



PRISE EN COMPTE DU RISQUE INONDATION DANS LE PROJET D'AMÉNAGEMENT EN ARRIÈRE DU TERMINAL PORTUAIRE DE GRATTEQUINA

Note

ÉTUDE HYDRAULIQUE - HYPOTHESES



PRISE EN COMPTE DU RISQUE INONDATION DANS LE PROJET D'AMÉNAGEMENT EN ARRIÈRE DU TERMINAL PORTUAIRE DE GRATTEQUINA

Note

Electro Mobility Materials Europe

Étude hydraulique - Hypothèses

| VERSION | DESCRIPTION | ÉTABLI(E) PAR | APPROUVÉ(E) PAR | DATE |
|---------|------------------|---------------|-----------------|---------|
| 1 | Première version | Antoine LYDA | Antoine LYDA | 06/2025 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Agence de Bordeaux
Parc Sextant – Bâtiment D – 6-8 avenue des Satellites – 33187 LE HAILLAN CEDEX
TEL : 05 56 13 85 82

ARTELIA SAS – Siège Social : 16 rue Simone Veil – 93400 SAINT-OUEN . France
Capital : 4 671 840 Euros . 444 523 526 RCS Bibigny . SIRET 444 523 526 00804 . APE 7112B
N° identification TVA : FR 40 444 523 526 . www.arteliagroup.com

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 4 |
| 2. MODÈLE MIS EN ŒUVRE | 4 |
| 2.1. Outil de modélisation | 4 |
| 2.2. Construction du maillage..... | 5 |
| 2.3. Hypothèses et limites associées | 7 |
| 2.3.1. Interpolation entre les points de calcul | 7 |
| 2.3.2. Houles et clapots..... | 8 |
| 2.3.3. Cartographie des résultats..... | 8 |
| 3. EVÈNEMENTS SIMULÉS | 9 |
| 3.1. Evènement de référence actuel : Tempête + 20 cm au Verdon .. | 9 |
| 3.2. Prise en compte du changement climatique | 10 |
| 4. PRISE EN COMPTE DU SYSTÈME DE PROTECTION | 11 |
| 4.1. Système de protection actuel | 11 |
| 4.2. Configurations de protection étudiées | 11 |
| 4.3. Prise en compte du PAPI de l'estuaire de la Gironde | 13 |

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Fond, hauteur d'eau, niveau d'eau | 4 |
| Figure 2 : Emprise du modèle 2D | 5 |
| Figure 3 : Topographie modélisée au niveau du projet | 6 |
| Figure 4 : Interpolation du niveau d'eau entre deux points de calcul | 7 |
| Figure 5 : Localisation de la ruine modélisée pour la configuration défaillance généralisée | 12 |
| Figure 6 : Localisation des travaux prévus dans le PAPI du SMIDDEST | 13 |

1. INTRODUCTION

ARTELIA a réalisé pour le compte de la société EMME une étude hydraulique sur l'aménagement de terrains situés à l'arrière du terminal portuaire de Grattequina, situé sur les communes de Parempuyre et de Blanquefort, en rive gauche de la Garonne.

Cette étude hydraulique a pour objectif de définir les mesures de prise en compte du risque inondation sur le projet et de vérifier l'acceptabilité réglementaire des impacts hydrauliques.

Suite à la concertation organisée sous le contrôle de la CNDP, les garants ont souhaité que les hypothèses de modélisation soient présentées dans une note spécifique.

2. MODELE MIS EN ŒUVRE

2.1. OUTIL DE MODELISATION

Afin de déterminer avec précision les conditions d'écoulement de la Garonne au niveau du projet, une modélisation mathématique bidimensionnelle a été mise en œuvre à l'aide du logiciel TELEMAC-2D.

Les équations de la physique gérant les écoulements sont résolues numériquement par le code de calcul TELEMAC-2D.

La réalité du terrain est représentée de manière schématique à l'aide d'un maillage, maquette virtuelle du secteur d'étude. Le maillage est composé de triangles de tailles variables dont les sommets servent de points de calculs. Chaque point de calcul possède une information de géo-référencement spatial (X et Y) et altimétrique (Z).

La modélisation mise en œuvre dans le cadre de l'étude est une modélisation hydrodynamique bidimensionnelle, ce qui signifie :

- hydrodynamique : les caractéristiques des écoulements (hauteur d'eau et vitesse) sont déterminées de manière dynamique, c'est-à-dire en chaque instant de l'évènement simulé,
- bidimensionnelle : le modèle fournit les vitesses de déplacement de la colonne d'eau (vitesses moyennées sur la verticale) dans l'espace (plan horizontal).

En chaque point de calcul et pour chaque instant de l'évènement modélisé, le niveau d'eau et la vitesse (intensité et direction) sont déterminés par calcul. À partir de ces informations et de la cote altimétrique de chaque point, les variables hydrauliques suivantes sont déterminées : hauteur d'eau (niveau d'eau – niveau du fond), débit linéique scalaire et vectoriel (vitesse x hauteur d'eau), ...

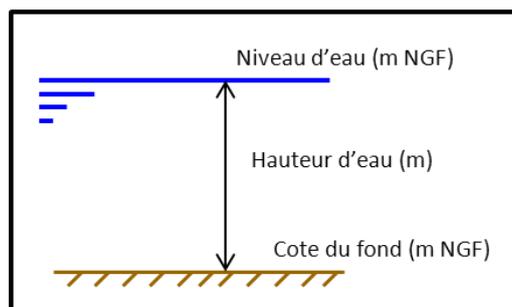


Figure 1 : Fond, hauteur d'eau, niveau d'eau

2.2. CONSTRUCTION DU MAILLAGE

Un modèle de grande emprise a été repris. Il s'étend du Verdon à l'aval, à La Réole en amont de la Garonne et jusqu'à Pessac-sur-Dordogne, sur la Dordogne.

La zone d'étude a été reprise et affinée afin de représenter finement les éléments structurants du secteur : routes, surélévations diverses de terrain, remblai...

La zone du projet a été représentée finement. Les principaux éléments structurants aux alentours ont été intégrés au maillage, ces derniers jouant un rôle dans la propagation des écoulements et la répartition des volumes débordés à l'intérieur du lit majeur.

La figure suivante présente l'emprise du modèle utilisé.

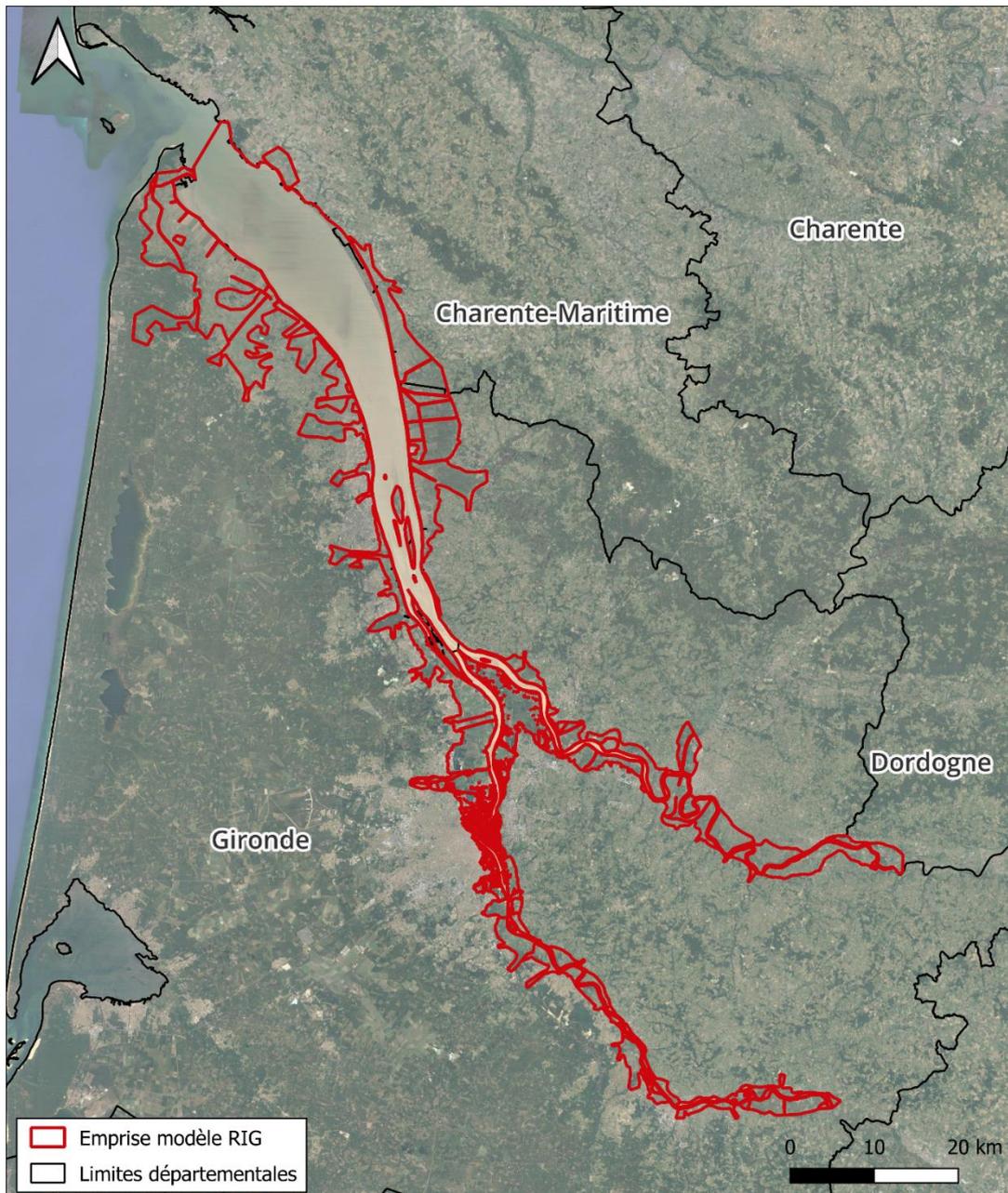


Figure 2 : Emprise du modèle 2D

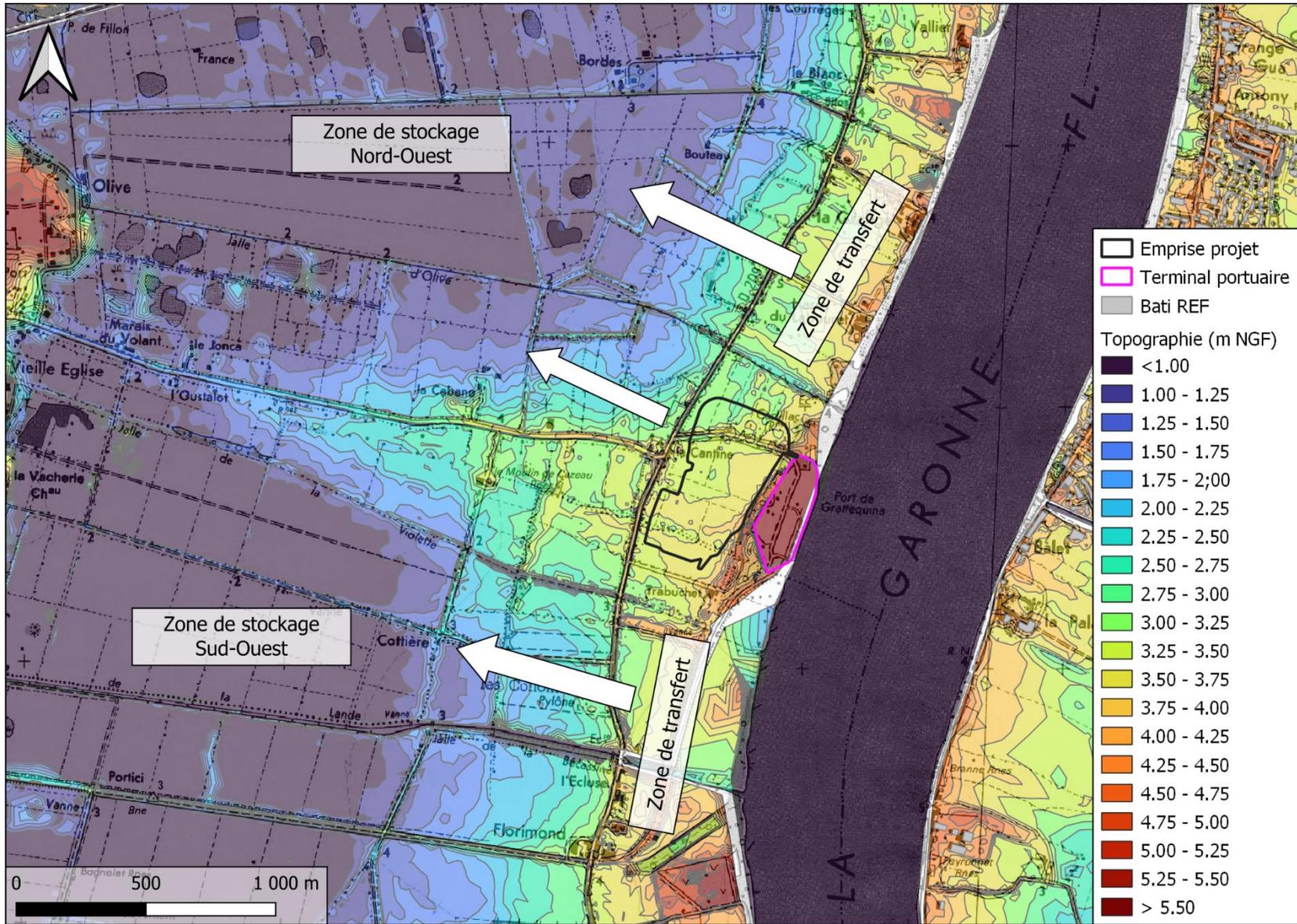


Figure 3 : Topographie modélisée au niveau du projet

2.3. HYPOTHESES ET LIMITES ASSOCIEES

2.3.1. Interpolation entre les points de calcul

Les limites associées à la modélisation mise en œuvre sont liées aux hypothèses propres aux modèles bidimensionnels et à la précision des données de base qui ont servi à leur élaboration.

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

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

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

Dans le cadre de la présente étude, et au niveau du secteur raffiné, la taille des mailles du modèle permet de limiter très fortement cet effet numérique.

Ce phénomène est illustré sur la figure suivante.

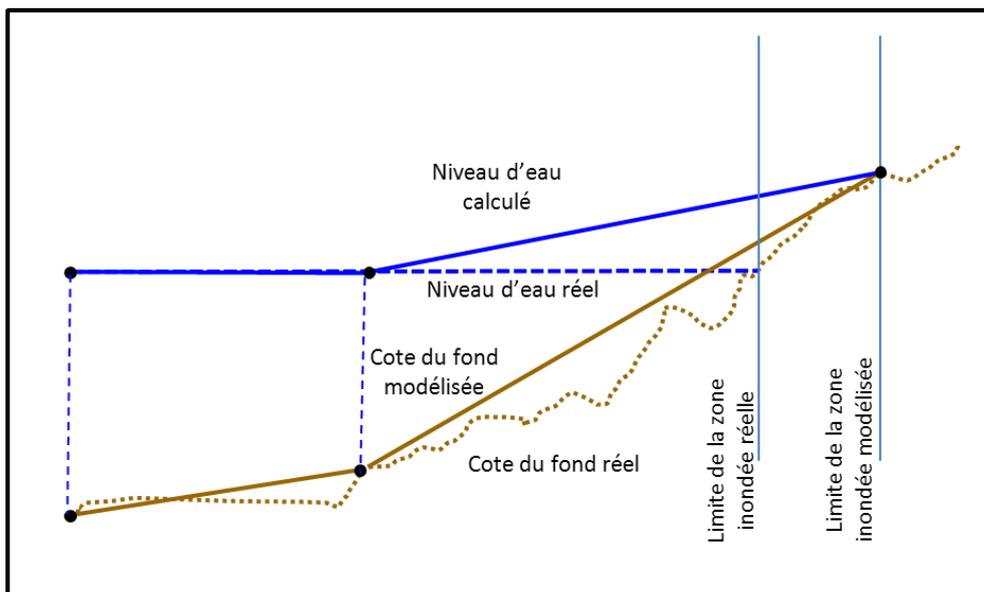


Figure 4 : Interpolation du niveau d'eau entre deux points de calcul

2.3.2. Houles et clapots

De plus il convient de rappeler que seul le niveau statique est représenté par la modélisation mise en œuvre. L'influence de la houle et des clapots, notamment sur les parties aval de l'estuaire, ne sont pas prise en compte dans les calculs réalisés.

De même, les volumes des paquets de mer passant par-dessus les protections et pouvant générer l'inondation des terrains en arrière des digues n'est pas représenté et étudié ici. Seule l'inondation par surverse par-dessus les protections ou le terrain naturel, par le niveau statique de marée de l'estuaire est prise en compte.

La houle et le clapot peuvent générer une sur-inondation des secteurs inondés ou par l'inondation de terrains comme non inondés.

Cependant, ces éléments n'ont que peu d'influence au niveau du secteur d'étude car les débordements en niveau statique sont très importants et que la houle provenant du large est très atténuée. Le clapot local génèrerait quant à lui des entrées d'eau négligeables au regard des volumes de remplissage sur le secteur d'étude.

2.3.3. Cartographie des résultats

Dans le cadre de la présente étude, les résultats obtenus permettent l'élaboration des cartes des paramètres hydrauliques maximaux et des aléas. Ces cartes représentent la représentation des hauteurs d'eau, des niveaux d'eau et des vitesses maximales. Elles ne constituent pas une « photographie » d'un instant de l'évènement, mais traduisent les paramètres maximaux observés en chaque point d'étude tout au long de l'évènement.

Les cartes présentées dans ce rapport sont les cartographies « brutes », i.e. non retouchées, des résultats des modélisations mises en œuvre. Ces résultats ne font pas l'objet de retouches locales spécifiques ou d'une re-projection sur une topographie plus fine, ce qui peut expliquer quelques imperfections très locales sur des secteurs spécifiques.

3. EVENEMENTS SIMULES

3.1. EVENEMENT DE REFERENCE ACTUEL : TEMPETE + 20 CM AU VERDON

Les conditions hydrométéorologiques retenues pour les événements de référence sont celles basées sur celles observées et mesurées lors de la tempête de décembre 1999, à l'exception du niveau de marée.

L'événement du 27 décembre 1999 est l'événement historique qui a entraîné les niveaux les plus hauts du siècle sur l'ensemble de l'estuaire de la Gironde.

Le coefficient de marée associé à cet événement est faible (77) et les débits fluviaux moyens (inférieurs à 2 ans pour la Dordogne et à 10 ans pour la Garonne). Cependant, le vent a soufflé à des pointes de 194 km/h, ce qui a entraîné des surcotes de 1,55 m au Verdon et de 2,25 m à Bordeaux.

Il n'y a pas eu concomitance de la surcote maritime du 27 décembre et du pic de crue du 29 décembre.

Les temps de retour associés aux niveaux d'eau maximaux dans l'estuaire sont très importants. Ils sont de plus de 50 ans au Verdon. Le vent dans l'estuaire a accentué la surcote lors de sa remontée vers Bordeaux. Les niveaux maximaux atteints lors de la tempête possèdent des périodes de retour de plus de 100 ans entre les marégraphes de Laména et de Bordeaux.

Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, une surcote de 20 cm au Verdon est ajoutée au niveau de marée réel enregistré en décembre 1999 afin d'intégrer une première adaptation au changement climatique. Cet événement de référence est nommé Tempête + 20 cm au Verdon.

L'évènement de référence Tempête + 20 cm au Verdon possède les caractéristiques suivantes :

- coefficient de marée : 77,
- vent moyen : 33 m/s (120 km/h),
- vent en pointe : 54 m/s (194 km/h),
- surcote au Verdon : 1,50 m + 20 cm = 1,70 m.

La marée reconstituée au Verdon reprend le cycle de marée réel intégrant la surcote océanique. Les débits sont ceux mesurés aux stations de La Réole et de Pessac-sur-Dordogne, avec le décalage observé alors entre la pointe de marée la plus forte et le pic de crue. Le vent modélisé lors des phases de calage (schématisation du vent réel) est conservé.

Les conditions hydrométéorologiques retenues pour l'évènement de référence sont basées sur celles observées et mesurées lors de la tempête de décembre 1999, à l'exception du niveau de marée.

Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, une surcote de 20 cm au niveau du Verdon est ajoutée au niveau de marée réel enregistré en décembre 1999 afin d'intégrer une première adaptation au changement climatique. La surcote au Verdon associée à cet événement est de 1,70 m par rapport au niveau de pleine-mer de la marée théorique.

L'évènement de référence est nommé Tempête + 20 cm au Verdon.

La marée reconstituée au Verdon reprend le cycle de marée réel intégrant la surcote océanique. Les débits sont ceux mesurés aux stations de La Réole et de Pessac-sur-Dordogne, avec le décalage observé alors entre le pic de marée et le pic de crue. Le vent modélisé lors des phases de calage (schématisation du vent réel) est conservé.

3.2. PRISE EN COMPTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

D'après les connaissances issues des prévisions du GIEC publiées ces dernières années, le changement climatique actuellement observé à l'échelle planétaire se traduit par une élévation du niveau moyen des océans. Ce phénomène est déjà observé depuis le début du XX^e siècle.

D'après le rapport du Groupe de travail I de 2021, premier volet du 6^e rapport d'évaluation (AR6) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), il est pratiquement certain que le niveau moyen des océans qui a subi une accélération progressive au cours du 20^{ème} siècle continuera de s'élever au cours du 21^{ème} siècle.

A l'horizon 2050, les différents scénarios climatiques divergent peu, l'élévation du niveau de la mer par rapport à la période 1995-2014 serait comprise entre 15 cm et 30 cm.

Au-delà, pour les horizons 2100 ou 2150, les projections sont très variables suivant les scénarios retenus par le GIEC. D'après les données du site Sea Level Change de la Nasa, les rehausses attendues au Verdon pour les différents scénarios de réchauffement sont les suivants :

| Nom du scénario | Réchauffement mondial d'ici 2100 | Rehausse du niveau de la mer au Verdon en 2100 | Rehausse du niveau de la mer au Verdon en 2150 |
|-----------------|----------------------------------|--|--|
| SSP1-2.6 | +2 °C | 0,44 | 0,61 |
| SSP2-4.5 | +3 °C | 0,57 | 0,84 |
| SSP3-7.0 | +4 °C | 0,65 | 1,04 |
| SSP5-8.5 | +5 °C | 0,73 | 1,21 |

Le second évènement de référence du PPRI **Tempête + 60 cm** a donc été simulé.

Après échange avec les services de Bordeaux Métropole et avec le CEREMA, il a été retenu de compléter l'étude avec un évènement tempête + 1,2 m. Cette rehausse sera imposée sur l'ensemble du signal de marée appliqué en condition aval du modèle hydraulique.

Pour les évènements de référence du PPRI (Tempête + 20 cm et Tempête + 60 cm), le niveau du pic de marée augmente progressivement en remontant l'estuaire. Le pic de marée déborde dans de nombreuses zones de stockage présentes en bord d'estuaire (marais du Nord-Médoc, marais du Blayais, marais de la Presqu'île d'Ambès, mais aussi marais de Blanquefort-Parempuyre). Tant que ces marais ne sont pas remplis, le débordement continue ce qui écrête le pic de marée : le signal est déformé et le pic de marée haute atténué. Les zones de stockage de l'estuaire ne sont alors pas encore saturées. C'est encore le cas pour l'évènement Tempête + 1,2 m.

Afin d'approcher ce phénomène de saturation de l'estuaire, nous avons simulé 2 évènements supplémentaires : **Tempête + 2 m** et **Tempête + 3 m**. Ces 2 évènements prennent en compte une rehausse du niveau des océans supérieure aux prévisions les plus pessimistes du GIEC à l'horizon 2150.

4. PRISE EN COMPTE DU SYSTEME DE PROTECTION

4.1. SYSTEME DE PROTECTION ACTUEL

Le système de protection actuel est situé sur la rive droite de la Garonne, au droit du secteur d'étude.

4.2. CONFIGURATIONS DE PROTECTION ETUDIEES

Dans le cadre de la présente étude, deux scénarios ont été étudiés pour prendre en compte l'éventuelle défaillance des ouvrages de protection dans la définition du risque inondation à l'échelle du secteur d'étude :

- **Avec digues : l'ensemble du système de protection de l'aire d'étude est pris en compte sans défaillances pour cette configuration.** En effet, il est possible qu'en cas d'évènement débordant, aucune défaillance ne soit constatée sur les digues.
- **Défaillance généralisée des digues (digues non-pérennes) : l'ensemble du système de protection de l'aire d'étude est considéré comme non pérenne.** En effet, en l'absence d'études de danger précisant le comportement des protections face à un évènement fort, la DDTM33 considère l'ensemble du système de protection de l'aire d'étude comme non pérenne. La défaillance des ruines se fait sur l'ensemble des digues situées entre la Jalle de Blanquefort et le canal du Despartins.

Ces 2 configurations du système de protection ont été étudiées pour l'évènement de référence actuel.

La configuration avec défaillance généralisée génère les plus hauts niveaux d'eau à l'arrière du projet, et constitue à ce titre la configuration la plus défavorable. En réalité, les digues ne sont pas conçues pour résister à de tels niveaux d'eau. Leur défaillance lors des évènements exceptionnels modélisés dans le cadre de cette étude constitue donc un évènement hautement probable.

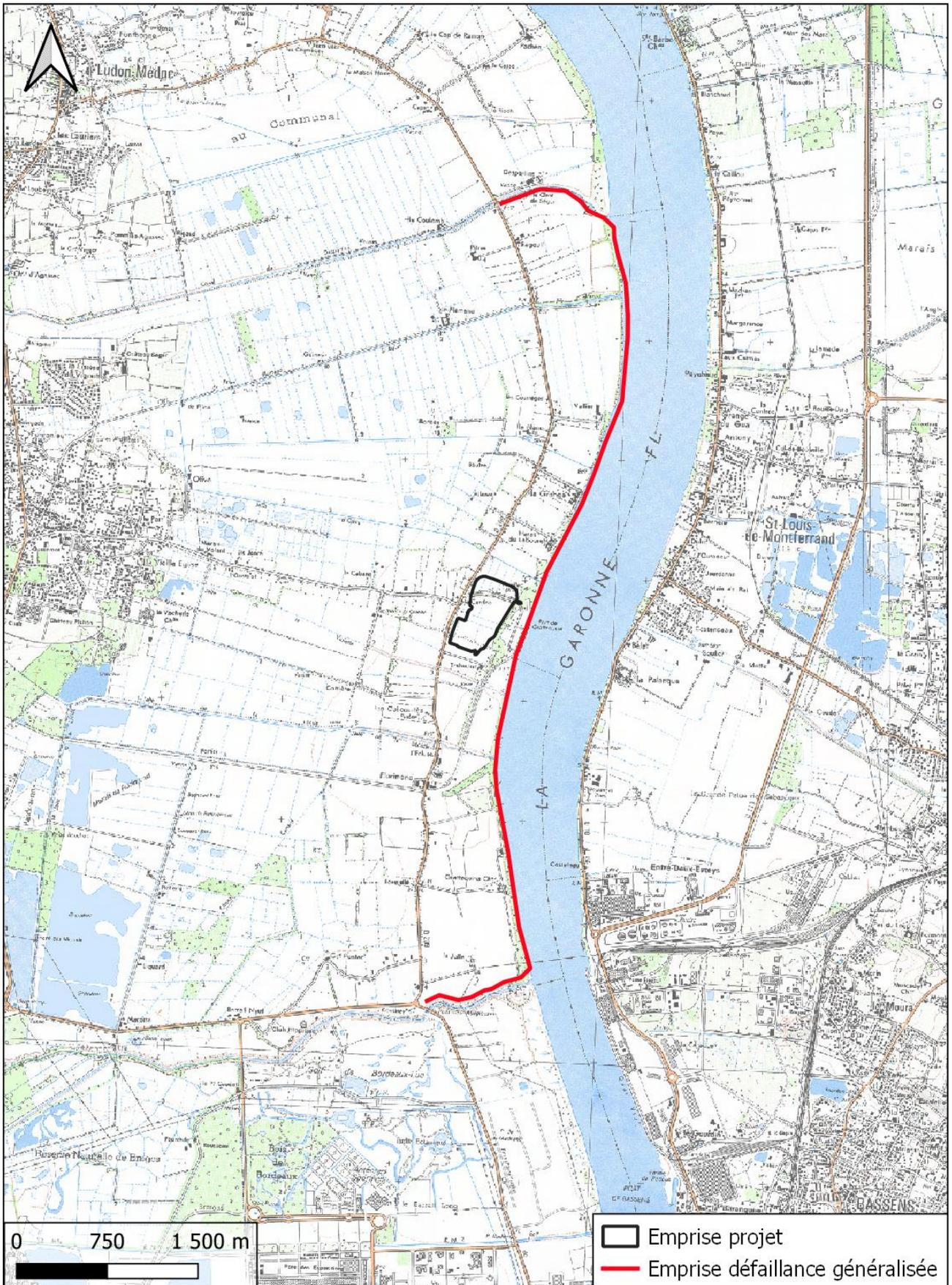


Figure 5 : Localisation de la ruine modélisée pour la configuration défaillance généralisée

4.3. PRISE EN COMPTE DU PAPI DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE

Le Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) est un outil porté par les collectivités qui permet d'élaborer et de mettre en œuvre une politique globale pour lutter contre les inondations et leurs conséquences à l'échelle d'un bassin de risque cohérent.

Elaboré à la suite du PAPI d'intention conduit par le SMIDDEST de février 2013 à mai 2015, le PAPI de l'estuaire de la Gironde (2016-2021) vise à instaurer une stratégie de gestion, globale, efficace, cohérente et équilibrée des risques d'inondations sur l'estuaire de la Gironde, pour réduire la vulnérabilité des enjeux humains, économiques et environnementaux.

Dans le cadre de ce programme, le SMIDDEST porte plusieurs actions de travaux sur des ouvrages de protection hydrauliques situés à proximité du projet. Il s'agit en particulier des 2 actions suivantes :

- Action 7.8 : Restauration de la digue de Macau (chemin de Bord de l'eau) en bord de Garonne
- Action 7.9 : Recul de la digue nord de Pachan

Ces travaux sont prévus avec des altimétries de digues proches de l'altimétrie initiale. Les impacts hydrauliques de ces aménagements sont limités comme cela a été démontré dans les études d'impact hydraulique réalisées par ARTELIA pour le compte du gestionnaire le SMBVAM (octobre 2018 pour la digue de Pachan, septembre 2023 pour la digue de Macau).

Par conséquent, les aménagements prévus dans le PAPI de l'estuaire de la Gironde n'ont aucun impact sur les résultats obtenus au niveau du projet.

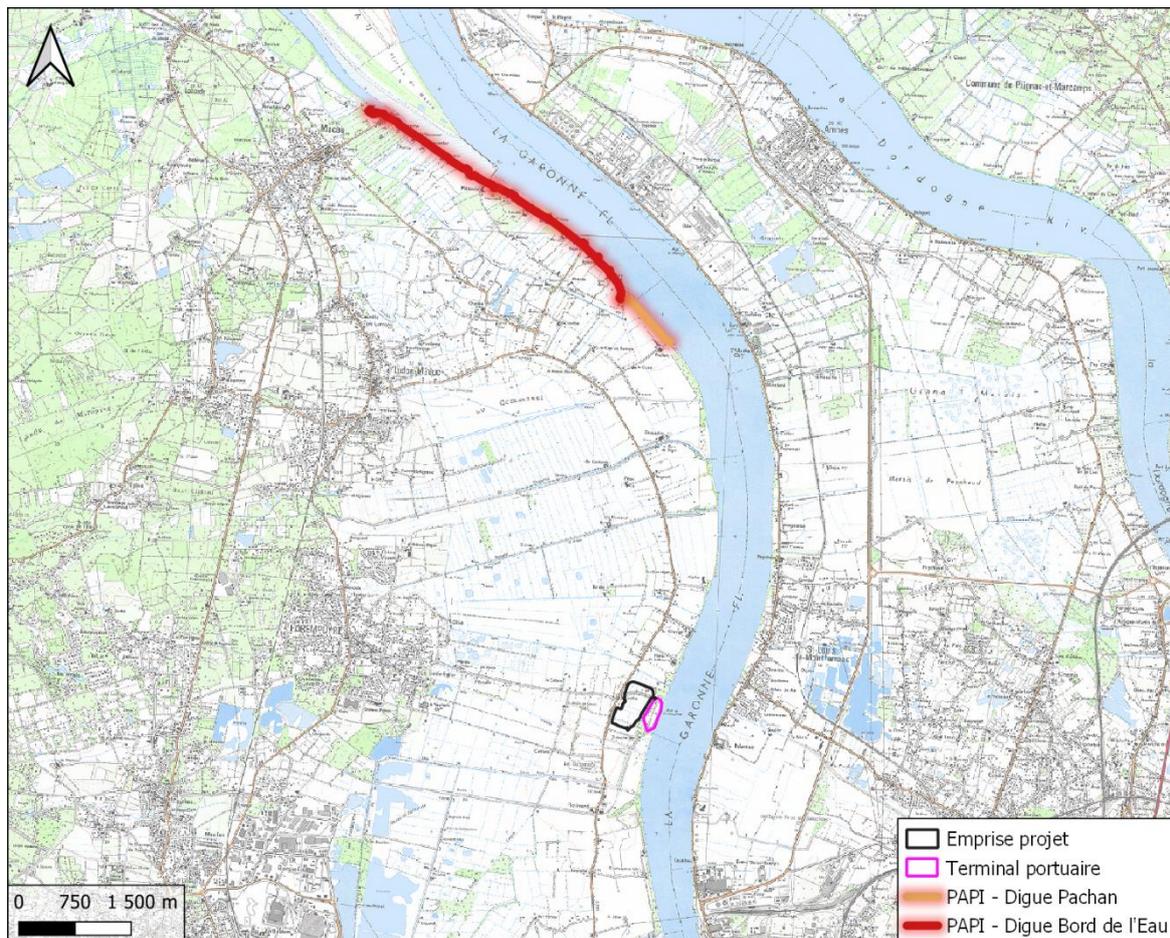


Figure 6 : Localisation des travaux prévus dans le PAPI du SMIDDEST