



Electro Mobility Materials Europe – SAS
43 rue d'Armagnac CS 72072
33088 Bordeaux Cedex

FICHE TECHNIQUE RELATIVE AU RISQUE INONDATION

1	Présentation :	2
2	Contexte réglementaire :	2
3	Hypothèses de travail :	3
3.1	Prise en compte du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI)	3
3.2	Configuration des digues	3
3.3	Évènements de référence retenus	3
4	Zone d'étude	4
5	Incidences du projet	5
5.1	État Initial	5
5.2	Les impacts du projet	6
6	Définition de la cote de seuil	7
6.1	Pour un évènement tempête 1999 + 120 cm avec défaillance généralisée	7
6.2	Études complémentaires (élévation du niveau moyen des océans > 120 cm)	8

1 Présentation :

Dans le respect du Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRI), des études d'impact hydraulique successives ont été réalisées d'octobre 2023 à octobre 2024 par le cabinet Artelia et contre-expertisées par le cabinet CDR.

Ces études permettent de définir les préconisations afin de respecter les règles du PPRI à savoir :

1. Les incidences du projet sur la zone de construction et ses alentours : **il s'agit de démontrer l'absence d'impact sur les tiers** sur les deux rives après aménagement.
2. **La cote de seuil**, c'est à dire le niveau minimal à partir duquel devront être implantés les planchers aménagés des futures constructions **pour rester hors d'eau**.
3. L'analyse des volumes afin de maintenir le volume d'expansion de crue sur le secteur et ainsi **limiter les impacts**.

Artelia est un cabinet d'ingénierie pionnier de la modélisation des crues et des inondations d'origine fluviale ou maritime, et concepteur de nombreux aménagements de protection. Artelia intervient très régulièrement dans l'élaboration d'études hydrauliques et de plans de prévention des risques d'inondation en France et Nouvelle Aquitaine.	CDR (Coast, Deltas and Rivers) est un cabinet d'ingénierie hollandais de renommée internationale dans le secteur de l'eau. CDR est spécialisé dans l'adaptation au changement climatique, les risques inondation et la protection des infrastructures dans les zones et les pays les plus exposés (Hollande, Belgique, Sri Lanka, Bangladesh ...)
--	--

2 Contexte réglementaire :

À la suite de la tempête Xynthia de 2010, l'État a publié en juillet 2011 une circulaire définissant les modalités de prise en compte de l'aléa de submersion marine et des ouvrages de protections dans les plans de prévention des risques littoraux.

Cette circulaire définit notamment :

- L'évènement de référence et sa surcote (première prise en compte du changement climatique), **la tempête de décembre 1999 + 20 cm au Verdon** avec 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
- L'évènement de référence à 100 ans (intégrant la prise en compte du changement climatique) : **ie la tempête de décembre 1999 + 60 cm au Verdon,**
- Le caractère non pérenne des ouvrages de protection, à travers la représentation et la prise en compte de la défaillance des digues par secteurs homogènes pour l'évènement de référence retenu.

La dernière version du PPRI de l'agglomération bordelaise a été approuvée sur les communes de Blanquefort et Parempuyre le 23 février 2022 à partir des aléas définis pour ces 2 évènements de référence.

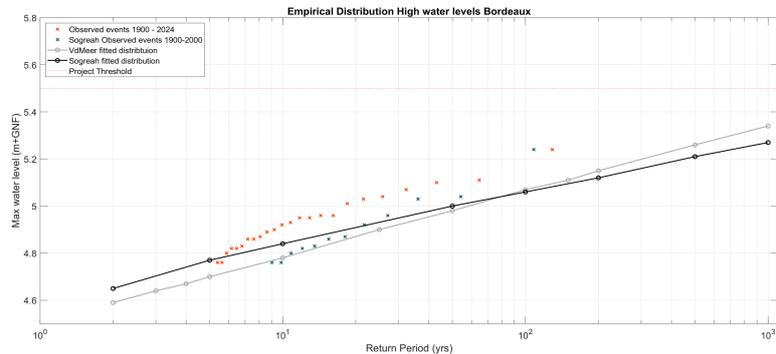
A noter :

Les calculs prennent en compte la marée, la surcote associée mais aussi les vents ainsi que les débits provenant de l'amont.

Le signal de marée intégrant la surcote est imposé. Il est à proximité du marégraphe du Verdon.

A ce signal est ajouté un niveau d'élévation des océans moyen pour simuler différents scénarii (+20 cm, +60 cm ...)

Le cabinet CDR a démontré statistiquement que si les événements climatiques et inondations allaient augmenter en fréquence dans les années à venir, la tempête de 1999 avec la conjonction exceptionnelle des paramètres ayant produit la crue centennale resterait un phénomène de type centennal.



3 Hypothèses de travail :

3.1 Prise en compte du Programme d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI)

Dans le cadre du PAPI, le Syndicat Mixte pour le Développement Durable de l'Estuaire de la Gironde (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 : La restauration de la digue de Macau (chemin de Bord de l'eau) en bord de Garonne
- ⇒ Action 7.9 : Le recul de la digue nord de Pachan

Ces aménagements prévus dans le PAPI ont été pris en compte dans les modélisations.

3.2 Configuration des digues

Deux scénarios ont été étudiés dans les études techniques d'Artelia et CDR.

- ⇒ **Avec digues** : l'ensemble du système de protection de l'aire d'étude est pris en compte sans défaillances. Il est possible qu'en cas d'évènement débordant, qu'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 défaillant.

Les résultats présentés dans cette fiche de synthèse sont ceux, les plus défavorables, avec une défaillance généralisée des digues.

3.3 Évènements de référence retenus

L'évènement de référence pour l'analyse des impacts conformément au PPRI en vigueur est l'évènement de référence à court terme du PPRI : la tempête de décembre 1999 + 20 cm au Verdon.

En complément, l'analyse des impacts a également été réalisée pour un évènement plus extrême, allant au-delà des attentes réglementaires, et qui a été retenu dans le cadre des échanges avec Bordeaux Métropole et le CEREMA¹ :

Il correspond au scénario le plus pessimiste du GIEC, le SSP5-8.5, avec un réchauffement mondial de +4,4°C d'ici 2100 avec un risque de réhausse du niveau de la mer au Verdon de :

- ⇒ 73 cm en 2100
- ⇒ 121 cm en 2150

L'évènement retenu pour les modélisations du projet est « tempête de décembre 1999 + 120 cm au Verdon ».

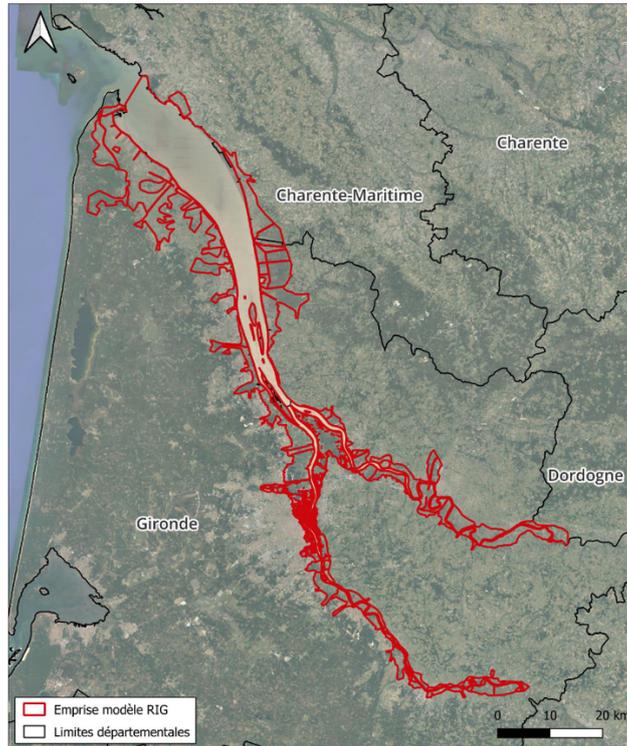
A noter :

À la suite des réunions publiques, des simulations complémentaires « tempête de décembre 1999 + 200 cm » et « tempête de décembre 1999 + 300 cm » sont aussi présentés ci-après.

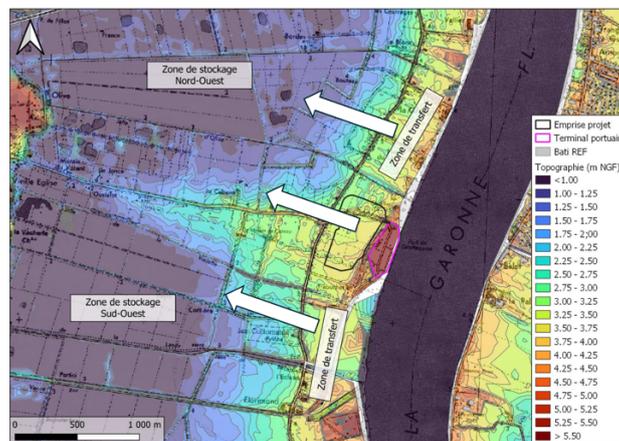
¹ Établissement public relevant du ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation, du ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques et du ministère du Logement et de la Rénovation urbaine, accompagne l'État et les collectivités territoriales pour l'élaboration, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

4 Zone d'étude

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



Le périmètre d'étude a ensuite été affiné afin de représenter en détail les éléments structurants du secteur [routes, surélévations diverses de terrain, remblai...] pouvant jouer un rôle dans la propagation des écoulements et la répartition des volumes débordés.



On y distingue 2 types de zones avec des fonctionnements hydrauliques distincts :

- ⇒ **Les zones de transfert** : les débordements de la Garonne ne font que transiter vers des zones de stockage ;
- ⇒ **Les zones de stockage** : les volumes débordés viennent s'accumuler dans des cuvettes.

Sur le secteur d'étude, deux zones font office de zones de stockage au Nord-Ouest et au Sud-Ouest, avec une altimétrie des terrains comprise entre 0 et 2 m NGF².

Le futur site est, en revanche, situé sur une zone de transfert, avec des terrains plus hauts, compris entre 3,5 m NGF et 4,5 m NGF.

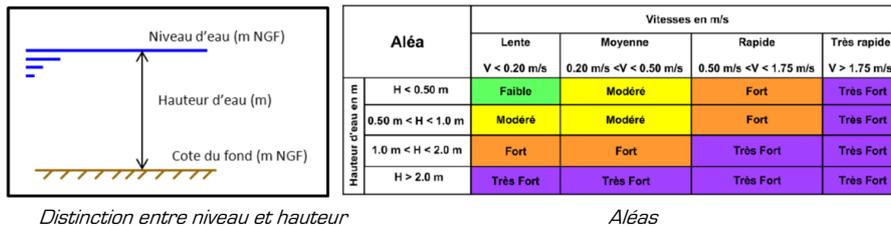
² NGF : Nivellement Général de la France, le « niveau zéro » étant déterminé par le marégraphe de Marseille

5 Incidences du projet

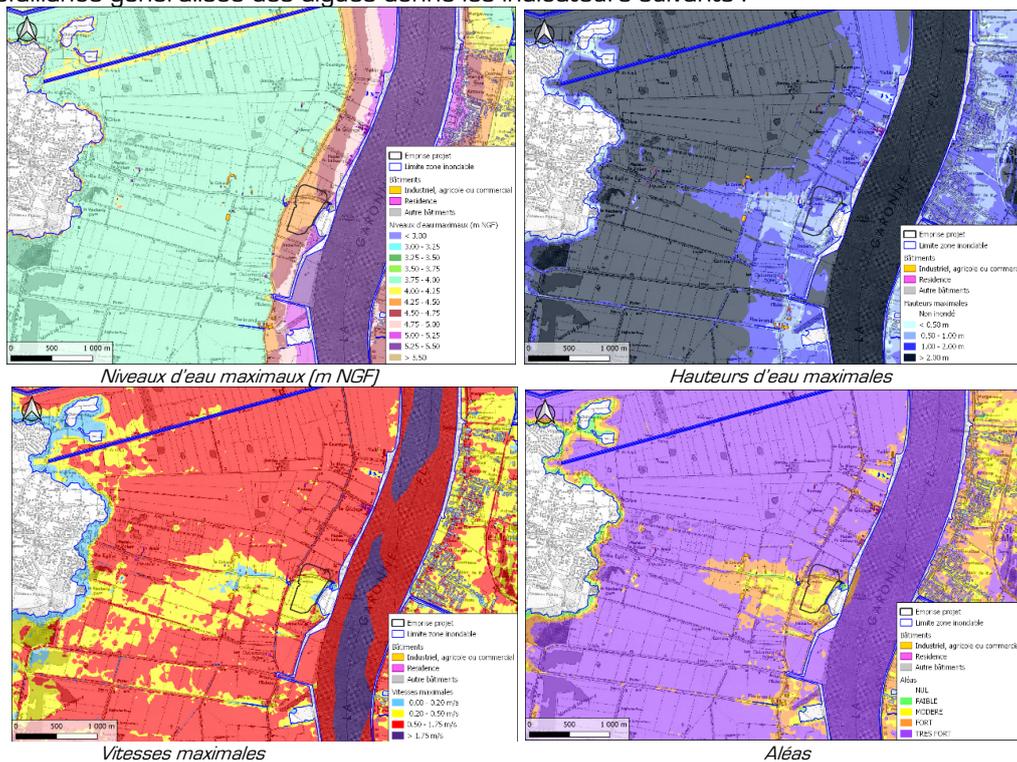
5.1 État Initial

L'état initial permet de modéliser les conditions d'écoulement lors des débordements de la Garonne avant la mise en œuvre du projet. Il sert donc de référence aux calculs d'impacts. Quatre paramètres hydrodynamiques sont analysés :

- ⇒ **Le niveau d'eau maximal** : il est exprimé en mètres NGF³,
- ⇒ **La hauteur d'eau maximale** : il s'agit de la différence en mètres entre le niveau d'eau maximal et l'altimétrie du terrain,
- ⇒ **La vitesse maximale** : il s'agit de la vitesse d'écoulement exprimée en m/s,
- ⇒ **L'aléa** : Il résulte du croisement entre les hauteurs d'eau maximales et les vitesses maximales selon le tableau de croisement utilisé dans le cadre du PPRI.



Ainsi, l'état initial sur la zone d'étude du site dans le cas d'une tempête 1999 + 120 cm au Verdon et d'une défaillance généralisée des digues donne les indicateurs suivants :

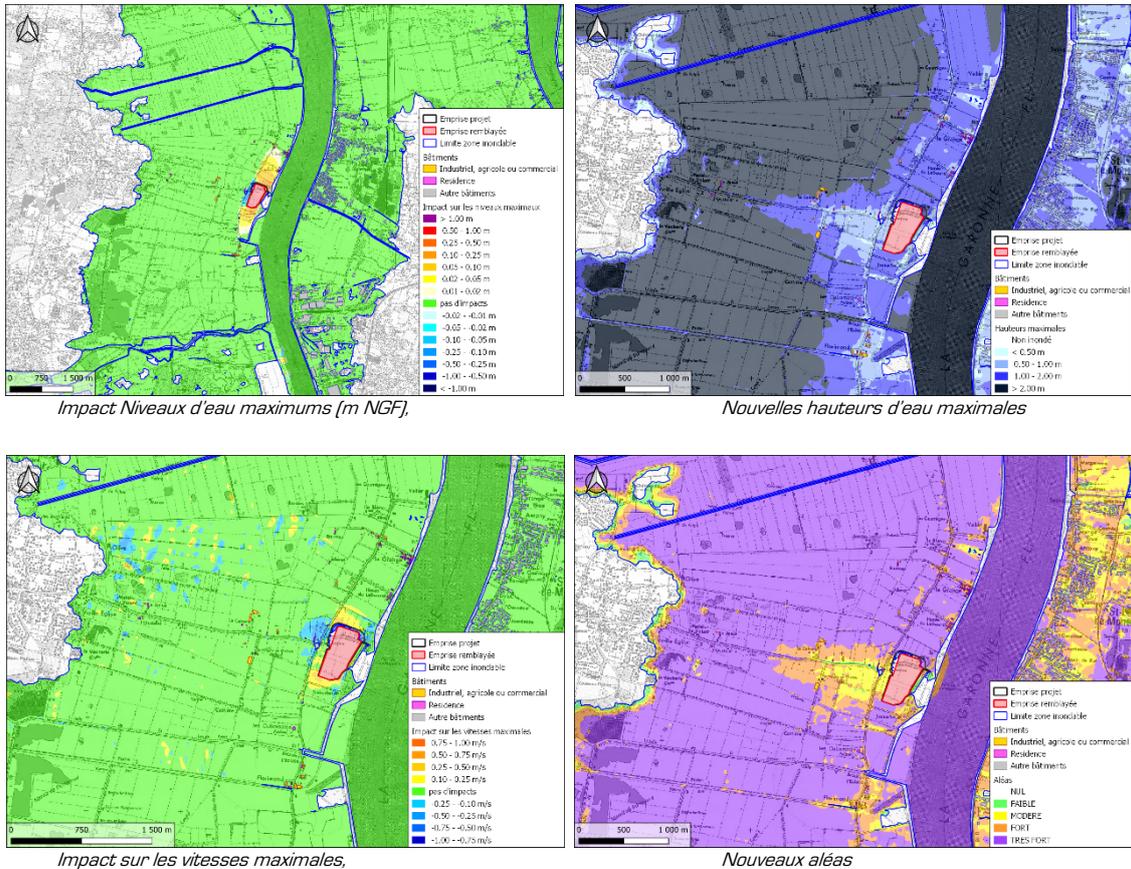


- ⇒ Les niveaux d'eau maximaux atteints à l'arrière du terminal portuaire de Grattequina varient entre 4,25 et 4,50 m NGF.
- ⇒ Les hauteurs d'eau maximales seraient comprises entre 0,5 et 2 m
- ⇒ Les vitesses maximales atteignent des valeurs comprises entre 0,50 m/s et 1,75 m/s, le terminal portuaire jouant lui le rôle d'une digue.
- ⇒ L'aléa serait considéré comme majoritairement modéré, avec quelques zones d'aléa fort à très fort.

³ NGF : Nivellement Général de la France, le « niveau zéro » étant déterminé par le marégraphe de Marseille

5.2 Les impacts du projet

Les résultats suivants sont produits dans le cas d'une tempête type décembre 1999 + 120 cm au Verdon ainsi que d'une défaillance généralisée des digues :



Les différentes modélisations ont permis de retravailler plusieurs fois les surfaces et la forme de l'emprise au sol du projet ainsi que la hauteur des remblais afin de limiter au maximum les impacts liés à la construction du site.

Dans cette configuration du site (remblais en rouge sur les schémas) nous constatons :

- Qu'il n'y a pas d'écart de hauteur d'eau, de vitesse ou d'aléas sur la rive droite par rapport à l'état initial. L'implantation du site n'a pas d'impact.
- Qu'il n'y a pas, sur la rive gauche, d'impact non plus sur les zones habitées dont la zone de port Lagrange la plus proche.
- Qu'il y a en revanche des impacts résiduels sur les zones à proximité du site avec :
 - o Des rehausses de 5 à 10 cm par rapport à l'état initial qui apparaissent au Nord et au Sud et au contraire d'une diminution de 10 à 25 cm à l'arrière (Les remblais du site formant un obstacle aux écoulements, ces derniers sont déviés au nord et au sud et le niveau est atténué à l'arrière).
 - o Au Sud, ces impacts ne dépassent pas la RD209. Ils restent localisés sur les terres agricoles entre la route et la Garonne. Au Nord, la forme des zones impactées est similaire et s'arrêtent à la limite des premières habitations.
 - o Les vitesses maximales sont peu impactées avec une légère accélération de l'écoulement au Nord et au Sud.

L'emprise du projet n'a pas d'impact ni sur la rive droite, ni sur les zones habitées de la rive gauche. Les impacts résiduels restent limités en emprise et en intensité.

6 Définition de la cote de seuil

6.1 Pour un évènement tempête 1999 + 120 cm avec défaillance généralisée

Dans la cadre d'un évènement de type tempête décembre 1999, le signal de marée ne se propage pas à l'intérieur de l'estuaire de manière régulière.

Ce phénomène est documenté par les nombreux marégraphes qui mesurent l'évolution du niveau d'eau du Verdon-sur-Mer jusqu'à Bordeaux.

Il n'y a ainsi pas 100 cm de plus en tout point de l'estuaire dans le cas d'une tempête décembre 1999 + 120 cm comparée à une tempête décembre 1999 + 20 cm.

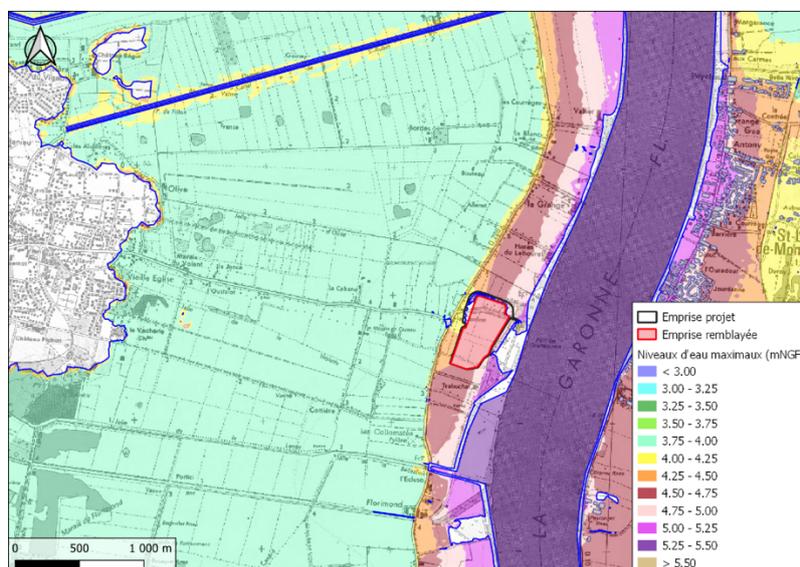
La réhausse dans le lit⁴ mineur de la Gironde puis de la Garonne en amont, s'atténue progressivement en raison des débordements importants à l'aval vers les marais du Blayais, du Nord Médoc, de la presqu'île d'Ambès... Le niveau du pic de marée devient moins important dans le lit mineur.



Ainsi, à proximité du projet qui est très éloigné des premières zones de stockage de l'estuaire, des niveaux d'eau maximaux compris entre 5,40 m et 5,50 m NGF sont estimés dans le cas d'une tempête décembre 1999 + 120 cm.

A l'arrière du site, les niveaux d'eau maximaux calculés sont inférieurs à 4,50 m NGF illustrant l'abaissement important des niveaux d'eau dans la zone de transfert entre le lit mineur et la zone de stockage à l'arrière du lit majeur, ie les marais à l'Ouest.

A 5,50 m NGF de cote de seuil le site est à l'abris d'un évènement tempête décembre 1999 + 120 cm.

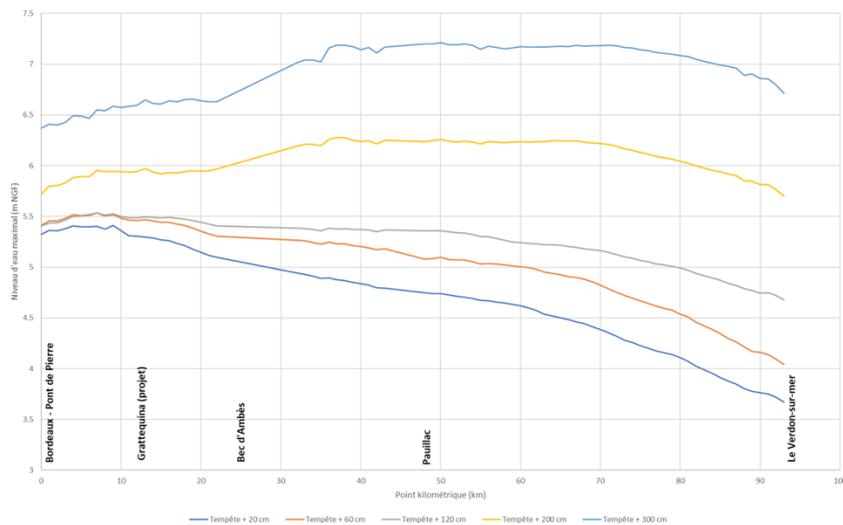


Niveaux d'eau maximaux (m NGF), tempête décembre 1999 + 120 cm, défaillance généralisée des digues

⁴ Un cours d'eau s'écoule la plupart du temps dans son lit mineur. C'est un espace fluvial formé d'un chenal, de bancs de sables et/ou de galets, recouverts par les eaux. Le lit majeur est l'espace occupé temporairement par un cours d'eau en période de très hautes eaux. Ses limites externes sont celles de la plus grande crue historique répertoriées.

6.2 Études complémentaires (élévation du niveau moyen des océans > 120 cm)

Afin d'approcher le phénomène de saturation de l'estuaire, deux évènements supplémentaires ont été calculés en ajoutant au signal de marée de la tempête décembre 1999 des niveaux moyens de réhausse des océans de +200 cm et + 300 cm au Verdon.



Ce graphique montre pour les différents scénarii (+20 cm, +60 cm, +120 cm, +200 cm, +300 cm) que plus la marée remonte dans l'estuaire, moins l'écart de hauteur d'eau est important entre ces évènements.

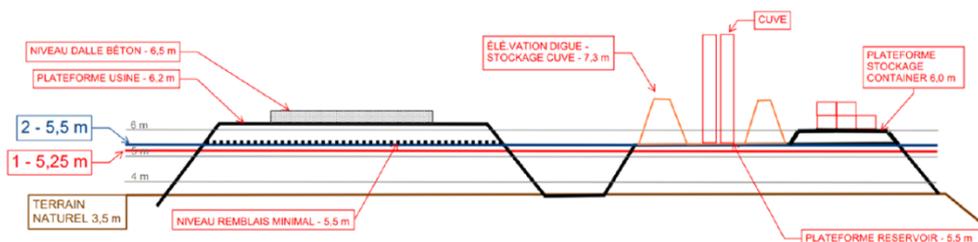
L'eau se stocke dans les zones de débordement au fur et à mesure de la remontée du pic de marée dans l'estuaire.

Pour les évènements tempête décembre 1999 + 200 cm et tempête décembre 1999 + 300 cm, les zones de stockage commencent à être saturées. Il y a un équilibre de niveau entre les zones inondables des marais et le lit mineur. La montée du pic de marée n'est alors plus atténuée comme pour les premiers évènements, la montée du pic se poursuit.

Les niveaux d'eau maximaux dans la Garonne au niveau du projet commencent à dépasser 5,50 m NGF :

- ⇒ Tempête décembre 1999 + 200 cm : 5,95 m NGF (avec digues) / 5,80 m NGF (sans digues)
- ⇒ Tempête décembre 1999 + 300 cm : 6,60 m NGF (avec digues) / 6,65 m NGF (sans digues)

Schéma montrant les hauteurs des équipements de l'usine par rapport aux deux scénarii.



- 1 - Évènement Tempête 1999 + 60 cm au Verdon
- 2 - Évènement Tempête 1999 + 120 cm au Verdon

D'après la coupe de principe du projet :

- ⇒ Les remblais de l'usine à 5,50 m NGF sont protégés dans le cas tempête 1999 + 120 cm
- ⇒ La plateforme à 6,20 m NGF est protégée dans le cas tempête 1999 + 200 cm
- ⇒ Les bâtiments à 6,50 m NGF sont protégés dans le cas tempête 1999 + 200 cm (et quasiment jusqu'à décembre 1999 + 300 cm)