaines denses, peu denses et hameaux) sont protégés. Toutefois, certains secteurs protégés dans le cadre du scénario maximaliste ne le sont plus dans cette stratégie (AMC négative notamment). De la même manière que précédemment, différents types de protection ont été évoqués. Ainsi, pour de fortes densités d'habitats, des protections de types digues en terre ou murets sont privilégiées.

Concernant les zones d'habitations plus éparses, les protections individuelles sont proposées. En effet, il paraît difficile notamment en termes de coûts, de protéger des habitations éloignées les unes par rapport aux autres, par un système d'endiguement. Par ailleurs, les impacts hydrauliques sur les niveaux d'eau maximaux seraient importants (perte de volume des eaux de débordements).

Dans le cadre de cette stratégie (et de la même manière que dans la stratégie maximaliste), les niveaux de protection sont déterminés en fonction des paramètres hydro-météorologiques qui influent sur les secteurs.

Les secteurs localisés en aval de l'estuaire (Marennes-Plage et Ronce-les-Bains) sont fortement exposés à la houle ; de ce fait, les niveaux sont définis en prenant compte d'une part le niveau statique de l'événement rare (niveaux Xynthia + 20 cm au large associés au vent Martin), et d'autre part, les débordements par paquets de mer (débit franchissant inférieur à 20 l/s qui correspond à l'énergie de la houle au contact

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

d'ouvrages ; ce débit est fonction des caractéristiques de l'ouvrage de protection. A ce stade de l'étude, il s'agit d'une estimation, le débit sera donc affiné au cours des études d'avant-projet).

Les autres secteurs hormis la commune de Saujon sont protégés par des digues de retrait en terre dont la cote de protection est déterminée en fonction du niveau statique obtenu pour l'événement rare avec prise en compte d'une revanche (une dizaine de centimètres environ).

La commune de Saujon est concernée par l'événement de référence fluvio-maritime (concomitance). Toutefois, dans le cadre de cette stratégie intermédiaire, le niveau de protection retenu est défini en fonction du niveau statique de l'événement rare avec prise en compte d'une revanche.

En parallèle de ces protections nouvelles, les digues actuelles de premier rang sont maintenues. Par ailleurs, dans le cadre de ce scénario, les digues de 1^{er} rang sur lesquelles aucun aménagement n'est prévu, sont considérées comme pérennes. Aucune rupture de digue de 1^{er} rang n'est simulée dans le calcul. Pour rappel, le niveau de protection étant défini par rapport au niveau d'eau maximal dans le lit mineur, le niveau d'eau au droit de la digue seconde ne peut pas être plus élevé en cas de rupture(s) partielle(s) ou totale de la digue de 1^{er} rang.

Il est toutefois important de savoir que les surverses de ces digues de premier rang restent importantes sur tout le secteur d'étude.

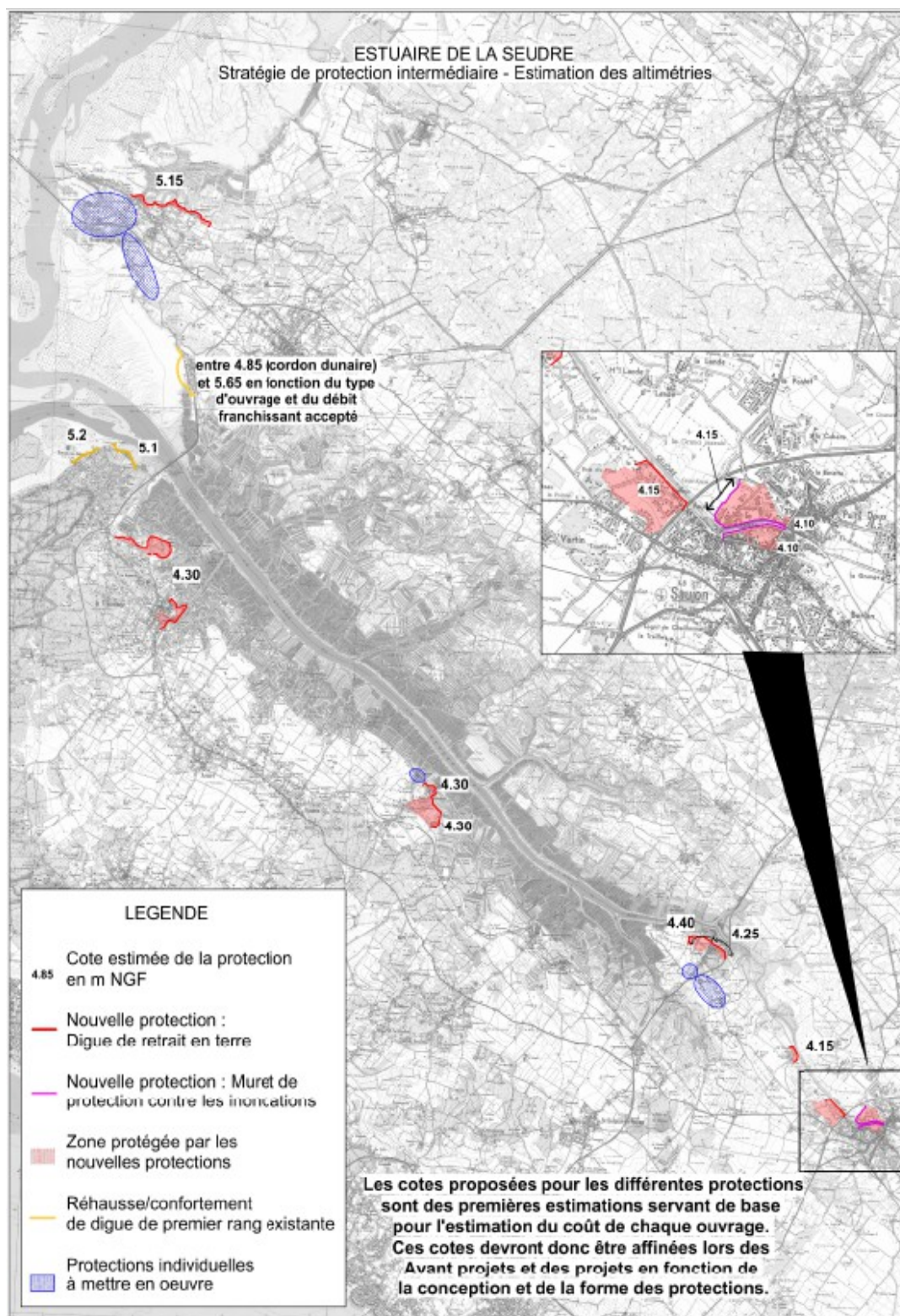
Les aménagements proposés dans le cadre de la stratégie intermédiaire sont localisés sur la figure suivante.

A noter que le secteur de Bourcefranc peut être rehaussé de +10 cm sur la partie ouest soit 5,25 m NGF au lieu de 5,15 m NGF (comme présenté sur la figure ci-après), si les digues de 1^{er} rang cèdent ou prévoir l'entretien de ces digues.

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

**Fig. 18. Description des aménagements de la stratégie intermédiaire**

Notons qu'aucune protection individuelle n'est proposée lorsque la hauteur d'eau dépasse 1 m (la faisabilité technique n'est pas assurée).

3.4.4.2. IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA STRATÉGIE INTERMÉDIAIRE

Les impacts hydrauliques sur les niveaux d'eau maximaux de la stratégie intermédiaire sont calculés en comparant les résultats des simulations avec aménagements aux résultats obtenus dans l'état actuel des protections pérennes et des sols, qui sert ici d'état de référence.

Des cartes sont présentées ci-après. Elles représentent les impacts sur les niveaux d'eau maximaux atteints au cours d'un événement hydrométéorologique. Ils sont représentés de la manière suivante :

- dans les tons bleus : baisse des niveaux d'eau maximaux (moins d'eau sur les terrains inondés),
- dans les tons jaunes à rouges : rehausse des niveaux d'eau maximaux (plus d'eau sur les terrains inondés).

Les cartes ci-dessous présentent les impacts hydrauliques des protections intermédiaires sur les niveaux d'eau pour l'événement fréquent, l'événement moyen et l'événement rare.

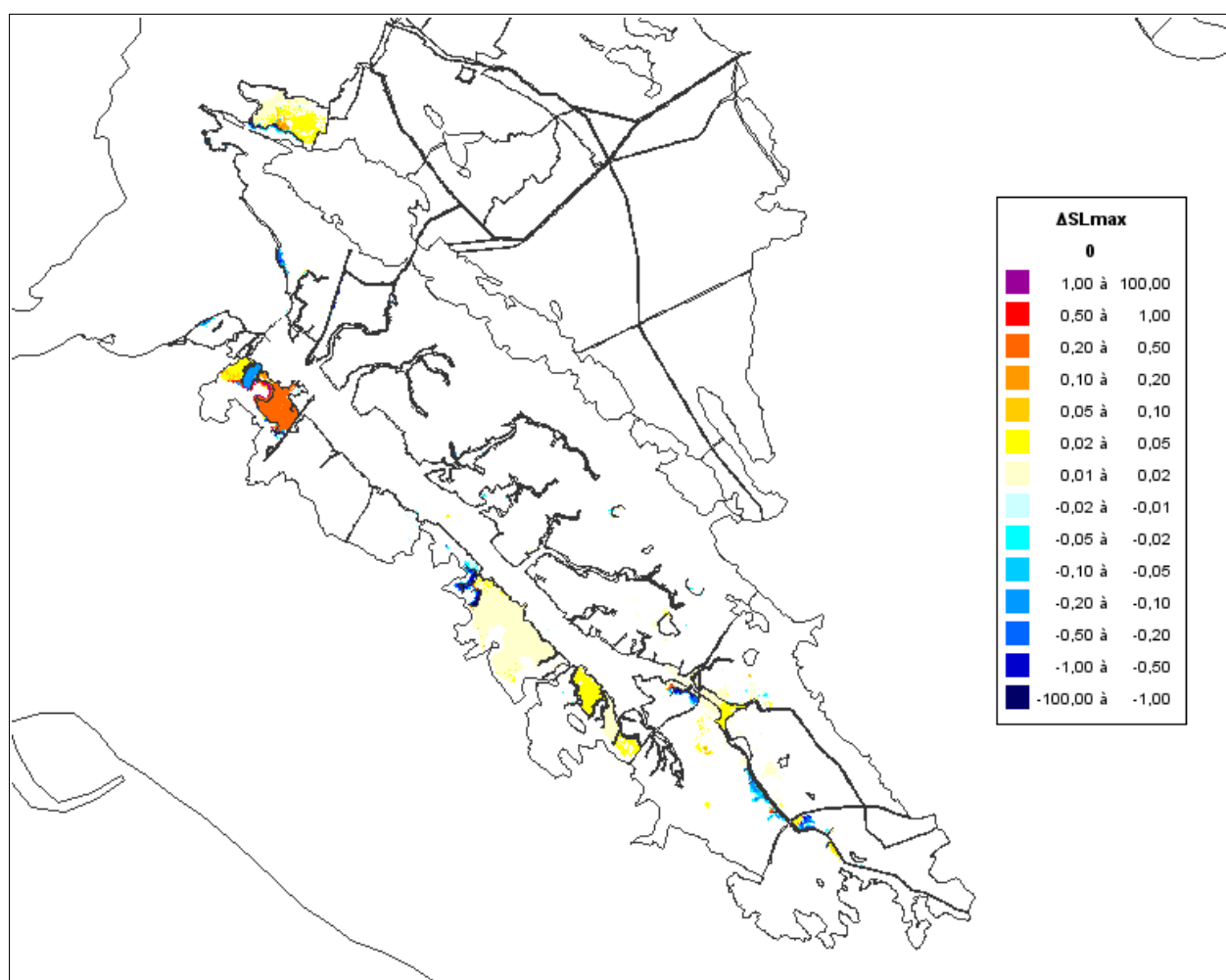


Fig. 19. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI pour l'événement fréquent

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

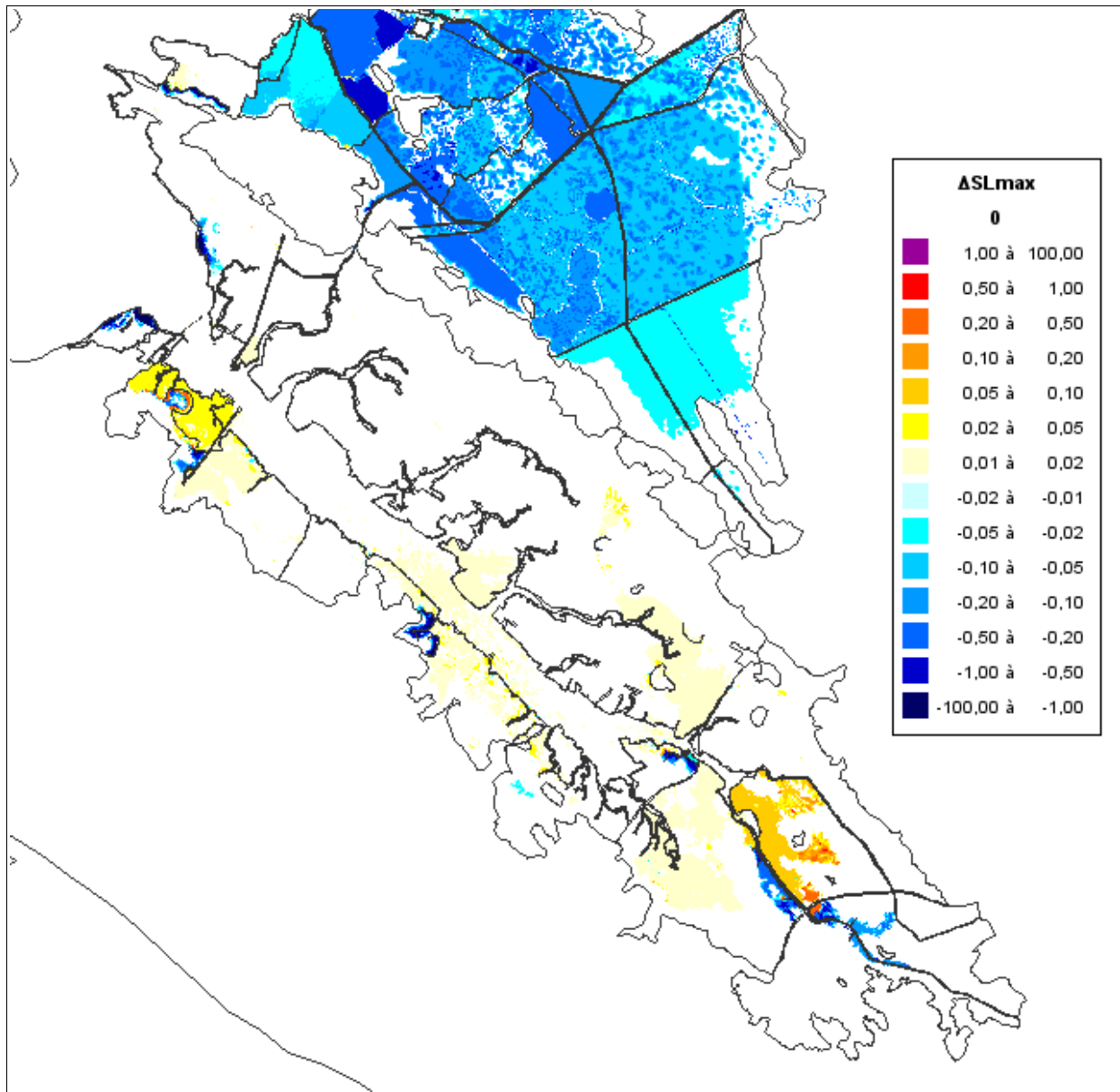


Fig. 20. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI pour l'événement moyen

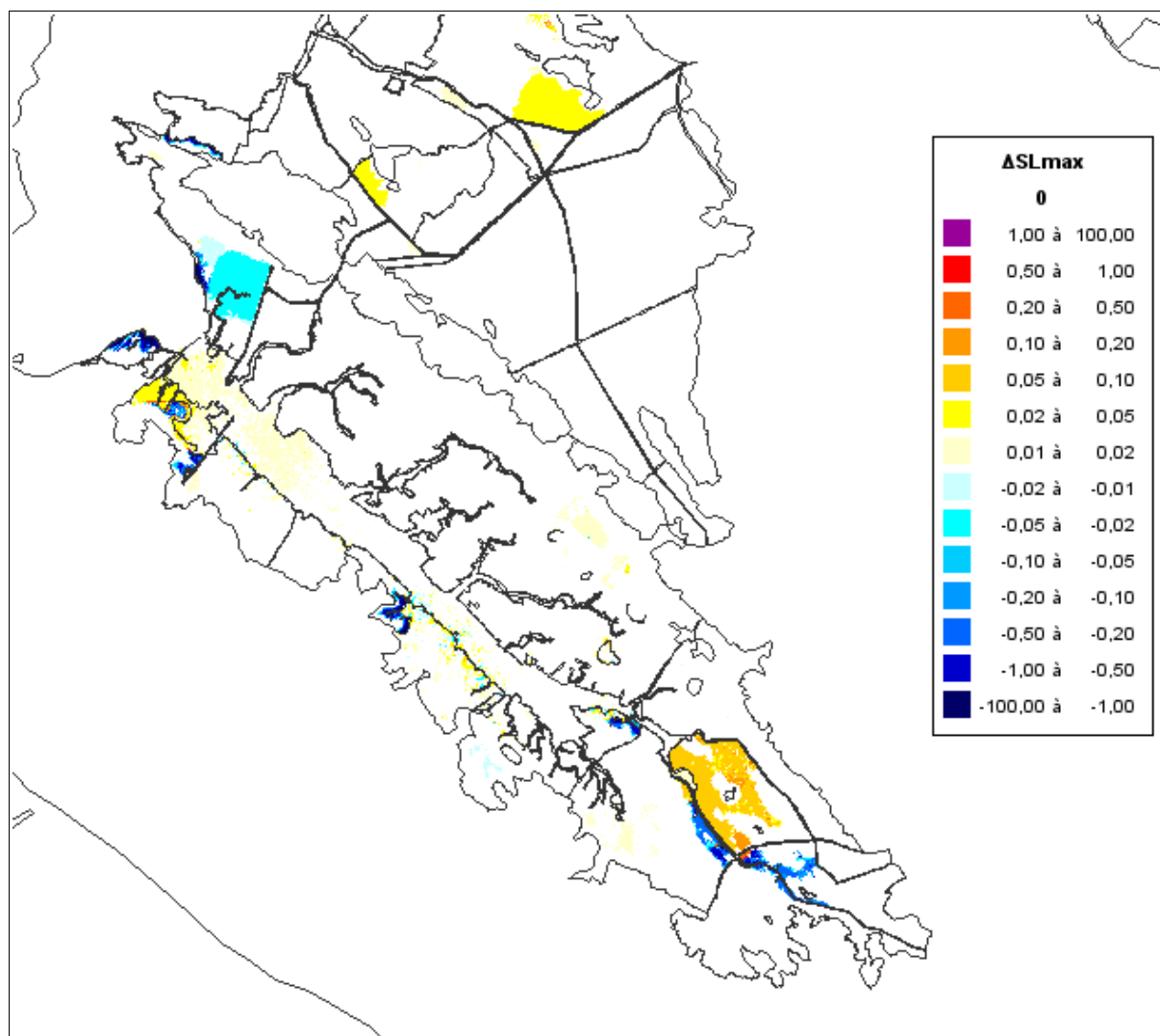


Fig. 21. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI pour l'événement rare

On constate que pour les événements fréquents, la mise en place de ces digues de retrait induirait une rehausse des niveaux localement devant les nouvelles digues, sans rehausser pour autant les niveaux en lit mineur et dans les zones à enjeux.

Pour des événements plus rares, on constate que la mise en place de telles digues de retrait induirait une rehausse des niveaux localement devant les nouvelles digues, et sur quelques secteurs du lit mineur. Globalement, peu de zones à enjeux sont touchées par une rehausse des niveaux.

Pour l'ensemble des événements, on constate globalement des rehausses de 1 à 3 cm, avec quelques zones présentant une rehausse plus importante des niveaux d'eau comprise entre 5 et 10 cm notamment à l'aval de Saujon. Cependant, les enjeux localisés sur ces secteurs ne sont pas significativement impactés.

Ainsi, en terme d'impact et d'AMC, cette stratégie est acceptable. Des éléments permettant une approche financière sont développés en paragraphe 3.7.

3.4.5.Stratégie minimaliste

3.4.5.1. PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE MINIMALISTE

Le principe de la stratégie minimaliste est l'abandon des digues de premiers rang dans l'optique de retrouver une zone d'expansion des eaux au niveau des marais de la Seudre.

Cette stratégie se base donc sur la possibilité d'inonder des zones à faible enjeux, afin de diminuer les niveaux d'eau sur les zones à fort enjeux. Les marais retrouvent alors un rôle tampon lors de submersions marines, et l'entretien des digues n'est plus une contrainte.

3.4.5.2. IMPACTS HYDRAULIQUES DE LA STRATÉGIE MINIMALISTE

Les impacts hydrauliques d'une telle stratégie ont été présentés dans le paragraphe 3.3.1.TEST 1 : Scénarios sans digue.

Pour les trois événements (fréquent, moyen et rare) on constate que l'abandon des digues de premier rang engendrerait un abaissement des niveaux d'eau dans le Pertuis de Maumusson et dans le lit mineur de la Seudre étant donné qu'un volume important de stockage des eaux de submersion est libéré dans les marais. L'abaissement du niveau d'eau en lit mineur et en entrée d'estuaire, induirait un abaissement des niveaux sur les secteurs de Ronce-les-Bains et de Chaillevette pour les trois événements, et de la Tremblade et de Mornac-sur-Seudre pour les événements moyen et rare.

On constate que l'abaissement en lit mineur remonte également vers l'Eguille et jusqu'aux écluses de Saujon, permettant ainsi de soulager également ces deux communes en terme de niveaux, et dans une bien moindre mesure en terme d'emprise inondée (une diminution de l'emprise inondée significative se constate uniquement sur Saujon).

Par contre, suite à un tel abandon, on constaterait une rehausse des niveaux (et dans une moindre mesure, une augmentation de la zone inondable) sur les communes en rive droite. Ainsi, les centres-bourg de Nieulle-sur-Seudre, Souhe et Saint-martin, ainsi qu'une partie de Marennes, subiraient une rehausse importante des niveaux d'eau maximaux (supérieurs à 20 cm).

Il est intéressant de noter qu'étant donné l'étendue importante des marais, ces derniers peuvent jouer un rôle tampon important permettant de soulager pour les événements moyen et rare, une grande partie des bourgs en rive gauche ainsi que l'Eguille et Saujon.

Cependant, étant donné l'impact de ce scénario sur des zones à enjeux, il n'est pas envisageable en temps que tel. Il serait donc intéressant de le coupler à un scénario de protection rapprochée pour certains secteurs à enjeux. Une telle stratégie fait l'objet du paragraphe suivant.

3.5. STRATÉGIE DE GESTION DES INONDATIONS FLUVIALES

3.5.1.Stratégie maximaliste

3.5.1.1. PRÉSENTATION DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE

La stratégie maximaliste s'apparente au type de protection mentionné dans le cadre de la protection contre les submersions marines : il s'agit en effet de mettre en place sur Saujon, ce secteur à enjeux étant fortement impacté par les crues fluviales, des protections en bords de Seudre permettant de protéger les espaces urbanisés. Étant donné que les sollicitations hydrauliques sont relativement faibles (pas de houle, seulement de la surverse) la protection à mettre en place serait une digue de retrait en terre, voir même un simple parapet, dimensionné selon un certain objectif de protection.

La carte suivante propose un linéaire de protection à mettre en place :

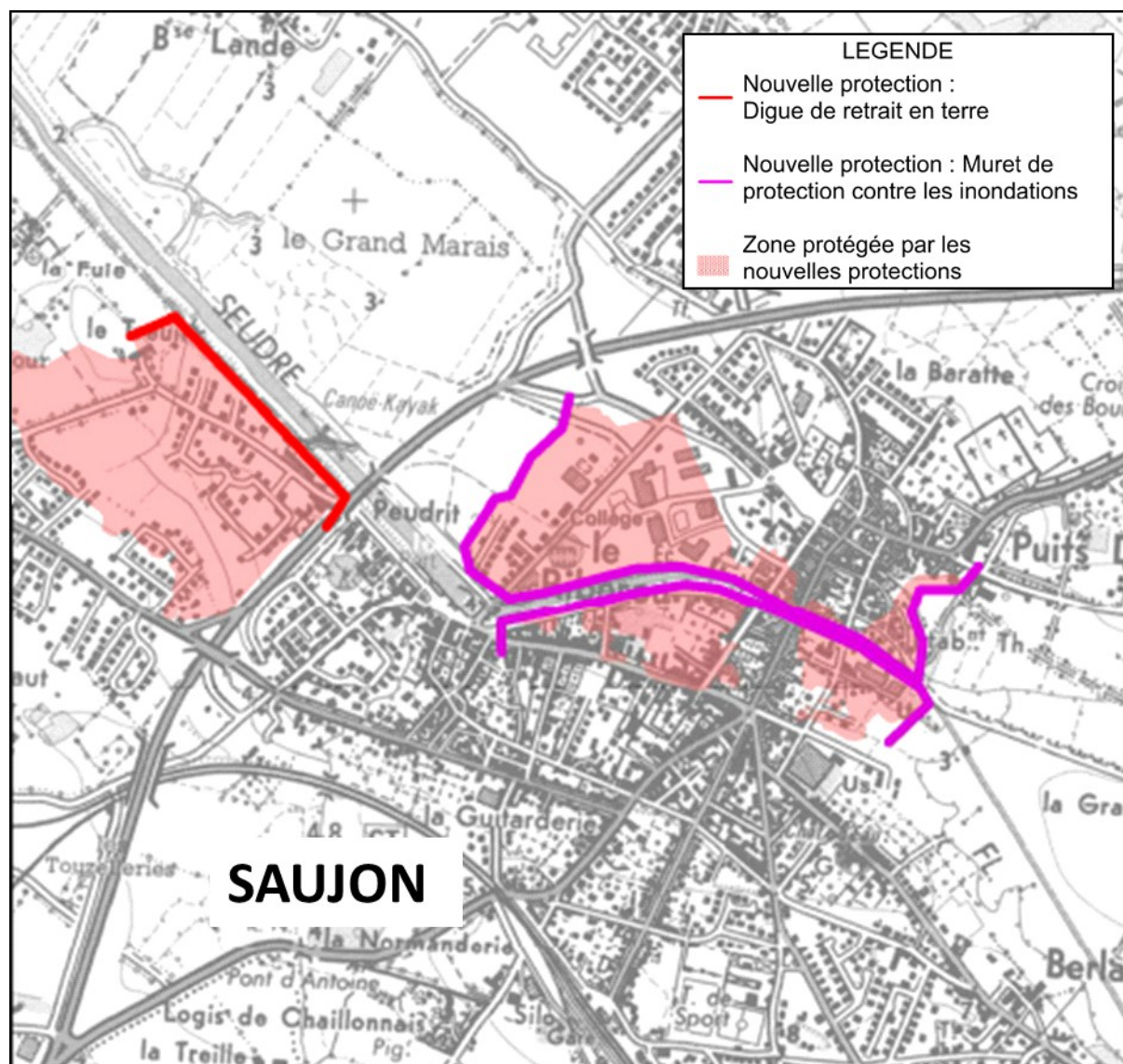


Fig. 22. Description des aménagements de la stratégie maximaliste sur Saujon

3.5.1.2. IMPACT HYDRAULIQUE DE LA STRATÉGIE MAXIMALISTE

La carte suivante présente les hauteurs d'eau dans Saujon avec la mise en place de murets protégeant les secteurs fortement urbanisés :

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Sèvre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

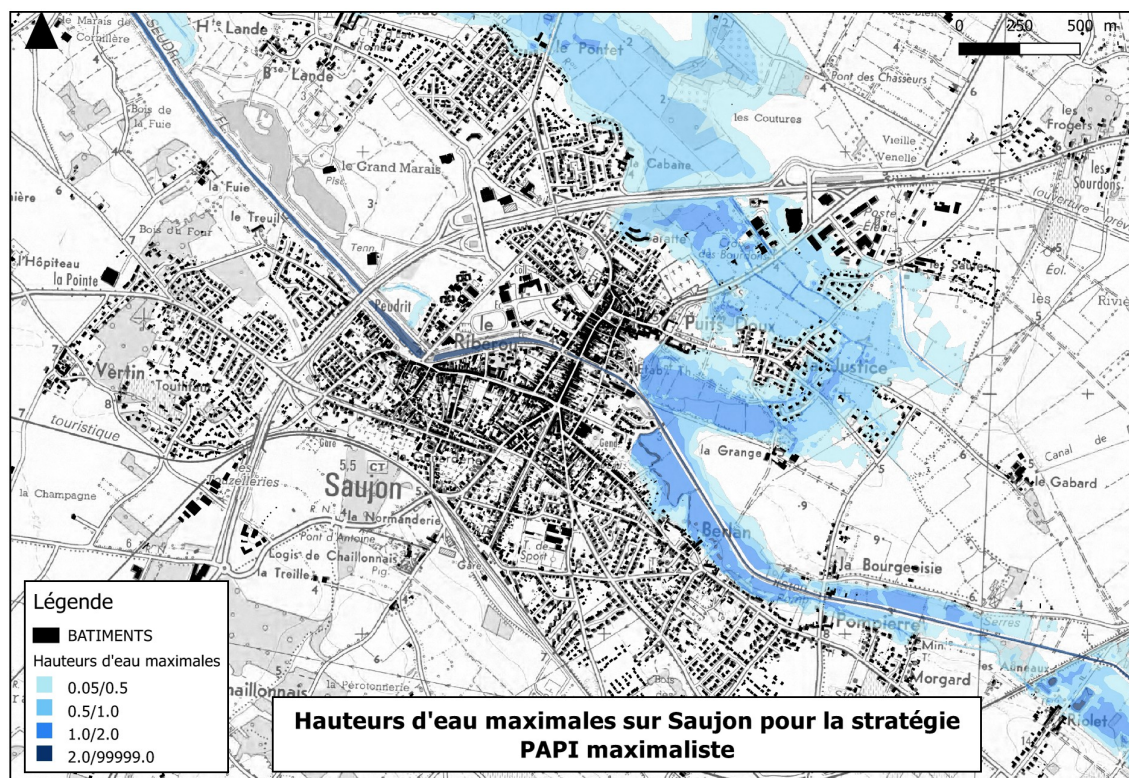


Fig. 23. Carte des hauteurs d'eau dans Saujon avec les protections PAPI de la stratégie maximaliste

On constate donc que les secteurs densément urbanisés sont bien protégés. Certaines habitations du tissu urbain de densité faible sont touchées par les eaux d'une crue centennale.

La carte d'impact ci-dessous permet d'évaluer la rehausse des niveaux d'eau engendrée par les protections PAPI.

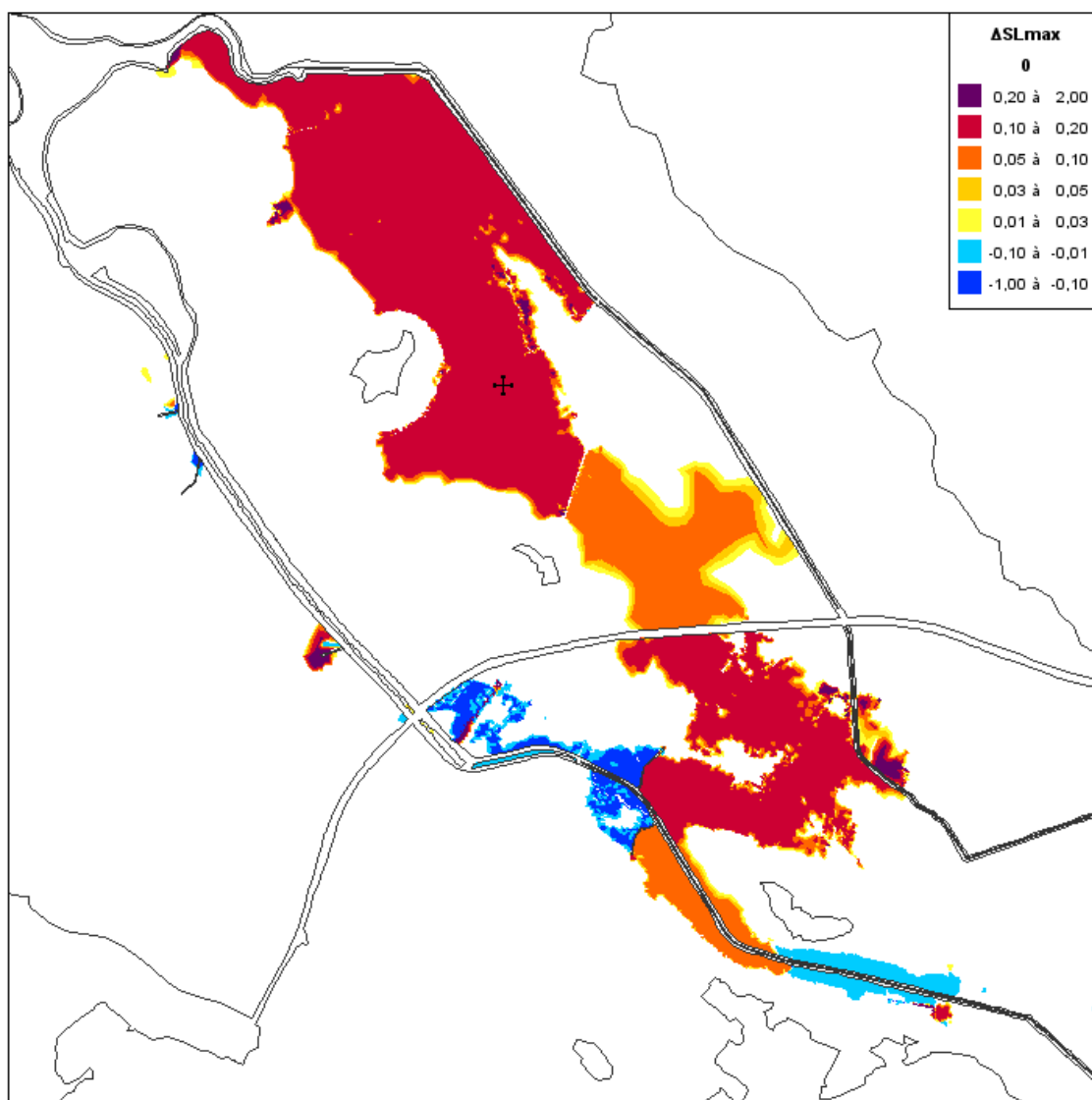


Fig. 24. Carte d'impact de la mise en place des protections PAPI sur SAUJON pour un débit centennal

L'impact hydraulique sur les niveaux d'eau au droit des zones naturelles ou en périphérie des zones urbanisées est de l'ordre de 5 à 20 cm sur certains secteurs. Toutefois, peu d'habitations seraient touchées d'une rehausse des niveaux avec la prise en compte des ouvrages PAPI.

3.5.2. Stratégie intermédiaire

La commune de Saujon est concernée par l'événement de référence fluvio-maritime (concomitance). Toutefois, dans le cadre de la stratégie intermédiaire, le système de protection rapprochée ainsi que le niveau de protection retenu sont définis pour l'événement rare maritime. En effet, après concertation avec les élus, le souhait est de protéger la commune uniquement contre les submersions marines (notamment le secteur concerné soit jusqu'au Pont Pierre de Campet de part et d'autre de la Seudre).

3.5.3. Stratégie minimaliste

3.5.3.1. GESTION DES CLAPETS DE LA SEUDRE CONTINENTALE

Il existe 8 clapets basculants sur la Seudre historiquement mis en place pour permettre de faire du soutien d'étiage en période sèche, et de gérer les inondations en période de crue.

L'impact de la gestion de ces clapets a été évalué dans le paragraphe 3.2. Impact des barrages mobiles sur les niveaux de la Seudre continentale.

Il a été alors souligné que l'impact de la mise en place des clapets en position relevées n'a d'impact sur les niveaux atteints que dans le remous hydraulique des ouvrages, mais ne permet pas de diminuer les niveaux et la zone inondable sur les secteurs à enjeux et notamment à l'amont de Saujon. Ils ne peuvent donc réguler les débits transitants vers Saujon.

Une stratégie minimaliste mettant en avant une gestion optimisée des clapets n'est donc pas pertinente.

3.5.3.2. MISE EN PLACE D'UN BASSIN DE RÉTENTION DES CRUES

Nous avons examiné l'hypothèse de mettre un bassin de rétention des crues situé à l'amont de Saujon. Son dimensionnement, pour qu'il soit fonctionnel pour des crues importantes, doit prendre en compte les points suivants :

- Pour que le bassin soit efficace pour une crue centennale de type 1982, il faudrait qu'il puisse stocker les eaux correspondant à un débit supérieur à 15 m³/s environ. Au vu de l'hydrogramme de la crue de 1982 à Saint-André-de-Lidon (rappelé ci-dessous), on constate que le débit seuil de 15 m³/s est dépassé pendant 8 jours.

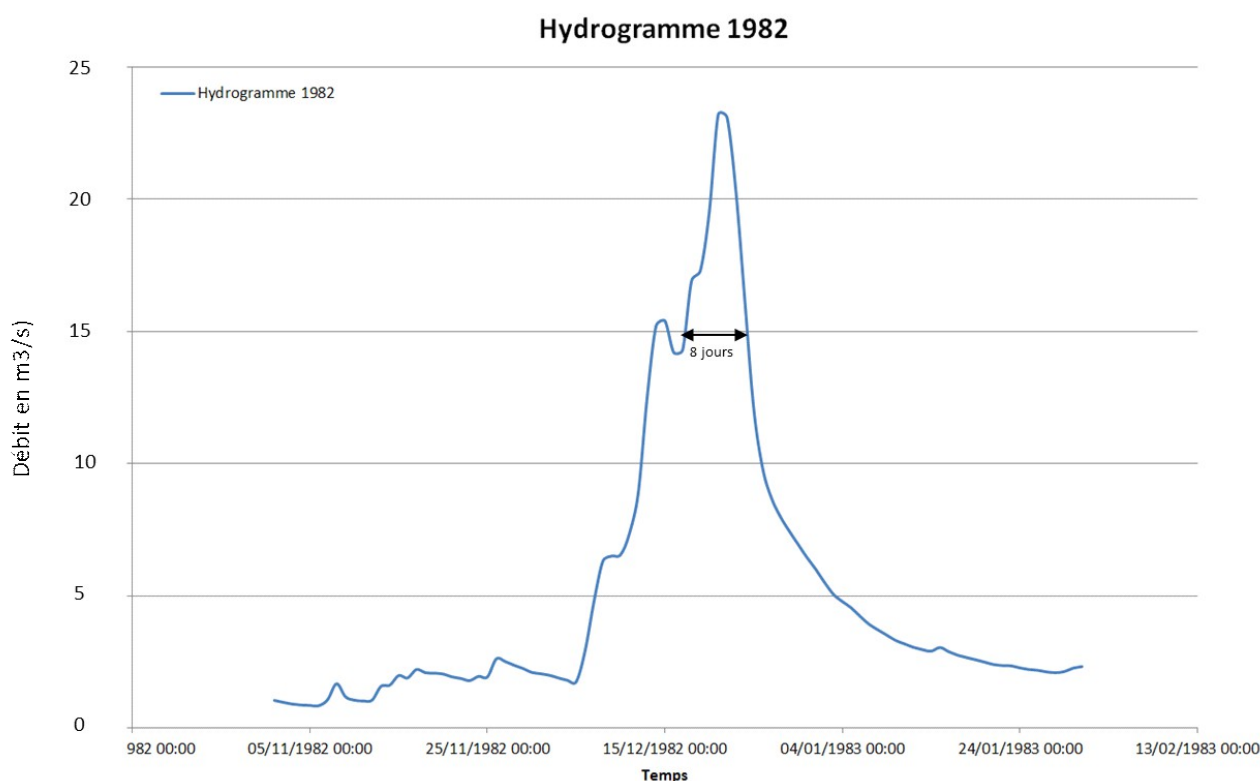


Fig. 25. hydrogramme de la crue de 1982

Ainsi, le volume à stocker serait le suivant(en considérant le débit moyen sur cette période de 8 jours comme étant de 18 m³/s) :

$$V = 18 \text{ m}^3/\text{s} \times 8 \text{ jours} \times 24 \text{ h} \times 3600 \text{ sec}$$

$$\text{soit } V = 12\,441\,600 \text{ m}^3.$$

- D'un point de vue de l'emprise surfacique, en considérant que le volume stocké se fait sur une hauteur de 2 m d'eau, cela impliquerait un bassin d'une surface de 6 000 000 m² (soit 6 km²).

Un tel bassin de rétention n'est pas envisageable étant donné l'emprise surfacique que cela implique dans cette vallée qui ne peut le contenir.

Ainsi, il semble impossible de gérer les inondations fluviales par rétention des eaux en amont.

3.6. STRATÉGIE RETENUE

Au vu des conclusions concernant la stratégie minimaliste, seules les stratégies maximaliste et intermédiaire consistant en une protection rapprochée des enjeux des différentes communes semblent pertinentes en regard des possibilités techniques mais également de la répartition des enjeux en zone inondable.

Toutefois, en raison des analyses obtenues de l'AMC, la stratégie maximaliste n'a pas été retenue (AMC négative sur certaines communes).

Ainsi, la stratégie intermédiaire semble donc adaptée dans le cadre de l'étude.

3.7. ESTIMATION SOMMAIRE DES COÛTS D'AMÉNAGEMENT

3.7.1. Hypothèses de calcul

L'estimation sommaire des coûts d'aménagements a été réalisée pour les différentes stratégies présentées précédemment.

La méthodologie retenue se base sur un découpage en tronçons homogène sur lesquels des estimations sont réalisés en fonction de la nature de l'ouvrage (type de matériaux), l'altimétrie à atteindre (volume à mettre en place en prenant en compte une marge de sécurité de 30 cm), le linéaire de travaux (calcul sur un profil appliqué sur l'ensemble du linéaire).

Cette estimation du coût concerne :

- les protections collectives nouvelles,
- les travaux de rehausse ou de confortement des protections existantes,
- les travaux d'entretien annuels à prévoir.

Ces estimations intègrent une provision pour imprévus de 15%.

En ce qui concerne l'entretien du dispositif, le linéaire de digues à gérer inclut les digues nouvelles et les digues existantes conservées. Enfin, à ce stade faisabilité, l'estimation sommaire des coûts ne prend pas en compte les éléments suivants :

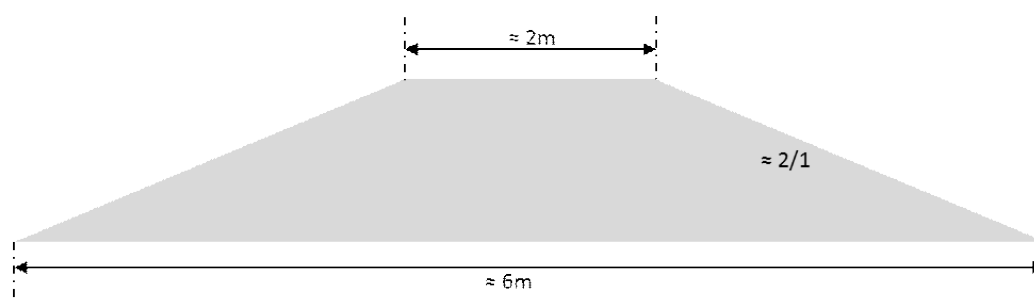
- les acquisitions foncières,
- les études techniques et réglementaires (géotechnique, topographie, maîtrise d'œuvre...),
- les mesures compensatoires environnementales.

3.7.2. Estimation des cotes des protections

Les cotes de protection ont fait l'objet d'une première estimation afin de donner un premier aperçu de la hauteur de protection. Ces estimations servent également de base pour l'estimation du coût de chaque protection, donnée essentielle pour l'Analyse Multi-Critères réalisée dans le cadre du PAPI.

L'estimation des cotes de protection a été réalisée pour les ouvrages de premier rang et pour les digues de retrait.

- Pour les ouvrages de premier rang, il s'agit exclusivement de rehaussement des points bas à une certaine cote. Une certaine portion de la protection est donc concernée par le rehaussement. Ce rehaussement peut se faire par la mise en place d'un muret en crête de digue par exemple.
- Pour les digues de retrait, étant donné que ces ouvrages ne seront pas sollicités par la houle (ouvrage en fond de marais), il est proposé de réaliser des digues en terre présentant une embase de 6 m environ et une largeur en crête de digue d'environ 2 m (à ajuster en fonction de la pente retenue qui sera de l'ordre de 2/1 et de la hauteur).



Pour rappel, le secteur de Bourcefranc peut être rehaussé de +10 cm sur la partie ouest soit 5,25 m NGF au lieu de 5,15 m NGF (comme présenté sur la figure ci-après), si les digues de 1er rang cèdent ou prévoir l'entretien de ces digues.

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

Les cotes estimées sont présentée sur la figure suivante, également mise en annexe 3.

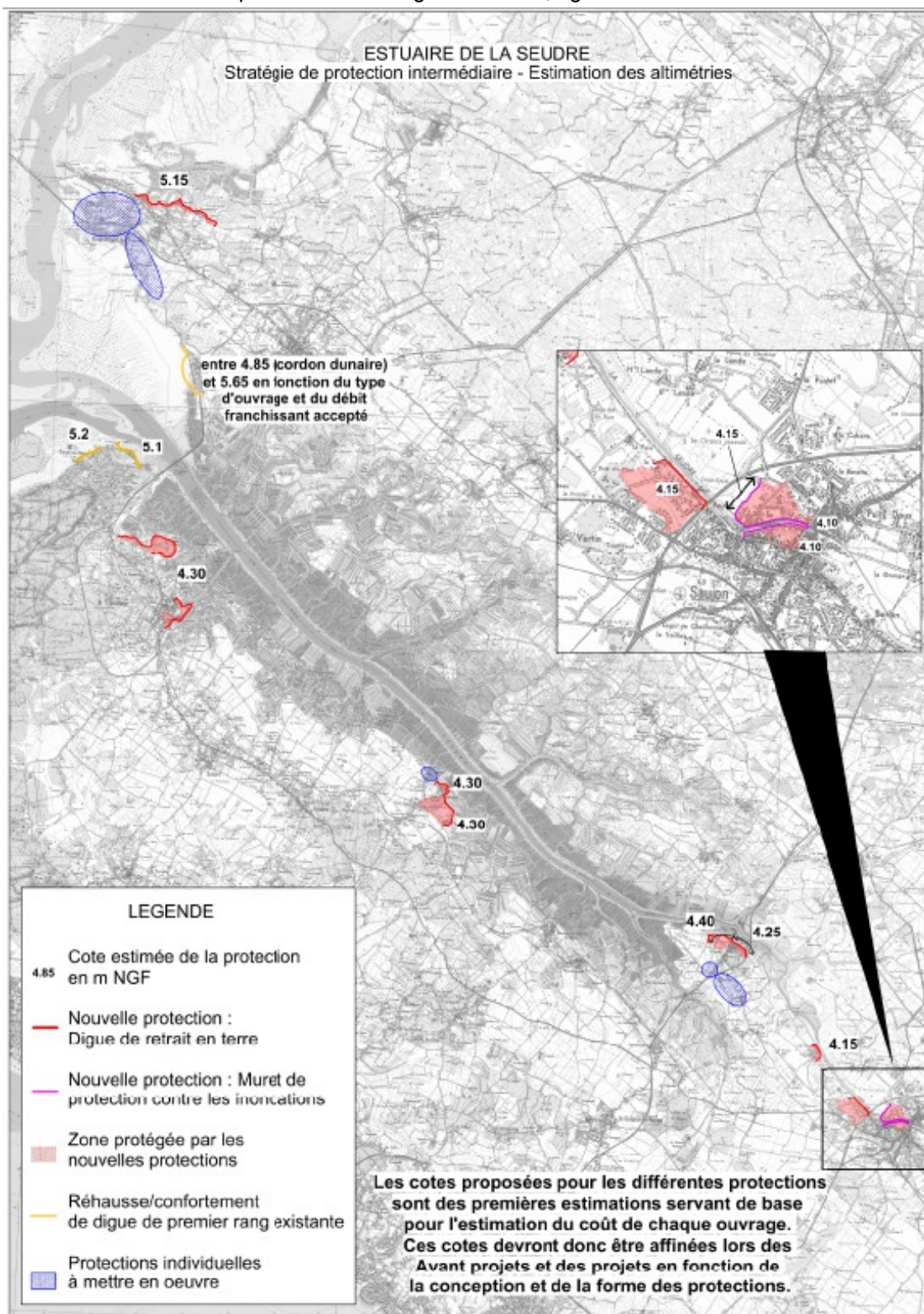


Fig. 26. Stratégie PAPI intermédiaire : Cotes de protections estimées

3.7.3. Synthèse des estimations sommaires

Pour la suite des études, les données suivantes devront être complétées pour confirmer la faisabilité des aménagements proposés. **A noter que ces éléments ne sont pas chiffrés :**

- levés topographiques par un géomètre expert,
- identification du contexte géotechnique avec notamment :
 - la détermination du mode de fondation des ouvrages,
 - l'évaluation du tassement prévisible des ouvrages en remblais,
 - la vérification de la stabilité des ouvrages pour les niveaux d'eau extrême définis au stade de l'étude préliminaire,
- recensement faunistique et floristique (dossiers réglementaires),
- diagnostic approfondi des ouvrages existants (ouvrages hydrauliques, chemin existant, bâtiment...),
- identification des réseaux existants (dévoiements éventuels, déplacements),
- maîtrise des emprises foncières concernées par les aménagements objet de l'étude,
- conditions d'accès aux ouvrages pour leur réalisation et leur entretien,
- définition du futur gestionnaire et rédaction de la notice d'entretien et de gestion des ouvrages.

La définition et l'estimation du coût des aménagements devront être actualisées selon les conclusions de l'exploitation des données mentionnées ci-dessus.

L'estimation de chacune des protections reprend 3 postes d'intervention :

- les terrassements regroupant les opérations de déblais / remblais y compris évacuation des matériaux impropres à leur réutilisation, approvisionnement de matériaux, compactage soigné et toutes sujétions nécessaires pour la réalisation de merlon en terre ou la préparation des fondations des ouvrages de génie civil (muret béton),
- le génie civil et les équipements qui comprennent toutes les prestations liées aux ouvrages en béton armé et les équipements spécifiques de protection contre les risques de submersion (clapet, batardeaux mobiles ou amovibles),
- les finitions et la remise en état des lieux portant principalement sur la réfection des abords des aménagements, le régalaie de terre végétale et l'ensemencement des surfaces en terre.

En résumé, le chiffrage ne tient pas compte :

- **des études géotechniques et des aléas induits,**

Etude des aléas et enjeux du bassin de la Seudre et des marais de Brouage

PARTIE 2 - EXPLOITATION DU MODÈLE

RAPPORT

- de l'emprise foncière à acquérir,
- du diagnostic des ouvrages hydrauliques existants,
- des études réglementaires,
- des dévoiements éventuels des réseaux existants sur l'emprise des ouvrages à réaliser, des dévoiements et/ou déplacements du réseau de drainage, de collecte des eaux de ruissellement (fossé par exemple) présent sur l'emprise des ouvrages à réaliser,
- des ouvrages de ressuyage (clapet, réseau de fossés, etc.) permettant le retour à la normale le plus vite possible.

Le tableau suivant présente l'estimation du coût des aménagements décrits ci-avant.

Communes /secteurs	Désignation	Nature de la protection existante	Niveau du TN (mNGF)	Nature de la protection à réaliser	Niveau projet (mNGF)	Linéaire (m)	Ratio de coût (€HT/m)	Coût total (€HT)
Ronce-les-Bains	Digue existante à rehausser	Digue en maçonnerie	3.7	Rehausse/confortement Digue en maçonnerie	5.2	660	450.00 €	297 000.00 €
Ronce-les-Bains	Digue existante à rehausser	Digue en terre	4.1	Rehausse/confortement Digue en terre	5.1	900	370.00 €	333 000.00 €
Ronce-les-Bains	Mise en place de batardeaux		3.7	12 batardeaux	5.2			108 000.00 €
la Tremblade	Digue nouvelle		3.25	Digue en terre	4.3	2300	320.00 €	736 000.00 €
la Tremblade	Digue nouvelle		3.5	Digue en terre	4.3	1340	290.00 €	388 600.00 €
Chambion	Digue nouvelle		3	Digue en terre	4.3	1000	390.00 €	390 000.00 €
Chaillevette	Digue nouvelle		3	Digue en terre	4.3	800	390.00 €	312 000.00 €
l'Eguille	Digue nouvelle		3.25	Digue en terre	4.4	790	370.00 €	292 300.00 €
l'Eguille	Digue nouvelle		3.25	Digue en terre	4.25	510	320.00 €	163 200.00 €
le Breuil	Digue nouvelle		3	Digue en terre	4.15	510	370.00 €	188 700.00 €
le Treuil	Digue nouvelle		3	Digue en terre	4.15	670	370.00 €	247 900.00 €
Saujon	Digue nouvelle		3.25	Muret	4.1	600	660.00 €	396 000.00 €
Saujon	Digue nouvelle		3.25	Muret	4.1	600	660.00 €	396 000.00 €
Saujon	Digue nouvelle		3	Muret	4.15	430	660.00 €	283 800.00 €
la Plage	Digue existante à rehausser	cordon dunaire	4	Rehausse/confortement cordon dunaire	4.85	980	330.00 €	323 400.00 €
la Plage	Digue existante à rehausser	digue en terre	3.5	Rehausse/confortement Digue en terre	5.65	300	720.00 €	216 000.00 €
Bourcefranc	Digue nouvelle		3.5	Digue en terre	5.15	2500	500.00 €	1 250 000.00 €
							TOTAL HT	6 321 900.00 €

SECTION 3

DOCUMENTS ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau récapitulatif des caractéristiques des tronçons homogènes de digues

ANNEXE 2

Tableau récapitulatif de la prise en compte des ouvrages pour la définition des aléas du PPR

ANNEXE 3

Cartographie présentant les estimations des cotes des protection de la stratégie intermédiaire