

# CD17

Action VII.M.5 : Confortement des digues de 1<sup>er</sup> rang sur les rives droite et gauche de l'Estuaire de la Charente dans le cadre du PAPI

COPIL – 22/10/2021



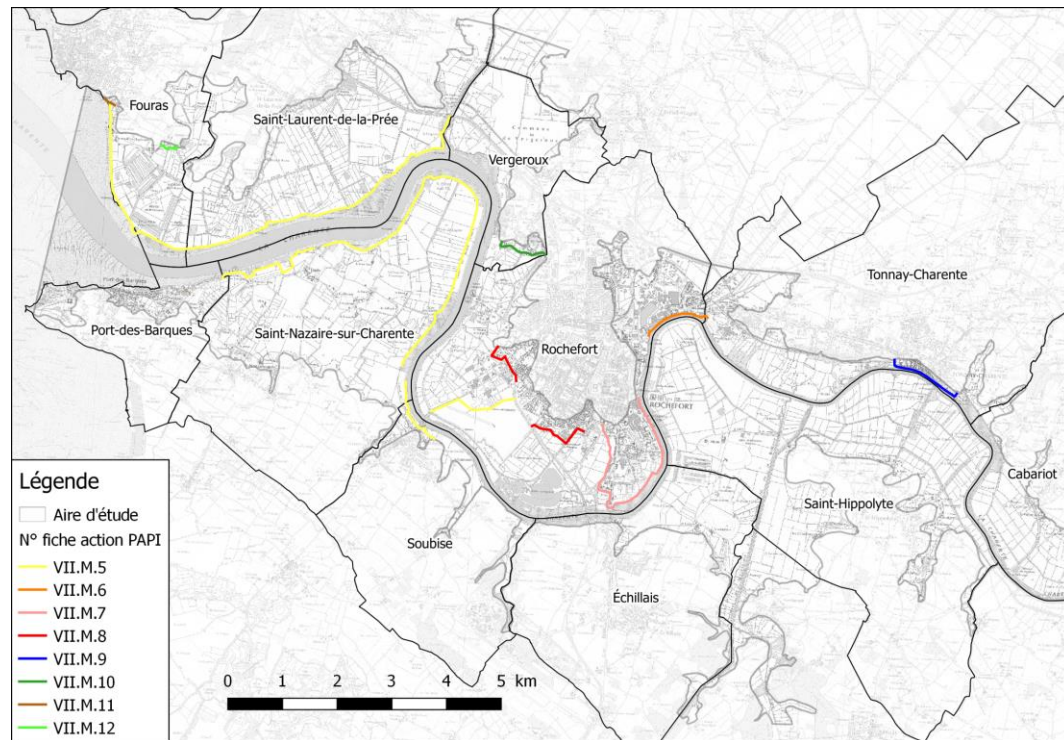
# Ordre du jour

- Rappel du contexte et des derniers échanges
- Diagnostic paysager des différents secteurs
- Solutions d'aménagement
- Résultats de la modélisation hydraulique

# Missions confiées à Artelia

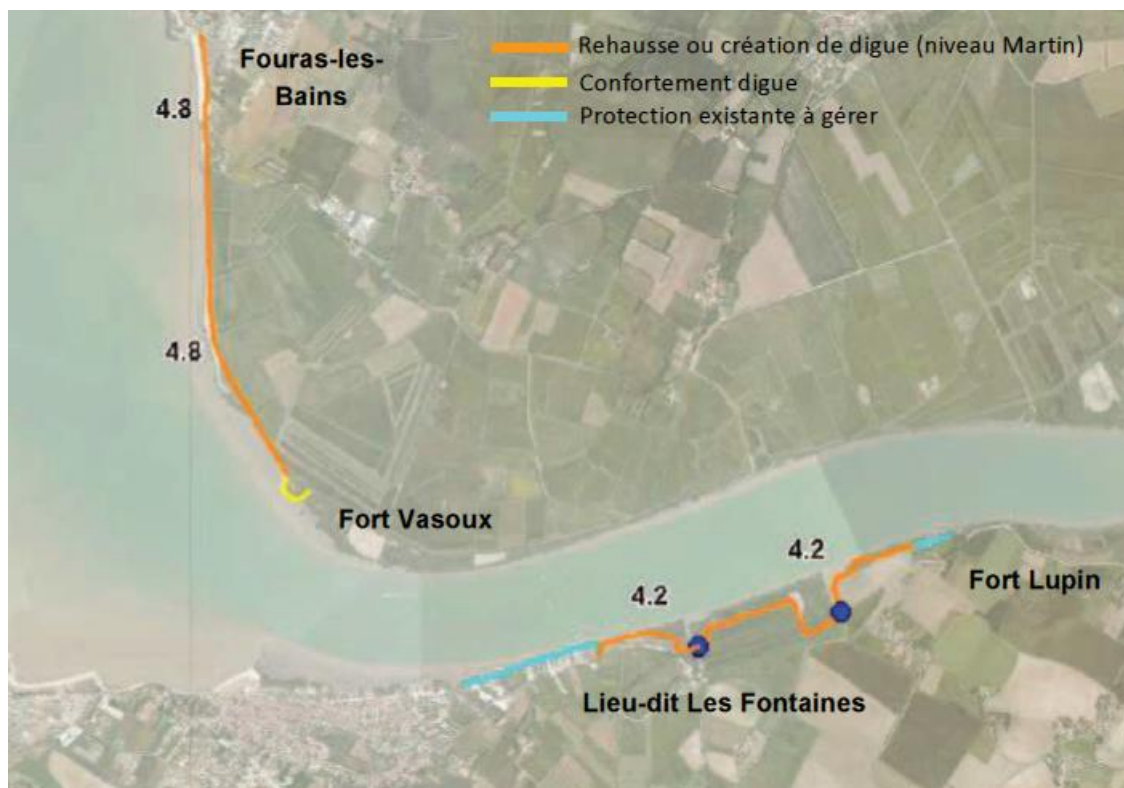
Actions VII.M.5 et VII.M.7 comprenant :

- Mise à jour du DIAGNOSTIC réalisé en 2012 sur les tronçons d'ouvrage existant
- Etudes préalables de définition
  - ✓ Analyse de la situation actuelle
  - ✓ Analyse des objectifs
  - ✓ Définition et étude des scénarios
  - ✓ Modélisation de base et fine
- Mission d'intégration paysagère spécifique au secteur de Rochefort Est



# Action VII.M.5 – Phase 1

## Emprise de la zone d'étude



Le tracé de la phase 1 concerne:

- Rive droite : de la plage de l'espérance à Fouras les Bains au Fort Vasoux ;
- Rive gauche : du lieu-dit les Fontaines au Fort Lupin.

Sur ce secteur, on retrouve des digues de 1<sup>er</sup> rang dont les aménagements consistent soit à rehausser ou créer la digue à un niveau Martin, soit à conforter la protection existante.

Objectif de protection : MARTIN



# Action VII.M.5 – Phase 2

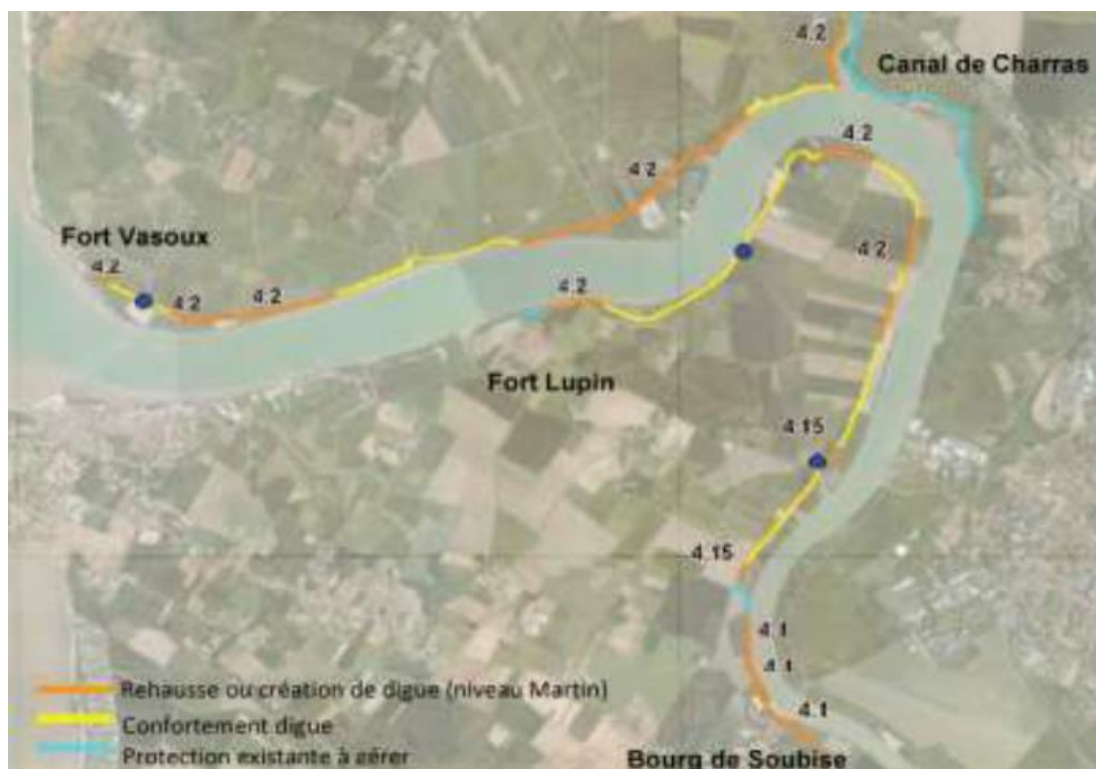
## Emprise de la zone d'étude



Le tracé de la phase 2 concerne la création d'une digue au niveau Martin au droit de l'école de gendarmerie de Rochefort et de l'ancien aérodrome.

# Action VII.M.5 – Phase 3

## Emprise de la zone d'étude



Le tracé de la phase 3 concerne:

- Rive droite : digues du Fort Vasou au pont du canal de Charras ;
- Rive gauche : du Fort Lupin au bourg de Soubise.

Sur ce secteur, on retrouve des digues de 1<sup>er</sup> rang dont les aménagements consistent soit à rehausser ou créer la digue à un niveau Martin, soit à conforter la protection existante.

# Enjeux du site

## ■ Enjeux environnementaux

- Loi Littoral
- SCOT
- Conservatoire du Littoral
- Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP)
- Zone du Grand Site de l'Estuaire de la Charente et de l'Arsenal de Rochefort
- Monuments historiques
- Périmètre d'un site classé
- Parc Naturel Marin
- Espaces Naturels Sensibles
- Zones Natura 2000
- ZNIEFF type I et II
- Zones humides
- Réservoirs de biodiversité, corridors écologiques

## ■ Enjeux fonciers : domanialité des parcelles concernées par le projet

## ■ Zone touristique

# Rappel du cadrage réglementaire

## ■ Code de l'environnement :

- Dossier d'Autorisation Environnementale
  - Loi sur l'Eau
- Examen au cas par cas
- Dossier d'incidences Natura 2000
- Autorisation spéciale de travaux en site classé
- Déclaration d'Intérêt Général

## ■ Code de l'urbanisme

- Déclaration préalable ou permis d'aménager
  - Travaux à proximité de sites patrimoniaux remarquables, monuments historiques, site classé, réserve naturelle ou parc national
  - Travaux d'affouillement ou d'exhaussement du sol

## ■ Enquête publique

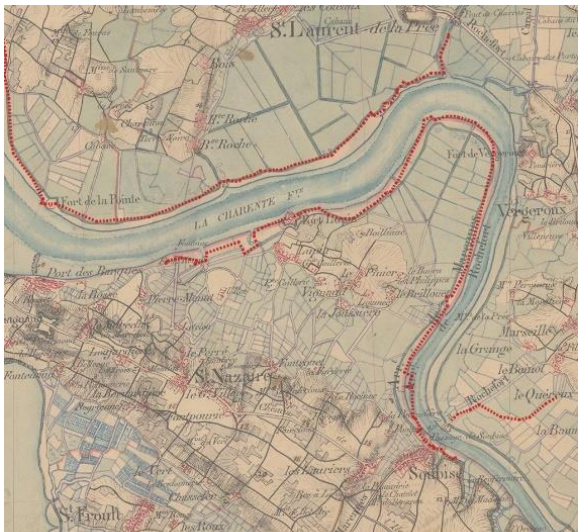


# Rappel des derniers échanges

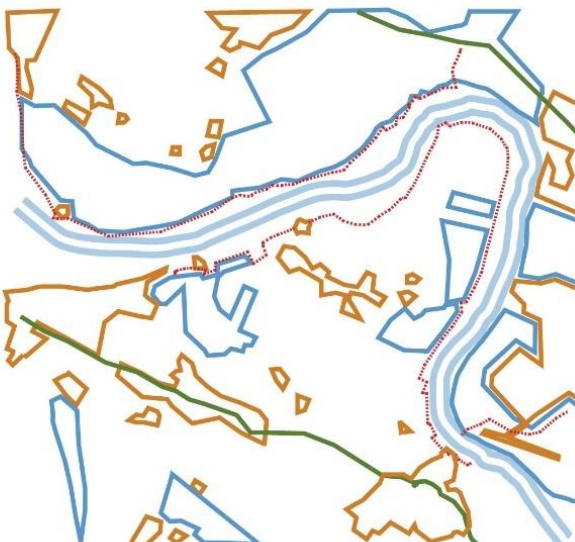
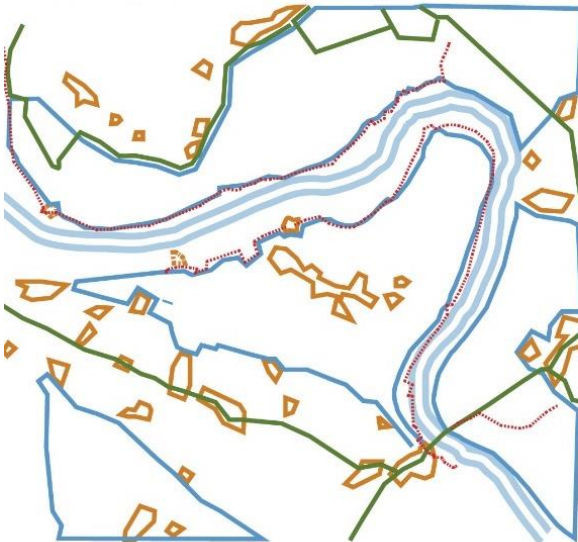
- Réunion d'intégration paysagère le 05/11/20
  - Fort Lupin : se raccorder sur les murs d'enceinte
  - Fort Vasou
  - Rehaussement muret béton au Nord
  - Digue avec couvert végétal au Sud
  - Fontaine de Lupin : s'éloigner du monument et longer la route
- Sondages géotechniques réalisés pour les 3 phases
- LIDAR reçu et traité par ARTELIA
- Echanges avec le Conservatoire du Littoral pour le tracé de la phase 2
- Présentation des études préliminaires le 12/03/21
- Réunion de travail avec l'UNIMA, le CD17, la CARO et l'EPTB le 18/06/21

# Diagnostic paysager

## Volet historique

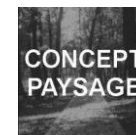


- Mitage important du paysage
- Territoire attractif : élevage, grande culture, tourisme, navale, etc.
- Paysage faiblement arboré
- Uniformisation des structure paysage des marais : remembrement, amélioration des techniques de drainage etc.



> Etat Major (XIXe siècle)

> 2021



# Diagnostic paysager

## Caractérisation du paysage de la zone d'étude



### Marais :

- Conserver les emprises actuelles
- Conserver l'impact visuel des canaux
- Favoriser la reprise de la végétation spontanée
- Intégrer les ouvrages hydrauliques



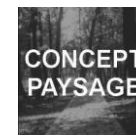
### Charente / berges :

- Conserver le caractère naturel et spontané de ses berges.
- Conserver et intégrer les accès aux usages.
- Assumer l'ouvrage de protection dans le paysage



### Urbain :

- Limiter l'homogénéisation de l'ouvrage
- Intégrer l'ouvrage à un usage existant
- Gérer les accès motorisés
- Utiliser des matériaux en lien avec ceux déjà présents



# Diagnostic paysager

## Caractérisation du paysage de la zone d'étude



### **Forts Vasou et Lupin :**

- Inscrire les forts dans le système de protection.
- Respecter leur caractère militaire.
- Affirmer le contraste qu'ils affirment dans le paysage.



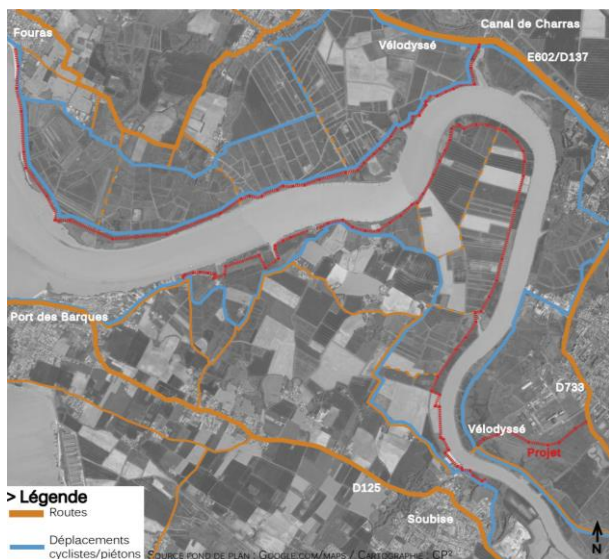
### **Fontaine de Lupin :**

- Conserver la notion de transition des milieux.
- Sanctuariser l'espace en arrière du muret en pierre.
- Conserver, mais réorganiser les usages existants.



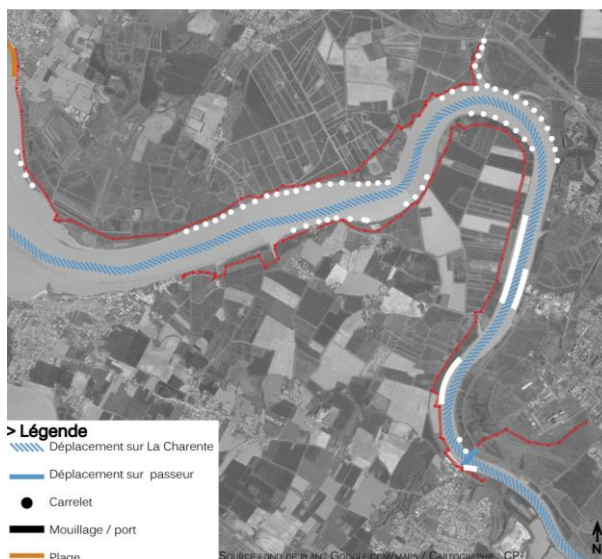
# Diagnostic paysager

## Caractérisation des usages



### Déplacements :

- Flux importants éloignés
- Accessibilité ouvrage confidentielle
- Flux doux régulièrement proches de l'ouvrage



### En lien avec la Charente

- Usages doux et lents
- Forte visibilité sur l'ouvrage
- Plage = ouvrage support usages



### Usages & vocations

- Agricole = usages ponctuels, professionnels et privatifs
- Résidentiel / service / industriel peu présent
- Tourisme = espace de découverte





# Solutions d'aménagement

## Intention d'insertions paysagères

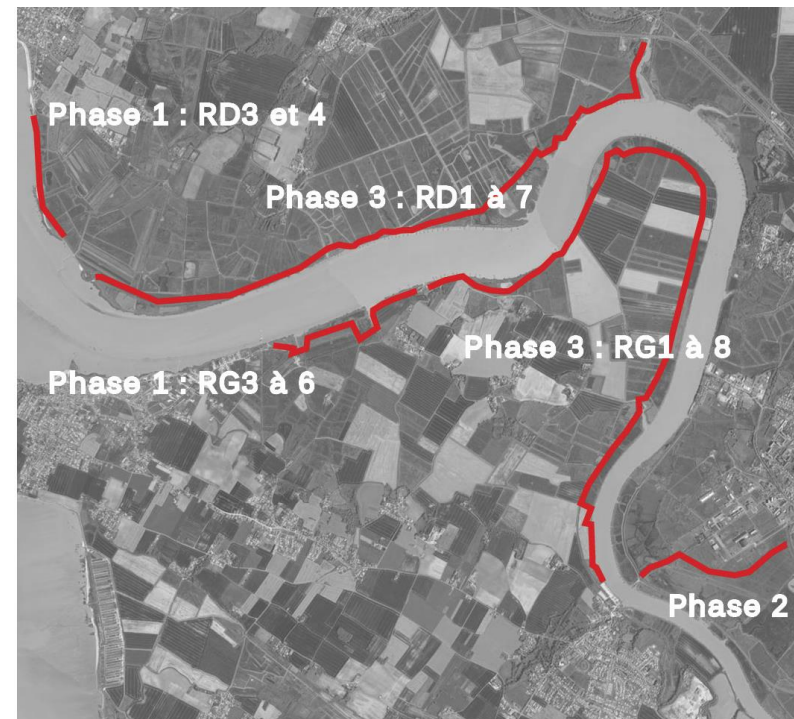
### • Vers les terres :

- Rehausser l'ouvrage historique existant + perpendicularité et parallélisme + implanter en limite de propriété ou sur une limite physique existante.
- Limiter l'emprise & optimiser la pente des talus.
- Végétalisation de l'ouvrage : Réutiliser la terre du site , Roselières, Ronciers/aubépines spontanés.
- En présence d'ouvrages hydrauliques : bétons non lisse + TV + habillages type rondins + brillance des matériaux métalliques.

### • Vers l'eau :

- Favoriser la réhausse de l'ouvrage existant + talutage en strates + crête continue + minéralisation limitée
- Si enrochement = matériaux calcaires & diorite + TV dans interstices
- Limiter l'emprise des accès = passage d'homme / un engin + matériaux naturels non-minéraux, limiter le calcaire.
- Favoriser végétation spontanée + Questionner la présence des sujets arbustifs.

## Projet en limite Marais/Berges



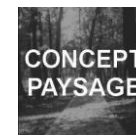
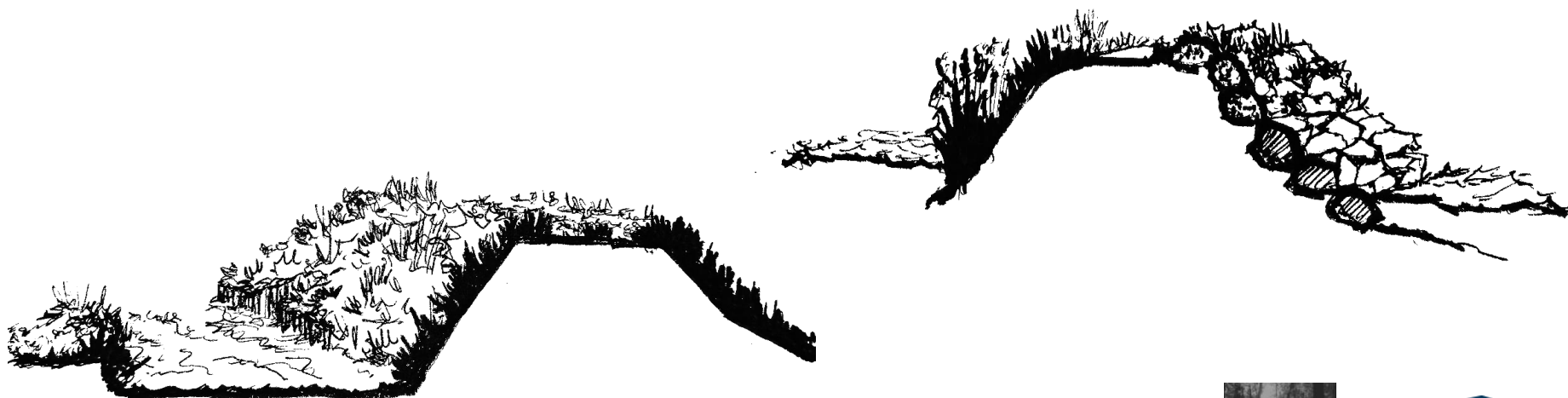
# Solutions d'aménagement

| Phase | Tronçons   | Particularités  | Aménagement envisagé  | Hauteur moy. de rehausse |
|-------|------------|---|---|--------------------------|
| 1     | RD3 et RD4 | Digue existante surmontée d'une piste cyclable calcaire, carrelets, zones de marais, projet de carrelet pédagogique | Rehaussement de la digue existante par rechargement et confortement des talus   | 0,5 à 1m                 |
| 1     | RG3 à RG6  | Digue existante, marais cultivés, raccordement au Fort Lupin  | Rehaussement par rechargement   | 0,9m                     |
| 2     | /          | Ancien terrain de l'aérodrome   | Création d'un merlon de terre avec création d'un cheminement doux en crête sur une partie du linéaire (projet en concertation avec le CDL)                        | 1,2m                     |
| 3     | RD1 à RD7  | Digue existante, zone de marais, présence du Fort Vasou   | Rehaussement de la digue existante par rechargement, confortement des talus et homogénéisation des accès aux carrelets  | 0,4 à 0,7m               |
| 3     | RG1 à RG8  | Digue existante, zone de marais, jonction avec le Fort Lupin  | Rehaussement de la digue, confortement des talus (marques d'érosion, enrochements, pieux bois) et homogénéisation des accès aux carrelets et aux tonnes de chasse | 0,2 à 0,75m              |

# Solutions d'aménagement

Photos références et croquis d'intentions

Projet en limite Marais/Berges

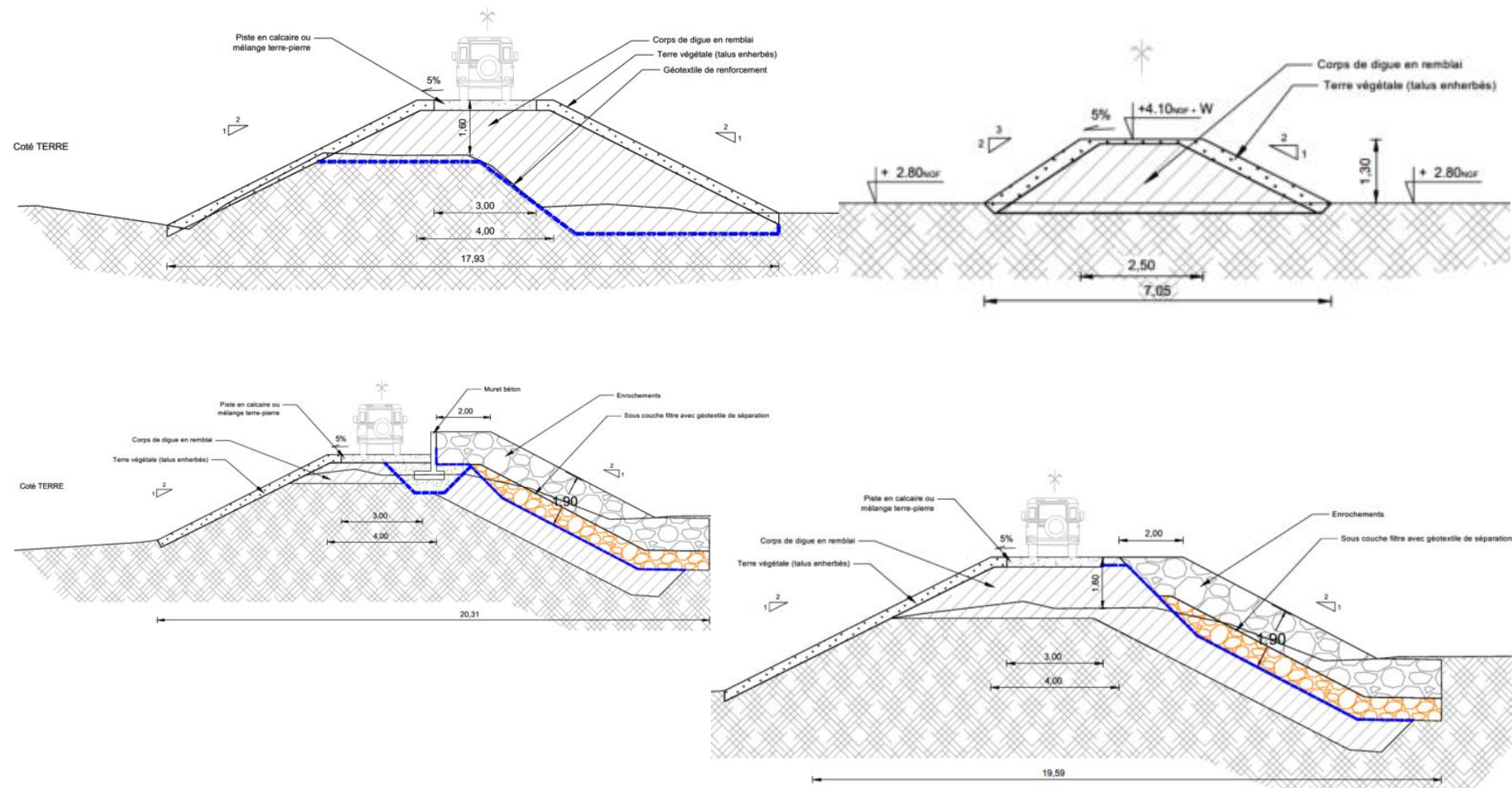




# Solutions d'aménagement

## Profils types

## Projet en limite Marais/Berges

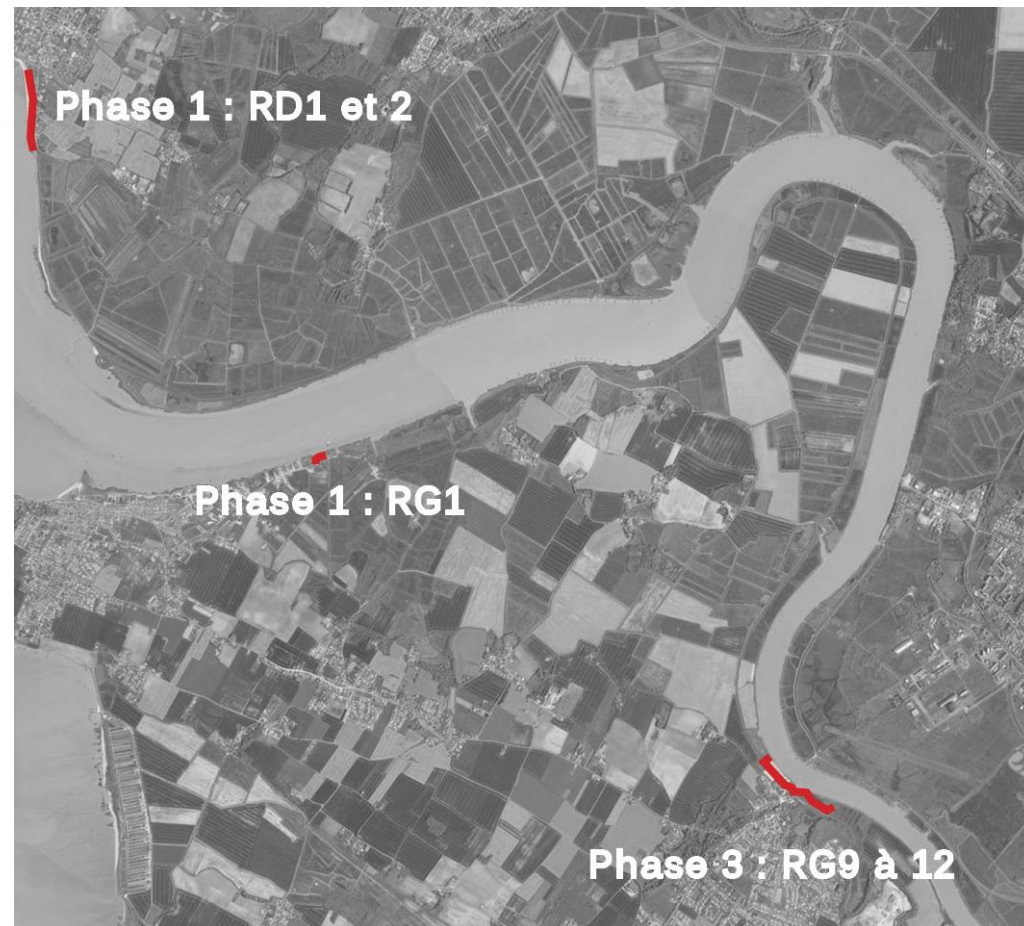


# Solutions d'aménagement

## Intentions d'insertions paysagères

### Projet en limite urbaine

- Adapter l'emprise et typologie de l'ouvrage à l'espace disponible.
- Limiter l'homogénéisation de l'ouvrage.
- Adapter l'ouvrage à l'usage existant rencontré.
- Ouvrage en espace enherbé : talus doux
- Ouvrage en espace vert d'agrément : Accompagner les déplacements / protection verticale = points d'assises
- Ouvrage en espace minéral : matériaux existants / vocabulaire de muret maçonné espaces bâtis.



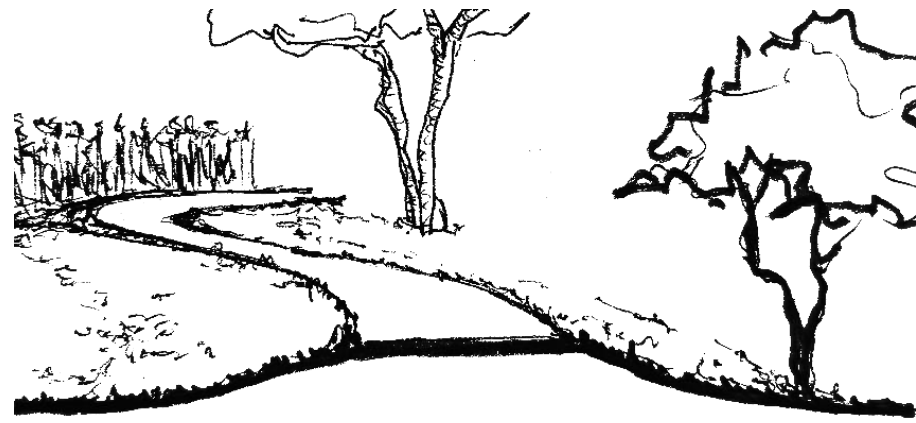
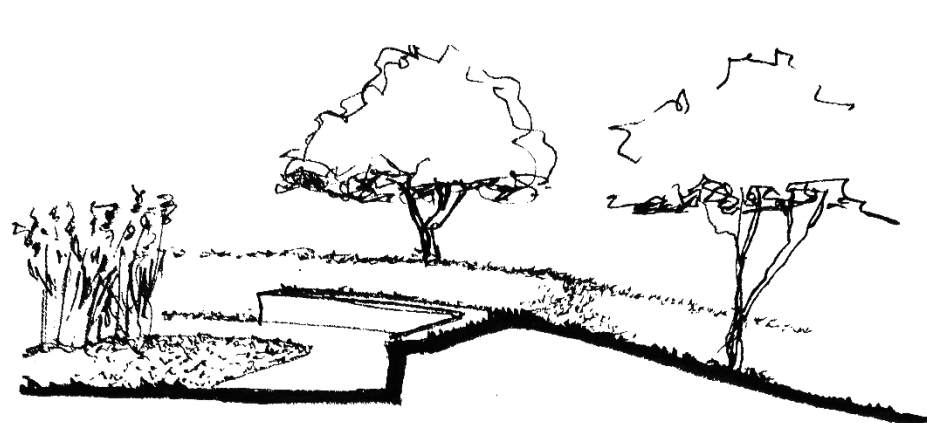
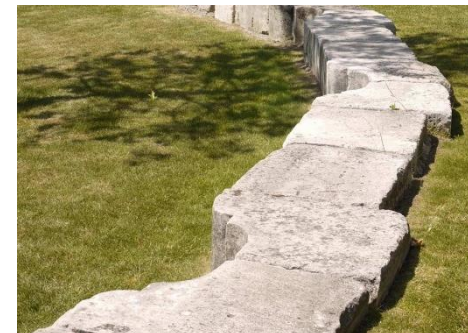


# Solutions d'aménagement

| Phase | Tronçons   | Particularités  | Aménagement envisagé   | Hauteur moy.<br>de<br>rehaussement |
|-------|------------|---|--|------------------------------------|
| 1     | RD1 et RD2 | Digue entre la plage et le camping municipal, piste cyclable, en limite de la route     | Confortement de la digue existante avec reprise des enrochements + rehaussement par rechargement | 0,2 à 0,8m                         |
| 1     | RG1        | Fontaine de Lupin (MH), embarcadère croisière fluviale                                  | Muret le long de la route  | 1m                                 |
| 3     | RG9 à RG12 | Stockage à sec de bateaux, port de Soubise, aire de caravaning, station service bateaux | Création merlon de terre<br>Muret + batardeaux au droit du port<br>Rehaussement digue existante  | 0,4 à 0,6m                         |

# Solutions d'aménagement

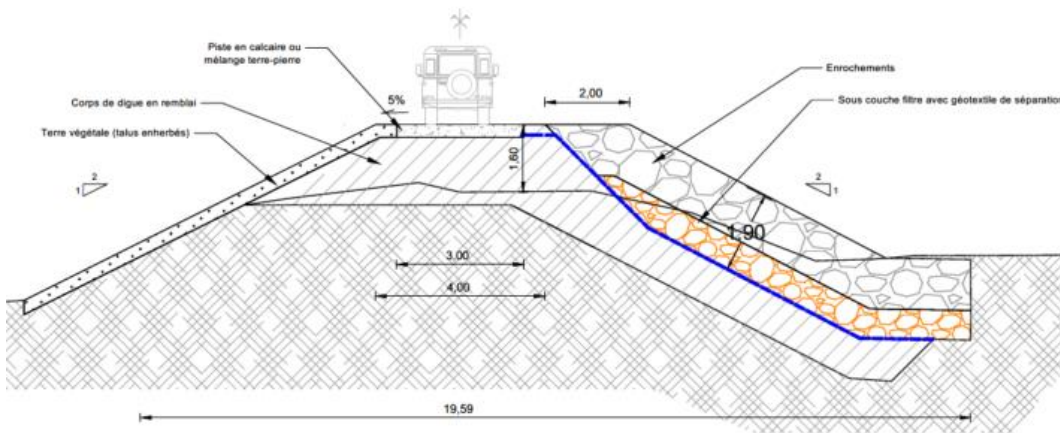
Photos références et croquis d'intentions



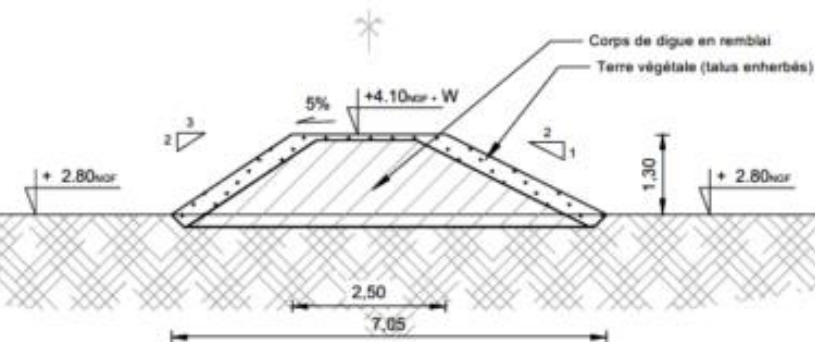
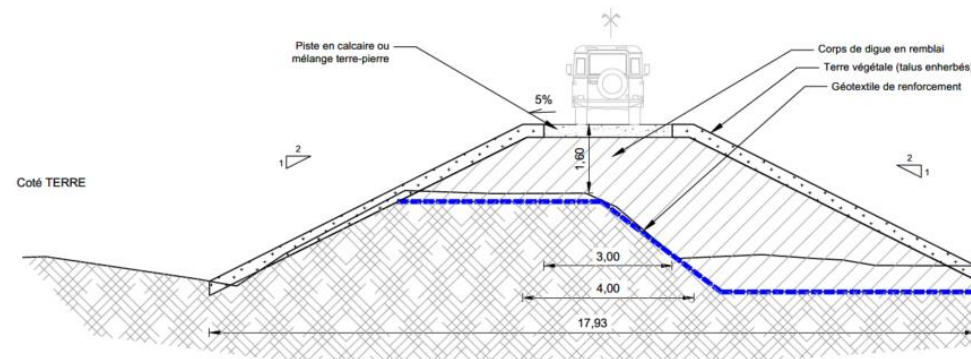
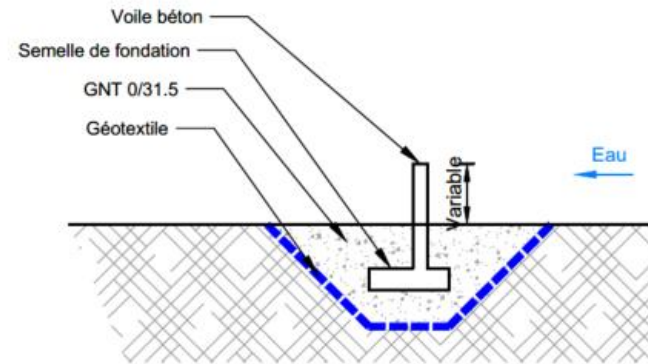
# Solutions d'aménagement

## Profils types

## Projet en limite urbaine



Coté TERRE



# Solutions d'aménagement

## Intentions d'insertions paysagères

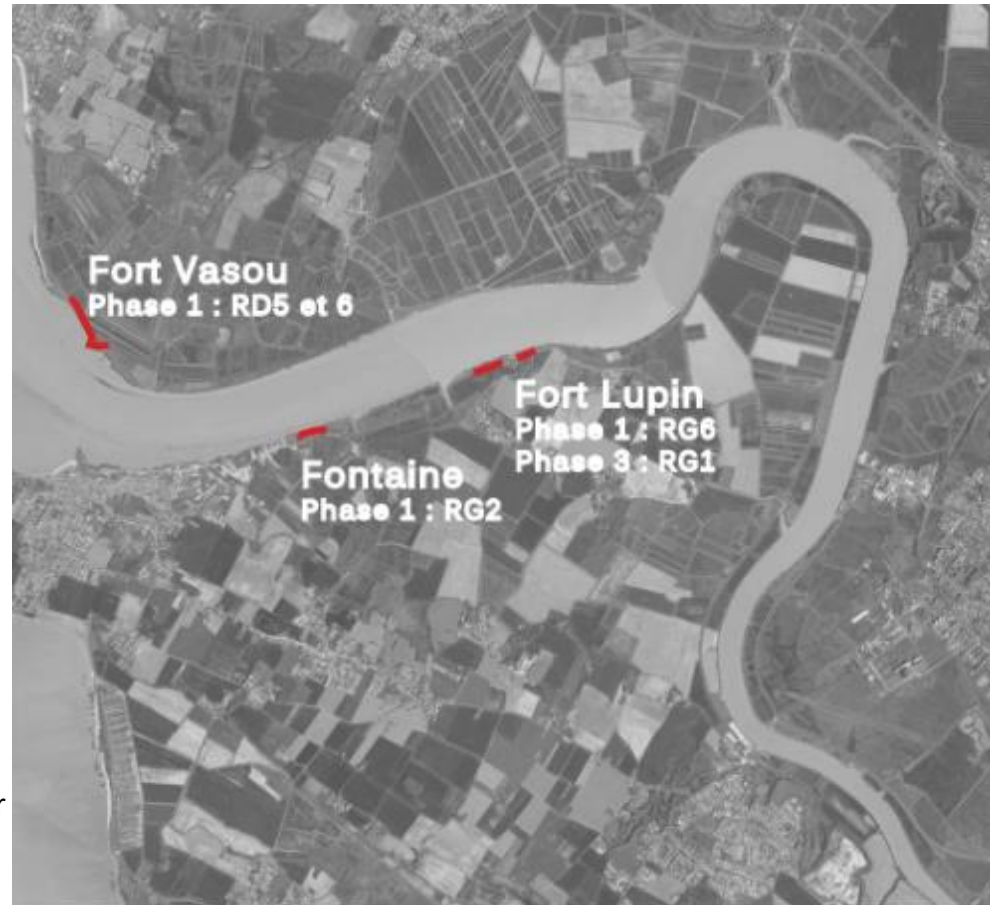
### Projet en milieu historique

#### • Pour les Forts

- Rejoindre et reprendre les pierres des murs des forts suivant les préconisations ABF et entreprise spécialisée.
- Fort Lupin : Raccorder des tronçons voisins au niveau des maçonneries extérieures. Ne pas rehausser les maçonneries = préférer un talutage enherbé en tête de mur. Déposer le tronçon de digue.
- Fort Vasou : Prolonger le caractère maçonné du fort sur RD5 + Homogénéisation du profil. Détacher l'ouvrage de l'existant + reprendre les codes architecturaux. Talutage enherbé en arrière.
- Formes géométriques des digues à raccorder

#### • Fontaine de Lupin :

- Inscrire la protection en lieu et place du muret existant : rehausser au niveau des moellons calcaires. Déposer et reposer les couronnements. Reprendre les angles. Intégrer les batardeaux.
- Réajuster le nombre d'ouvertures .
- Déposer la haie de thuya existante à l'ouest + Dépose revêtements perméables.



# Solutions d'aménagement

| Phase | Tronçons | Particularités   | Aménagement envisagé   | Hauteur moy.<br>de<br>rehaussement |
|-------|----------|--|--|------------------------------------|
| 1     | RD5      | Digue existante, zone de marais,<br>perré maçonné                      | Reprise du mur de soutènement et du<br>perré maçonné et rehausse du chemin   | 0,9m                               |
|       | RD6      | Enceinte du Fort Vasou   | Confortement de l'enceinte / Sortir le fort<br>du système  | -                                  |
| 1     | RG2      | Fontaine de Lupin (MH),<br>embarcadère croisière fluviale              | Muret béton le long du parking du<br>restaurant  | 1m                                 |
| 1     | RG6      | Raccordement au Fort Lupin   | Rehaussement de la digue par<br>rechargement   | 0,9m                               |
| 3     | RG1      | Digue existante, raccordement<br>avec le Fort Lupin, zone de<br>marais | Rehaussement de la digue, reprise des talus<br>(marques d'érosion, enrochements, pieux<br>bois) et effacement du mobilier urbain | 0,7m                               |



# Solutions d'aménagement

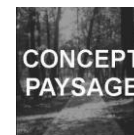
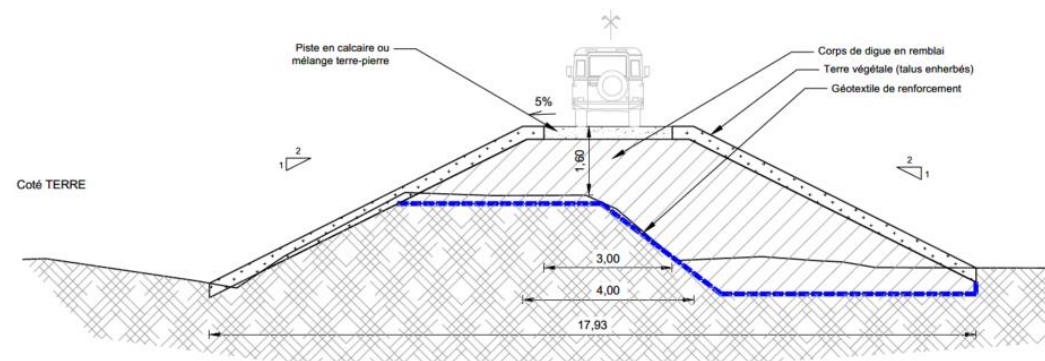
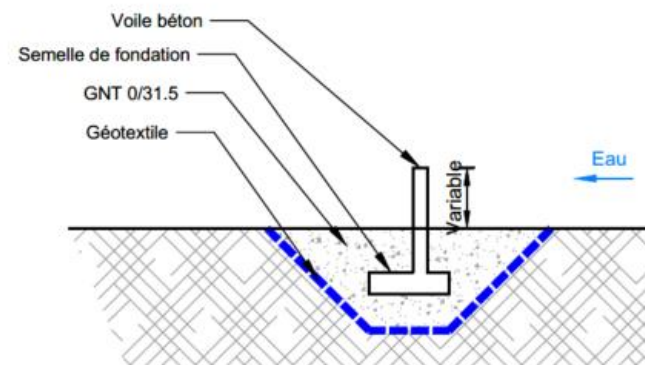
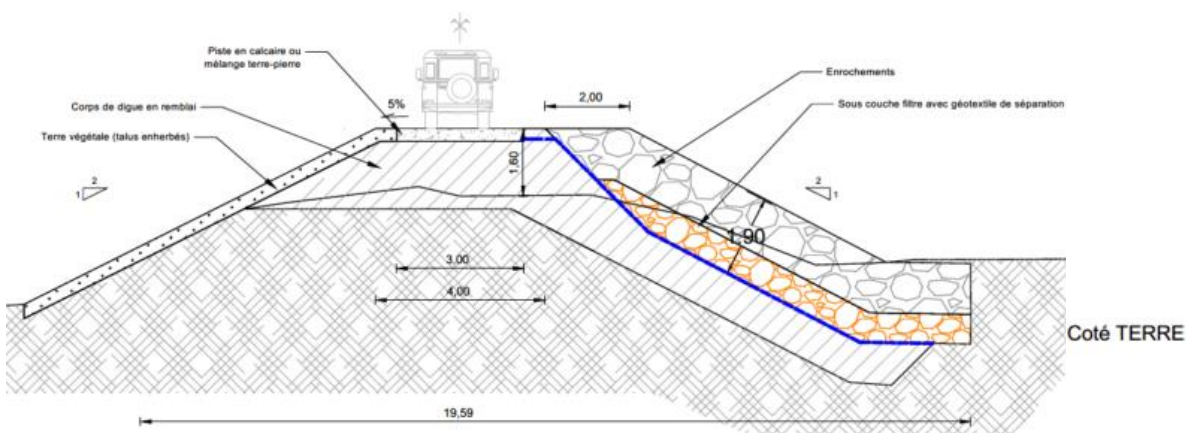
Photos références



# Solutions d'aménagement

## Profils types

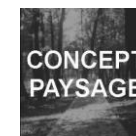
### Projet en milieu historique



# Estimation des coûts

## Phase 1 – Rive droite

| Tronçons    | Cote projet | Cote TN actuel | Hauteur de rehausse y compris tassement (m) | Longueur (m) | Aménagement prévu   | Ratio/ml €   | Volume remblais (m3) | Coût (€HT)   | Entretien annuel |
|-------------|-------------|----------------|---|--------------|---|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| RIVE DROITE |             |                |   |              |   |              |                      |              |                  |
| RD1         | 4.8         | 4.62           | 0.24  | 56           | Rehaussement de la digue existante par rechargement et reprise des enrochements | 1 188.00 €   | 180.0                | 66 528.00 €  | 1 995.84 €       |
|             | 4.8         | 4.53           | 0.36  | 195          |   | 1 453.00 €   | 860.0                | 283 335.00 € | 8 500.05 €       |
| RD2         | 4.8         | 4.05           | 0.98  | 152          | Rehaussement de la digue existante par rechargement et reprise des enrochements | 1 998.00 €   | 1770.0               | 303 696.00 € | 9 110.88 €       |
| RD3         | 4.8         | 4.19           | 0.8   | 434          | Rehaussement de la digue existante par rechargement                             | 1 802.00 €   | 4030.0               | 782 068.00 € | 23 462.04 €      |
|             | 4.8         | 3.61           | 1.55  | 231          |   | 2 577.00 €   | 4700.0               | 595 287.00 € | 17 858.61 €      |
| RD4         | 4.8         | 3.67           | 1.47  | 169          | Rehaussement de la digue existante par rechargement                             | 1 206.00 €   | 2580.0               | 203 814.00 € | 6 114.42 €       |
|             | 4.8         | 3.82           | 1.28  | 282          |   | 1 103.00 €   | 3790.0               | 311 046.00 € | 9 331.38 €       |
|             | 4.8         | 4.17           | 0.82  | 219          |   | 837.00 €     | 1980.0               | 183 303.00 € | 5 499.09 €       |
| RD5         | 4.8         | 3.98           | 0.82  | 182          | Combinaison reprise muret béton et perré maçonné et rehaussement de la digue    | 1 600.10 €   | 970.0                | 291 218.20 € | 8 736.55 €       |
|             | 4.8         | 3.73           | 1.07  | 60           |   | 1 718.10 €   | 380.0                | 103 086.00 € | 3 092.58 €       |
|             | 4.8         | 3.87           | 0.93  | 110          |   | 1 718.10 €   | 690.0                | 188 991.00 € | 5 669.73 €       |
|             | 4.8         | 3.71           | 1.09  | 42           |   | 1 332.20 €   | 100.0                | 355 952.40 € | 10 678.57 €      |
| RD6         | 4.8         | 4.96           | 0   | 250          | Confortement de l'enceinte du Fort Vasou  | 396 850.00 € | 0.0                  | 396 850.00 € | 11 905.50 €      |



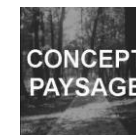
# Estimation des coûts

## Phase 1 – Rive gauche

| Tronçons    | Cote<br>projet | Cote TN<br>actuel | Hauteur de<br>rehausse y<br>compris<br>tassement (m) | Longueur<br>(m) | Aménagement prévu                            | Ratio/ml € | Volume<br>remblais (m3) | Coût (€HT)     | Entretien<br>annuel |
|-------------|----------------|-------------------|--|-----------------|--|------------|-------------------------|----------------|---------------------|
| RIVE GAUCHE |                |                   |  |                 |  |            |                         |                |                     |
| RG1         | 4.2            | 3.65              | 0.55   | 89              | Muret béton le long de la route              | 726.50 €   | 0.0                     | 69 658.50 €    | 2 089.76 €          |
|             | 4.2            | 3.26              | 0.94   | 34              |  | 791.50 €   | 0.0                     | 26 911.00 €    | 807.33 €            |
| RG2         | 4.2            | 3.19              | 1.01   | 143             | Muret béton le long du parking du restaurant | 791.50 €   | 0.0                     | 123 184.50 €   | 3 695.54 €          |
| RG3         | 4.2            | 3.34              | 1.12   | 176             | Rehaussement par rechargement                | 1 444.30 € | 3660.0                  | 254 196.80 €   | 7 625.90 €          |
| RG4         | 4.2            | 3.45              | 0.98   | 319             | Rehaussement par rechargement                | 1 320.90 € | 5940.0                  | 726 367.10 €   | 21 791.01 €         |
|             | 4.2            | 3.28              | 1.2  | 50              |  | 1 537.60 € | 1110.0                  | 76 880.00 €    | 2 306.40 €          |
|             | 4.2            | 3.6               | 0.78   | 732             |  | 1 168.20 € | 11460.0                 | 855 122.40 €   | 25 653.67 €         |
|             | 4.2            | 3.37              | 1.08   | 122             |  | 1 427.00 € | 2460.0                  | 174 094.00 €   | 5 222.82 €          |
| RG5         | 4.2            | 3.54              | 0.86   | 163             | Rehaussement par rechargement                | 1 122.80 € | 2380.0                  | 183 016.40 €   | 5 490.49 €          |
|             | 4.2            | 3.16              | 1.36   | 37              |  | 1 570.80 € | 830.0                   | 58 119.60 €    | 1 743.59 €          |
| RG6         | 4.2            | 3.41              | 1.03   | 199             | Rehaussement par rechargement                | 1 305.10 € | 3560.0                  | 569 714.90 €   | 17 091.45 €         |
|             | 4.2            | 3.53              | 0.88   | 220             |  | 1 173.00 € | 3440.0                  | 258 060.00 €   | 7 741.80 €          |
|             |                |                   |  |                 |  |            |                         |                |                     |
| TOTAL       |                |                   |  |                 |  |            | 56 870.00               | 7 440 499.80 € | 223 214.99 €        |

➤ Coût PAPI (valeur 2016) : 4 230 000 €HT

➤ Coût PAPI actualisé (valeur 2021) : 4 653 000 €HT -> +60% sur EPD



# Estimation des coûts

## Justifications

- Actualisation de l'altimétrie des protections existantes
- Démolition et reconstruction perré maçonné tronçon RD5
- Confortement du fort Vasoux
- Évolution de la nature de la protection sur les tronçons RG1 et RG2 : muret à la place d'un merlon
- Prise en compte de tassements au vu des caractéristiques des sols en place
- Actualisation des prix vis-à-vis des indices Tp



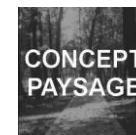
# Estimation des coûts

## Phase 2

| Cote projet  | Cote TN actuel | Hauteur de<br>rehausse y<br>compris<br>tassement (m) | Longueur (m)    | Aménagement<br>prévu       | Ratio/ml € | Volume<br>remblais<br>(m3) | OH à élargir                              | PU €         | Coût (€HT)          | Entretien<br>annuel |
|--------------|----------------|--|-----------------|----------------------------|------------|----------------------------|---|--------------|---------------------|---------------------|
| 4,1          | 3,3            | 1,04   | 305             | Création digue en<br>terre | 753,00 €   | 3 050,00                   | OH des Gendarmes                          | 300 000,00 € | 534 665,00 €        | 16 039,95 €         |
| 4,1          | 3,05           | 1,37   | 470             |                            | 941,00 €   | 6 110,00                   | Pelle en aval de<br>l'OH des<br>Gendarmes | 150 000,00 € | 592 270,00 €        | 17 768,10 €         |
| 4,1          | 3,15           | 1,24   | 195             |                            | 883,00 €   | 2 340,00                   |   |              | 172 185,00 €        | 5 165,55 €          |
| 4,1          | 3,67           | 0,56   | 110             |                            | 393,00 €   | 440,00                     |   |              | 43 230,00 €         | 1 296,90 €          |
| 4,1          | 2,93           | 1,53   | 910             |                            | 1 043,00 € | 13 650,00                  |   |              | 949 130,00 €        | 28 473,90 €         |
| 4,1          | 3,58           | 0,68   | 55              |                            | 451,00 €   | 275,00                     |   |              | 174 805,00 €        | 5 244,15 €          |
| <b>TOTAL</b> |                |  | <b>2 045,00</b> |                            |            | <b>25 865,00</b>           |   |              | <b>2 466 285,00</b> | <b>73 988,55</b>    |

➤ Coût PAPI (valeur 2016) : 1 300 000 €HT

➤ Coût PAPI actualisé (valeur 2021) : 1 430 000 €HT -> +72,5% sur EPD



# Estimation des coûts

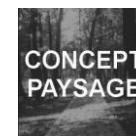
## Justifications

- Évolution du linéaire de protection : +22%
- OH en aval de l'OH de la Gendarmerie élargi également
- Prise en compte de tassements au vu des caractéristiques des sols en place
- Actualisation des prix vis-à-vis des indices Tp

# Estimation des coûts

## Phase 3 – Rive droite

| Tronçons           | Cote projet | Cote TN actuel | Hauteur de<br>rehausse y<br>compris<br>tassement (m) | Longueur (m) | Aménagement prévu   | Ratio/ml € | Volume<br>remblais (m3) | Coût (€HT)   | Entretien<br>annuel (€HT) |
|--------------------|-------------|----------------|--|--------------|---|------------|-------------------------|--------------|---------------------------|
| <b>RIVE DROITE</b> |             |                |  |              |   |            |                         |              |                           |
| RD1                | 4.2         | 3.77           | 0.56   | 64           | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 552.00 €   | 339.1                   | 35 328.00 €  | 1 059.84 €                |
|                    | 4.2         | 3.92           | 0.37   | 120          |   | 661.00 €   | 619.8                   | 79 320.00 €  | 2 379.60 €                |
| RD2                | 4.2         | 3.85           | 0.46   | 302          | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 453.00 €   | 1249.3                  | 136 806.00 € | 4 104.18 €                |
|                    | 4.2         | 3.75           | 0.59   | 1050         |   | 511.00 €   | 4876.0                  | 536 550.00 € | 16 096.50 €               |
|                    | 4.2         | 4.15           | 0.07   | 927          |   | 202.00 €   | 380.3                   | 187 254.00 € | 5 617.62 €                |
|                    | 4.2         | 3.95           | 0.33   | 600          |   | 440.00 €   | 2137.3                  | 264 000.00 € | 7 920.00 €                |
| RD3                | 4.2         | 3.98           | 0.29   | 167          | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 395.00 €   | 563.1                   | 65 965.00 €  | 1 978.95 €                |
| RD4                | 4.2         | 3.82           | 0.5  | 604          | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 453.00 €   | 2597.2                  | 273 612.00 € | 8 208.36 €                |
| RD5                | 4.2         | 3.4            | 1.04   | 658          | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 967.00 €   | 6893.7                  | 636 286.00 € | 19 088.58 €               |
|                    | 4.2         | 3.93           | 0.36   | 226          |   | 489.00 €   | 875.0                   | 110 514.00 € | 3 315.42 €                |
|                    | 4.2         | 3.01           | 1.55   | 65           |   | 919.00 €   | 731.1                   | 59 735.00 €  | 1 792.05 €                |
| RD6                | 4.2         | 3.64           | 0.73   | 736          | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 653.00 €   | 4602.1                  | 485 608.00 € | 14 568.24 €               |
|                    | 4.2         | 3.98           | 0.29   | 215          |   | 712.00 €   | 961.4                   | 153 080.00 € | 4 592.40 €                |
|                    | 4.2         | 3.79           | 0.54   | 96           |   | 875.00 €   | 696.6                   | 84 000.00 €  | 2 520.00 €                |
| RD7                | 4.2         | 3.77           | 0.56   | 405          | Rehaussement de la digue existante par<br>rechargement, confortements des talus et<br>homogénéisation des accès aux carrelets | 806.00 €   | 2576.0                  | 336 430.00 € | 10 092.90 €               |
|                    | 4.2         | 3.57           | 0.82   | 426          |   | 801.00 €   | 3222.5                  | 341 226.00 € | 10 236.78 €               |



➤ Coût PAPI (valeur 2016) : 6 520 000 €HT

# Estimation des coûts

## Phase 3 – Rive gauche

➤ Coût PAPI actualisé (valeur 2021) : 7 172 000 €HT  
-> -0,91% sur EPD

| Tronçons  | Cote projet | Cote TN actuel | Hauteur de<br>rehausse y<br>compris<br>tassement (m) | Longueur (m) | Aménagement prévu   | Ratio/ml € | Volume<br>remblais (m3) | Coût (€HT)     | Entretien<br>annuel (€HT) |
|---|-------------|----------------|--|--------------|---|------------|-------------------------|----------------|---------------------------|
| RIVE GAUCHE   |             |                |  |              |   |            |                         |                |                           |
| RG1   | 4.2         | 3.66           | 0.71   | 31           | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 648.00 €   | 170.0                   | 20 088.00 €    | 602.64 €                  |
|   | 4.2         | 3.43           | 1.01   | 390          |   | 598.00 €   | 2236.2                  | 233 220.00 €   | 6 996.60 €                |
|   | 4.2         | 2.91           | 1.68   | 103          |   | 774.00 €   | 834.6                   | 79 722.00 €    | 2 391.66 €                |
| RG2   | 4.2         | 3.75           | 0.59   | 396          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 637.00 €   | 2543.8                  | 252 252.00 €   | 7 567.56 €                |
|   | 4.2         | 4.1            | 0.14   | 585          |   | 463.00 €   | 2036.3                  | 270 855.00 €   | 8 125.65 €                |
| RG3   | 4.2         | 3.89           | 0.41   | 420          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 1 482.00 € | 1863.2                  | 922 440.00 €   | 27 673.20 €               |
| RG4   | 4.2         | 3.9            | 0.4  | 283          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 693.00 €   | 1497.1                  | 196 119.00 €   | 5 883.57 €                |
|   | 4.2         | 4.05           | 0.2  | 236          |   | 323.00 €   | 571.1                   | 76 228.00 €    | 2 286.84 €                |
| RG5   | 4.2         | 3.9            | 0.4  | 637          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 610.00 €   | 3198.8                  | 388 570.00 €   | 11 657.10 €               |
|   | 4.2         | 3.69           | 0.67   | 620          |   | 748.00 €   | 4452.7                  | 463 760.00 €   | 13 912.80 €               |
| RG6   | 4.2         | 3.73           | 0.62   | 238          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 691.00 €   | 1455.5                  | 174 458.00 €   | 5 233.74 €                |
|   | 4.2         | 3.65           | 0.72   | 303          |   | 678.00 €   | 1985.9                  | 205 434.00 €   | 6 163.02 €                |
|   | 4.2         | 3.85           | 0.46   | 675          |   | 550.00 €   | 3000.9                  | 371 250.00 €   | 11 137.50 €               |
| RG7   | 4.15        | 3.62           | 0.69   | 333          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 608.00 €   | 2020.8                  | 502 464.00 €   | 15 073.92 €               |
|   | 4.15        | 3.13           | 1.33   | 570          |   | 804.00 €   | 5134.7                  | 458 280.00 €   | 13 748.40 €               |
|   | 4.15        | 3.87           | 0.37   | 805          |   | 611.00 €   | 3567.1                  | 491 855.00 €   | 14 755.65 €               |
|   | 4.15        | 4.04           | 0.15   | 256          |   | 450.00 €   | 632.2                   | 115 200.00 €   | 3 456.00 €                |
| RG8   | 4.1         | 3.85           | 0.33   | 311          | Rehaussement de la digue, confortements des talus<br>et homogénéisation des accès aux carrelets | 553.00 €   | 1241.9                  | 171 983.00 €   | 5 159.49 €                |
|   | 4.1         | 3.7            | 0.52   | 311          |   | 875.00 €   | 2179.7                  | 272 125.00 €   | 8 163.75 €                |
|   | 4.1         | 3.21           | 1.16   | 339          |   | 756.00 €   | 2935.3                  | 256 284.00 €   | 7 688.52 €                |
| RG9   | 4.1         | 3.54           | 0.73   | 186          | Création merlon de terre  | 441.00 €   | 652.4                   | 82 026.00 €    | 2 460.78 €                |
| RG10  | 4.1         | 3.54           | 0.73   | 177          | Création merlon de terre  | 358.00 €   | 531.2                   | 63 366.00 €    | 1 900.98 €                |
|   | 4.1         | 3.54           | 0.56   | 25           | Muret + batardeaux au droit du port de Soubise  | 1 315.00 € | 0.0                     | 52 875.00 €    | 1 586.25 €                |
| RG11  | 4.1         | 3.78           | 0.42   | 213          | Création merlon de terre<br>batardeau   | 313.00 €   | 458.1                   | 71 669.00 €    | 2 150.07 €                |
| RG12  | 4.1         | 3.69           | 0.54   | 185          | Création merlon de terre  | 396.00 €   | 529.0                   | 73 260.00 €    | 2 197.80 €                |
| Traitement des ouvrages hydrauliques en domaine<br>privé non recensés |             |                |  |              |   |            |                         | 500 000.00 €   | 15 000.00 €               |
| TOTAL   |             |                |  | 15289        |   |            | 79 048.72               | 7 107 009.00 € | 213 210.27 €              |





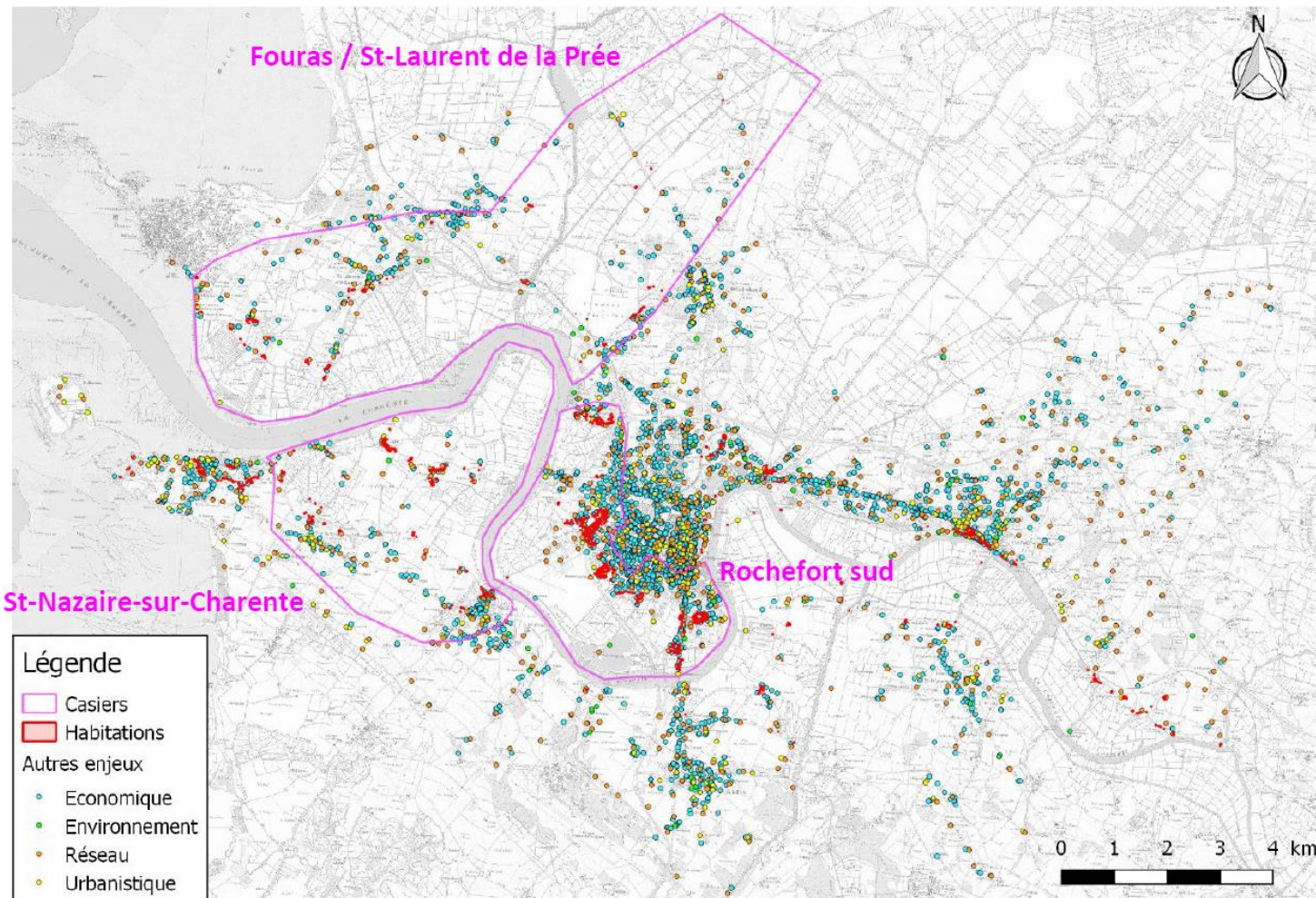
# Modélisation hydraulique

Différents aspects analysés de manière globale

- Analyse des enjeux protégés
- Influence des données topographiques relatives aux digues
- Influence du pré-remplissage des marais
- Influence de la non-prise en compte du fort Vasou
- Analyse des conséquences en cas de ruptures de digue
- Analyse du ressuyage
- Conclusions

# Modélisation hydraulique

## Analyse des enjeux protégés



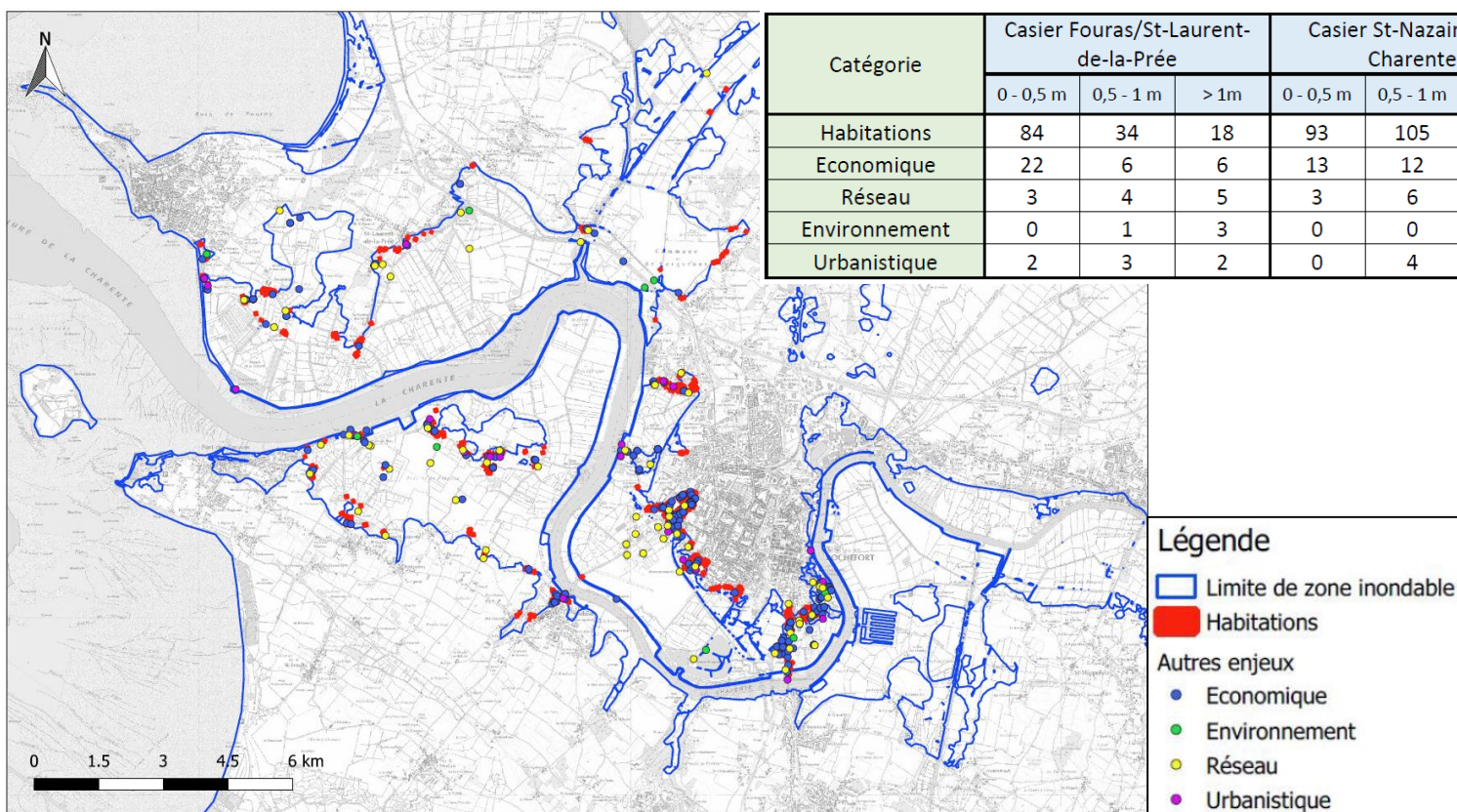
- Données UNIMA :
  - ✓ Habitations
  - ✓ Économique
  - ✓ Environnement
  - ✓ Réseau
  - ✓ Urbanistique
- 3 casiers définis pour l'analyse dont casier Rochefort Sud
- 3 évènements analysés : Martin, Xynthia et Xynthia+20cm



# Modélisation hydraulique

## Analyse des enjeux protégés

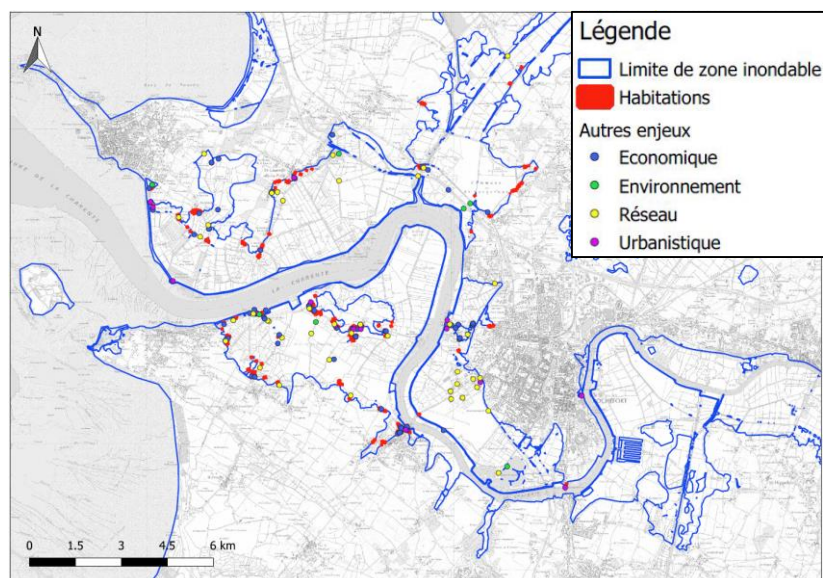
Etat actuel – Xynthia+20



# Modélisation hydraulique

## Analyse des enjeux protégés

### Effets du scénario retenu pour Xynthia+20



| Catégorie     | Casier Fouras/St-Laurent-de-la-Prée |           |      | Casier St-Nazaire-sur-Charente |           |      | Casier Rochefort Sud |           |      |
|---------------|-------------------------------------|-----------|------|--------------------------------|-----------|------|----------------------|-----------|------|
|               | 0 - 0,5 m                           | 0,5 - 1 m | > 1m | 0 - 0,5 m                      | 0,5 - 1 m | > 1m | 0 - 0,5 m            | 0,5 - 1 m | > 1m |
| Habitations   | 76                                  | 19        | 5    | 126                            | 81        | 20   | 6                    | 2         | 2    |
| Economique    | 17                                  | 5         | 1    | 15                             | 13        | 20   | 12                   | 12        | 1    |
| Réseau        | 6                                   | 4         | 2    | 5                              | 3         | 9    | 2                    | 5         | 6    |
| Environnement | 0                                   | 2         | 2    | 0                              | 0         | 2    | 1                    | 0         | 0    |
| Urbanistique  | 5                                   | 1         | 1    | 0                              | 5         | 1    | 2                    | 2         | 1    |

| Catégorie     | Ecart entre le scénario retenu et l'état initial |           |      |                                |           |      |                      |           |      |
|---------------|--|-----------|------|--------------------------------|-----------|------|----------------------|-----------|------|
|               | Casier Fouras/St-Laurent-de-la-Prée              |           |      | Casier St-Nazaire-sur-Charente |           |      | Casier Rochefort Sud |           |      |
|               | 0 - 0,5 m  | 0,5 - 1 m | > 1m | 0 - 0,5 m                      | 0,5 - 1 m | > 1m | 0 - 0,5 m            | 0,5 - 1 m | > 1m |
| Habitations   | -8   | -15       | -13  | 33                             | -24       | -26  | -380                 | -132      | -29  |
| Economique    | -5   | -1        | -5   | 2                              | 1         | -3   | -139                 | -21       | -1   |
| Réseau        | 3  | 0         | -3   | 2                              | -3        | 0    | -13                  | -8        | -1   |
| Environnement | 0  | 1         | -1   | 0                              | 0         | 0    | -1                   | -1        | 0    |
| Urbanistique  | 3  | -2        | -1   | 0                              | 1         | -1   | -6                   | 0         | 0    |

### Scénario global :

| Catégorie     | MARTIN       |             |       | XYNTHIA      |             |       | XYNTHIA+20   |             |       |
|---------------|--------------|-------------|-------|--------------|-------------|-------|--------------|-------------|-------|
|               | Etat initial | Etat projet | Delta | Etat initial | Etat projet | Delta | Etat initial | Etat projet | Delta |
| Habitations   | 74           | 20          | -54   | 586          | 233         | -353  | 931          | 337         | -594  |
| Economique    | 31           | 14          | -17   | 161          | 79          | -82   | 268          | 96          | -172  |
| Réseau        | 16           | 5           | -11   | 52           | 34          | -18   | 65           | 42          | -23   |
| Environnement | 3            | 1           | -2    | 7            | 7           | 0     | 9            | 7           | -2    |
| Urbanistique  | 6            | 3           | -3    | 21           | 15          | -6    | 24           | 18          | -6    |



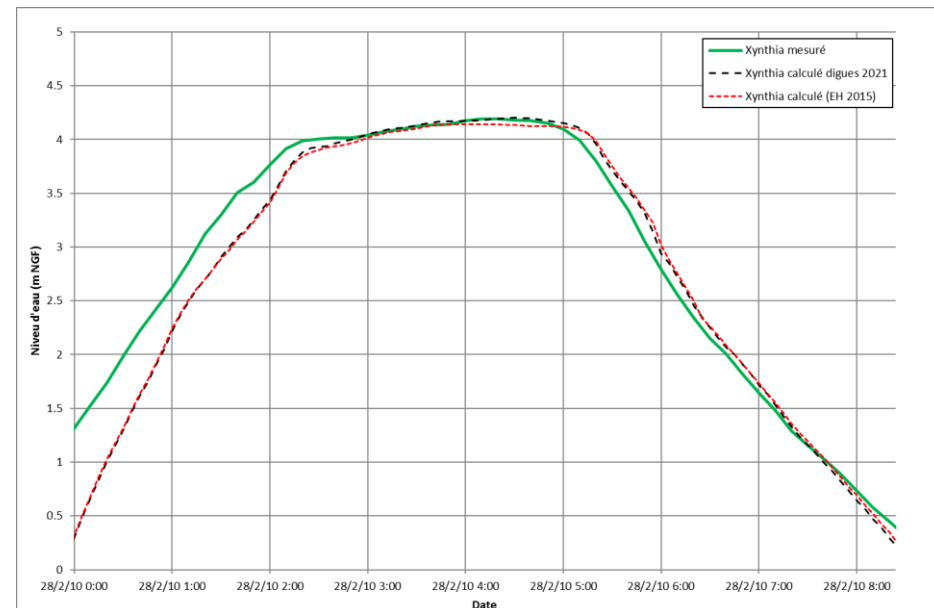
# Modélisation hydraulique

## Influence des données topographiques relatives aux digues

- Intégration des nouvelles données Lidar : mise à jour de l'altimétrie des digues
- Données plus denses que les anciens levés (1 point tous les 1m) mais précision altimétrique limitée (10-20 cm)
- Vérification du calage : OK au marégraphe, performances similaires

| Performance du calage         | Etude 2015 | Nouveau calcul digues 2021 |
|-------------------------------|------------|----------------------------|
| Ecart moyen                   | 14 cm      | 10 cm                      |
| Ecart moyen en valeur absolue | 22 cm      | 20 cm                      |
| Ecart maximum                 | +78 cm     | +66 cm                     |
| Ecart minimum                 | -62 cm     | -68 cm                     |

Calage au marégraphe de Rochefort



# Modélisation hydraulique

## Influence des données topographiques relatives aux digues

### 2 objectifs :

- Vérification des impacts hydrauliques (cohérence du schéma global)
  - Cohérence des impacts : le schéma global reste valide.
- Vérification du dimensionnement
  - Le niveau des digues de 1<sup>er</sup> rang n'est pas remis en cause (peu d'impact dans le lit mineur).
  - L'analyse des variations sur la digue en retour de la protection de Rochefort Sud-Est est utilisée pour justifier le dimensionnement de l'ouvrage (impacts plus forts dans le lit majeur).

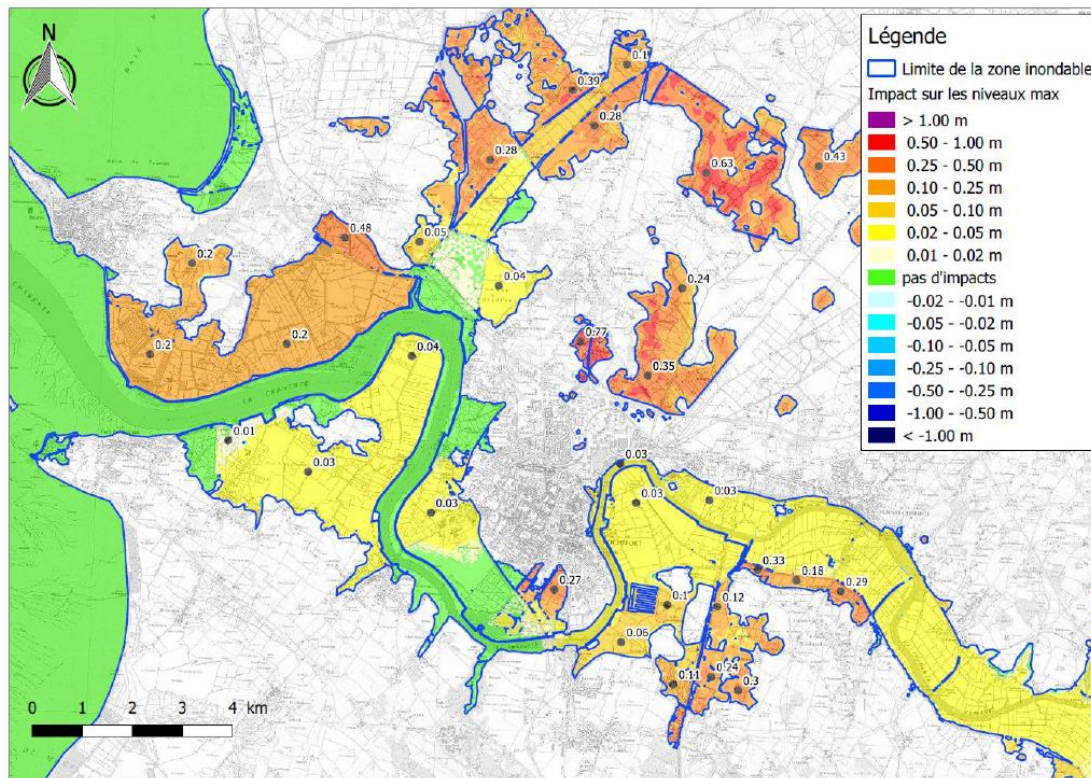
L'altimétrie des digues reste un paramètre ayant une incidence forte.

Le schéma de protection global reste viable mais cette incertitude doit être prise en compte pour le dimensionnement des ouvrages.

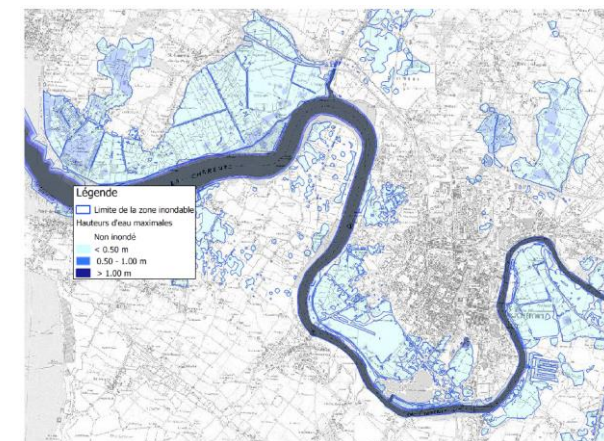
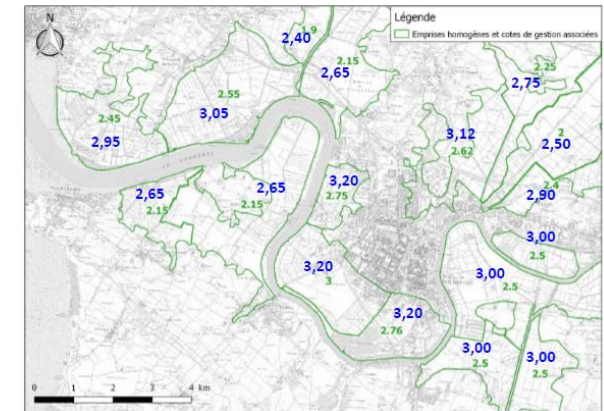
# Modélisation hydraulique

## Influence du pré-remplissage des marais

- Influence forte en lit majeur ; très faible en lit mineur
- Peut avoir une influence forte sur le dimensionnement des protections individuelles et des digues de 2nd rang



Avant tempête :

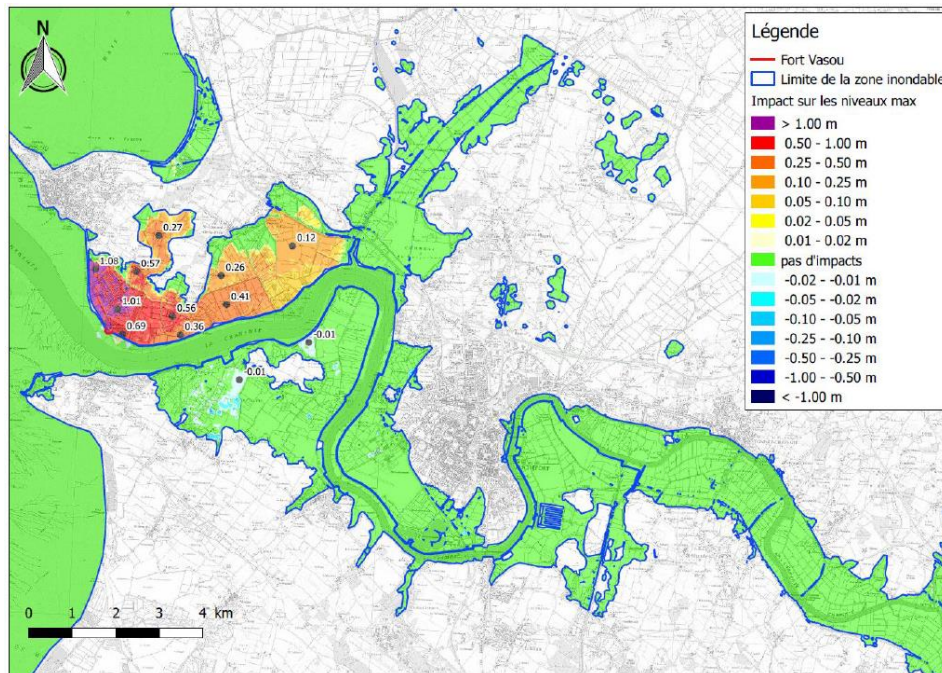




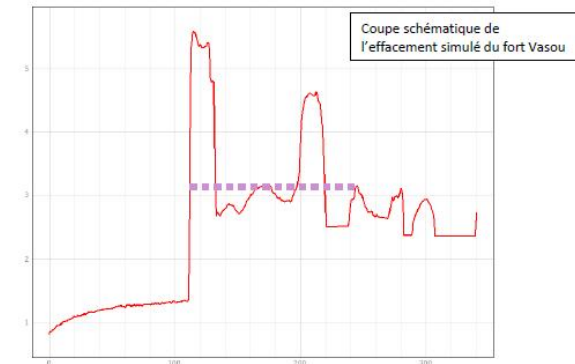
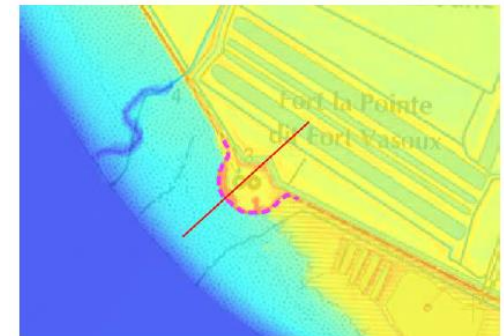
# Modélisation hydraulique

## Influence de la non-prise en compte du fort Vasou

- Difficultés foncières : quel impact de la non-prise en compte dans le dispositif de protection?
- Influence forte en arrière du fort (jusqu'à +1 m) ; atténuation de l'impact progressive
- Peut avoir une influence forte sur le dimensionnement des protections individuelles et des digues de 2<sup>nd</sup> rang



Hypothèse de calcul :  
Effacement de la protection dès le début de la tempête

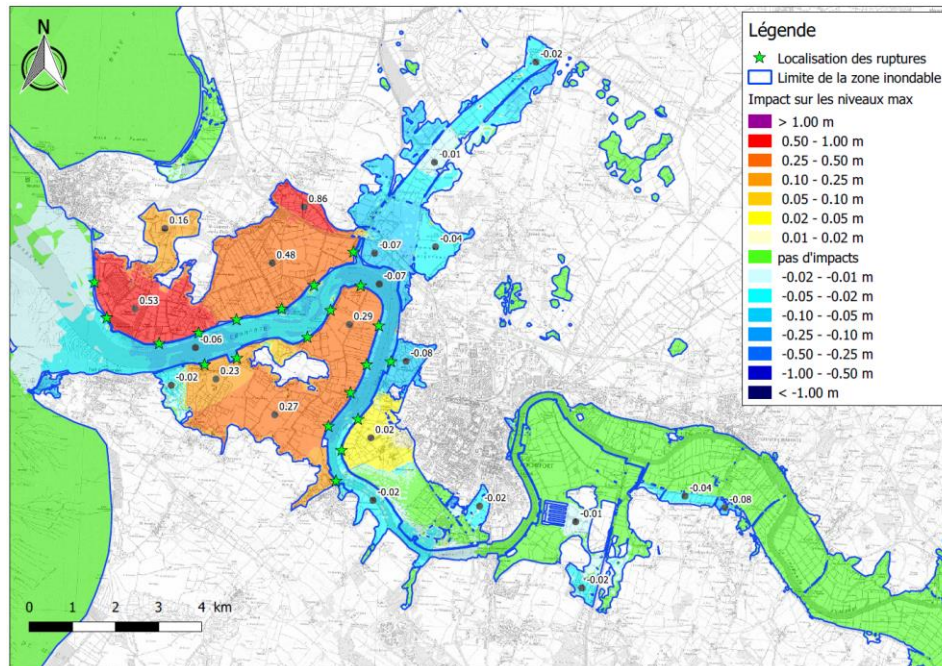




# Modélisation hydraulique

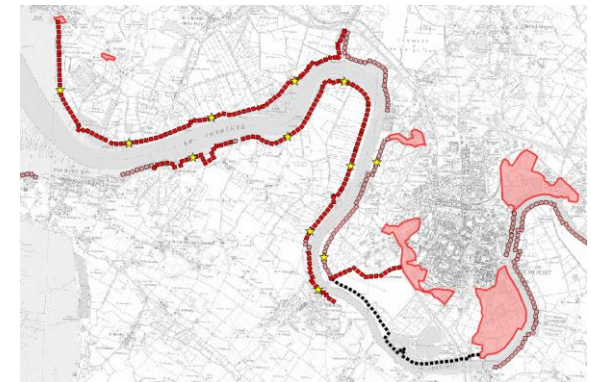
## Analyse des conséquences en cas de ruptures de digue

- Digues aval surversées pour Xynthia+20cm : quel impact?
- Impacts forts dans les caisers de Fouras / St-Laurent-de-la-Prée et de St-Nazaire-sur-Charente (jusqu'à +50 cm)
- Paramètre à intégrer pour dimensionner les protections individuelles et les digues de 2<sup>nd</sup> rang mais réflexion à avoir sur le choix des hypothèses (jusqu'où on va?)

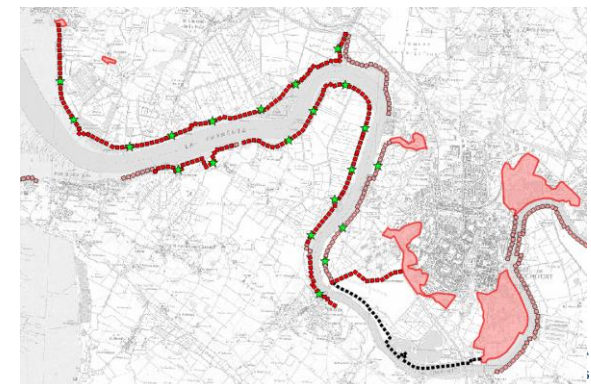


### Hypothèses de calcul :

Scénario 1 – 12 brèches de 100 m

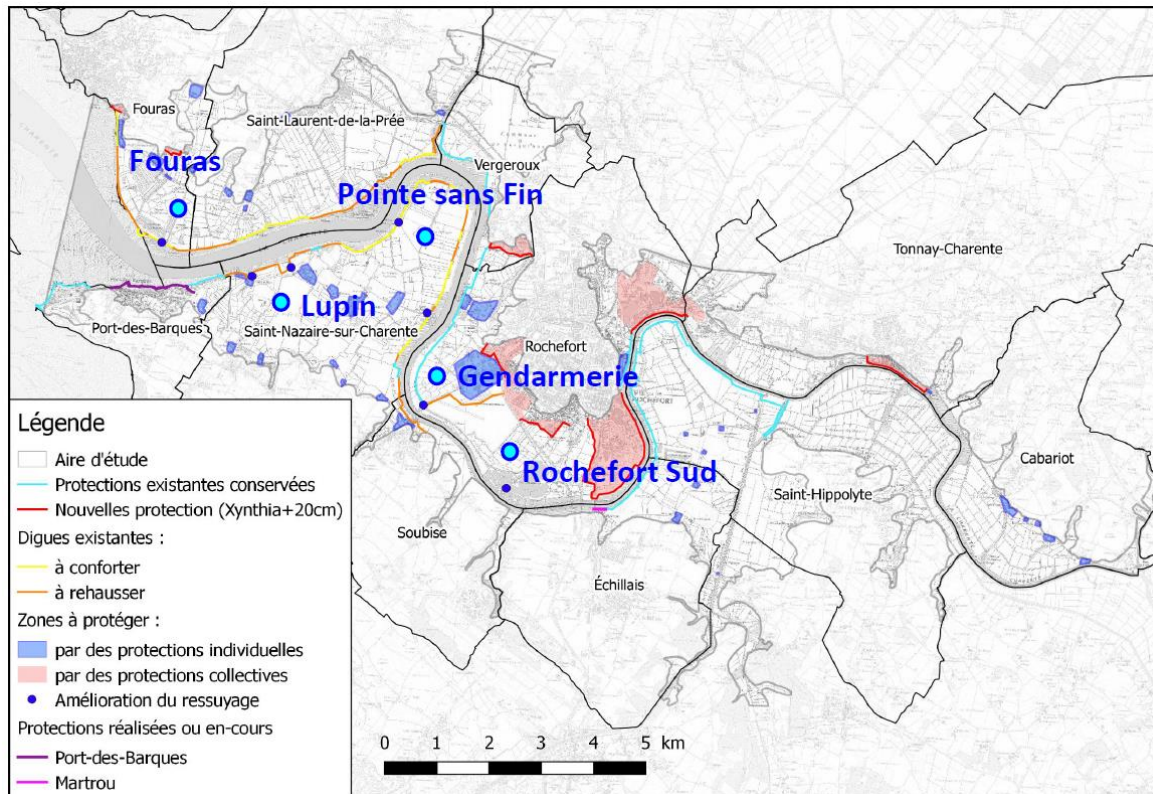


Scénario 2 – 12 brèches de 100 m



# Modélisation hydraulique

## Analyse du ressuyage



Restauration et agrandissement de 7 ouvrages de vidange :

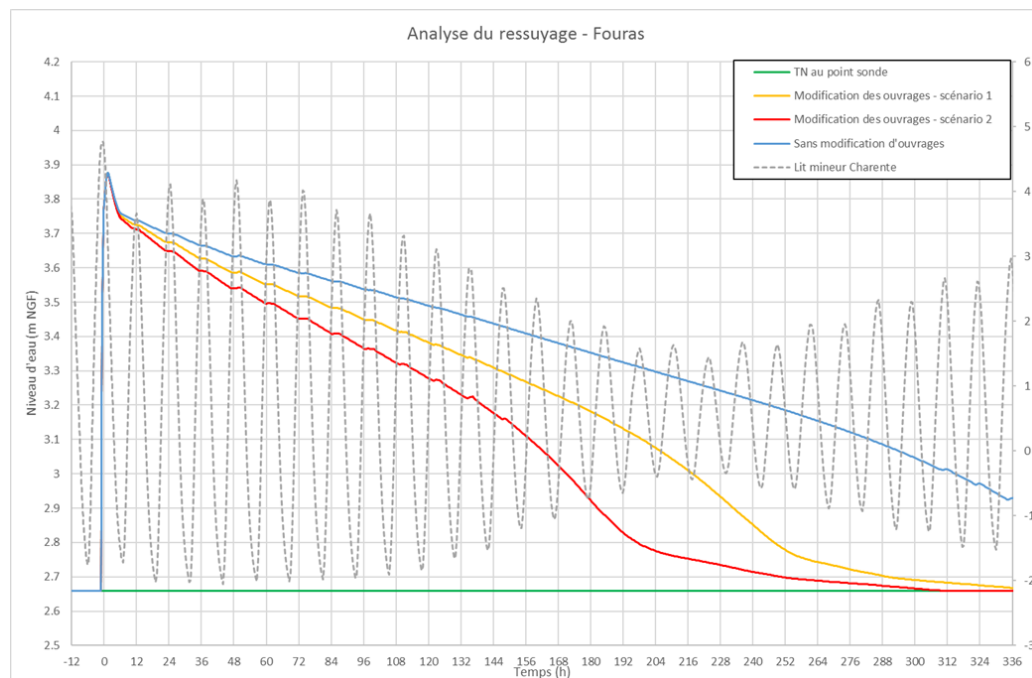
- Fouras – Eguille
- Fosse aux mats
- Fort Lupin
- Écluse Cougnaux
- Écluse des Roseaux
- OH Gendarmerie
- OH Blanchets

**5 points d'analyse**

**2 scénarios**

# Modélisation hydraulique

## Amélioration du ressuyage : Fouras



### Impacts sur les niveaux d'eau (en m)

| Temps                   | Scénario 1 | Scénario 2 |
|-------------------------|------------|------------|
| 12h après le pic        | -0.01      | -0.03      |
| 24h après le pic        | -0.03      | -0.05      |
| 2 jours après le pic    | -0.05      | -0.09      |
| 3 jours après le pic    | -0.07      | -0.13      |
| 4 jours après le pic    | -0.09      | -0.17      |
| 1 semaine après le pic  | -0.15      | -0.36      |
| 2 semaines après le pic | -0.26      | -0.27      |

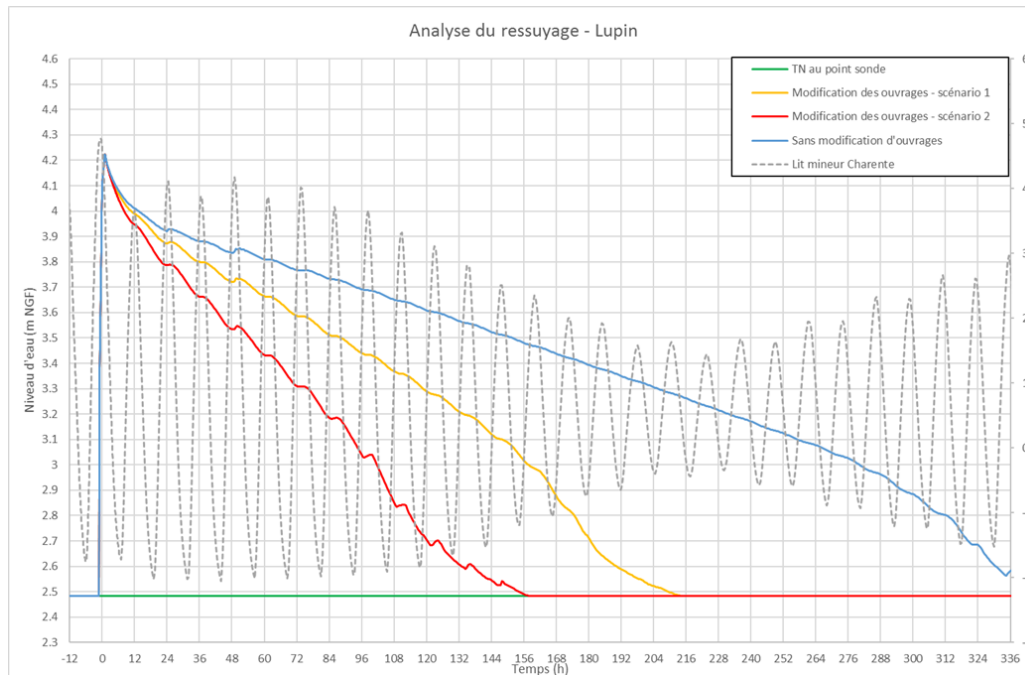
### Durée de la vidange :

- Etat actuel : plus de 2 semaines
- Scénario 1 : 10,5 jours
- Scénario 2 : 8,5 jours



# Modélisation hydraulique

## Amélioration du ressuyage : Lupin



### Impacts sur les niveaux d'eau (en m)

| Temps                   | Scénario 1 | Scénario 2 |
|-------------------------|------------|------------|
| 12h après le pic        | -0.02      | -0.06      |
| 24h après le pic        | -0.05      | -0.14      |
| 2 jours après le pic    | -0.11      | -0.30      |
| 3 jours après le pic    | -0.18      | -0.46      |
| 4 jours après le pic    | -0.25      | -0.65      |
| 1 semaine après le pic  | -0.56      | -0.95      |
| 2 semaines après le pic | -0.10      | -0.10      |

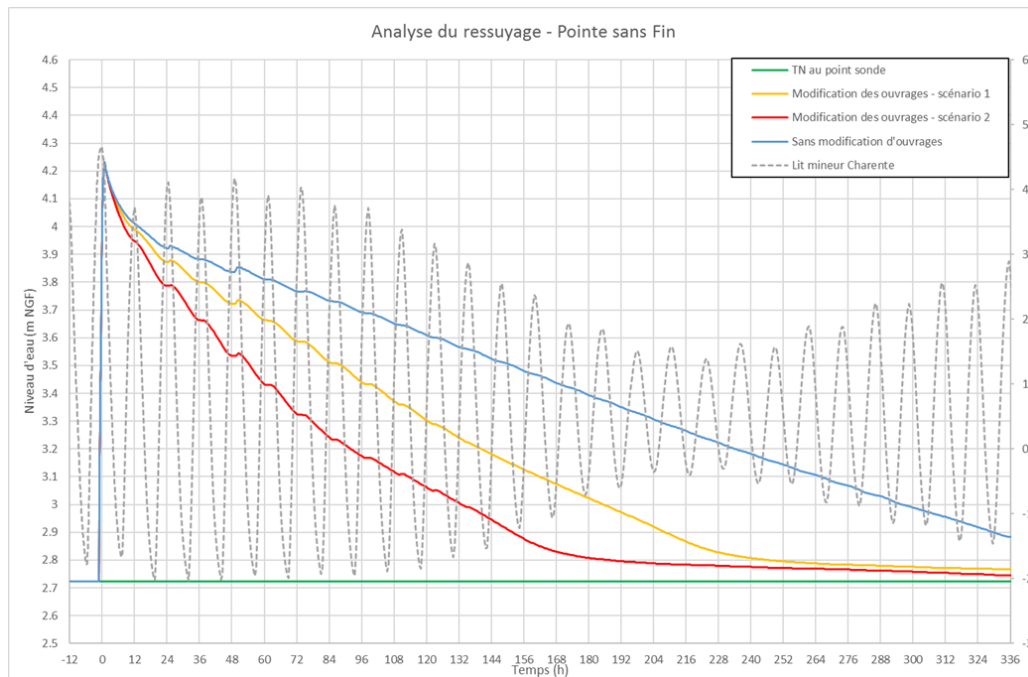
### Durée de la vidange :

- Etat actuel : environ 2 semaines
- Scénario 1 : 9 jours
- Scénario 2 : 6,5 jours



# Modélisation hydraulique

## Amélioration du ressuyage : Pointe sans Fin



### Impacts sur les niveaux d'eau (en m)

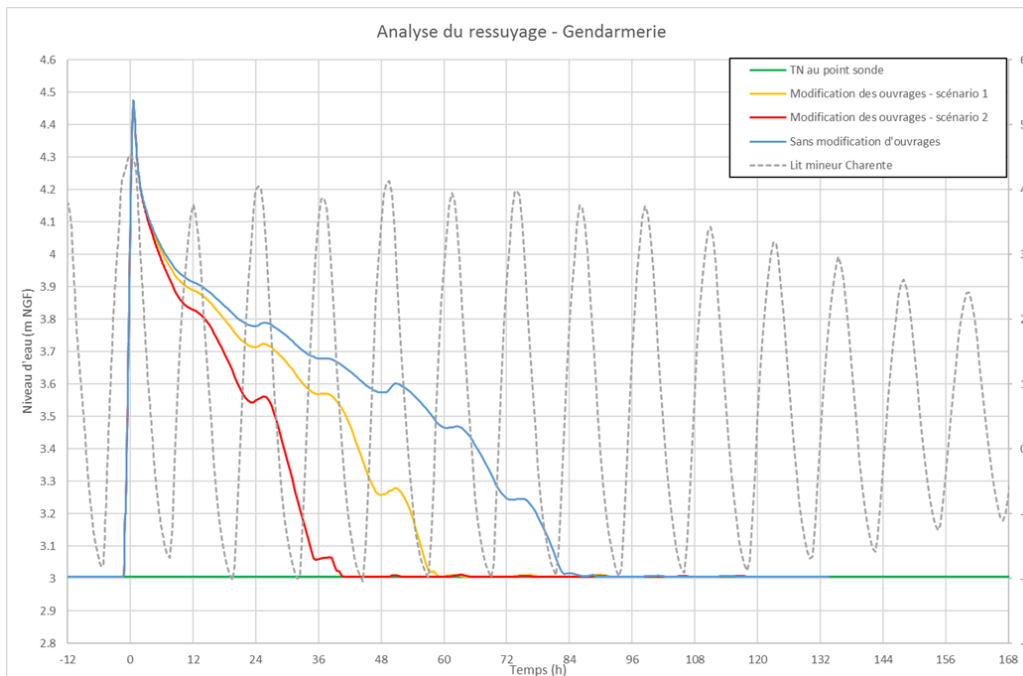
| Temps                   | Scénario 1 | Scénario 2 |
|-------------------------|------------|------------|
| 12h après le pic        | -0.02      | -0.06      |
| 24h après le pic        | -0.05      | -0.13      |
| 2 jours après le pic    | -0.11      | -0.30      |
| 3 jours après le pic    | -0.18      | -0.44      |
| 4 jours après le pic    | -0.25      | -0.52      |
| 1 semaine après le pic  | -0.36      | -0.61      |
| 2 semaines après le pic | -0.12      | -0.14      |

### Durée de la vidange :

- Etat actuel : plus de 2 semaines
- Scénario 1 : 9,5 jours
- Scénario 2 : 7 jours

# Modélisation hydraulique

## Amélioration du ressuyage : Gendarmerie



### Impacts sur les niveaux d'eau (en m)

| Temps                   | Scénario 1 | Scénario 2 |
|-------------------------|------------|------------|
| 12h après le pic        | -0.03      | -0.09      |
| 24h après le pic        | -0.06      | -0.23      |
| 2 jours après le pic    | -0.32      | -0.57      |
| 3 jours après le pic    | -0.24      | -0.24      |
| 4 jours après le pic    | 0.00       | 0.00       |
| 1 semaine après le pic  | 0.00       | 0.00       |
| 2 semaines après le pic | 0.00       | 0.00       |

### Durée de la vidange :

- Etat actuel : 3,5 jours
- Scénario 1 : 2,5 jours
- Scénario 2 : 1,5 jours

# Modélisation hydraulique

## Conclusions

- Protection importante des enjeux
- Influence forte dans le lit majeur de l'altimétrie des digues et du niveau de remplissage des marais ; à prendre en compte pour les futurs dimensionnements (protections individuelles, digues de 2<sup>nd</sup> rang)
- Marge de sécurité :
  - Recherche d'un niveau équilibré dans le schéma global = pas de marge de sécurité (les digues seront surversées pour les plus forts événements)
- Fort Vasou : influence forte mais limitée au casier hydraulique
- Scénarios de ruptures de digues : influence forte à prendre en compte pour les futurs dimensionnements (protections individuelles, digues de 2<sup>nd</sup> rang)



  
**ARTELIA**  
Passion & Solutions