

5 CARACTERISATION DE L'EVENEMENT HISTORIQUE DU 10 MARS 2008

La dernière plus grosse tempête suffisamment documentée ayant entraînée des d'importants dégâts sur les côtes Morbihannaises date du 10 mars 2008.

La chronique de niveau eau mesurée à Port-Tudy montre que cet évènement est bien le plus fort depuis 1976 sur les côtes du Morbihan.

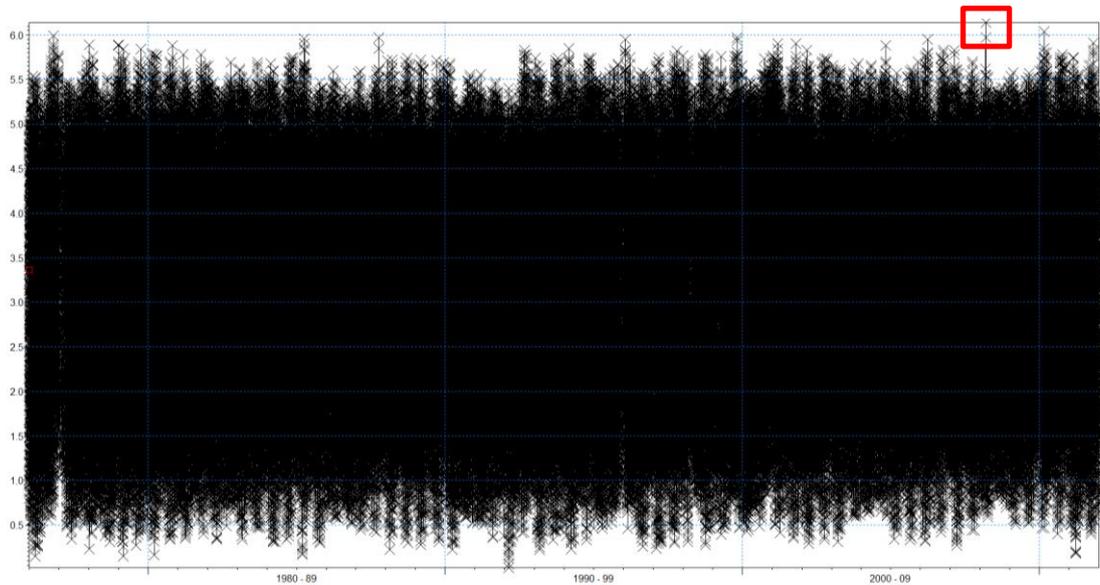


Figure 5-1 : Chronique des niveaux mesurés en m CM à Port-Tudy sur la période 1976-2011

De plus, d'après les archives collectées, la tempête du 10 mars 2008 est celle qui a occasionné le plus de dommages sur l'ensemble du site d'étude (d'Arzon à Damgan)

- Recul du trait de côte à Arzon (plages de Kervert et de Kerjouano), à St-Gildas-de-Rhuys (Kervert), à Sarzeau (Saint-Jacques, Le Roaliguen), à Damgan (Landrézac) ;
- Dégradation d'ouvrages à Sarzeau (Penvins), Le Tour-du-Parc (Kermor), Damgan (Saint-Guérin) ;
- Submersion à Sarzeau (Penvins), Le Tour du Parc (Kermor, Rouvran, Catsel, Pencadenic).

Certaines tempêtes ont également eu un impact très fort sur le rivage dans le passé, notamment celles de la fin du 19ème siècle (ex 1er janvier 1877). Cependant, nous avons à notre disposition moins d'archives permettant de décrire les dommages occasionnés, très certainement parce qu'il y avait moins d'enjeux (urbanisation et occupation humaine moins marquées).

Dans le but de caractériser cet évènement, une modélisation en trois parties a été nécessaire.

5.1 Principe de modélisation

Trois modèles MIKE 21 SW de différentes emprises ont été créés. Ces trois modèles sont dits « emboîtés », c'est-à-dire que les résultats du modèle ayant l'emprise la plus large servent de conditions aux limites du modèle à l'emprise moins grande. Les trois modèles sont nommés selon leur emprise : Atlantique, régional et local.

5.2 Hypothèses et forçage des modèles

5.2.1 Modèle Atlantique

Le modèle Atlantique est le modèle ayant l'emprise la plus grande. Ce modèle couvre le plateau continental et représentant le littoral européen du Sud du Portugal jusqu'au Nord des Pays-Bas, en comprenant les Iles Britanniques.

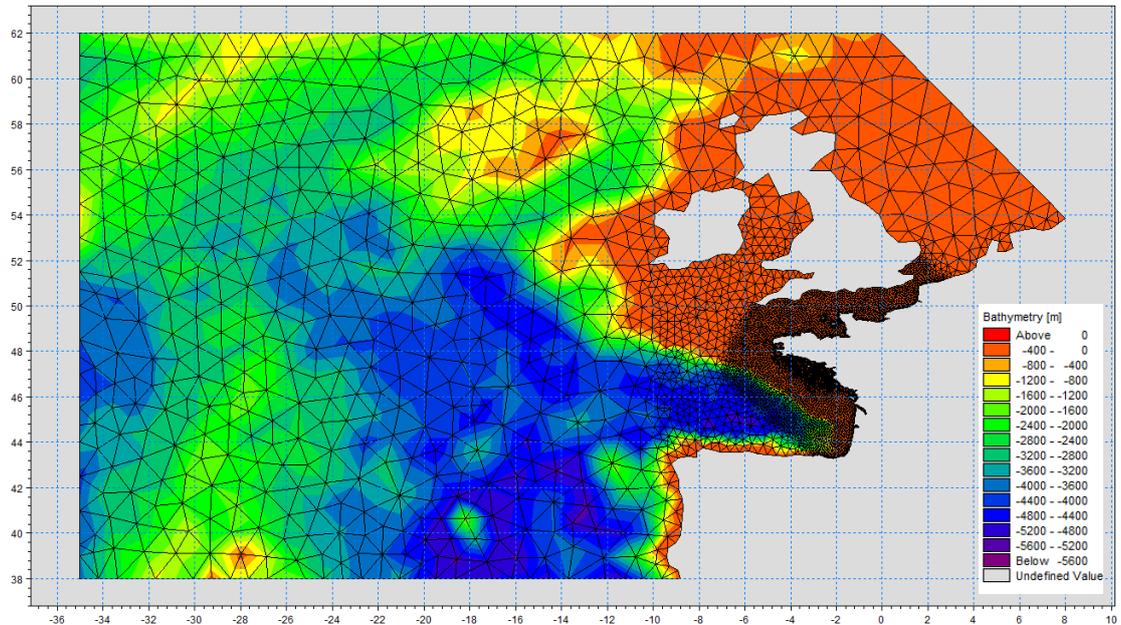


Figure 5-2 : Emprise et carte bathymétrique du modèle Atlantique (réf. Zéro Hydrographique)

La bathymétrie provient de données mesurées et compilées par le logiciel CMAP.

Le champ de vent utilisé pour forcer ce modèle provient de la base de données NCEP avec une résolution de 2°5'.

5.2.2 Modèle régional

L'emprise du modèle régional couvre une zone comprise entre le Sud du Finistère jusqu'à l'île d'Yeu en Vendée. L'emprise au large est à environ 80 km des côtes, en restant sur le plateau continental.

Les frontières sont suffisamment éloignées des côtes pour que les conditions limites soient imposées sans avoir d'interaction avec les fonds et pour que les conditions au large puissent se propager sans effets de bord. Le maillage est composé d'éléments triangulaires de taille variant entre mailles d'arrête 5000 m au large jusqu'à des mailles d'arrête 500 m à la côte, avec des mailles d'arrête 50 m dans les zones nécessitant une précision assez importante pour des calculs hydrodynamiques.

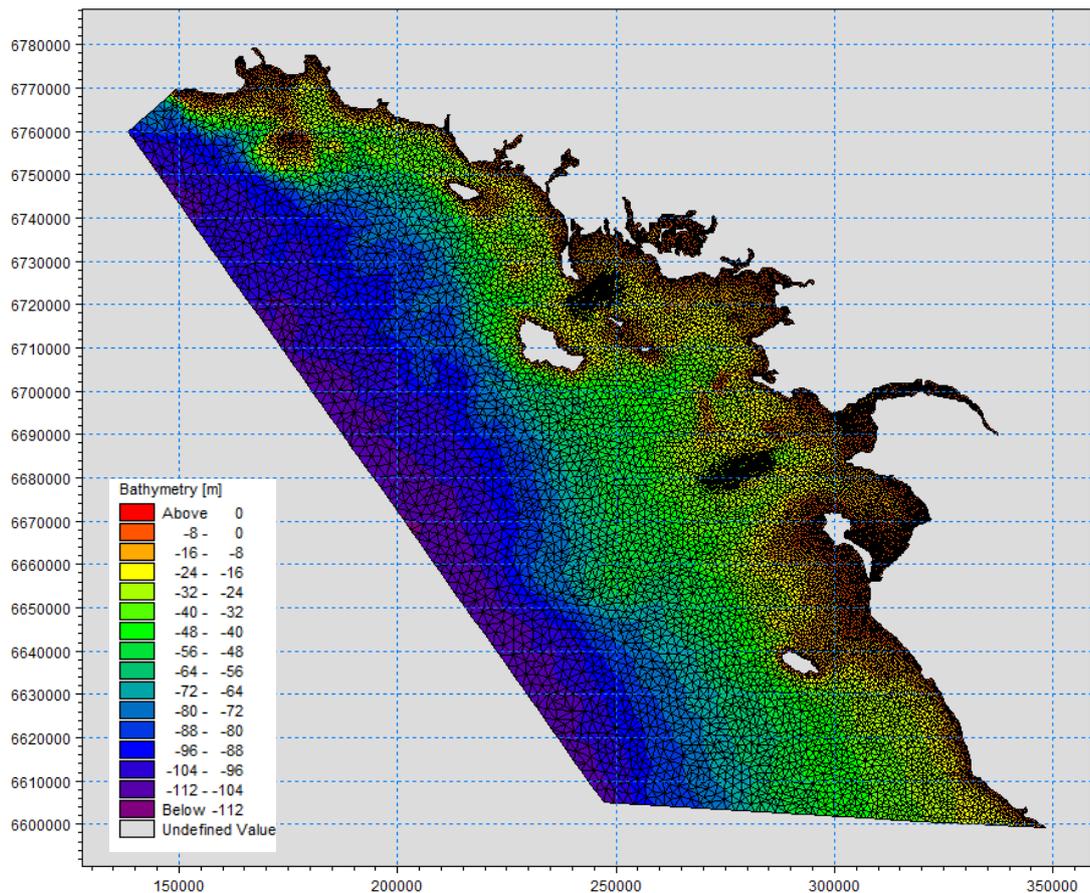


Figure 5-3 : Emprise et carte bathymétrique du modèle régional (réf. Zéro Hydrographique)

Les données de houle imposées aux limites de ce modèle ont été extraites du modèle Atlantique aux mêmes coordonnées.

Ce modèle est de plus forcé par les données de vent mesurées au sémaphore de Belle-Ile par Météo-France. Ces données sont au pas de temps horaire sur la durée de la simulation, du 20 février au 21 mars 2008. Ces données de vent sont présentées en Figure 2-2.

La variation du niveau d'eau entrée en condition dans ce modèle provient de niveaux mesurés au marégraphe du port du Crouesty pendant la tempête de Mars 2008 à un pas de temps de 10 minutes.

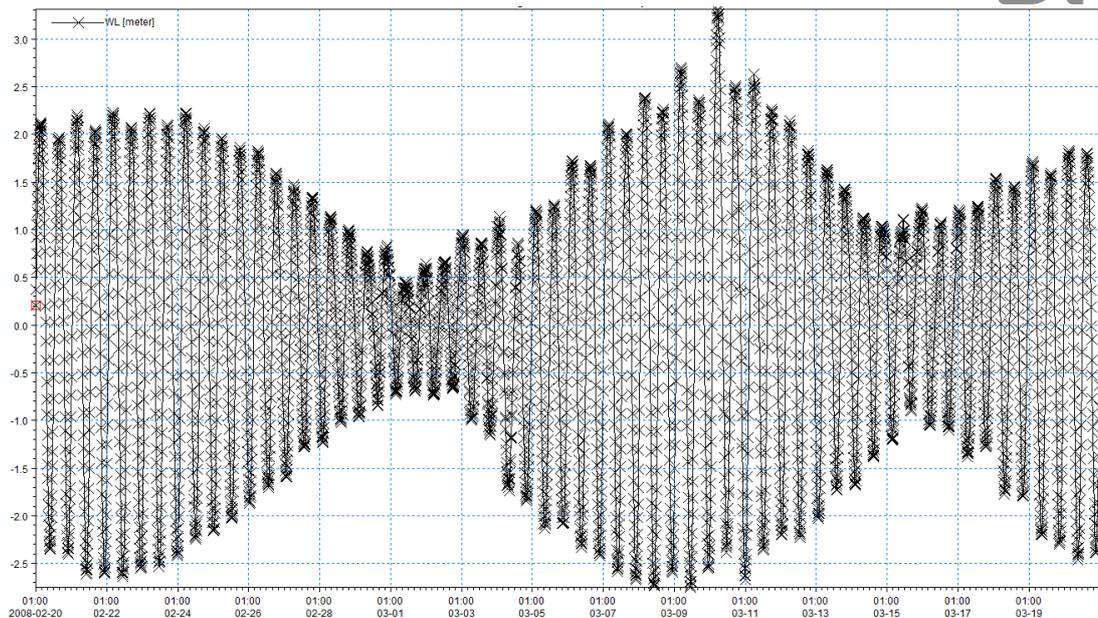


Figure 5-4 : Marégramme de février-mars 2008 au port du Crouesty (réf. Niveau moyen)

5.2.3 *Modèle local*

Le maillage et la bathymétrie du modèle local sont les mêmes que ceux utilisés dans le modèle local présenté au paragraphe 4.4.

Les conditions d'entrée de ce modèle sont les mêmes que pour le modèle précédent. La variation du niveau d'eau est issue des mesures au port du Crouesty, les données de vent utilisées proviennent des observations au sémaphore de Belle-Ile. Les conditions de houle imposées aux limites sont issues du modèle régional aux mêmes coordonnées.

5.3 *Calage des modèles*

Le calage de ces modèles a été effectué par comparaison avec les hauteurs de houle observées par le système PREVIMER.

Les données collectées par deux bouées ont permis de caler le modèle régional. Ces deux bouées sont :

- La bouée Sud Bretagne, située au point de coordonnées (47°30' N ; 3°45' W)
- La bouée Ile d'Yeu, située au point de coordonnées (46°40' N ; 2°22' W)

Les tests de sensibilité réalisés sur la formulation du forçage du vent et le déferlement n'ont pas montré d'amélioration significative sur les résultats de la propagation.

De plus, le modèle local a été calé par rapport au niveau marin enregistré pendant l'évènement du 10 mars 2008 au port du Crouesty.

Résultats obtenus

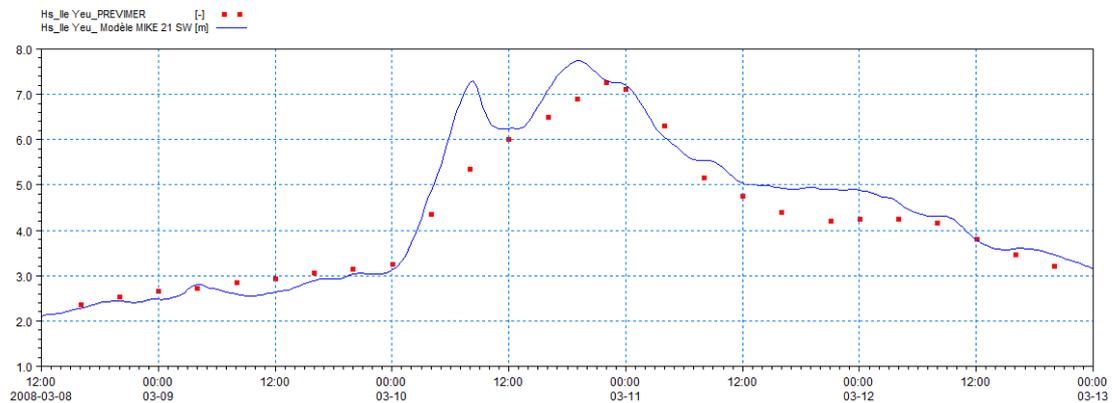


Figure 5-5 : Hauteurs significatives de houle au point Ile d'Yeu – Comparaison entre les données du modèle MIKE 21 SW régional (en bleu) et les données PREVIMER (en rouge)

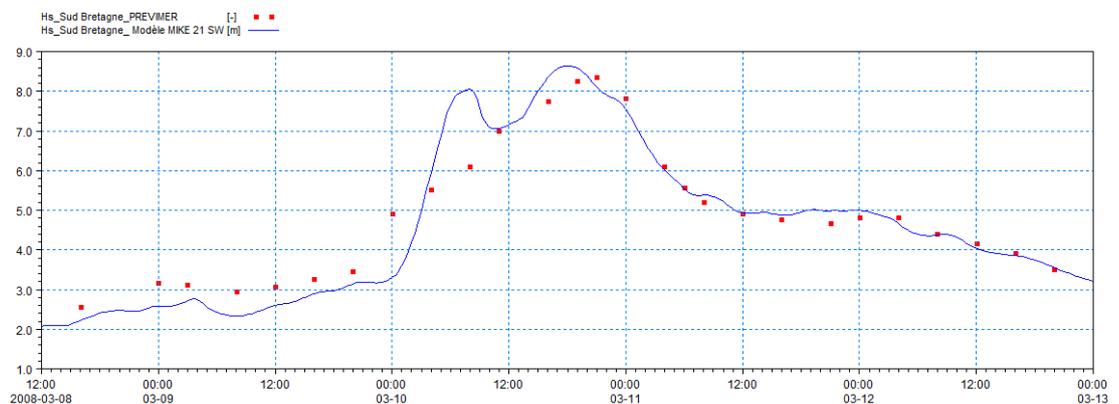


Figure 5-6 : Hauteurs significatives de houle au point Sud Bretagne – Comparaison entre les données du modèle MIKE 21 SW régional (en bleu) et les données PREVIMER (en rouge)

Les données mesurées par PREVIMER ne représentent pas le premier pic. Ces données sont mesurées à un pas de temps de trois heures. Il est donc possible que ce pic, qui correspond au pic de vent (cf. Figure 5-7) et à la première pleine-mer de la journée, n'ait pas été enregistré.

Les deux pics de hauteur de houle correspondent aux deux pleine-mers du jour. Le premier pic se situe à 8h, le second à 19h. Le premier pic correspond au pic de vent. Les houles viennent du Sud-Ouest, tout comme le vent (cf. Figure 5-7 et Figure 5-8). En revanche le second pic de hauteur de houle est plus important au large. Les houles tout comme les vents sont alors d'Ouest (cf. Figure 5-9).

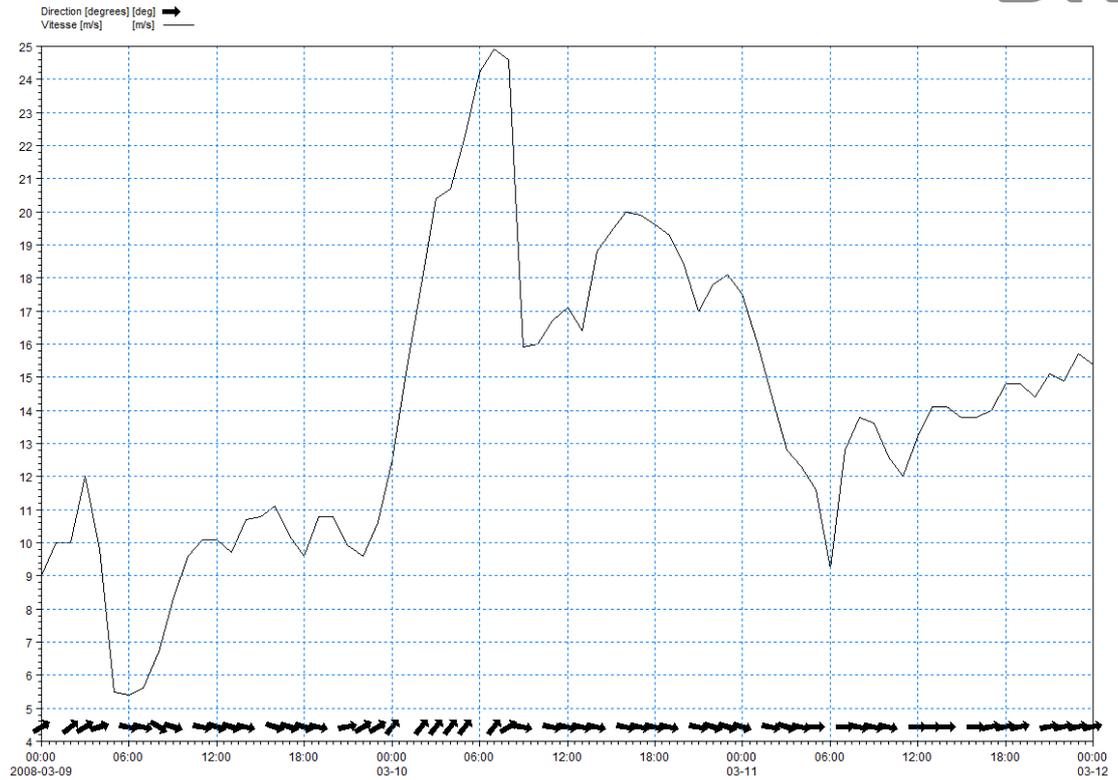


Figure 5-7 : Vitesse et direction du vent à Belle-Ile du 09/03/2008 au 12/03/2008

Derrière la presqu'île de Quiberon et les îles de Belle-Île, Houat et Hoëdic, les houles sont atténuées, et le premier pic est plus fort que le second. Ces obstacles naturels atténuent en effet plus les houles d'Ouest que celles du Sud-Ouest.

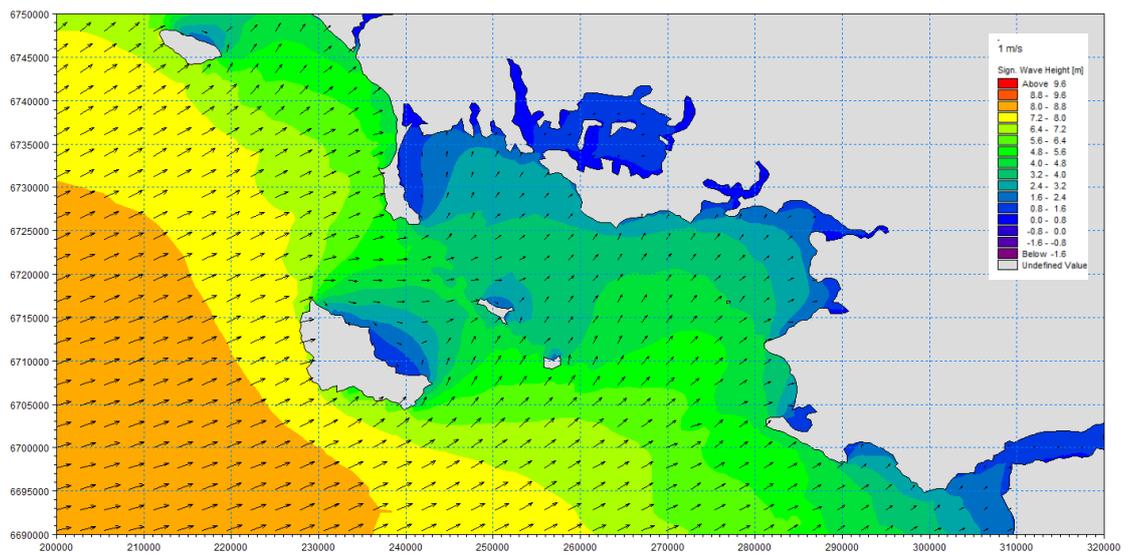


Figure 5-8 : Direction et intensité des houles dans le modèle régional – 10/03/2008 à 8h (1ère pleine-mer)

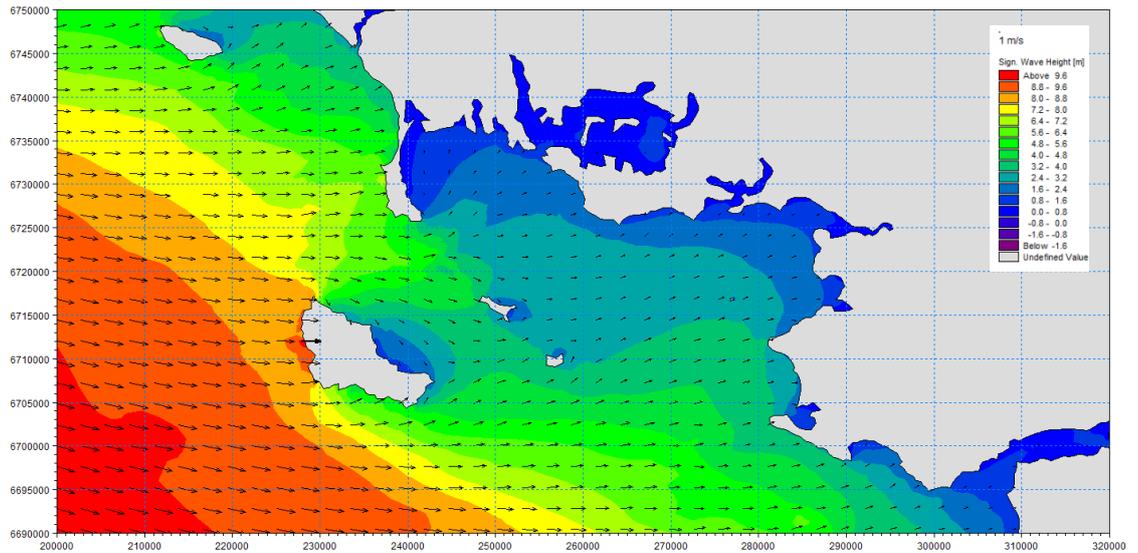


Figure 5-9 : Direction et intensité des houles dans le modèle régional – 10/03/2008 à 19h (2nde pleine-mer)

5.4 Caractérisation de l'évènement en termes d'occurrence

La caractérisation de la tempête du 10 mars 2008 sur les sites de la Presqu'Île de Rhuy est délicate dans la mesure où l'emprise géographique du secteur d'étude et la configuration du rivage influencent dans une large mesure les houles. Un fort gradient est ainsi mis en évidence sur le secteur d'étude. La figure ci-dessous en est une illustration.

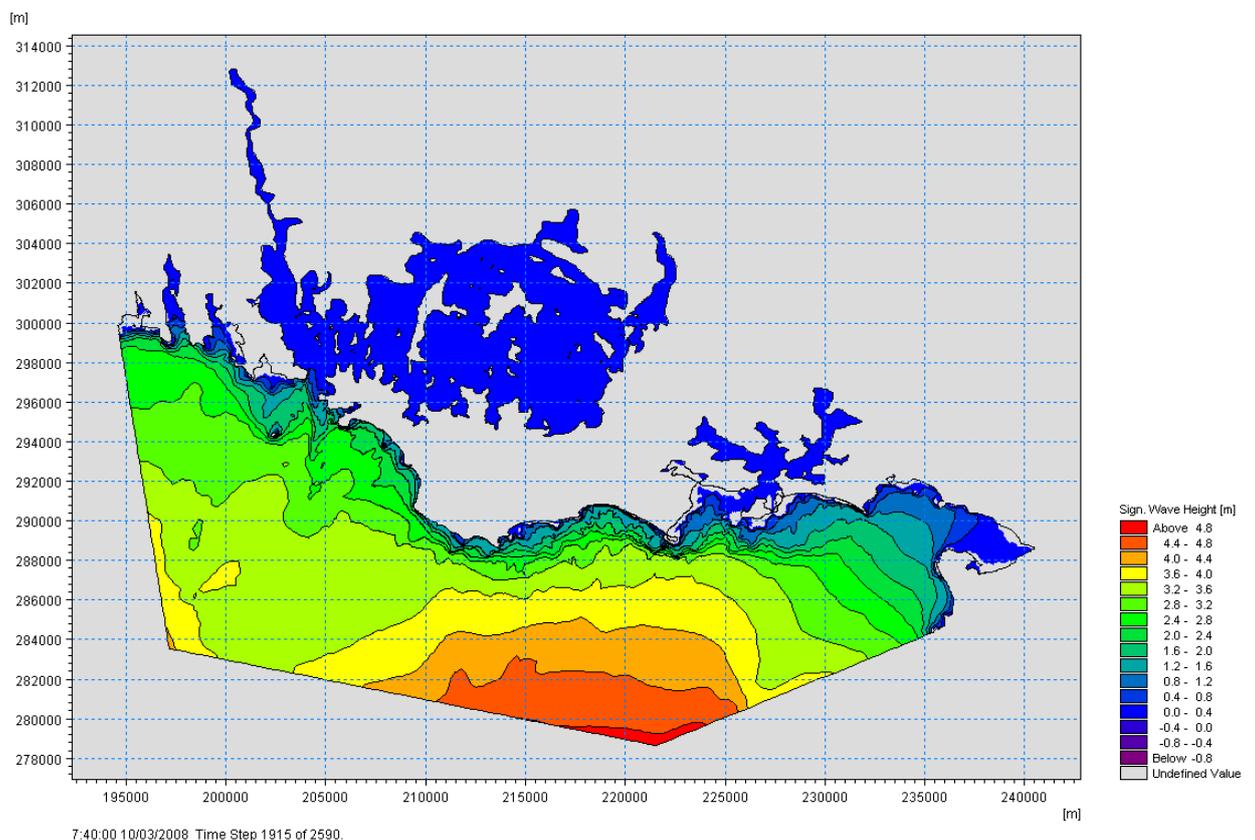


Figure 5-10 : Exemple de carte des houles le 10 mars 2008 à 7h40 – niveau marin 3,70 m NGF

Le niveau d'eau maximal atteint au port du Crouesty est de 3,31m au-dessus du niveau moyen, lui-même situé à une altitude de 3,27m CM (cf. Figure 5-4). La différence entre le zéro hydrographique et le zéro IGN69 est de -2,85m au port du Crouesty. Le niveau maximal atteint dans le port du Crouesty est donc de 3,73m NGF.

La houle extraite du modèle régional à la limite du modèle local a une hauteur significative de 5,11m au moment où le niveau d'eau maximal est atteint.

Ces conditions de mer ont été propagées à la côte par le modèle local afin de déterminer les états de mer et la surcote de déferlement. Les niveaux d'eau ont été extraits à -10m CM, aux mêmes points que pour l'évènement centennal (cf. Figure 4-14).

Pour tous les sites le couple historique niveau / houle a été positionné sur la courbe reconstituée (point rouge sur les figure suivantes) :

5.4.1 Site du port du Crouesty, Fogeo, Kervert, Kerpont

Les conditions reconstituées de cet évènement à l'isobathe -10m CM à l'Ouest de la Presqu'île de Rhuys sont une hauteur significative de houle de 2,84m et un niveau d'eau de 3,63m NGF.

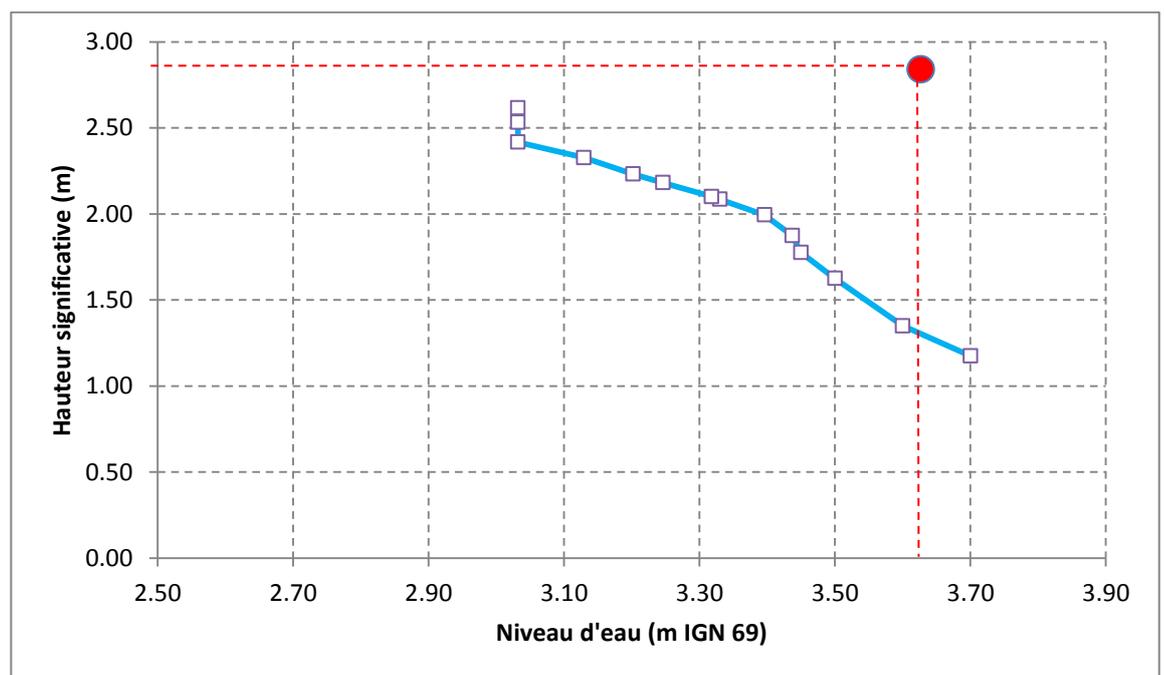


Figure 5-11 : Courbe de dépassement – Sites de l'Ouest

5.4.2 Site de Saint-Jacques Camping

Les conditions reconstituées de l'évènement du 10 mars 2008 à l'isobathe -10m CM au droit de la plage du camping de Saint-Jacques sont une hauteur significative de houle de 3,64m et un niveau d'eau de 3,59m NGF.

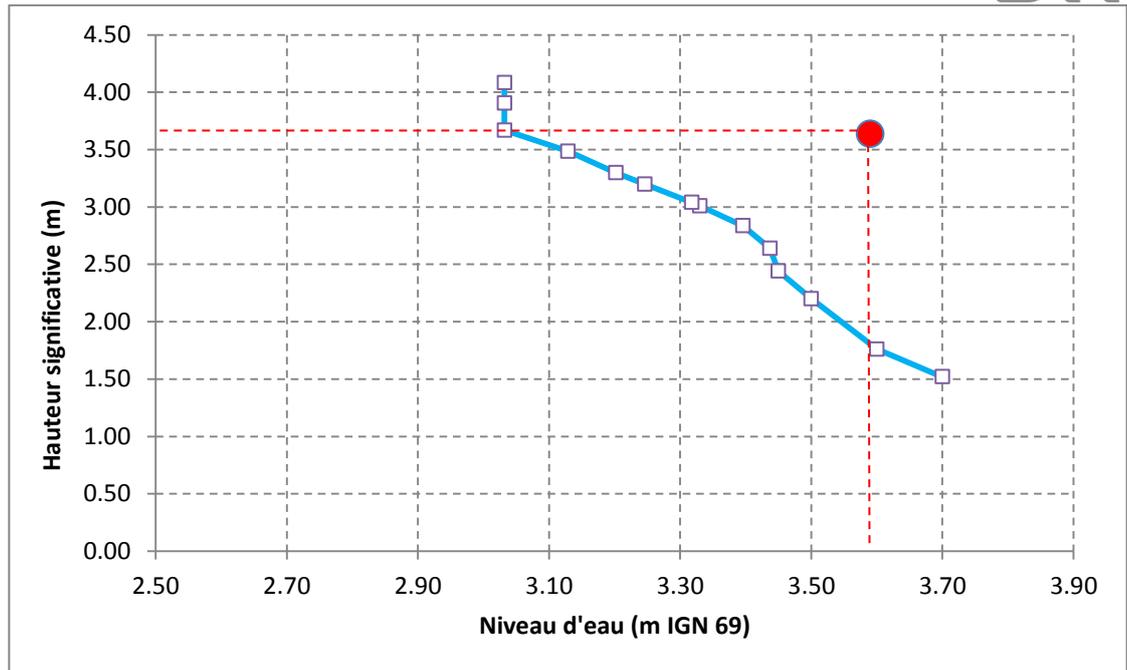


Figure 5-12 : Courbe de dépassement – Saint-Jacques Camping

5.4.3 Site de Saint-Jacques Port, le Roaliquen

Les conditions reconstituées de cet évènement à l'isobathe -10m CM au droit des sites port de Saint-Jacques et du Roaliquen sont une hauteur significative de houle de 3,77m et un niveau d'eau de 3,63m NGF.

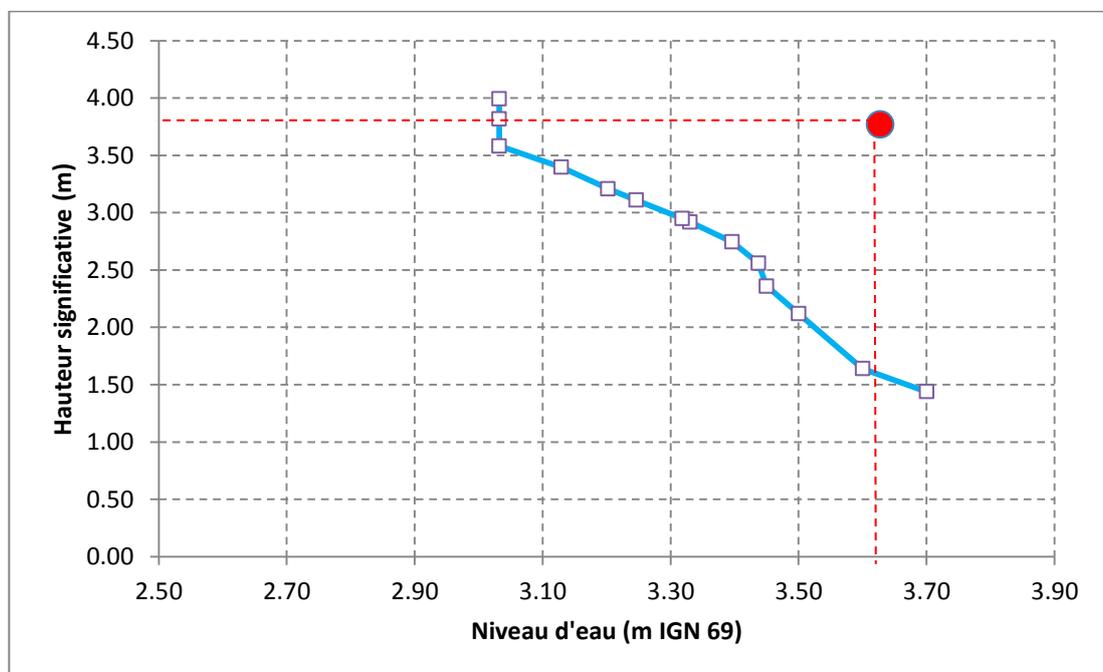


Figure 5-13 : Courbe de dépassement – Saint-Jacques Port, le Roaliquen

5.4.4 Site de Penvins Plage

Les conditions reconstituées de l'évènement du 10 mars 2008 à l'isobathe -10m CM au droit de la plage de Penvins sont une hauteur significative de houle de 3,47m et un niveau d'eau de 3,67m NGF.

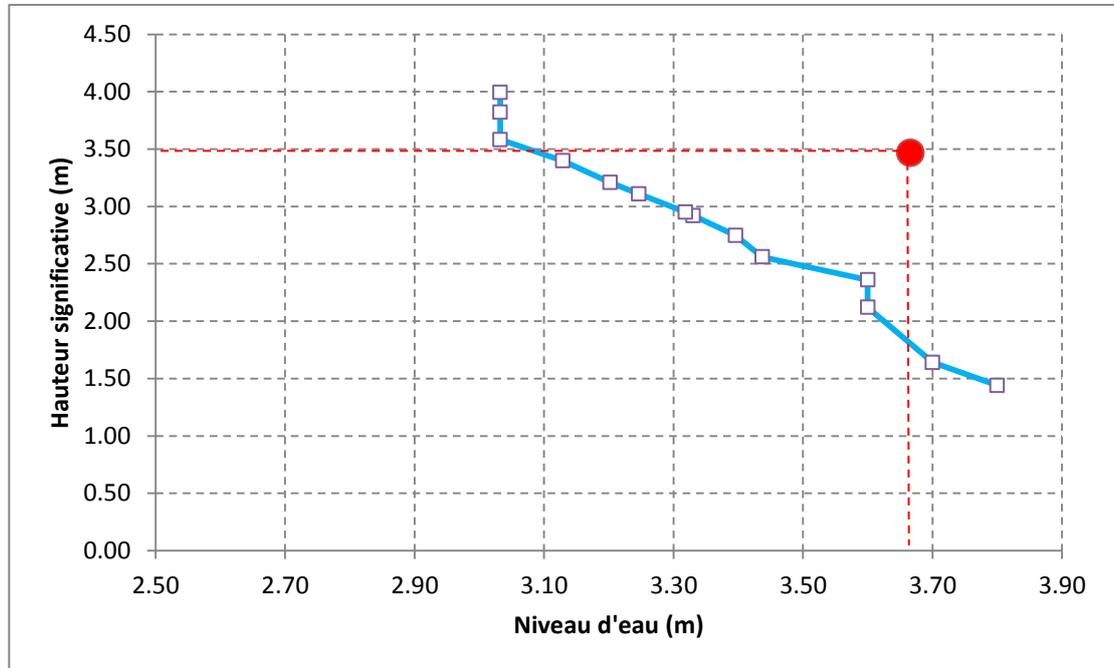


Figure 5-14 : Courbe de dépassement – Penvins Plage

5.4.5 Sites de Penvins La Grée – Banastère – Kermor – Pen Cadenic – Pénerf - Damgan

Les conditions reconstituées de l'évènement du 10 mars 2008 à l'isobathe -10m CM à l'embouchure de la Rivière de Pénerf sont une hauteur significative de houle de 3,73m et un niveau d'eau de 3,63m NGF.

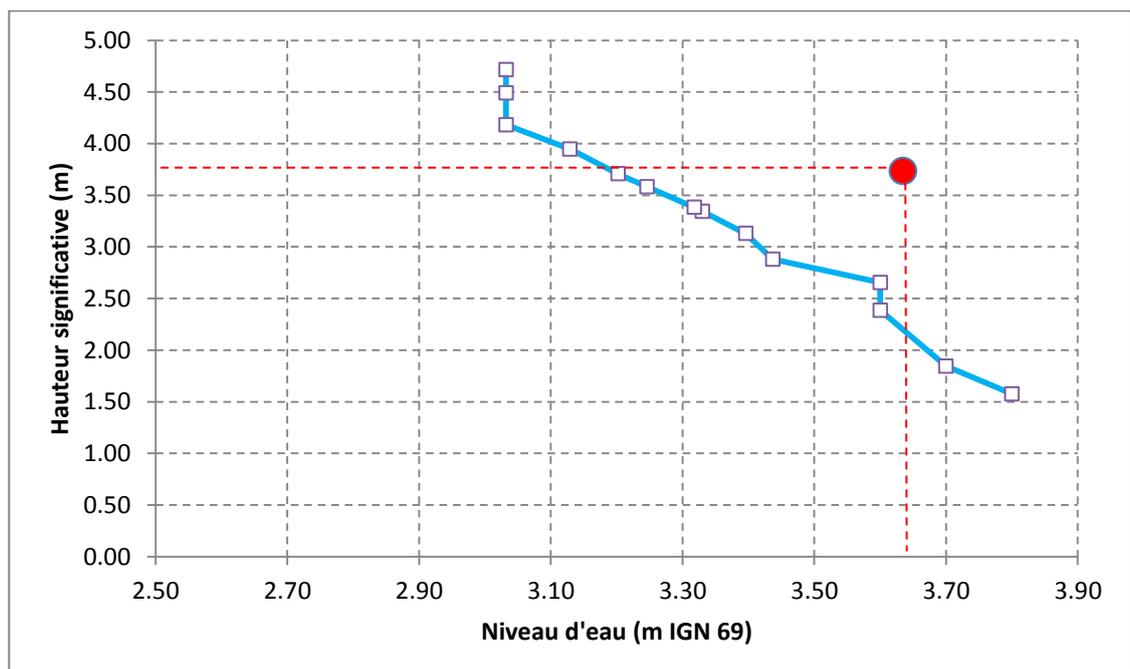


Figure 5-15 : Courbe de dépassement – Sites de la Rivière de Pénerf

5.5 Estimation de la surcote de déferlement

A la lumière de ces résultats, il apparaît que l'évènement du 10 mars 2008 était principalement caractérisé par une houle forte. L'action du déferlement de cette houle importante sur le niveau d'eau à la côte est la surcote de déferlement.

Un exemple des résultats obtenus sur un site est présenté ci-dessous sous la forme d'une carte représentant les maximums de surcote de déferlement sur toute la durée de la simulation.

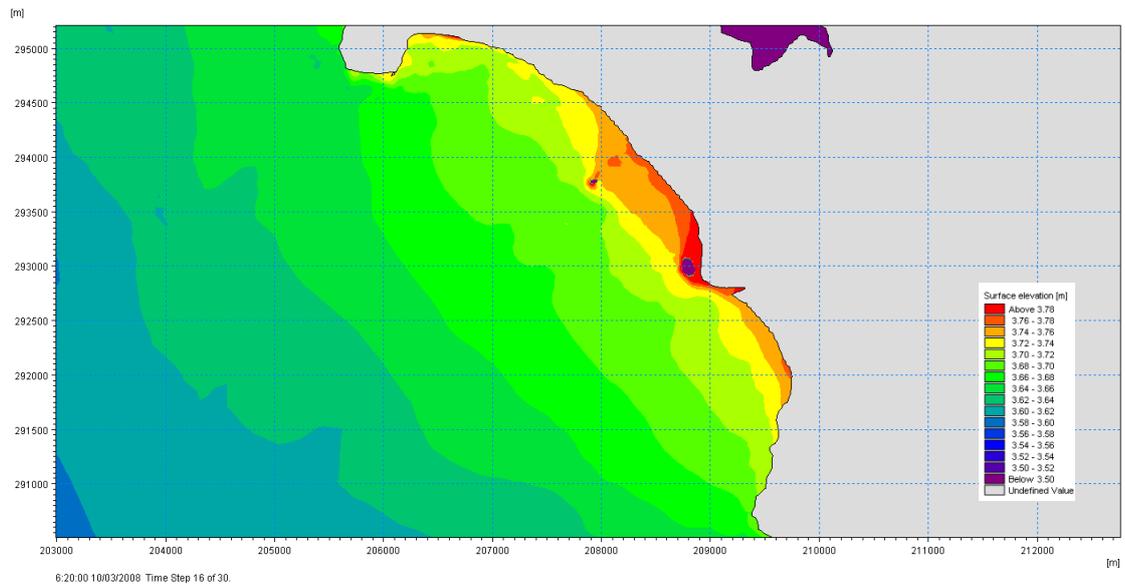


Figure 5-16 : Exemple de carte des surcotes de déferlement pour la tempête du 10 mars 2008 sur les sites de Fogo, Kervert et Kerpont (en m NGF)

Tous les résultats sont consignés dans le Tableau 6-1. Il est cependant à noter que pour les sites situés à l'abri des houles dans la Rivière de Pénerf comme Banastère et Pen Cadenic il n'y a pas ou très peu de surcote de déferlement à la côte.

6 IDENTIFICATION DE L'ÉVÉNEMENT DE RÉFÉRENCE ET DES PHÉNOMÈNES

6.1 Position du problème

La submersion marine est une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques et maritimes sévères provoquant des ondes de tempête. Trois phénomènes peuvent alors se produire :

Débordement : la mer envahit par débordement les terres situées sous le niveau de la mer. Le seul paramètre influant ce phénomène est le niveau d'eau.



Figure 6-1 : Exemple de débordement de la mer (Source : DREAL Languedoc-Roussillon)

Défaillance d'ouvrage : les protections telles que les digues et les cordons dunaires peuvent céder sous l'effet de la mer, et créer des raz-de-marée, qu'il s'agisse de brèche ou de ruine généralisée d'un ouvrage. Le paramètre le plus important à considérer dans ce cas est le niveau d'eau. La hauteur de houle apparaît comme un paramètre d'une importance secondaire qui n'affectera que la surcote de déferlement.



Figure 6-2 : Exemple de rupture du cordon dunaire (Source : Olivier Beaulieu)

Franchissement : les terres situées au-dessus du niveau de la mer peuvent parfois aussi être inondées, lorsque des projections d'eau de mer franchissent les ouvrages de protection sous l'effet de la houle. Le niveau atteint par les inondations peut alors être supérieur au niveau de la mer. Pour caractériser ce phénomène, le niveau d'eau et la hauteur de houle sont deux paramètres d'égale importance.



Figure 6-3 : Exemple de franchissement de perré (Source : DREAL Nord – Pas de Calais)

Ces trois phénomènes peuvent se produire conjointement ou indépendamment. Cependant le phénomène de franchissement apporte des volumes d'eau négligeables en comparaison des volumes apportés par le débordement ou la rupture.

6.2 Événement de référence – Scénario de référence

Comme nous le précisons dans la suite du document, l'analyse croisée des :

- Données historiques concernant les tempêtes, l'activité humaine ;
- Forçages météo marins ;
- Dynamiques sédimentaires ;
- Analyse topographiques.

nous permet de préciser les scénarios de référence à prendre en compte dans la suite du dossier.

Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, au niveau statique, a été ajoutée une surcote de 20 cm constituant une première étape vers le changement climatique.

Conformément au guide d'élaboration des PPRL, les incertitudes doivent être évaluées puis prises en compte dans l'estimation du niveau total de l'événement centennal reconstitué. Les incertitudes dans l'établissement des niveaux marins centennaux synthétiques se retrouvent tout au long de la chaîne de calcul et se cumulent :

- Acquisition de données aux ports de référence ;
- Traitement statistique des niveaux marins aux ports de référence ;
- Spatialisation de l'information ;
- Traitement statistique de la houle et propagation ;
- Données topo bathymétriques ;
- Modélisation de la surcote de déferlement.

La quantification de certaines sources d'incertitude étant délicate, il sera par défaut pris en compte un forfait de 25 cm.

A titre d'illustration de cette incertitude, nous avons estimé l'intervalle de confiance de l'ajustement statistique de l'échantillon des niveaux marins enregistrés à Port Tudy :

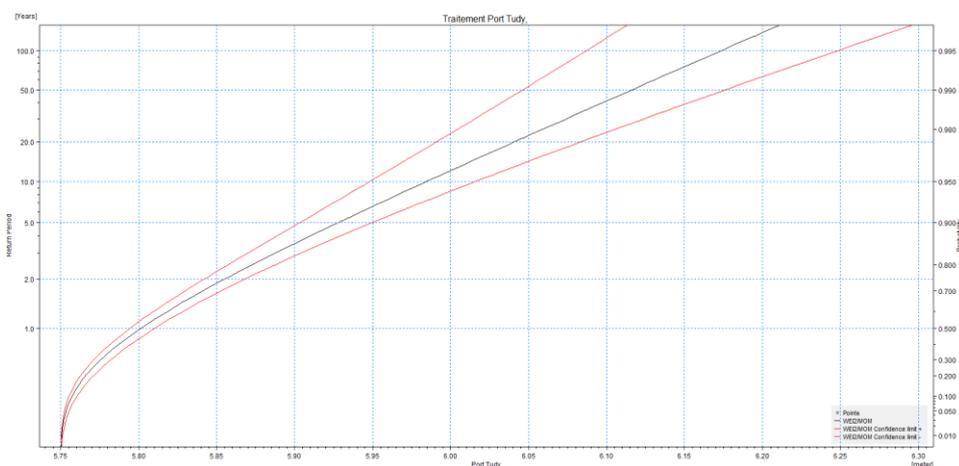


Figure 6-4 : ajustement marégramme de Port Tudy – m CM intervalle de confiance à 70%

L'incertitude estimée pour définir le niveau marin centennal est de 8 cm.

Nous avons également effectué une estimation de l'incertitude de l'extrapolation spatiale des niveaux marins centennaux entre Port Tudy et le port du Crouesty. Celle-ci a été estimée à 10 cm.

Tableau 6-1 : Détermination des niveaux marins de référence

Sites	Événement	Niveau marin (m NGF)	Surcote de déferlement (m)	Rehaussement du niveau marin	Incertitudes	Niveau marin total (m NGF)
Port du Crouesty	Centennal	3,70	0,00	0,20	0,25	4,15
	Mars 2008	3,73 (mesure enregistrée)		0,20	0,25	4,18
Fogeo	Centennal	3,70	0,00	0,20	0,25	4,15
	Mars 2008	3,63	0,16	0,20	0,25	4,24
Kervert	Centennal	3,70	0,00	0,20	0,25	4,15
	Mars 2008	3,63	0,15	0,20	0,25	4,23
Kerpont	Centennal	3,70	0,01	0,20	0,25	4,16
	Mars 2008	3,63	0,14	0,20	0,25	4,22
Saint-Jacques Camping	Centennal	3,70	0,02	0,20	0,25	4,17
	Mars 2008	3,59	0,29	0,20	0,25	4,33
Saint-Jacques Port	Centennal	3,03	0,35	0,20	0,25	3,83
	Mars 2008	3,63	0,44	0,20	0,25	4,52
Le Rohaliguen	Centennal	3,03	0,20	0,20	0,25	3,68
	Mars 2008	3,63	0,23	0,20	0,25	4,31
Penvins Plage	Centennal	3,80	0,08	0,20	0,25	4,33
	Mars 2008	3,67	0,19	0,20	0,25	4,31
Penvins La Grée	Centennal	3,80	0,08	0,20	0,25	4,33
	Mars 2008	3,63	0,13	0,20	0,25	4,21
Banastère	Centennal	3,03	0,41	0,20	0,25	3,89
	Mars 2008	3,63	0,17	0,20	0,25	4,25
Kermor	Centennal	3,03	0,36	0,20	0,25	3,84
	Mars 2008	3,63	0,19	0,20	0,25	4,27
Pen Cadenic	Centennal	3,80	0,00	0,20	0,25	4,25
	Mars 2008	3,63	0,03	0,20	0,25	4,11
Pénerf	Centennal	3,03	0,41	0,20	0,25	3,89
	Mars 2008	3,63	0,24	0,20	0,25	4,32
Pénerf (Rivière de Pénerf)	Centennal	3,03	0,00	0,20	0,25	3,48
	Mars 2008	3,63	0,00	0,20	0,25	4,08
Grande Plage de Damgan	Centennal	3,03	0,44	0,20	0,25	3,92
	Mars 2008	3,63	0,11	0,20	0,25	4,19
Damgan (Rivière de Pénerf)	Centennal	3,03	0,00	0,20	0,25	3,48
	Mars 2008	3,63	0,00	0,20	0,25	4,08

Tableau 6-2 : Détermination des niveaux marins à l'horizon 2100

Sites	Événement	Niveau marin (m NGF)	Surcote de déferlement (m)	Rehaussement du niveau marin	Incertitudes	Niveau marin total (m NGF)
Port du Crouesty	Centennal	3,70	0,00	0,60	0,25	4,55
	Mars 2008	3,73 (mesure enregistrée)		0,60	0,25	4,58
Fogeo	Centennal	3,70	0,00	0,60	0,25	4,55
	Mars 2008	3,63	0,04	0,60	0,25	4,52
Kervert	Centennal	3,70	0,00	0,60	0,25	4,55
	Mars 2008	3,63	0,00	0,60	0,25	4,48

Kerpont	Centennal	3,70	0,00	0,60	0,25	4,55
	Mars 2008	3,63	0,00	0,60	0,25	4,48
Saint-Jacques Camping	Centennal	3,70	0,01	0,60	0,25	4,56
	Mars 2008	3,59	0,25	0,60	0,25	4,69
Saint-Jacques Port	Centennal	3,03	0,31	0,60	0,25	4,19
	Mars 2008	3,63	0,36	0,60	0,25	4,84
Le Rohaliguen	Centennal	3,03	0,18	0,60	0,25	4,06
	Mars 2008	3,63	0,18	0,60	0,25	4,66
Penvins Plage	Centennal	3,80	0,07	0,60	0,25	4,72
	Mars 2008	3,67	0,17	0,60	0,25	4,69
Penvins La Grée	Centennal	3,80	0,06	0,60	0,25	4,71
	Mars 2008	3,63	0,05	0,60	0,25	4,53
Banastère	Centennal	3,03	0,27	0,60	0,25	4,15
	Mars 2008	3,63	0,00	0,60	0,25	4,48
Kermor	Centennal	3,03	0,31	0,60	0,25	4,19
	Mars 2008	3,63	0,18	0,60	0,25	4,66
Pen Cadenic	Centennal	3,80	0,00	0,60	0,25	4,65
	Mars 2008	3,63	0,00	0,60	0,25	4,48
Pénerf	Centennal	3,03	0,34	0,60	0,25	4,22
	Mars 2008	3,63	0,19	0,60	0,25	4,67
Pénerf (Rivière de Pénerf)	Centennal	3,03	0,00	0,60	0,25	3,88
	Mars 2008	3,63	0,00	0,60	0,25	4,48
Grande Plage de Damgan	Centennal	3,03	0,42	0,60	0,25	4,30
	Mars 2008	3,63	0,09	0,60	0,25	4,57
Damgan (Rivière de Pénerf)	Centennal	3,03	0,00	0,60	0,25	3,88
	Mars 2008	3,63	0,00	0,60	0,25	4,48

6.2.1 Méthode de choix du scénario de référence

La circulaire du 27 juillet 2011 est présentée en Annexe B.

Débordement

Une analyse topographique est utilisée pour définir les sites vulnérables au débordement. La topographie du terrain naturel est comparée au niveau marin de référence. Si l'analyse montre la possibilité d'une intrusion marine par débordement, ce phénomène sera étudié.

De plus, la réglementation en vigueur stipule que s'il y a sur un site une submersion par débordement historique, ce phénomène doit être étudié sur le site en question.

Défaillance d'ouvrage

On recense deux types de structures vulnérables à une défaillance, les cordons dunaires et les ouvrages fixés par la main de l'Homme.

Dans le cas d'un cordon dunaire, DHI a utilisé une méthode développée aux Etats-Unis par le FEMA, Federal Emergency Management Agency, qui a été élaborée dans le but de déterminer la résistance d'un cordon dunaire pour un événement caractérisé par un niveau d'eau de période de retour centennale.

Cette règle applicable sur les côtes de l'Atlantique et baptisée 540 SF (FEMA, 2005) est basée sur l'analyse de très nombreuses séries d'observations « reculs de dune / tempête ». Selon cette règle, une tempête caractérisée par le seul niveau d'eau centennial, incluant les effets de la marée et la surcote météorologique (la surcote liée aux vagues n'étant pas comprise) diminue le stock de sable de la dune d'un volume

égal à 540 pieds-carré (50 m² dans le système métrique). Le calcul du stock disponible est obtenu en calculant la surface comprise entre la ligne « niveau d'eau centennal » et la verticale au point culminant (cf. Figure suivante). Si cette surface est supérieure à 50 m² (ou 540 s-feet), la dune est réputée résister à la tempête.

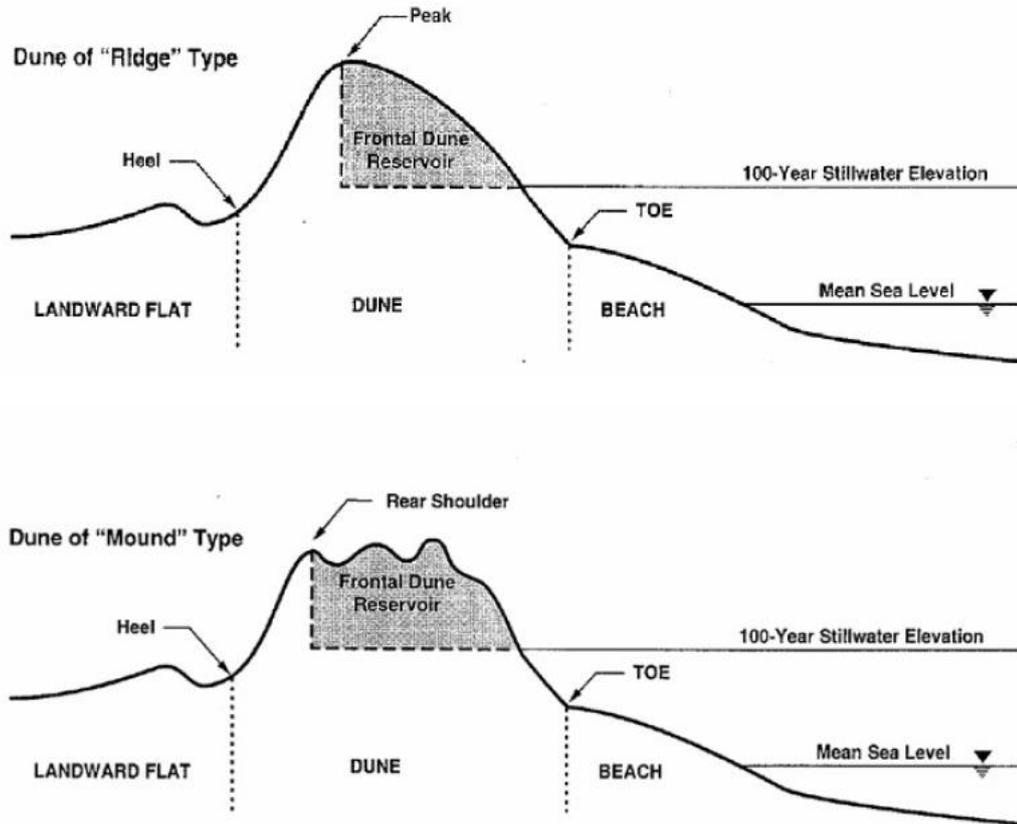


Figure 6-5 : Représentation du calcul du volume du stock maximum mobilisable par un événement caractérisé par un niveau d'eau centennal, valeur limite avant disparition de la dune (Source : FEMA, 2003)

Dans le cas d'un ouvrage fixe, le guide méthodologique des Plans de Prévention des Risques Littoraux considère que tout ouvrage peut être défaillant. Une défaillance sera ainsi considérée sur tous les ouvrages protégeant un bassin de risque. Si l'ouvrage est également soumis au débordement par plus de 20 cm, la ruine généralisée de l'ouvrage sera le scénario de référence. Dans le cas contraire, le principe de la rupture partielle sous forme d'une brèche forfaitaire de 100 mètres sera considéré. Le positionnement de la brèche ne peut a priori être déterminé. Sur de longs linéaires le principe de la brèche glissante couvrant l'intégralité de l'ouvrage sera retenu. Sur des linéaires plus restreints ou si la zone basse arrière littorale est peu développée, nous proposerons une position de brèche défavorable.

Franchissement

Les franchissements par paquets de mer sont la transformation de l'énergie de la houle au contact d'ouvrages réflexifs. Ils apparaissent lorsque la différence entre le niveau marin et la cote de l'ouvrage est faible.

Les sites à franchissement par paquet de houle seront principalement identifiés par l'analyse historique et les forçages météo marins.

D'autre part, ce phénomène ne sera pas étudié sur les sites où il n'y a pas ou peu de houle (cf. l'analyse de l'événement de référence).

Ce phénomène est exclu sur les sites présentant en trait de côte composé un ouvrage non-réflexif, du type cordon dunaire. Un cordon dunaire absorbe l'énergie de la houle, et la restitue principalement sous forme d'érosion.

Le phénomène d'overwash (jet de rive) décrit une intrusion d'eau par franchissements sur un cordon dunaire. Il ne sera pas étudié dans cette étude pour plusieurs raisons :

- Les cordons dunaires étudiés ici ont une hauteur entre leur crête et le pied de dune d'environ 3 à 4 mètres, ce qui est trop important pour que le jet de rive puisse franchir le cordon dunaire ;
- Sur un cordon dunaire, le phénomène étudié serait une brèche ou un overwash. Les volumes d'eau apportés par une brèche sont plus importants que ceux issus d'un phénomène d'overwash. Sur chaque cordon dunaire, une brèche sera étudiée, ce qui reste une hypothèse défavorable.

6.2.2 Site du port du Crouesty

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué dans le port du Crouesty est de 3,70 m NGF. Or, lors de la tempête du 10 mars 2008, le niveau d'eau maximal mesuré au marégraphe du port du Crouesty est de 3,73 m NGF. D'autre part, il est nécessaire de rappeler que le site d'étude est à l'abri des houles, ce paramètre n'entre donc pas en compte pour le choix de l'événement de référence.

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'événement de référence au port du Crouesty. Il est défini par un niveau d'eau total de 4,18 m NGF.

La surcote de déferlement n'est pas considérée pour ce site. Les événements historiques ont cependant montré qu'il pouvait exister une surcote dans les enceintes portuaires, sans qu'il n'y ait de déferlement de la houle. A l'heure actuelle, ce type de surcote est mal connu et ne peut être quantifié. Les statistiques sur les niveaux marins extrêmes étant issues des mesures de niveau effectuées dans des ports, on peut cependant considérer que les niveaux statistiques considérés tiennent compte de ce type de surcote.

Scénario de référence

L'analyse topographique montre que le port du Crouesty est bordé d'ouvrages dont la cote est inférieure au niveau de référence. Un risque de débordement est donc présent.

La cote du terrain naturel à l'intérieur des terres étant égal ou supérieur à la cote maximale des ouvrages portuaires, le risque de rupture d'ouvrage a été écarté.

Le site étudié se situant à l'intérieur des infrastructures portuaires, c'est-à-dire à l'abri de la houle, il n'y a pas de franchissements par paquets de mer.

6.2.3 Site de la plage du Fogeo

Événement de référence

Le niveau d'eau de l'événement centennal reconstitué sur la plage du Fogeo est de 3,70 m NGF, la surcote de déferlement étant nulle. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,16 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-11).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'évènement de référence sur la plage du Fogeo.

Scénario de référence

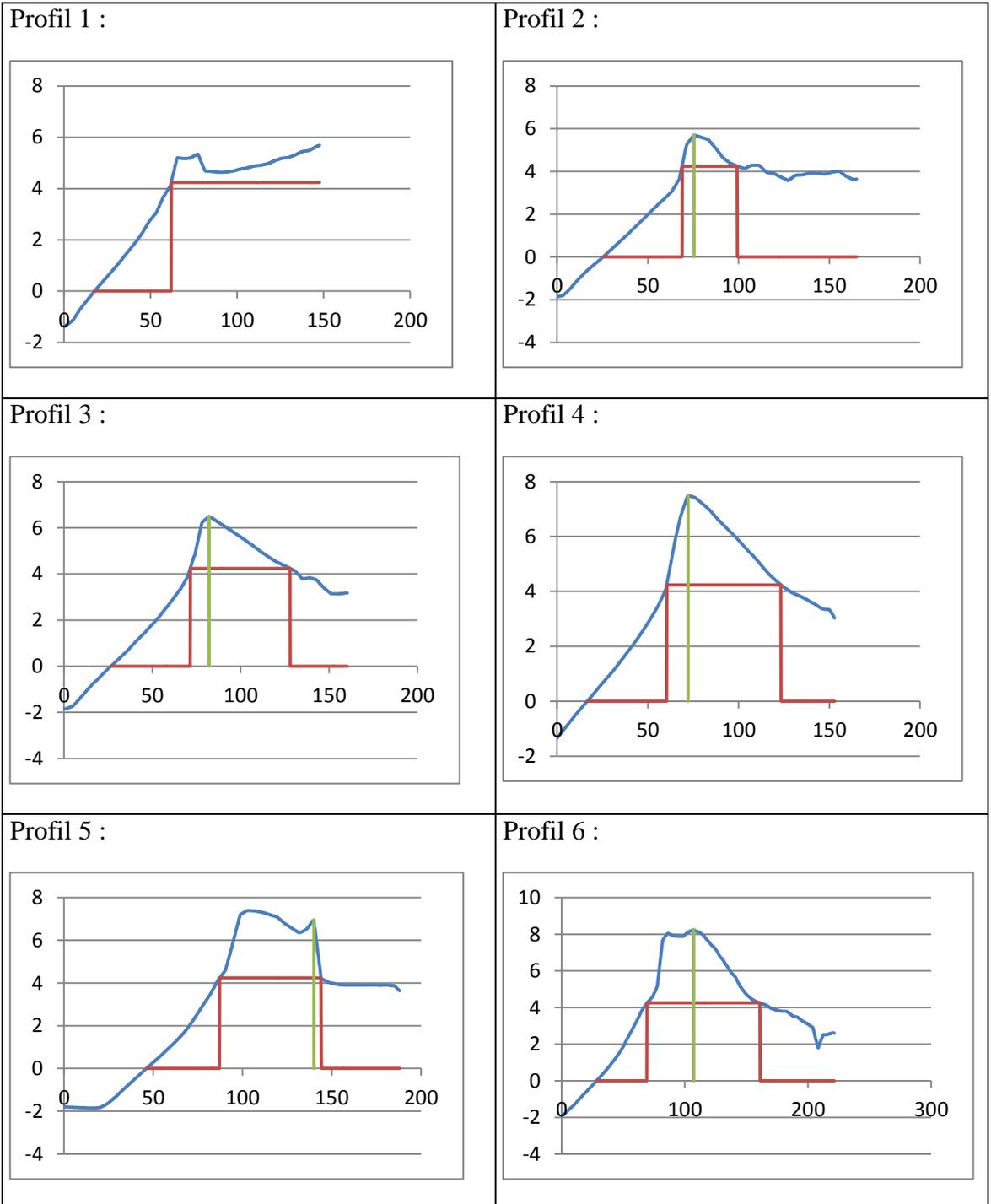
Le trait de côte du site d'étude est un cordon dunaire de géométrie non-homogène sur toute la longueur de la plage. Le niveau de Pleine-Mer étant plus bas que la crête du cordon dunaire, le risque de débordement est exclu. De plus, le phénomène de franchissements par paquets de mer ne peut apparaître que sur des ouvrages réfléchissant l'énergie de la houle. Un cordon dunaire absorbe l'énergie de la houle, et la restitue sous forme d'érosion.

La topographie à l'arrière du cordon dunaire est inférieure au niveau marin de référence. La méthode issue des travaux de la FEMA permet de conclure sur l'existence d'une possibilité de défaillance du cordon dunaire, ainsi que de localiser les points faibles du cordon dunaire, où le risque est le plus fort. Aucune brèche historique n'a cependant été recensée sur ce site.

Le paramètre le plus influent lors d'une défaillance d'ouvrage est le niveau d'eau. Le niveau de l'évènement de référence est de 4,24 m NGF à la côte (cf. Tableau 6-1).

Plusieurs profils ont été établis à partir des données topographiques afin de localiser les parties du cordon dunaire pouvant présenter un risque de rupture. Ces profils numérotés de 1 à 7 d'Ouest en Est sont présentés ci-dessous.





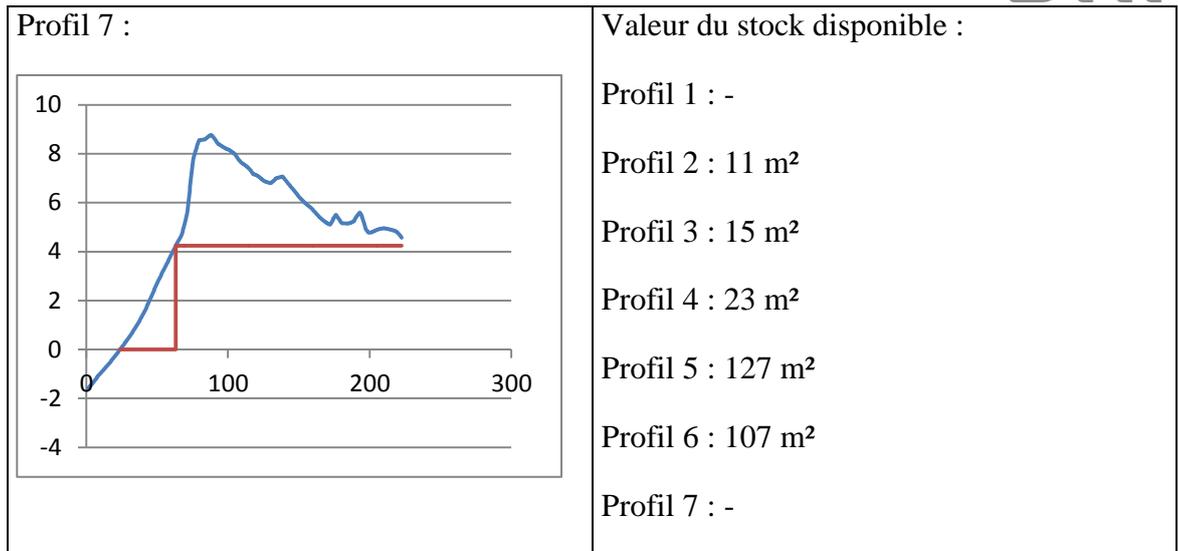


Figure 6-6 : Localisation et description des profils établis sur la plage du Fogeo

Les profils 2, 3 et 4 ne satisfont pas à la règle des 50 m². La possibilité d'une défaillance ne peut donc être écartée sur ce linéaire. Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, une brèche de 100 mètres de longueur sera modélisée. Les profils 2, 3 et 4 étant suffisamment rapprochés et la zone arrière littorale étant continue, une position unique de brèche a été considérée. La brèche a ainsi été localisée sur le profil 3 au droit de l'accès du club de voile.

D'autre part, ce secteur présente une nette tendance à l'érosion (cf. Paragraphe 3.4.1).



Figure 6-7 : Trait de côte au niveau du club de voile sur la plage du Fogeo (Source : DHI)

6.2.4 Site de la plage de Kervert

Événement de référence

Le niveau d'eau de l'événement centennal reconstitué sur la plage de Kervert est de 3,70 m NGF, la surcote de déferlement étant nulle. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,15 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-11).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'évènement de référence sur la plage de Kervert.

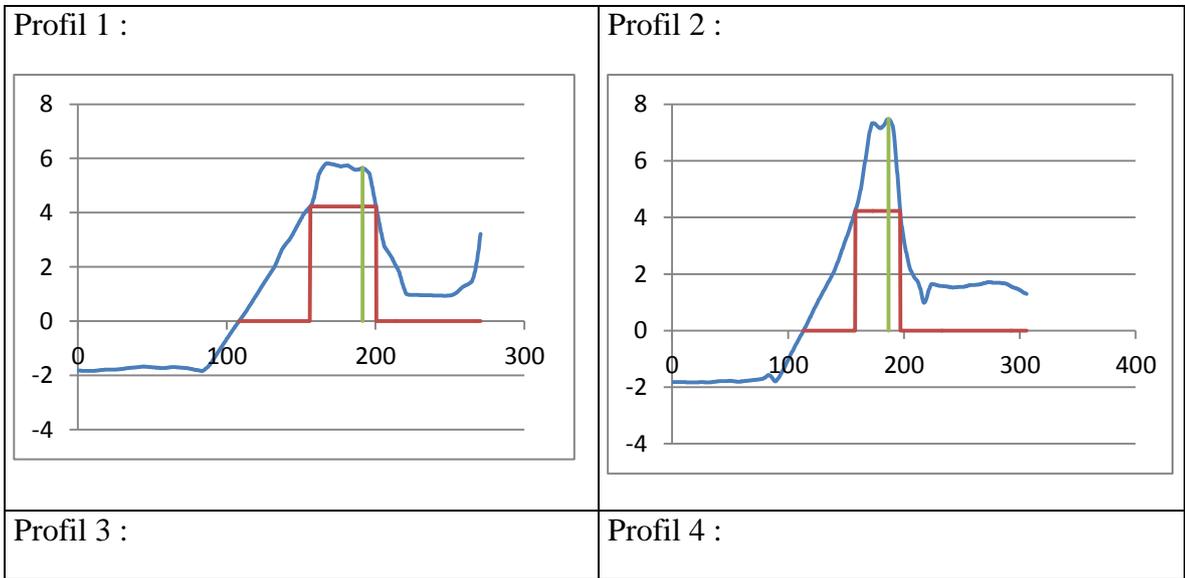
Scénario de référence

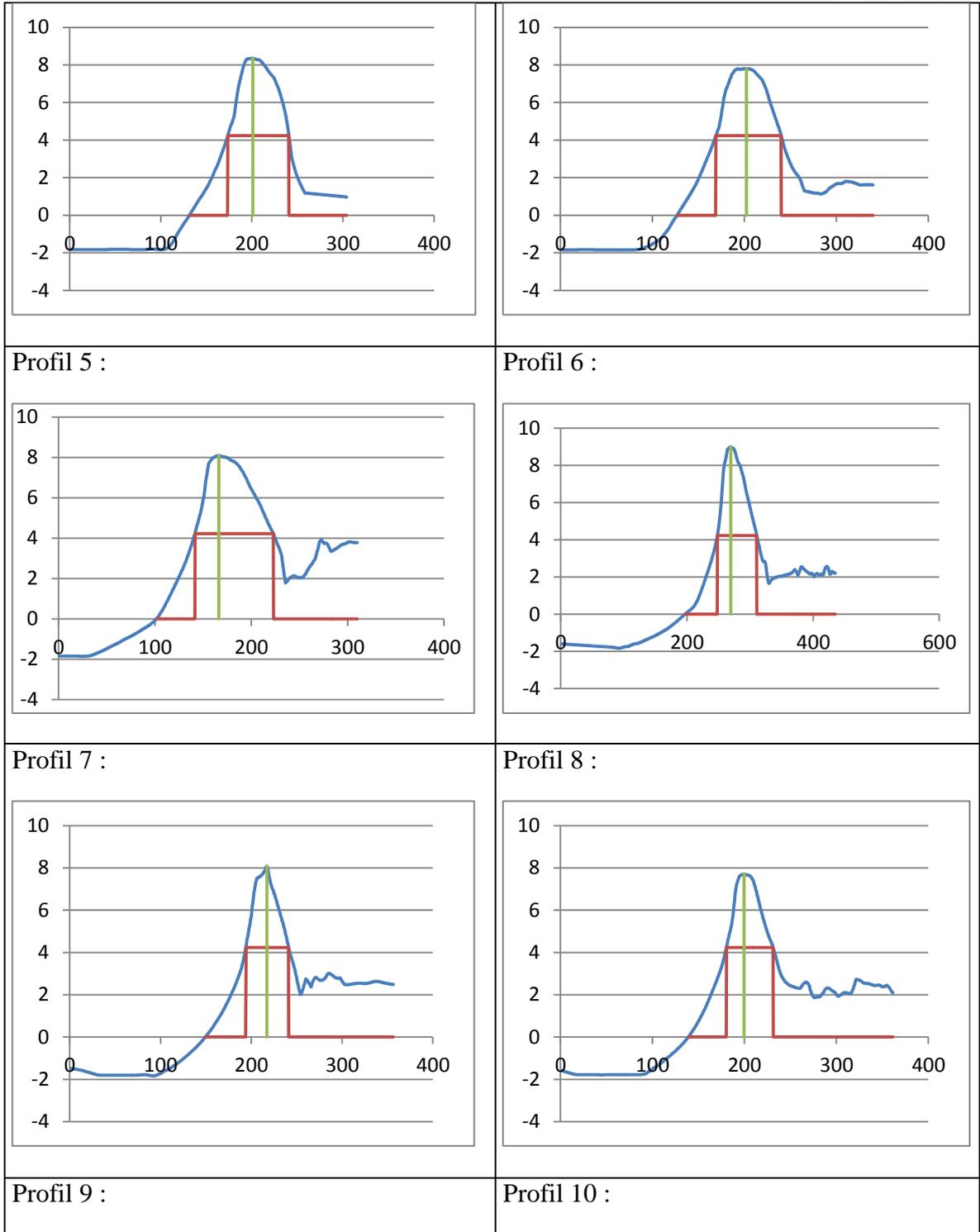
Le trait de côte du site d'étude est un cordon dunaire de géométrie non-homogène sur toute la longueur de la plage. Le niveau de Pleine-Mer étant plus bas que la crête du cordon dunaire, le risque de débordement est exclu. De plus, le phénomène de franchissements par paquets de mer ne peut apparaître que sur des ouvrages réfléchissant l'énergie de la houle. Un cordon dunaire absorbe l'énergie de la houle, et la restitue sous forme d'érosion. Le risque de franchissement est donc écarté.

La topographie à l'arrière du cordon dunaire est inférieure au niveau marin de référence. La méthode issue des travaux de la FEMA permet de conclure sur l'existence d'une possibilité de défaillance du cordon dunaire, ainsi que de localiser les points faibles du cordon dunaire, où le risque est le plus fort. De plus, une brèche dans le cordon dunaire a déjà été constatée sur le site de Kervert suite à la tempête du 1^{er} janvier 1877 (cf. Fiche tempête en annexe).

Le paramètre le plus influent lors d'une défaillance d'ouvrage est le niveau d'eau. Le niveau de l'évènement de référence est de 4,23 m NGF à la côte (cf. Tableau 6-1).

Plusieurs profils ont été établis à partir des données topographiques afin de localiser les parties du cordon dunaire pouvant présenter un risque de rupture. Ces profils numérotés de 1 à 10 du Nord au Sud sont présentés ci-dessous.





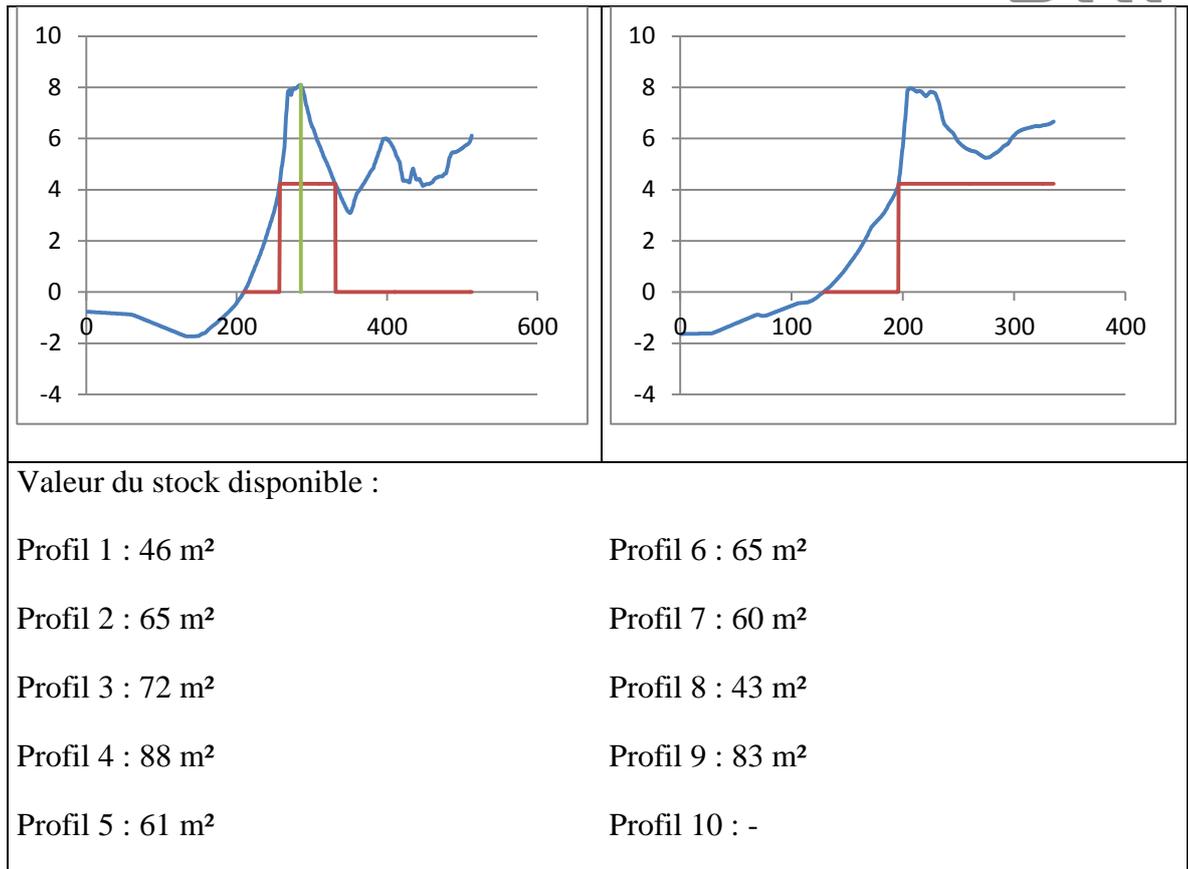


Figure 6-8 : Localisation et description des profils établis sur la plage de Kervert

Les profils 1 et 8 ne satisfont pas à la règle des 50 m². La possibilité d'une défaillance ne peut être écartée. De plus, une buse est présente au niveau du profil 1, ce qui constitue un point faible dans le cordon dunaire. Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, une brèche de 100 mètres de longueur sera modélisée au niveau de chacun de ces deux profils. Les brèches ont ainsi été localisées sur le profil 1 et sur le profil 8.

Le profil 1 présente un point de faiblesse lié à la présence d'une buse, ce qui justifie la localisation de cette brèche. D'autre part, le profil 8 est un secteur présentant une tendance à l'érosion (cf. Paragraphe 3.4.2).



Figure 6-9 : Buse au niveau du cordon dunaire (profil 1) de la plage de Kervert (Source : DHI)



Figure 6-10 : Cordon dunaire (profil 5 à gauche, profil 8 à droite) de la plage de Kervert (Source : DHI)

6.2.5 Site de Kerpont

Événement de référence

Le niveau d'eau de l'événement centennal reconstitué sur le site de Kerpont est de 3,70 m NGF, la surcote de déferlement est de 0,01 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,14 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-11).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'évènement de référence sur le site de Kerpont.

Scénario de référence

L'analyse topographique a montré que la partie située la plus au Nord présente une zone basse estuarienne avec en amont un ouvrage de type porte à la mer. Cet ouvrage vétuste présente un risque important de défaillance en cas d'évènement de grande ampleur. Il sera donc considéré défaillant.



Figure 6-11 : Portes à la mer sur le site de Kerpont (Source : DHI)



Figure 6-12 : Secteur Nord du site de Kerpont (Source : DHI)

La partie Sud du site d'étude présente un cordon dunaire de géométrie non-homogène sur toute la longueur de la plage. Le niveau de Pleine-Mer étant plus bas que la crête du cordon dunaire, le risque de débordement est exclu sur cette partie. De plus, le phénomène de franchissements par paquets de mer ne peut apparaître que sur des ouvrages réfléchissant l'énergie de la houle. Un cordon dunaire absorbe l'énergie de la houle, et la restitue sous forme d'érosion. Le risque de franchissement est donc écarté.

La topographie à l'arrière du cordon dunaire est cependant inférieure au niveau marin de référence. La méthode issue des travaux de la FEMA permet de conclure sur l'existence d'une possibilité de défaillance du cordon dunaire, ainsi que de localiser les points faibles du cordon dunaire, où le risque est le plus fort. Aucune brèche historique n'a cependant été recensée sur ce site.



Figure 6-13 : Cordon dunaire et zone basse à l'arrière de la dune - Kerpont (Source : DHI)

Le paramètre le plus influent lors d'une défaillance d'ouvrage est le niveau d'eau. Le niveau de l'évènement de référence est de 4,22 m NGF à la côte (cf. Tableau 6-1).

Plusieurs profils ont été établis à partir des données topographiques afin de localiser les parties du cordon dunaire pouvant présenter un risque de rupture. Ces profils numérotés de 1 à 5 du Nord au Sud sont présentés ci-dessous.



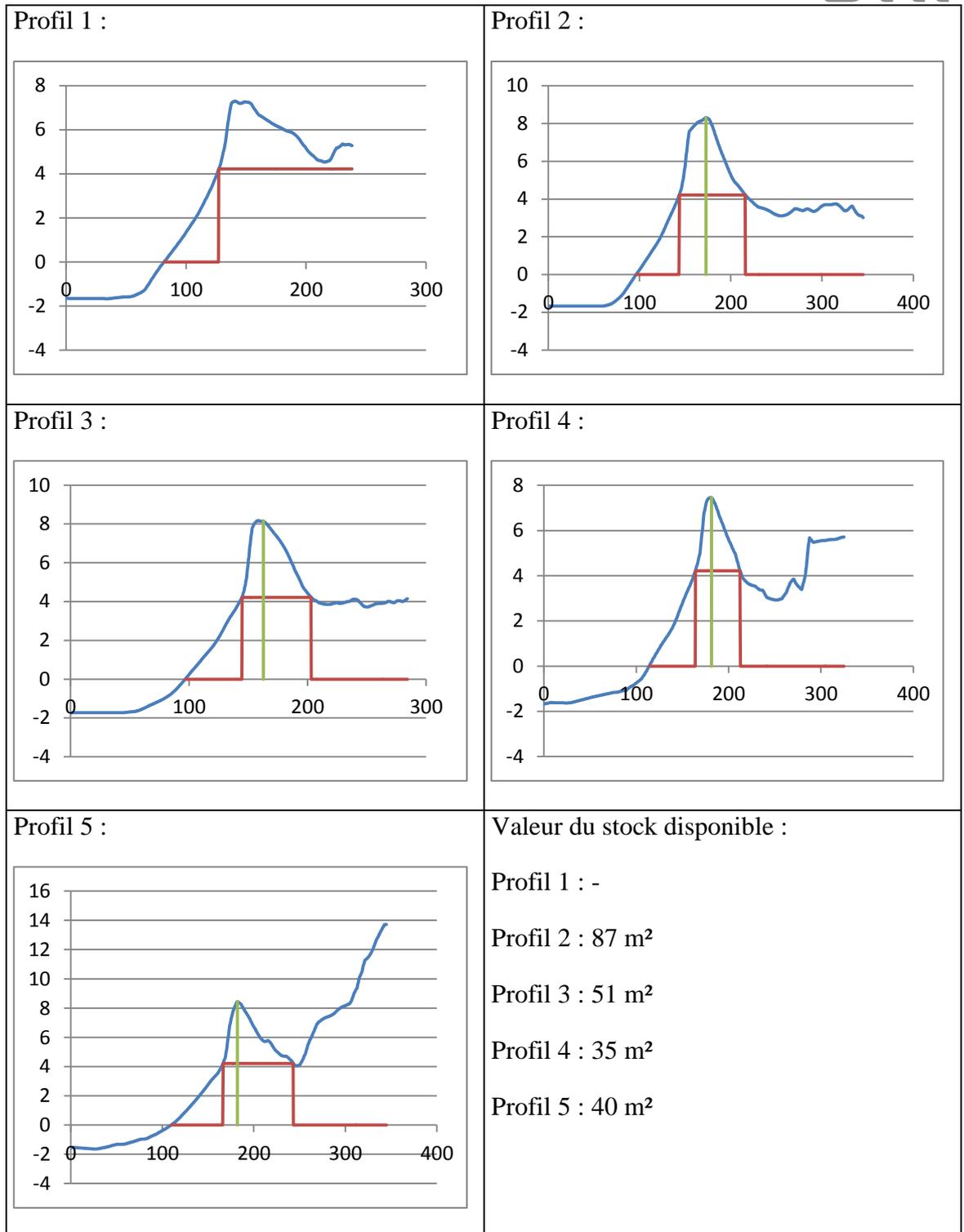


Figure 6-14 : Localisation et description des profils établis sur le site de Kerpont

Les profils 4 et 5 ne satisfont pas à la règle des 50 m². La possibilité d'une défaillance ne peut être écartée. Conformément à la circulaire du 27 juillet 2011, une brèche de 100 mètres de longueur sera modélisée. Les profils 4 et 5 étant suffisamment rapprochés et la zone basse à l'arrière du littoral étant continue, une position unique de brèche a été considérée. La brèche a ainsi été localisée entre les profils 4 et 5, où le trait de côte est stable, et présente même une tendance à l'érosion.

Prise en compte de la canalisation

Une canalisation de diamètre 1 m relie le marais à l'étang. Cette canalisation a été prise en compte dans la modélisation.

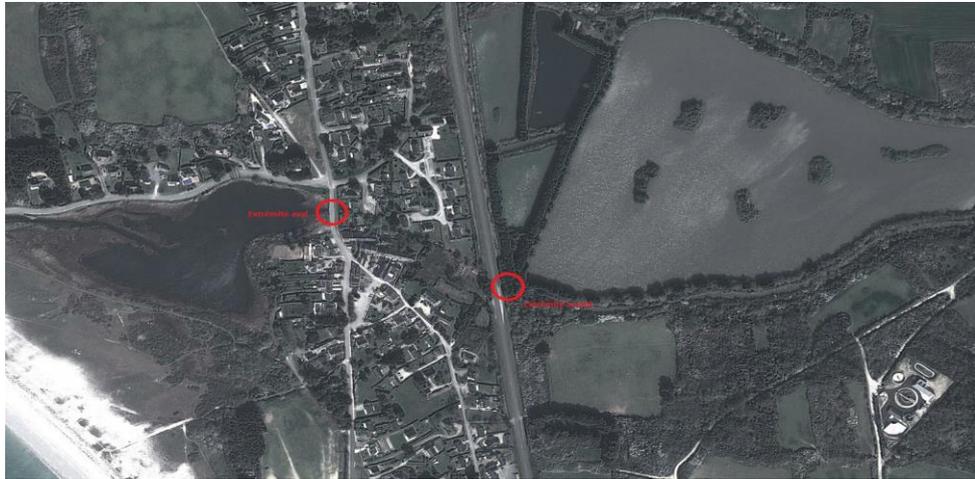


Figure 6-15 : Canalisation à Kerpont

6.2.6 Site de Saint-Jacques Camping

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur le site de Saint-Jacques Camping est de 3,70 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,02 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,59 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,29 m, causée par une forte houle (cf. Figure 5-12).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'événement de référence sur le site de Saint-Jacques Camping.

L'événement de référence est composé d'un niveau d'eau égal à 3,59 m NGF et d'une hauteur significative de houle égale à 3,64 m à l'isobathe -10 m CM. (cf. Figure 5-12).

Scénario de référence

Le site d'étude présente un ouvrage homogène sur un linéaire de 500 mètres. Le niveau de référence étant plus bas que la crête du perré, le risque de débordement est exclu sur ce site.

La circulaire du 27 juillet 2011 impose d'étudier une défaillance d'une largeur de 100 mètres sur un ouvrage de protection du trait de côte. La zone basse à l'arrière du littoral formant un casier, l'emprise de l'inondation ne variera pas quel que soit le lieu de la défaillance. De plus, la longueur totale du perré ne justifie pas l'emploi de brèches glissantes sur ce site. La brèche a ainsi été localisée au droit du camping.

De plus, le phénomène de franchissements par paquets de mer constitue un risque sur toute la longueur de cet ouvrage déjà relevé sur l'analyse historique.



Figure 6-16 : Perré du site d'étude Saint-Jacques Camping (Source : DHI)

6.2.7 Site de Saint-Jacques Port

Evénement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur le site de Saint-Jacques Port est de 3,03 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,35 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,44 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-13).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'événement de référence sur le site de Saint-Jacques Port.

L'événement de référence est composé d'un niveau d'eau égal à 3,63 m NGF et d'une hauteur significative de houle égale à 3,77 m à l'isobathe -10 m CM. (cf. Figure 5-13).

Scénario de référence

Le trait de côte sur ce site est constitué par un enchainement hétéroclite de murets délimitant les propriétés en haut de plage. L'analyse topographique a montré que ce site était vulnérable à une submersion par débordement sur l'anse à l'Est de Kerfontaine

Il n'y a pas de zones basses à l'arrière du trait de côte, donc le risque de rupture d'ouvrage sur ce site est exclu.

Ce trait de côte permet néanmoins les franchissements par paquets de mer. De plus, une submersion par franchissement a eu lieu en 2010. Le risque de franchissement par paquets de mer sera donc étudié le site de Saint-Jacques.

Le trait de côte étant très hétéroclite, une étude plus approfondie est nécessaire afin de repérer les ouvrages pouvant présenter un risque de franchissements par paquets de mer. Elle sera menée d'Ouest en Est, en partant du port de Saint-Jacques.

La première partie du trait de côte couvre une partie importante de l'anse du port. Cette forme de perré se distingue par une pente surmontée d'un muret qui est suivi, à l'arrière d'une promenade d'environ 2 m de largeur. Ensuite, soit le terrain reste plat, avec un parking et une route sur la partie la plus à l'Ouest, soit on observe un enchainement de murets de hauteur différente pour chaque propriété. Cette partie est vulnérable à des franchissements du perré par paquets de mer. Dans un souci de continuité, ces murets verticaux ont été considérés effacés.



Figure 6-17 : Trait de côte - Saint-Jacques – Localisation de la partie 1



Figure 6-18 : Trait de côte - Saint-Jacques –partie 1 (Source : DHI)

Lorsqu'on se dirige vers l'Ouest, le perré s'efface pour laisser apparaître un cordon dunaire à nu, comme montré en Figure 6-20. Aucun franchissement ne sera considéré pour cette partie.



Figure 6-19 : Trait de côte - Saint-Jacques – Localisation de la partie 2



Figure 6-20 : Trait de côte - Saint-Jacques –partie 2 (Source : DHI)

Sur la pointe entre les deux anses, le trait de côte est hétéroclite, présentant des rochers ou un muret vertical, comme montré en Figure 6-22. Néanmoins, cette pointe est entourée de plateaux rocheux, on considérera donc que les houles seront écrêtées et déferleront avant d'arriver au trait de côte.



Figure 6-21 : Trait de côte - Saint-Jacques –Localisation de la partie 3



Figure 6-22 : Trait de côte - Saint-Jacques –partie 3 (Source : DHI)

Le trait de côte se prolonge par un enchainement de parties où le terrain naturel est à nu et de murets verticaux. La Figure 6-24 montre cet enchainement d'Ouest en Est. Cette partie du trait de côte étant déjà vulnérable à débordement sur une grande partie de son linéaire, ainsi que par souci de continuité, les franchissements ne seront pas étudiés sur cette partie du trait de côte de Saint-Jacques Port.

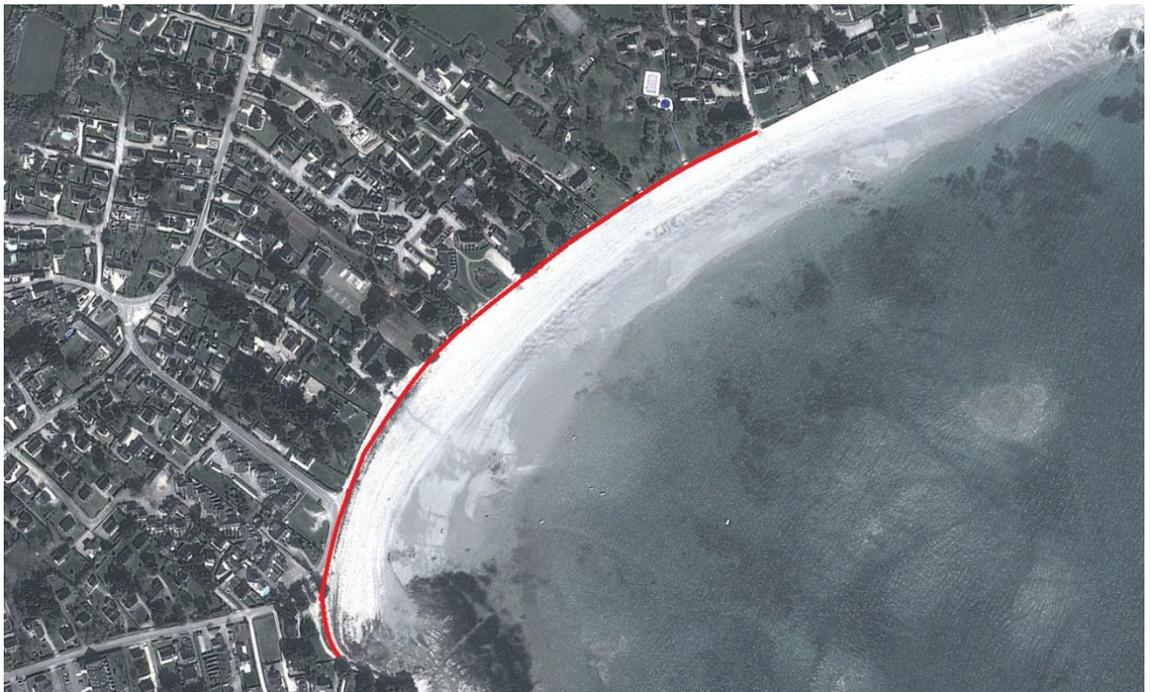


Figure 6-23 : Trait de côte - Saint-Jacques – Localisation de la partie 4



Figure 6-24 : Trait de côte - Saint-Jacques –partie 4 (Source : DHI)

6.2.8 Site du Roaliguen

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur le site du Roaliguen est de 3,03 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,20 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,23 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-13).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus

forte et suffisamment documentée. L'événement de 2008 sera donc l'évènement de référence sur le site du Roaliguen.

L'événement de référence est composé d'un niveau d'eau égal à 3,63 m NGF et d'une hauteur significative de houle égale à 3,77 m à l'isobathe -10 m CM. (cf. Figure 5-13).

Scénario de référence

La cote du cordon dunaire à l'Est du camping est environ la même cote que le niveau marin de référence. Cela signifie que par endroits le niveau d'eau permettra des intrusions par faibles débordements sur cette partie.

Il n'y a pas de zones basses à l'arrière du trait de côte, donc le risque de rupture d'ouvrage sur ce site est exclu.

Au niveau du camping, le trait de côte est protégé par un perré. Ce perré est composé de deux parties distinctes. La partie la plus à l'Est est un perré incliné incluant un couronnement. La partie à l'Ouest est constituée d'un mur quasi-vertical avec un couronnement. Ce perré montre une vulnérabilité aux franchissements par paquets de mer. Le risque de franchissement par paquets de mer sera donc étudié le site du Roaliguen.

A l'Ouest, le trait de côte se présente sous la forme d'un enchainement hétéroclite de murets verticaux. Néanmoins le terrain naturel est plus élevé que le niveau marin de référence. Aucune submersion ne sera donc étudiée sur cette partie.



Figure 6-25 : Perré au Roaliguen (Source : DHI)

6.2.9 Site de Penvins Plage

Evénement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur la plage de Penvins est de 3,80 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,08 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,67 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,19 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-14).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement centennal sera donc l'évènement de référence sur la plage de Penvins.

Scénario de référence

Le trait de côte du site d'étude se divise en deux parties.

- La partie Ouest constitué d'un cordon dunaire partiellement protégé par des enrochements en bas de plage ;
- La partie Est constituée d'un perré.

La partie Ouest présente un cordon dunaire de géométrie non-homogène sur toute la longueur de la plage. Le niveau de référence étant plus bas que la crête du cordon dunaire, le risque de débordement est exclu. De plus, le phénomène de franchissements par paquets de mer ne peut apparaître que sur des ouvrages réfléchissant l'énergie de la houle. Un cordon dunaire absorbe l'énergie de la houle, et la restitue sous forme d'érosion, en témoigne l'érosion du cordon dunaire pour la tempête Johanna du 10 mars 2008 (cf. Figure 6-26). Le risque de franchissement est donc écarté.

La topographie à l'arrière du cordon dunaire est inférieure au niveau marin de référence. La méthode issue des travaux de la FEMA permet de conclure sur l'existence d'une possibilité de défaillance du cordon dunaire, ainsi que de localiser les points faibles du cordon dunaire, où le risque est le plus fort. Aucune brèche historique n'a cependant été recensée sur ce site.

Le paramètre le plus influent lors d'une défaillance d'ouvrage est le niveau d'eau. Le niveau de l'évènement de référence est de 4,33 m NGF à la côte (cf. Tableau 6-1).

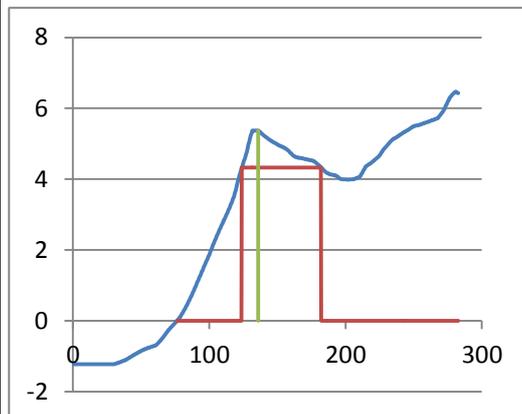


Figure 6-26 : Erosion du cordon dunaire de la plage de Pervins après la tempête du 09 mars 2008
(Source : Services Techniques Commune de Sarzeau)

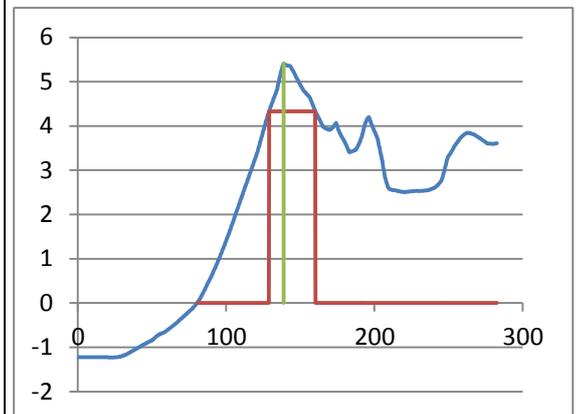
Plusieurs profils ont été établis à partir des données topographiques afin de localiser les parties du cordon dunaire pouvant présenter un risque de rupture. Ces profils numérotés de 1 à 9 du Nord au Sud sont présentés ci-dessous.



Profil 1 :

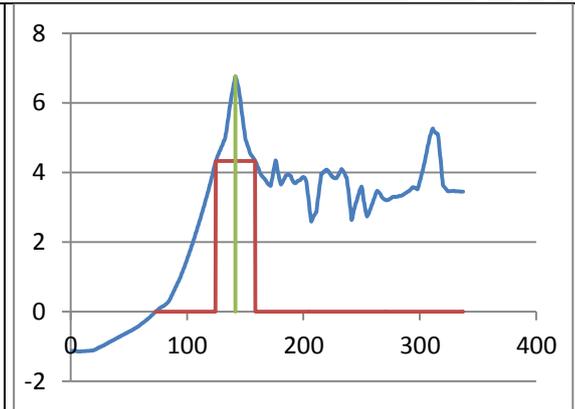
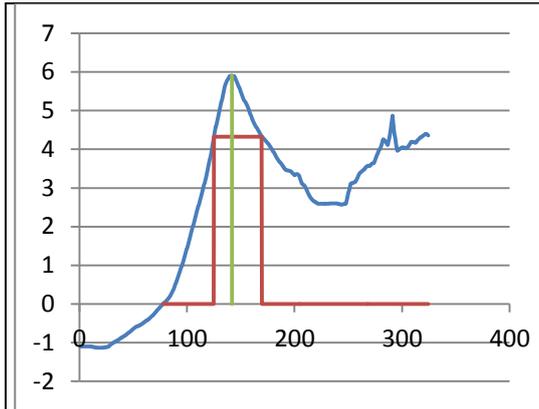


Profil 2 :

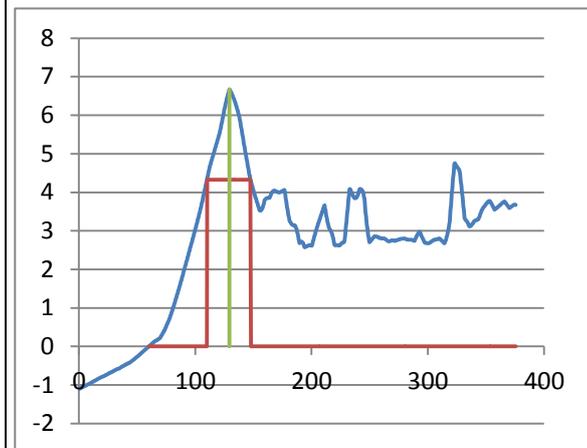


Profil 3 :

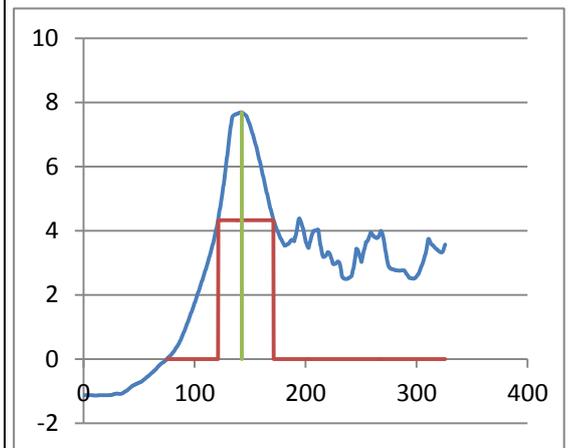
Profil 4 :



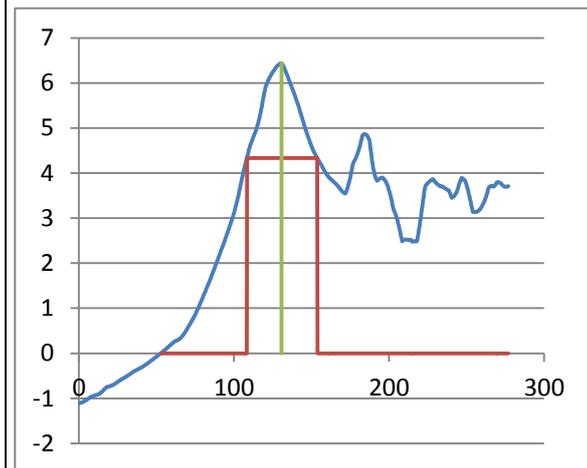
Profil 5 :



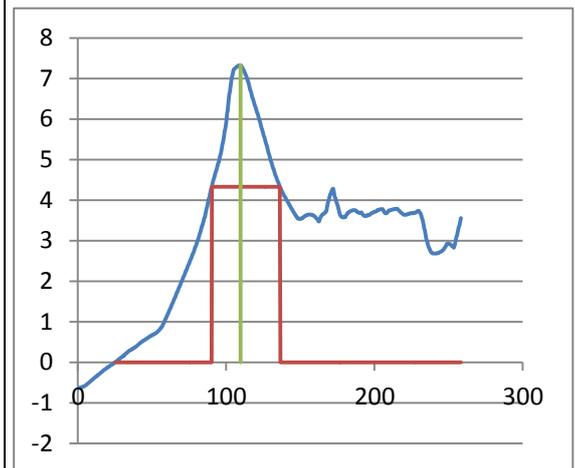
Profil 6 :



Profil 7 :



Profil 8 :



Profil 9 :

Valeur du stock disponible :

Profil 1 : 8 m²

Profil 2 : 5 m²

Profil 3 : 17 m²

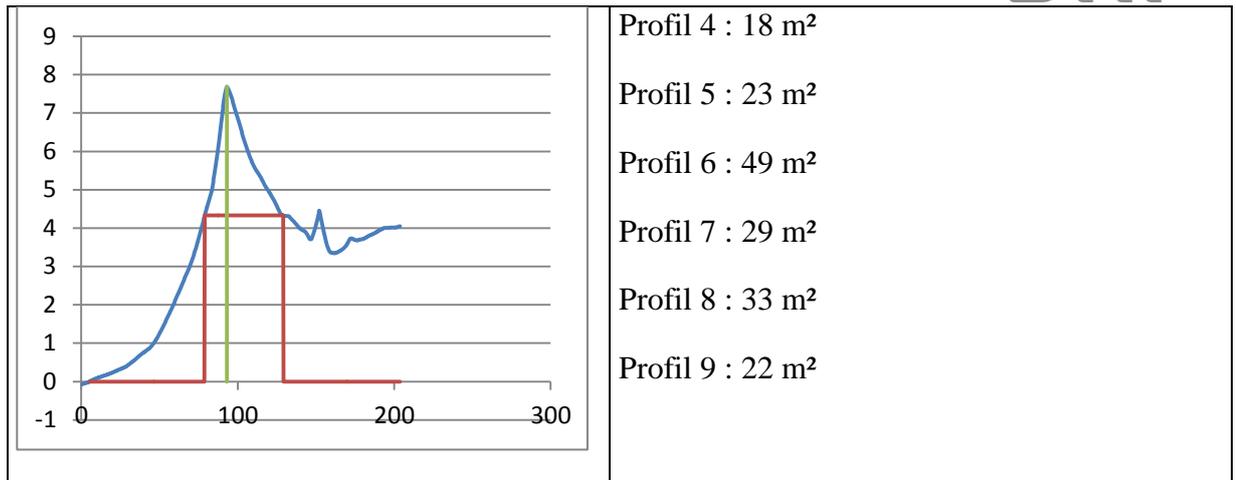


Figure 6-27 : Localisation et description des profils établis sur la plage de Penvins

Aucun des profils levés ne satisfait la règle des 50 m². On considérera donc une brèche glissante sur ce site. Sur ce secteur dunaire, la brèche peut se produire en n'importe quel lieu. L'emplacement de la brèche simulée n'est en conséquence qu'indicatif. Le trait de côte est globalement stable sur la plage de Penvins, avec une tendance à l'érosion par endroits.

La partie la plus proche de la pointe de Penvins présente un perré fixe. En mars 2008, une partie du revêtement a été emporté par la tempête et a été remplacé par des enrochements.

Le niveau de référence étant plus bas que la crête du perré, le risque de débordement est exclu sur cette partie.

De plus, le phénomène de franchissements par paquets de mer constitue un risque sur toute la longueur de cet ouvrage.

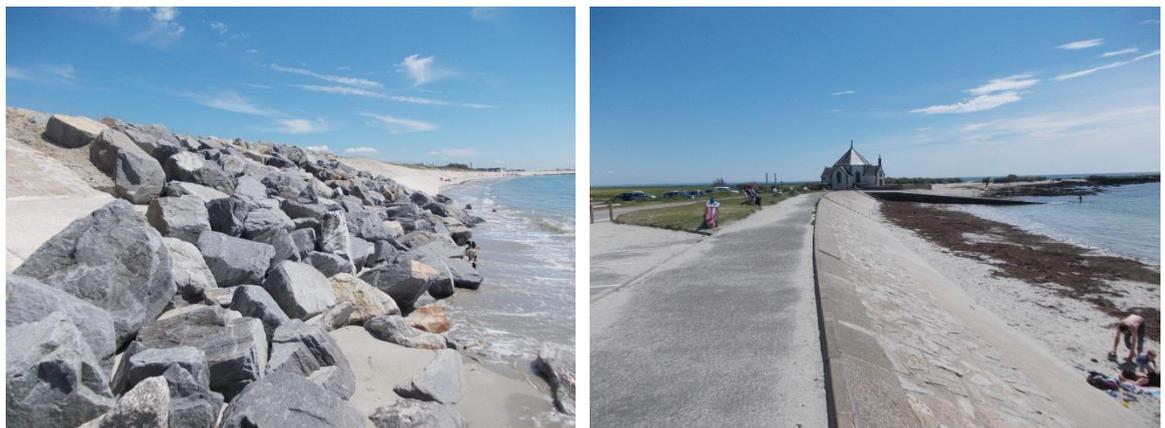


Figure 6-28 : Perré de la plage de Penvins (Source : DHI)

6.2.10 Site de Penvins La Grée

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur le site de La Grée est de 3,80 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,08 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient

s'ajouter une surcote de déferlement de 0,13 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-15).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement centennal sera donc l'évènement de référence sur le site de La Grée.

Scénario de référence

Le trait de côte sur ce site est un enchainement de murets délimitant les propriétés en haut de plage. L'analyse topographique a montré que ce site était vulnérable à une submersion par débordement.

Il n'y a pas de zones basses à l'arrière du trait de côte, donc le risque de rupture d'ouvrage sur ce site est exclu.

Du fait des volumes apportés par un débordement, le risque de franchissements par paquets de mer est négligeable. De plus le site est à l'abri des houles dominantes du fait de son exposition. Il ne sera donc pas étudié sur ce site.

6.2.11 Site de Banastère

Evénement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué à Banastère est de 3,03 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,41 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,17 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-15).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement du 10 mars 2008 sera donc l'évènement de référence sur Banastère.

Scénario de référence

Le trait de côte de Banastère se décompose en deux parties distinctes.

La première partie se situe du Sud de l'Anse jusqu'à l'extrémité Sud du parking, au niveau de la buse. Le trait de côte sur cette partie se compose d'un cordon dunaire surmonté d'un muret. L'analyse topographique a montré sur cette partie que pour le niveau de référence, cette partie est sujette au débordement.



Figure 6-29 : Cordon dunaire – Banastère (Source : DHI)

Plus au Nord, le trait de côte se présente sous la forme d'un perré. La pente de ce perré est composée d'enrochements sur sa partie Sud alors que le perré est entièrement maçonné sur sa partie Nord (cf. Figure 6-30). La topographie de ce perré montre qu'il n'est pas vulnérable au débordement.

Ce site a néanmoins été sujet à des intrusions marines par paquets de mer par le passé. Conformément à la méthodologie employée pour les PPRL, le risque de franchissements par paquets de mer doit être étudié sur ce site.

La topographie ne présente pas de point bas à l'arrière du perré, une défaillance de l'ouvrage n'est donc pas considérée sur ce site.



Figure 6-30 : Deux parties du perré – Banastère (Source : DHI)

6.2.12 Site de Kermor

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur le site de Kermor est de 3,03 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,36 m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,19 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-15).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de Mars 2008 sera donc l'évènement de référence sur Kermor.

Scénario de référence

Le trait de côte se présente sous la forme d'un perré. La pente de ce perré est composée d'enrochements sur sa partie Ouest alors que le perré est entièrement maçonné sur sa partie Est (cf. Figure 6-31).

L'analyse topographique a montré que ce perré n'est pas sensible au débordement. La topographie ne présente pas de point bas à l'arrière du perré, une défaillance de l'ouvrage n'est donc pas considérée sur ce site.

Ce site a néanmoins été sujet à des intrusions marines par paquets de mer par le passé. Conformément à la méthodologie employée pour les PPRL, le risque de franchissements par paquets de mer doit être étudié sur ce site.



Figure 6-31 : Deux parties du perré – Kermor (Source : DHI)

6.2.13 Site de Pen Cadenic

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennial reconstitué à Pen Cadenic est de 3,80 m NGF, la surcote de déferlement étant nulle sur ce site relativement protégée des fortes houles. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,03 m. causée par une plus forte houle (cf. Figure 5-15).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennial reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement centennial sera donc l'événement de référence sur Pen Cadenic.

Le niveau d'eau de référence à la côte est en conséquence égal à 4,25 m NGF.

Scénario de référence

En raison de sa position géographique à l'intérieur de la Rivière de Pénerf, le site de Pen Cadenic est abrité des houles. Les franchissements par paquets de mer ne seront donc pas étudiés sur ce site.

Le site de Pen Cadenic forme une presqu'île à l'Est de marais submersibles. Ces marais sont protégés par des digues. Néanmoins l'analyse topographique montre que ces digues sont submergées à Pleine-Mer pour l'événement de référence. Un risque de défaillance de ces digues est donc à considérer.

De plus, la topographie de l'Est du port de pêche est inférieure au niveau marin de référence sur ce site. Une submersion par débordement est donc prise en compte à Pen Cadenic.



Figure 6-32 : Dignes de second rang autour des marais – Pen Cadenic (Source : DHI)

6.2.14 Site de Pénerf

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur les plages au Sud de Pénerf est de 3,03 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,41m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,24 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-15).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement du 10 mars 2008 sera donc l'évènement de référence sur le site de Pénerf en raison de la houle plus forte qui le caractérise.

Scénario de référence

Deux sites sont à considérer sur la presqu'île de Pénerf.

Sur les plages situées à Guervert et au niveau du parking vers la Pointe du Bil, le trait de côte se présente sous la forme d'un perré. L'analyse topographique montre que perré n'est pas sujet au débordement pour l'évènement de référence. De plus, la topographie ne présente pas de point bas à l'arrière du perré, une défaillance de l'ouvrage n'est donc pas considérée sur ce site.

Ce site a néanmoins été historiquement sujet à des intrusions marines par paquets de mer. Le risque de franchissements par paquets de mer sera donc étudié sur ce site.



Figure 6-33 : Perré au Guervert (à gauche), perré sur le parking (à droite) – Pénerf (Source : DHI)

Le site du Lenn se situe à l'intérieur de la Rivière de Pénerf. En raison de sa position géographique, ce site est abrité des houles. Les franchissements par paquets de mer ne seront donc pas étudiés sur ce site.

L'analyse topographique a néanmoins montré qu'il existait un risque de submersion par débordement sur ce site. Un tel scénario sera étudié.

6.2.15 Site de la grande plage de Damgan

Événement de référence

Le niveau d'eau constituant l'événement centennal reconstitué sur la grande plage de Damgan est de 3,03 m NGF, auquel s'ajoute une surcote de déferlement de 0,44m. Le niveau d'eau recalculé de la tempête du 10 mars 2008, est de 3,63 m NGF, auquel vient s'ajouter une surcote de déferlement de 0,11 m. causée par une forte houle (cf. Figure 5-15).

Selon la méthodologie employée pour les PPRL, l'événement de référence doit être le plus pénalisant entre l'événement centennal reconstitué et la tempête historique la plus forte et suffisamment documentée. L'événement de du 10 mars 2008 sera donc l'évènement de référence sur la grande plage de Damgan.

L'évènement de référence à -10 m CM est donc composé d'un niveau d'eau égal à 3,63 m NGF et d'une hauteur significative de houle égale à 3,73 m.

Scénario de référence

Le trait de côte se présente sous la forme d'un perré homogène sur toute la longueur de la plage. La topographie de ce perré supérieure au niveau marin de référence montre que ce site n'est pas sensible au débordement. De plus, la topographie ne présente pas de point bas à l'arrière du perré, une défaillance de l'ouvrage n'est donc pas considérée sur ce site.

Ce site a néanmoins été historiquement sujet à des intrusions marines par paquets de mer. Conformément à la méthodologie employée pour les PPRL, le risque de franchissements par paquets de mer doit être étudié sur ce site.



Figure 6-34 : Perré de la grande plage de Damgan (Source : DHI)

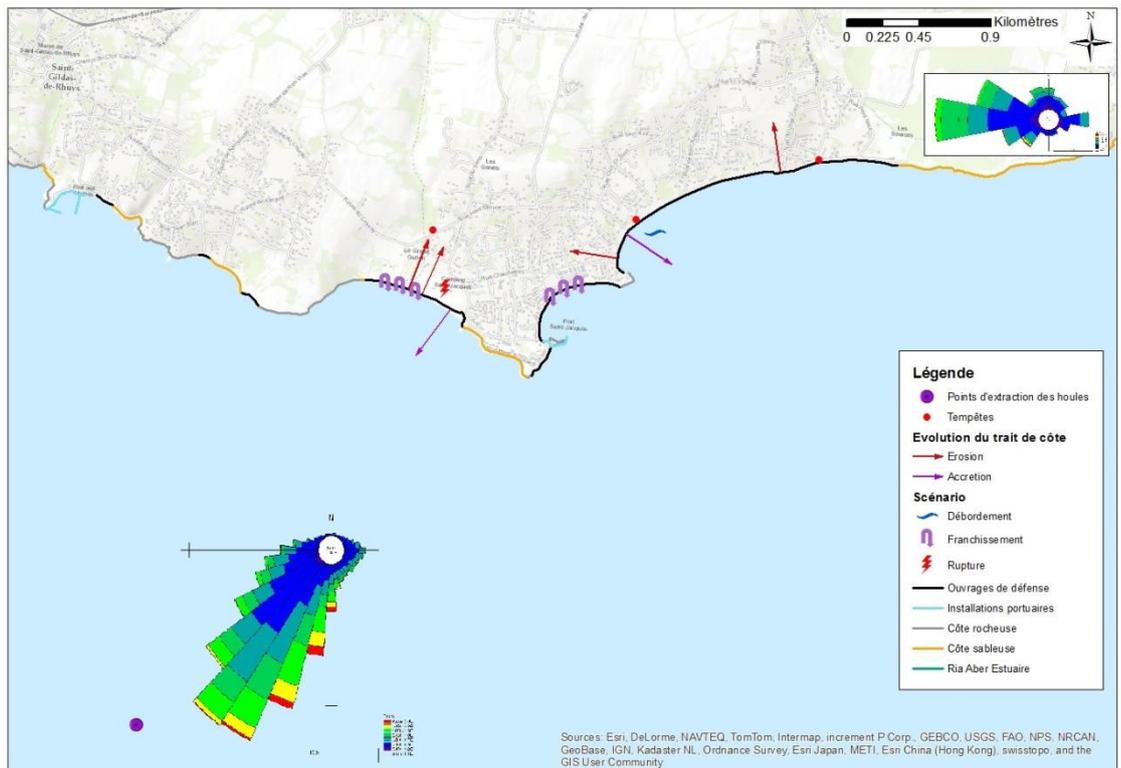
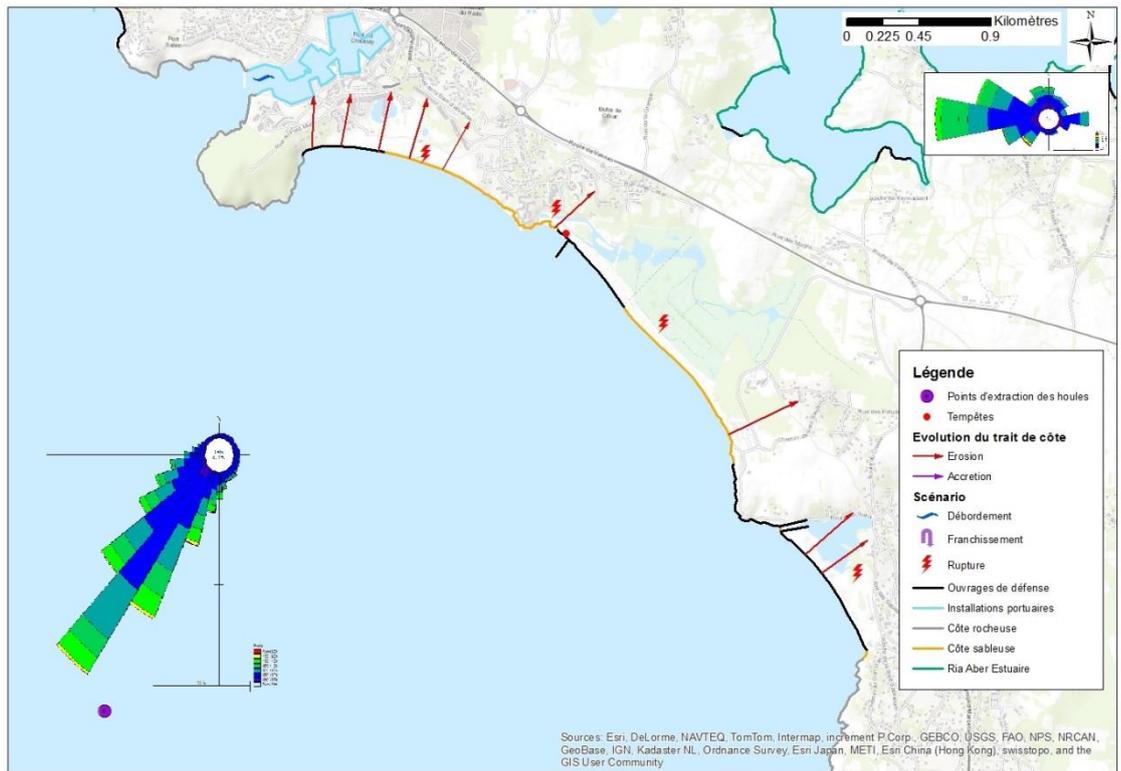
La partie située à l'intérieur de la Rivière de Pénerf, en raison de sa position géographique, ce site est abrité des houles. Les franchissements par paquets de mer ne seront donc pas étudiés sur ce site.

L'analyse topographique a néanmoins montré qu'il existait un risque de submersion par débordement sur ce site. Un tel scénario sera étudié.

6.2.16 Tableau récapitulatif

Tableau 6-3: Phénomènes retenus pour la modélisation par site

Site	Débordement	Franchissement	Rupture
Port du Crouesty	√		
Plage du Fogo			√
Plage de Kervert			√
Kerpont			√
Saint-Jacques Camping		√	√
Saint-Jacques Port	√	√	
Le Rohaliguen		√	
Plage de Penvins		√	√
Penvins La Grée	√		
Banastère	√	√	
Kermor		√	
Pen Cadenic	√		√
Pénerf	√	√	
Grande plage de Damgan	√	√	



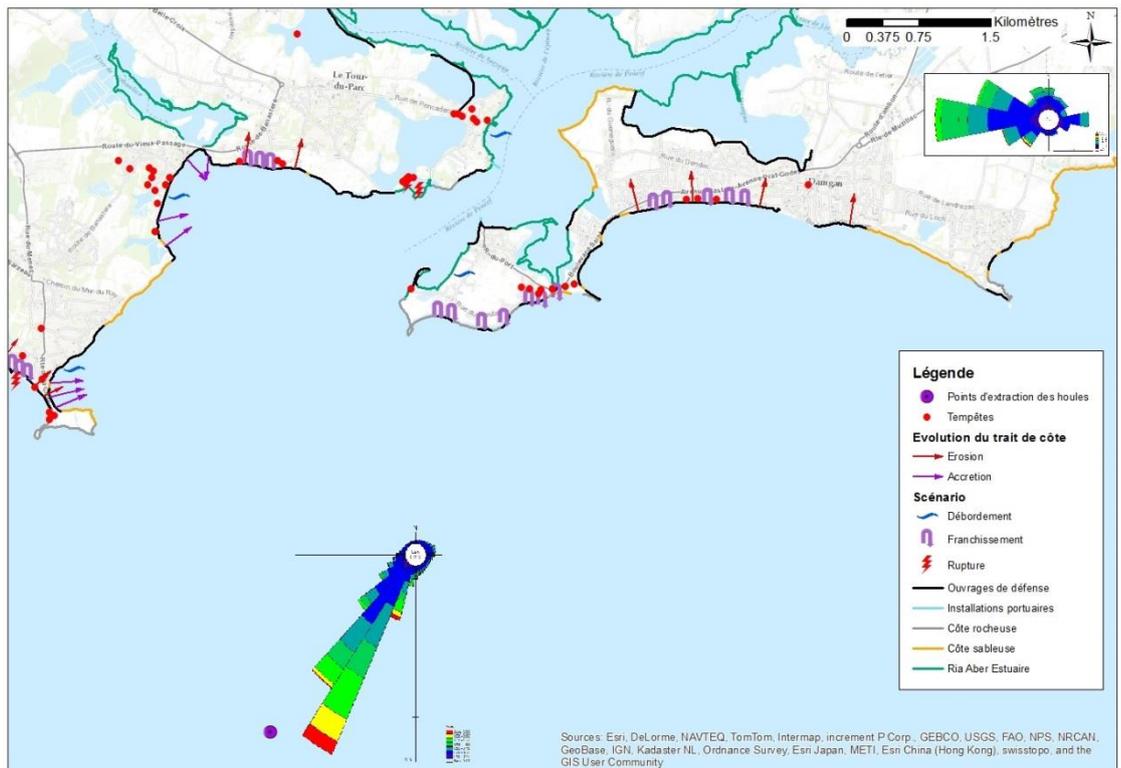
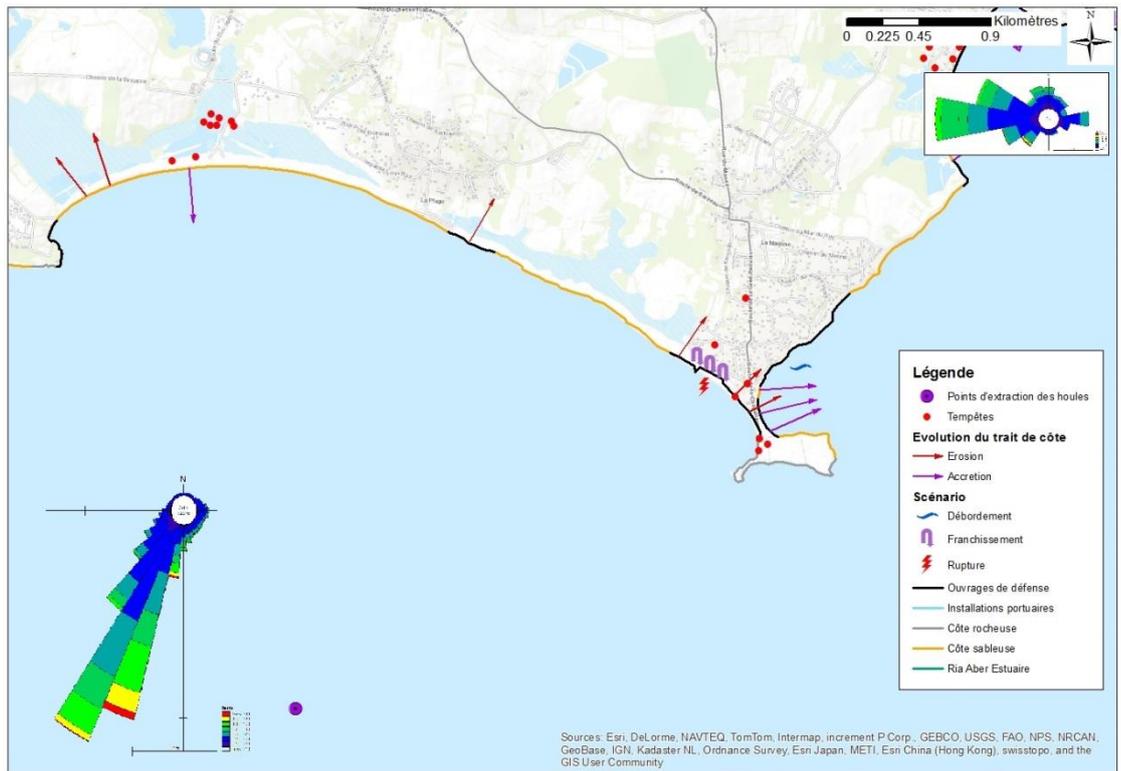


Figure 6-35 : Cartes des phénomènes et des forçages

7 CARACTERISATION DES ALEAS

7.1 Méthode

7.1.1 Présentation du logiciel de modélisation

Le modèle de submersion a été élaboré à l'aide du logiciel MIKE 21. Il utilise une description bidimensionnelle permettant de représenter les écoulements à surface libre, tant dans les zones côtières que dans les lacs, les rivières et les estuaires. Le code résout les équations de Barré-de-Saint-Venant en différences finies pour les régimes transitoires. Pour la présente étude, il permet de simuler les écoulements en tenant compte du frottement sur le fond, des écoulements torrentiels, présents essentiellement dans les ruptures, et du recouvrement / découverture des zones sèches. Les débits au travers des brèches sont calculés à l'aide d'une loi de seuil.

7.1.2 Description de la topographie

La topographie du modèle est issue du MNT de la base de données LITTO3D et se présente sous la forme d'un maillage régulier avec une résolution de 2 mètres. Cette taille de maille permet de tenir compte notamment des routes et des bâtiments.

Ainsi les ouvrages conditionnant la propagation des inondations, autres que les ouvrages littoraux (remblais routiers ou digues de protection), sont directement inclus dans la topographie. De ce fait, lorsque le niveau de l'inondation dépasse le niveau de ces ouvrages, le modèle reproduit automatiquement le débordement.

La figure ci-après présente la topographie modélisée.

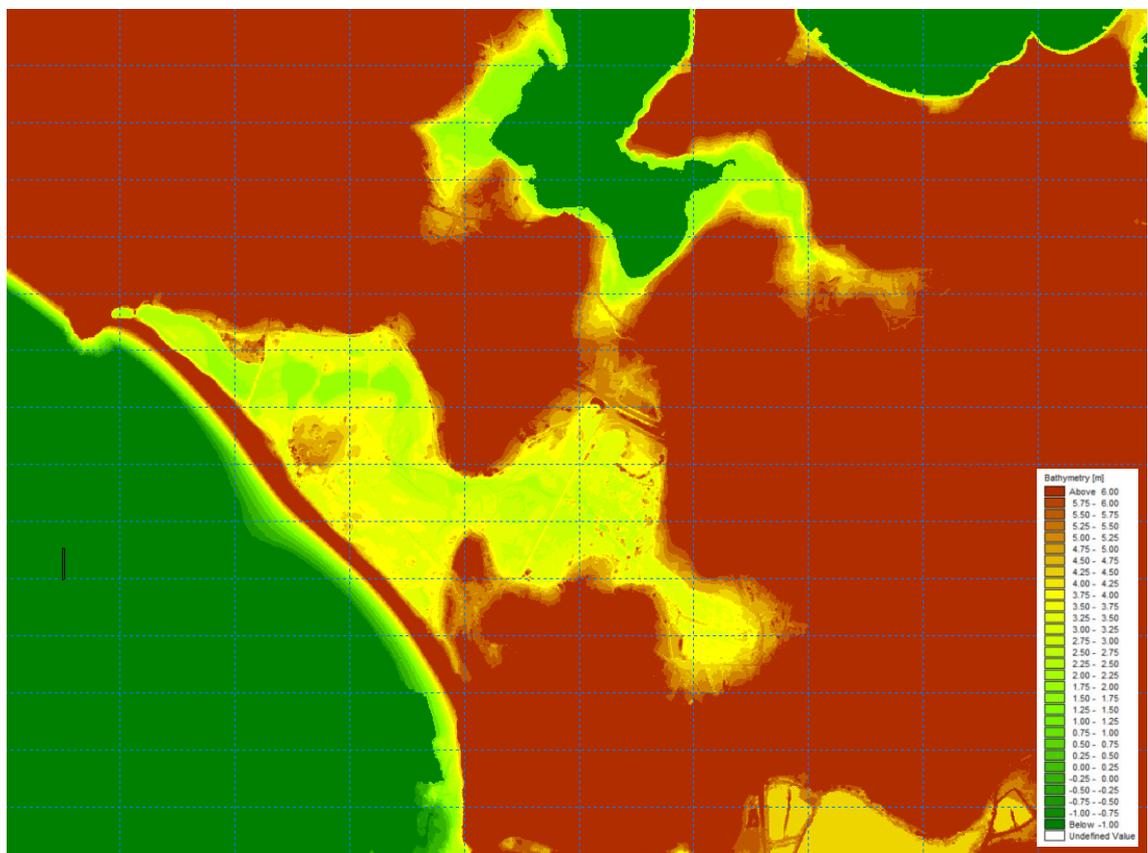


Figure 7-1 : MNT utilisé pour la modélisation-site de Kervert (cotes en m IGN69)

7.2 Constructions des marégrammes de projet

7.3 Site à débordement

Dans le cas de débordement, le modèle intègre directement le niveau de la mer sur deux cycles de marée comme condition limite. Le débit pénétrant sur le site étudié est alors calculé automatiquement en fonction de la topographie des perrés et des cordons dunaires.

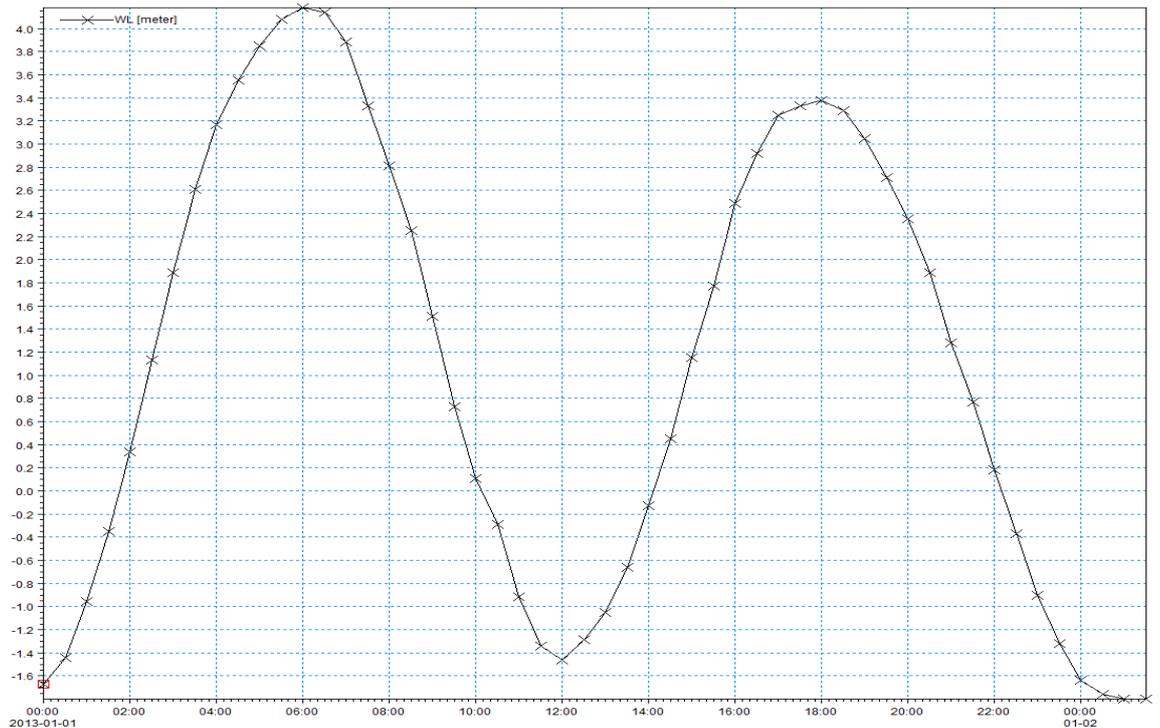


Figure 7-2 : Marégramme utilisé pour les débordements – port du Crouesty

Dans les cas où l'événement de référence pour le PPRL est l'événement historique, le marégramme est construit directement à partir d'un marégramme enregistré au port du Crouesty. Autrement le marégramme de projet est construit à partir de deux cycles de marées de coefficient 105 auxquels s'ajoute l'onde de tempête. Nous considérerons que 30 % des surcotes sont appliquées sur la deuxième pleine mer.

7.4 Défaillances

7.4.1 Conditions aux limites

Dans les cas d'écoulements issus de ruptures, la condition limite est, comme précédemment, le niveau de la mer sur deux cycles de marée. Le niveau de pleine-mer est ajusté selon la présence ou non d'une surcote de déferlement sur le site étudié (cf. Tableau 6-1 : Détermination des niveaux marins de référence). Le marégramme est construit à partir d'une forme du type de marégramme enregistré au port du Crouesty de coefficient 105 auquel une surcote atmosphérique est appliquée à 100% au premier pic de marée et à 30 % au second pic de marée. L'ensemble du marégramme est ensuite translaté des différentes surcotes retenues par site.

Le débit pénétrant sur le site étudié est calculé automatiquement en fonction des caractéristiques de cette brèche, à l'aide d'une équation de seuil. La brèche est représentée de manière simplifiée compte tenu des incertitudes existant sur sa géométrie exacte. La géométrie d'une brèche dépend en effet fortement de plusieurs facteurs tels que l'état de l'ouvrage à l'instant de la rupture ou les conditions de la mer. Il n'est donc pas possible de définir avec certitude quelle sera la forme de la brèche pour un site donné. Par conséquent, la brèche est représentée avec une largeur fixe dans le temps.

La brèche est finalement caractérisée par une forme trapézoïdale, comme illustré ci-dessous.

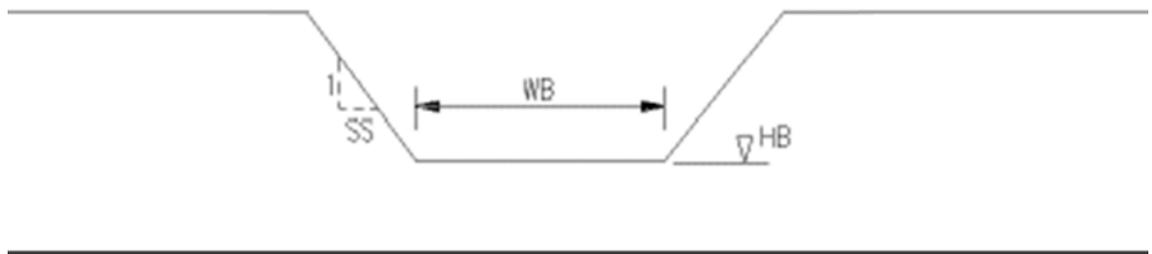


Figure 7-3 : Représentation des brèches

La brèche est ainsi décrite par trois paramètres : la largeur au point bas de la brèche (notée WB), la cote de ce point bas (HB), ainsi que la pente transversale (SS).

Pour les brèches représentées dans le cadre de cette étude, la pente transversale est de 1/1 (1 m vertical pour 1 m horizontal). La largeur des brèches varie selon chaque site. La cote du point bas de la brèche est variable dans le temps : elle est initialement égale à la cote initiale de l'ouvrage, puis s'abaisse jusqu'à la cote du terrain naturel sur une durée de 15 minutes. Cette durée, très courte, résulte d'un choix sécuritaire, puisqu'elle permet à la mer de s'engouffrer rapidement au-delà de l'ouvrage. Cette hypothèse reste cependant réaliste, contrairement à une rupture instantanée qui néglige totalement la durée d'affaissement de l'ouvrage.

Cet abaissement rapide de la brèche est initié, dans le cas général, une heure avant la pleine mer. Cet instant résulte d'un choix, puisqu'il n'est pas possible de le corrélérer aux conditions de mer, dans la mesure où il dépend notamment du matériau et de l'état de l'ouvrage. Cet instant a également pour objectif de représenter une rupture pénalisante, puisqu'il représente un compromis entre :

- une rupture intervenant à la pleine mer, qui conduit à de fortes vitesses d'écoulement (dus au fort dénivelé entre le niveau de l'eau et celui du terrain naturel derrière la digue) mais un volume d'eau entrant limité par l'apparition tardive de la brèche ;
- une rupture apparaissant tôt lors de la marée montante, qui conduit à un grand volume d'eau entrant et donc de grandes hauteurs d'eau, mais des vitesses faibles.

Dans le cas des ouvrages de type couronnement en haut de dune (cf. Figure 6-29 : Cordon dunaire – Banastère (Source : DHI)) les murets ont été considérée comme effacés dès le début de la simulation.

7.5 Les franchissements

Les sites soumis au franchissement d'ouvrage de protection sont situés au-dessus du niveau extrême de la mer. Leur inondation ne peut donc pas être étudiée grâce à la seule connaissance du niveau (même en tenant compte de la surcote de déferlement), mais doit être analysée en estimant le débit franchissant l'ouvrage. Ce débit dépend tout autant du niveau moyen de la mer que de la hauteur de la houle au pied de l'ouvrage, mais aussi de la géométrie de l'ouvrage (pente et hauteur).

L'estimation de ce débit de franchissement est effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ». Pour chaque site, il existe une infinité de combinaisons de niveau de la mer et de hauteur de houle représentant les périodes de retour étudiées.

Par conséquent tous les couples sont préalablement testés pour finalement retenir le couple aboutissant au débit le plus pénalisant. Pour cela les conditions de mer, définies par chaque couple, sont propagées à l'aide du modèle numérique Litpack, qui permet de calculer l'évolution de la houle et de la surcote de déferlement à l'approche de la côte.

Le modèle fournit ainsi les conditions de mer au pied de l'ouvrage, en tenant compte de la bathymétrie locale. La méthodologie employée se résume donc de la manière suivante :

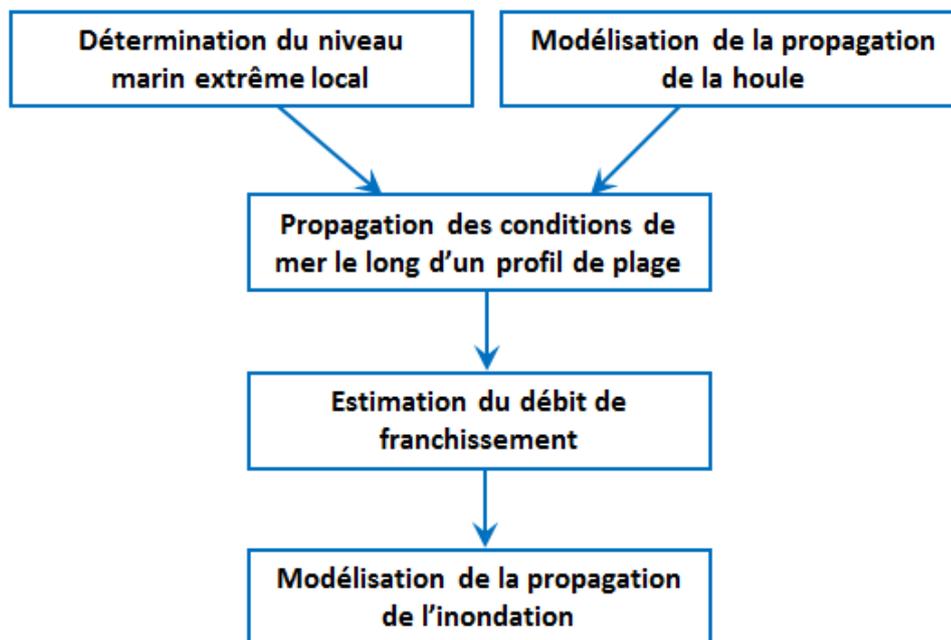


Figure 7-4 : Méthodologie pour la modélisation de franchissements

7.6 Hypothèses par sites

7.6.1 Site du port du Crouesty

Rappels hypothèses

L'analyse des données LIDAR a montré que les quais du port du Crouesty étaient potentiellement submersibles lors d'un événement de niveau marin extrême de période de retour 100 ans.

Le débordement étudié se situant à l'intérieur des infrastructures portuaires, c'est-à-dire à l'abri de la houle, la surcote de déferlement n'est pas considérée pour ce site. Les événements historiques ont cependant montré qu'il pouvait exister une surcote dans les enceintes portuaires, sans qu'il n'y ait de déferlement de la houle. A l'heure actuelle, ce type de surcote est mal connu et ne peut être quantifié. Les statistiques sur les niveaux marins extrêmes étant issues des mesures de niveau effectuées dans des ports, on peut cependant considérer que les niveaux statistiques considérés tiennent compte de ce type de surcote.

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-1: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus au port du Crouesty

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,73	0,20	0,00	0,25	4,18
T100 à l'horizon 2100	3,73	0,60	0,00	0,25	4,58

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

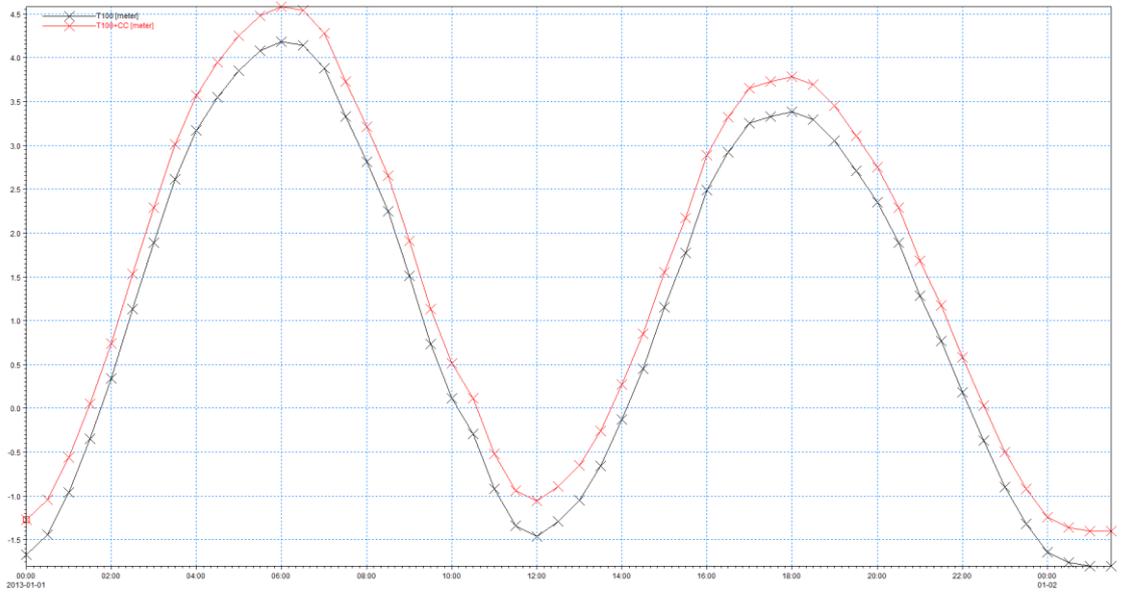


Figure 7-5 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 sur le port du Crouesty

Résultats hauteur vitesces



Figure 7-6 : Port du Croesty – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-7 : Port du Croesty – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-8 : Port du Crouesty – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-9 : Port du Crouesty – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.2 Site de la plage du Fogeo

Rappel des hypothèses

Un scénario de défaillance du cordon dunaire a été retenu sur le site de la plage du Fogeo pour un événement de période de retour 100 ans.

Caractéristique de la brèche

La brèche sur le site de la plage du Fogeo est positionnée sur le profil 3, au niveau du club de voile (cf. Paragraphe 6.2.3). Cette brèche simulée dans le cordon dunaire a une longueur de 100 m. La cote de la crête du cordon dunaire passe de 7m à 3,5m IGN 69 en 15 minutes à partir d'1h avant la pleine-mer (cf. Paragraphe 7.4).

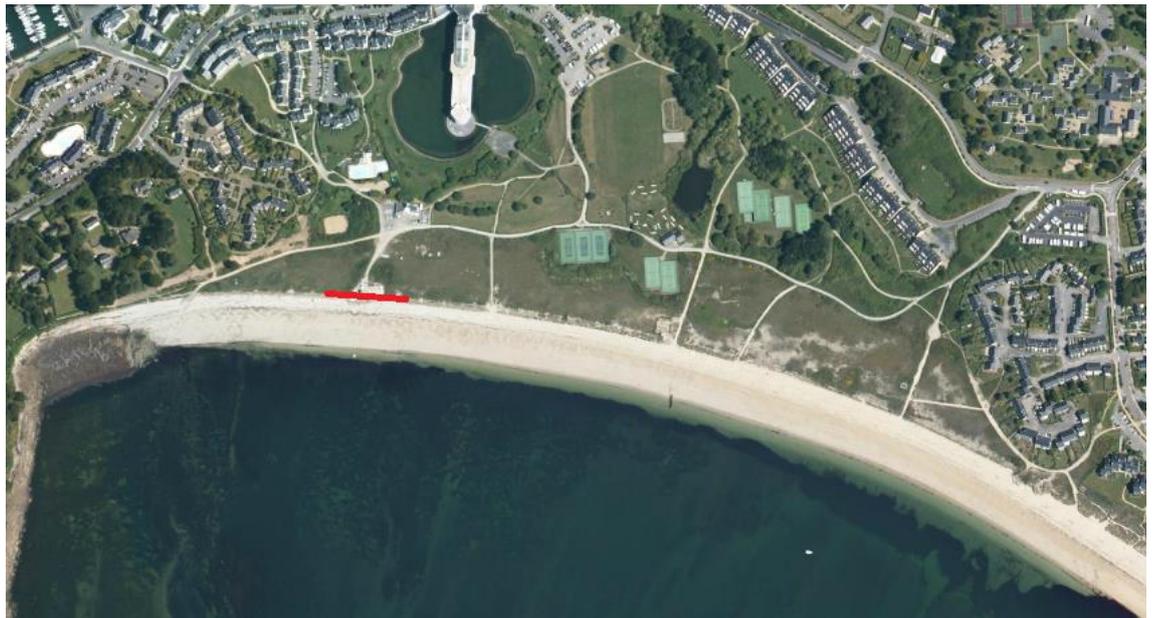


Figure 7-10 : Position de la brèche simulée sur le cordon dunaire de la plage du Fogeo

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-2: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus au Fogeo

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,16	0,25	4,24

T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,04	0,25	4,52
-----------------------	------	------	------	------	------

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

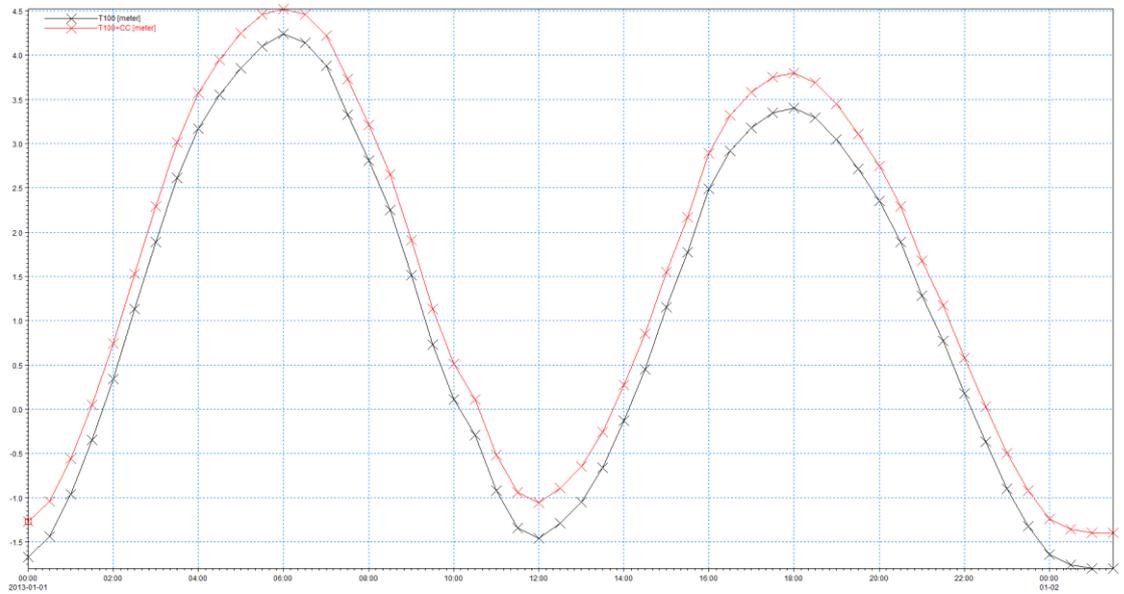


Figure 7-11 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 au Fogo

Résultats hauteur vitesces



Figure 7-12 : Plage du Fogo – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial

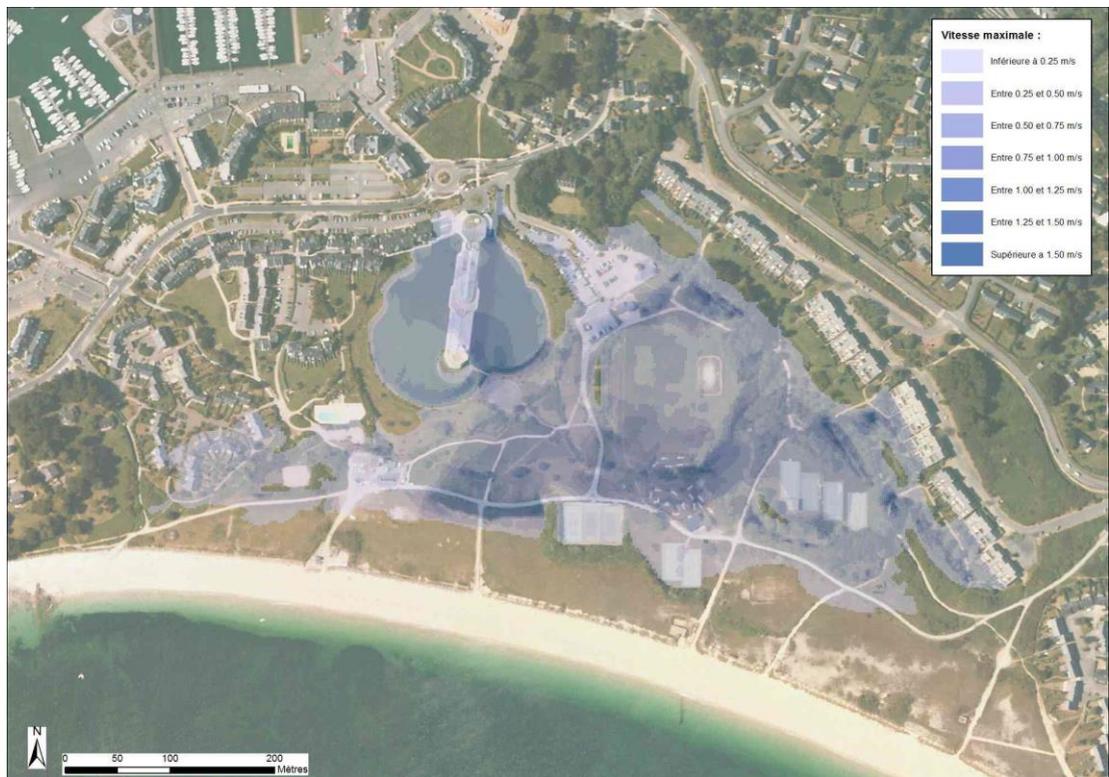


Figure 7-13 : Plage du Fogo – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-14 : Plage du Fogo – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-15 : Plage du Fogo – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.3 Site de la plage de Kervert

Rappel des hypothèses

Un scénario de défaillance du cordon dunaire a été retenu sur le site de la plage de Kervert pour un événement de période de retour 100 ans. Deux positions de brèches ont été retenues.

Caractéristiques des brèches

Deux brèches ont été identifiées sur le site de la plage de Kervert, sur les profils 1 et 8 (cf. Paragraphe 6.2.4). Ces deux brèches simulées dans le cordon dunaire sont d'une longueur de 100 m.

La première brèche se situe au Nord du site, sur le profil 1. La cote de la crête de la dune passe de 5,7m à 1,5m IGN 69 en 15 minutes à partir d'1h avant la pleine-mer (cf. Paragraphe 7.4).

La seconde brèche est positionnée sur le profil 8, au Sud de la zone d'étude. La cote de la crête de la dune passe de 7,5m à 2,4m IGN 69 en 15 minutes à partir d'1h avant la pleine-mer.



Figure 7-16 : Position des brèches simulées sur le cordon dunaire de la plage de Kervert

Ouvrage de régulation

Afin de représenter le scénario le plus défavorable, l'ouvrage de régulation du niveau dans les étangs du golf est considéré ouvert.

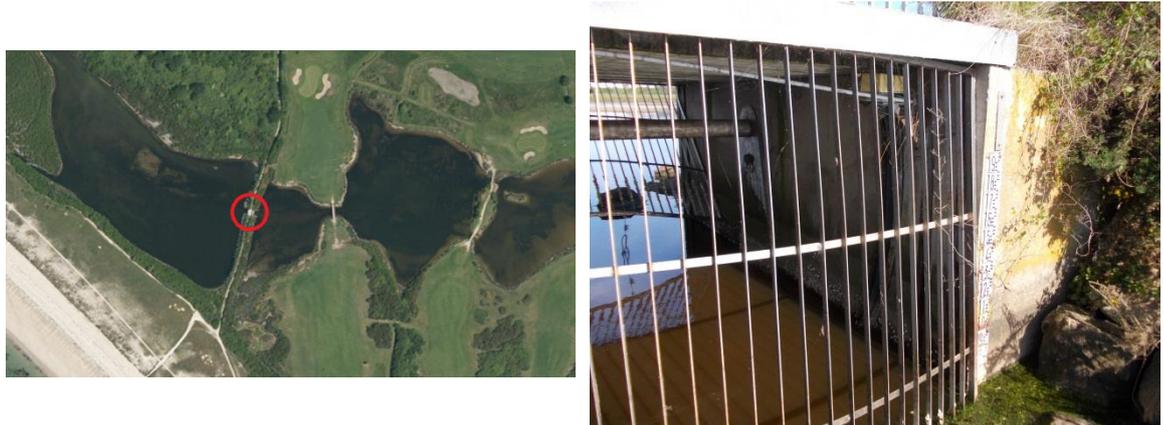


Figure 7-17 : Ouvrage de régulation des étangs du golf de Kervert (Source DHI)

Condition initiale dans les étangs

La détermination des conditions de remplissage des étangs du golf au moment de l'initialisation de la brèche a été fixée à 1,1m IGN 69. Ce niveau est le résultat d'une estimation à partir de laisses de hautes-eaux présents sur les bords des étangs. Un niveau haut dans les plans d'eau présente un scénario plus défavorable, et est donc en accord avec la méthodologie adoptée pour les PPRL. De plus, une échelle de niveaux est présente près de l'ouvrage de régulation. Une marque de hautes-eaux est visible à la cote 1,1m IGN 69 correspondant à des conditions hivernales suite à des passages pluvieux successifs.



Figure 7-18 : Echelle du niveau des étangs de Kervert (Source DHI)

Conduite sous la route au Sud du golf

Une buse est présente sous la route délimitant le golf de Kervert au Sud. Cette conduite est dimensionnant pour l'emprise de l'inondation. Il est donc important qu'elle soit représentée dans le modèle 2D de submersion. Cette buse a un diamètre de 800 mm. Elle passe sous la route et a donc une longueur correspondant à la largeur de cette route, soit 18m. L'altimétrie n'a pas pu être relevée sur cette conduite, néanmoins cette information n'est pas une source d'incertitude majeure.



Figure 7-19 : Buse sous la route au Sud du golf (Source DHI)

Rappels niveaux – marégramme

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-3: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Kervert

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,15	0,25	4,23
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,00	0,25	4,48

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

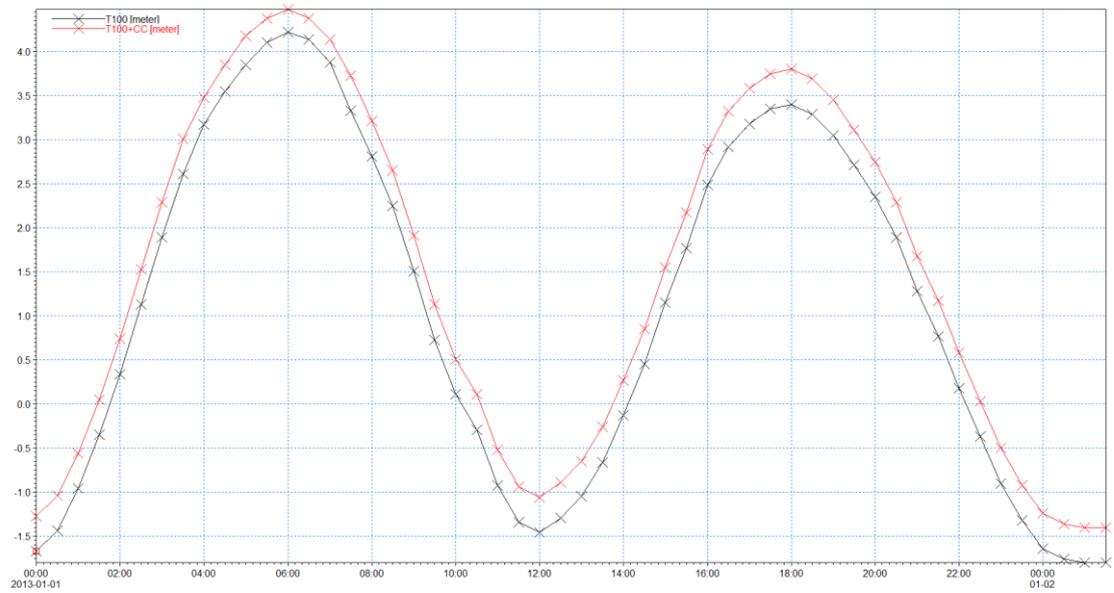


Figure 7-20 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Kervert

Résultats hauteur vitesess



Figure 7-21 : Plage de Kervert – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-22 : Plage de Kervert – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-23 : Plage de Kervert– Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-24 : Plage de Kervert – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.4 Site de Kerpont

Rappel des hypothèses

Un scénario de défaillance du cordon dunaire a été retenu sur le site de Kerpont pour un événement de période de retour 100 ans. D'autre part, l'analyse des données LIDAR a montré que les marais du site de Kerpont étaient potentiellement submersibles lors d'un événement de niveau marin extrême de période de retour 100 ans.

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-4: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Kerpont

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,14	0,25	4,22
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,00	0,25	4,48

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

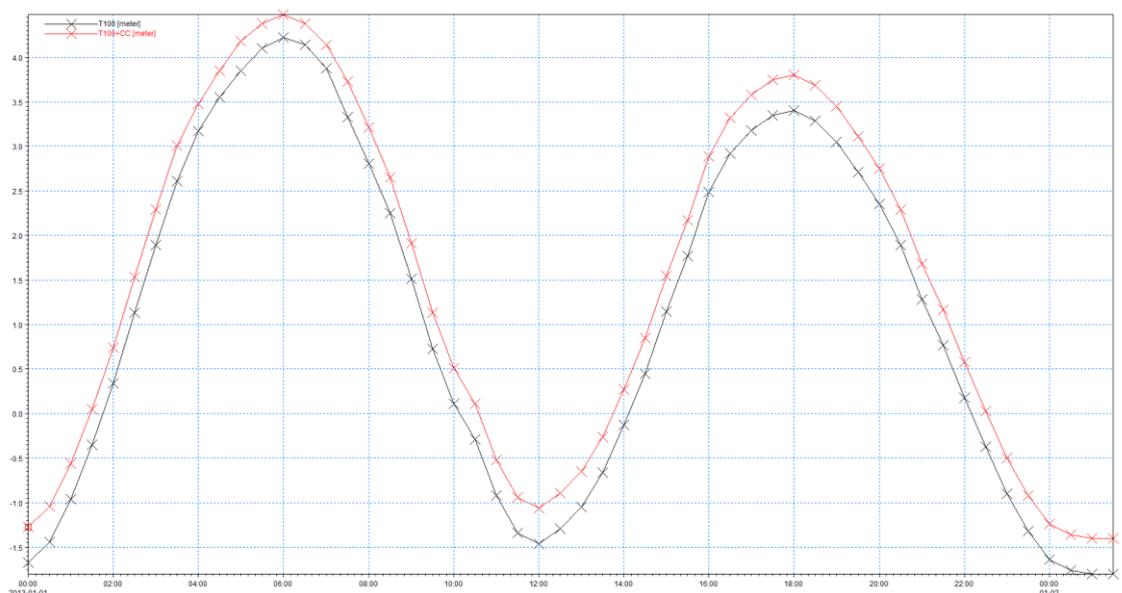


Figure 7-25 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Kerpont

Résultats hauteur vitesces



Figure 7-26 : Kerpont – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-27 : Kerpont – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-28 : Kerpont – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-29 : Kerpont – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

Influence de la condition initiale dans l'étier de Kerpont

Un test a été mené en prenant comme condition initiale dans l'étier de Kerpont un niveau de 3,36 m NGF, correspondant au point bas de la route du Rohu, au Nord de l'étier.

Les différences de hauteur maximale de submersion sont montrées en figure suivante.

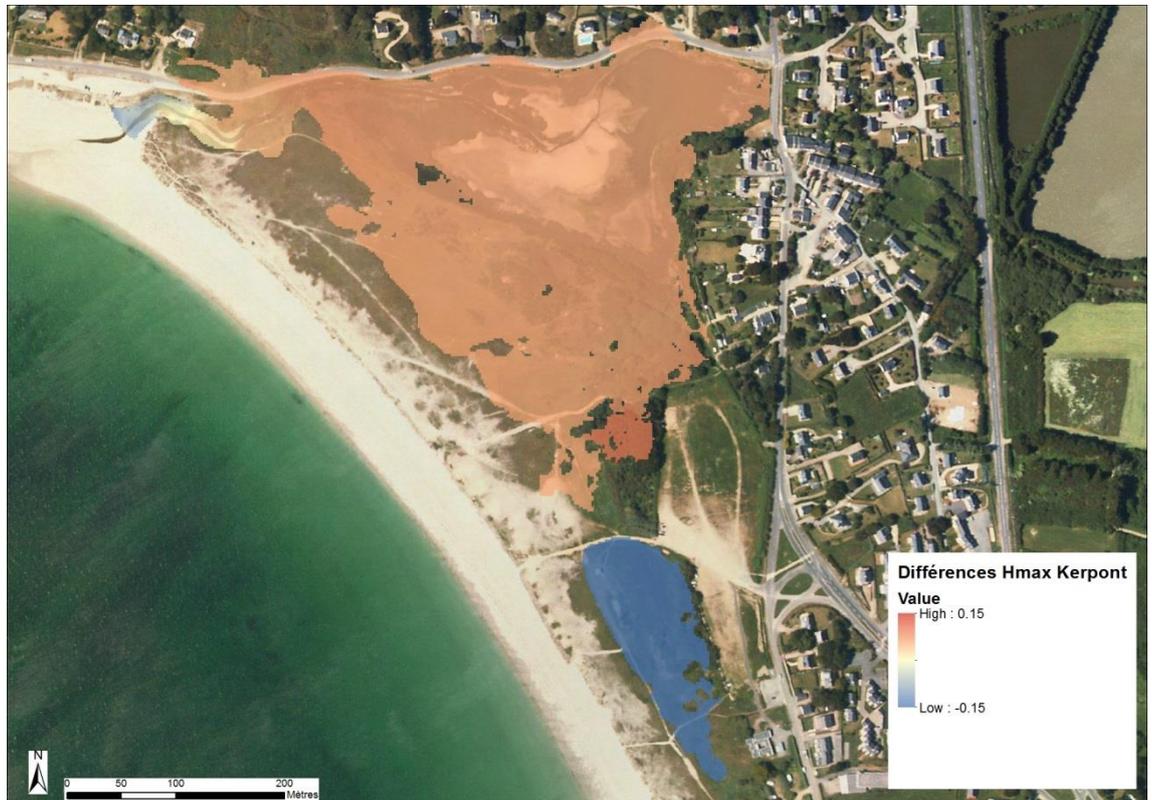


Figure 7-30 : Différences des hauteurs maximales de submersion sur Kerpont (en rouge la hauteur de submersion est plus forte avec une condition initiale plus forte, en bleu la hauteur de submersion est plus faible avec une condition initiale plus forte dans l'étier)

Les hauteurs de submersion sont plus fortes d'environ 10 cm sur l'étier de Kerpont. Les différences en termes d'emprise de l'inondation au Nord de l'étier sont négligeables, la topographie décrivant une remontée au Nord de la route du Rohu.

7.6.5 Site de Saint Jacques - Camping

Rappel des hypothèses

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le site de Saint-Jacques – Camping pour un événement de période de retour 100 ans comme relevé lors de l'analyse historique.

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le calcul du débit franchissant l'ouvrage est effectué sur un profil transversal de la plage.

Les différents paramètres de ce profil sont précisés dans les figures suivantes.



Figure 7-31 : Position du profil retenu à Saint Jacques – Camping

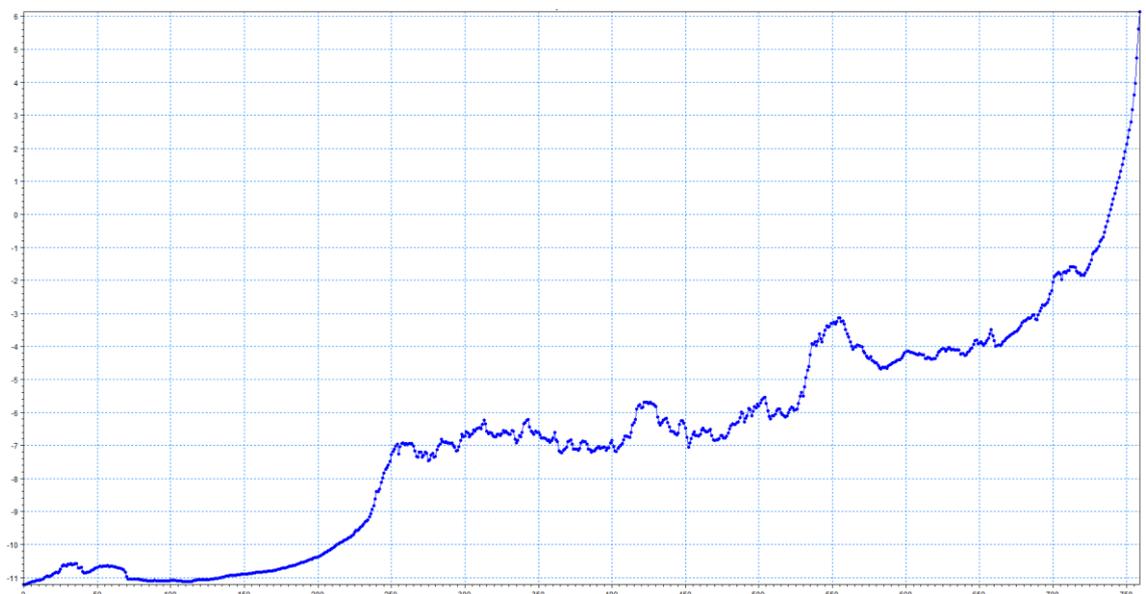


Figure 7-32 : Profil de plage

Tableau 7-5 : Paramètres du profil utilisé à Saint Jacques – Camping

Direction des houles (°N)	200
Cote du perré (m IGN 69)	6,5
Cote du pied d'ouvrage (m IGN 69)	3,2
Pente de l'ouvrage (h / l)	1 / 1,53 et 1 / 2,62
Linéaire (m)	520

Rappels niveaux / houles

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-6: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus sur le site de Saint-Jacques - Camping

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,59	0,20	0,29	0,25	4,33
T100 à l'horizon 2100	3,59	0,60	0,25	0,25	4,69

Tableau 7-7: Houles (en m) à Saint Jacques – Camping

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	3,64	14,6	1,12
T100 à l'horizon 2100	3,64	14,6	1,44

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

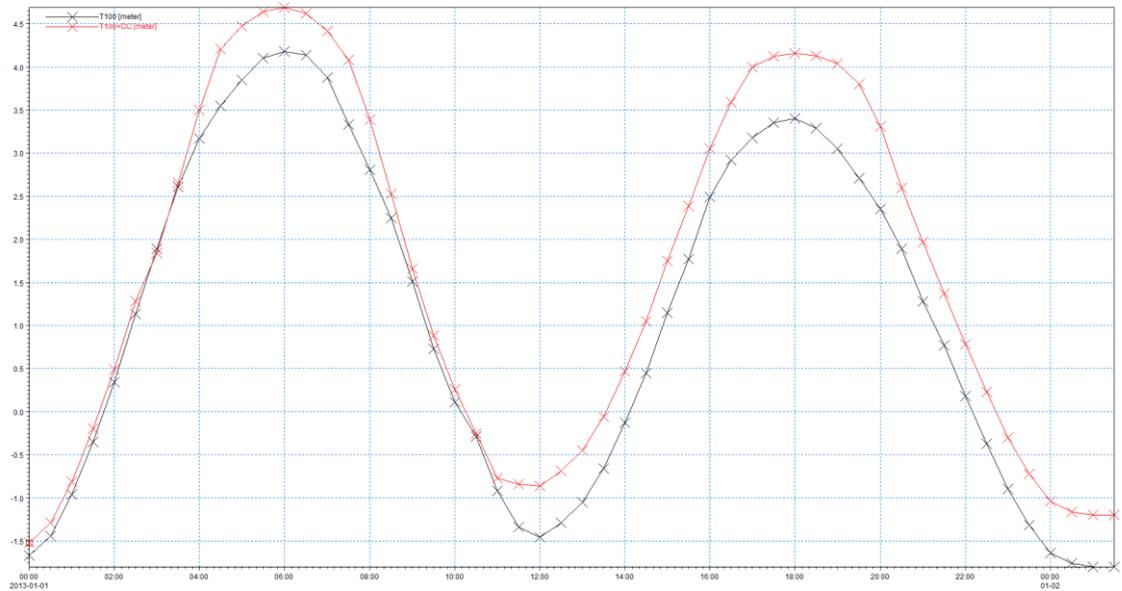


Figure 7-33 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Saint-Jacques – Camping

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-8: Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	2,16
	Débit linéique maximal (l/s/m)	9
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,81
	Débit linéique maximal (l/s/m)	156

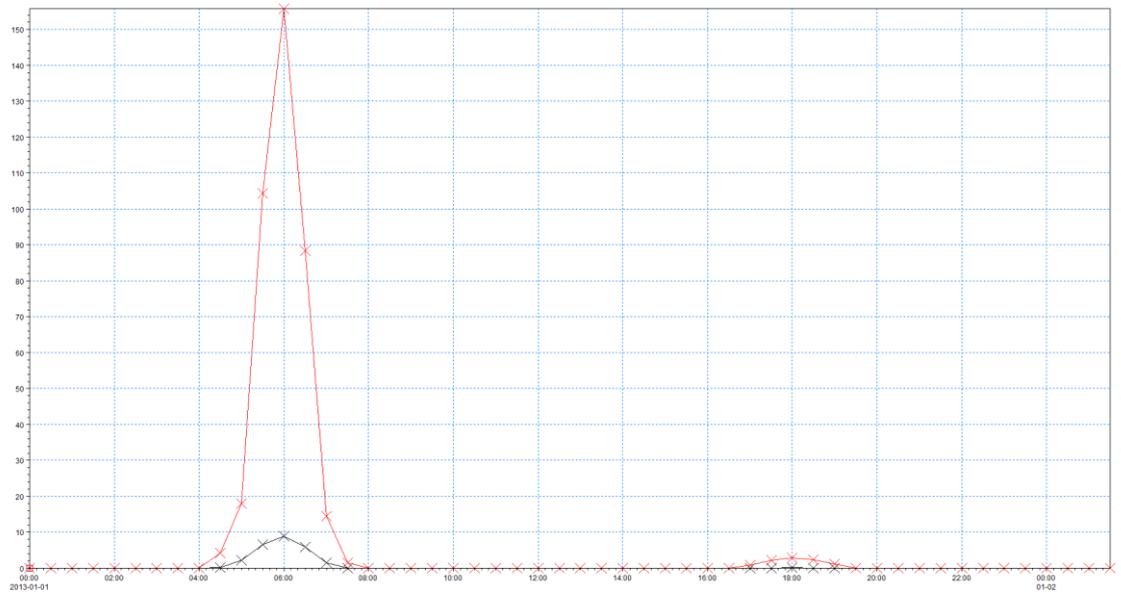


Figure 7-34 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge))

Résultats hauteur vitesces



Figure 7-35 : Saint Jacques - Camping – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-36 : Saint Jacques - Camping – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-37 : Saint Jacques - Camping – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-38 : Saint Jacques - Camping – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.6 Site de Saint Jacques - Port

Rappel des hypothèses

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le port de Saint-Jacques pour un événement de période de retour 100 ans comme relevé lors de l'analyse historique.

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le calcul du débit franchissant le perré est effectué sur un profil transversal de la plage.

Les différents paramètres de ce profil sont précisés dans les figures suivantes.



Figure 7-39 : Position du profil retenu à Saint Jacques – Port



Figure 7-40 : Profil de plage

Tableau 7-9 : Paramètres du profil utilisé à Saint Jacques – Port

Direction des houles (°N)	170
Cote du perré (m IGN 69)	5,5
Cote du pied d'ouvrage (m IGN 69)	4
Pente du perré (h / l)	1 / 2,32 et muret vertical de 0,5 m
Linéaire (m)	250

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-10 : Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus sur le site de Saint-Jacques - Port

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,44	0,25	4,52
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,36	0,25	4,84

Tableau 7-11 : Houles (en m) à Saint Jacques – Port

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	3,77	14,31	0,66
T100 à l'horizon 2100	3,77	14,31	0,97

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

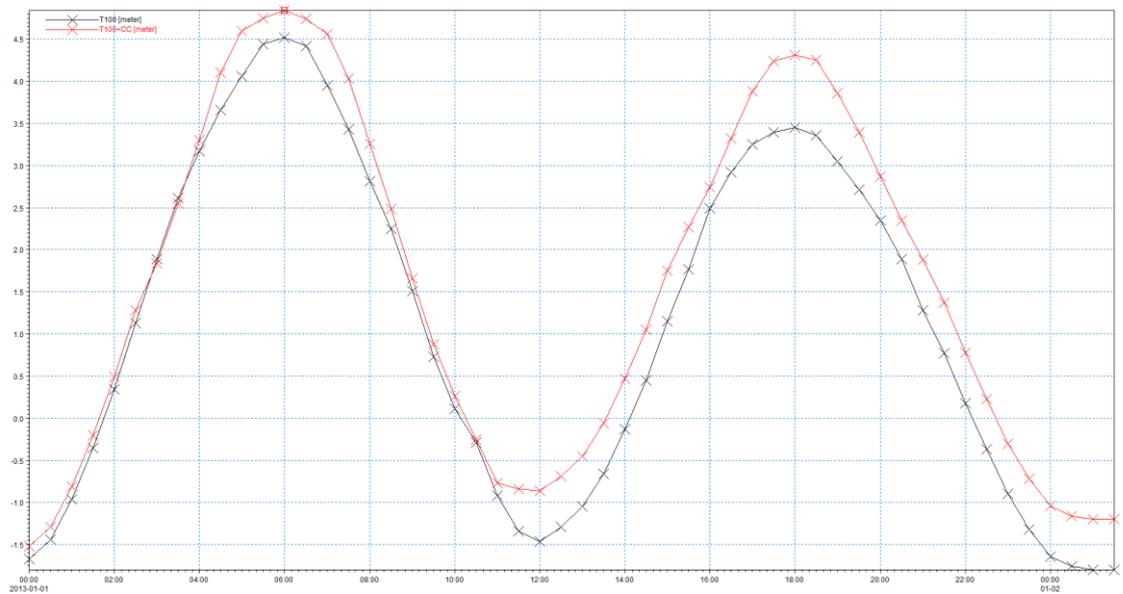


Figure 7-41 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Saint-Jacques – Port

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-12 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,98
	Débit linéique maximal (l/s/m)	25
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,66
	Débit linéique maximal (l/s/m)	126

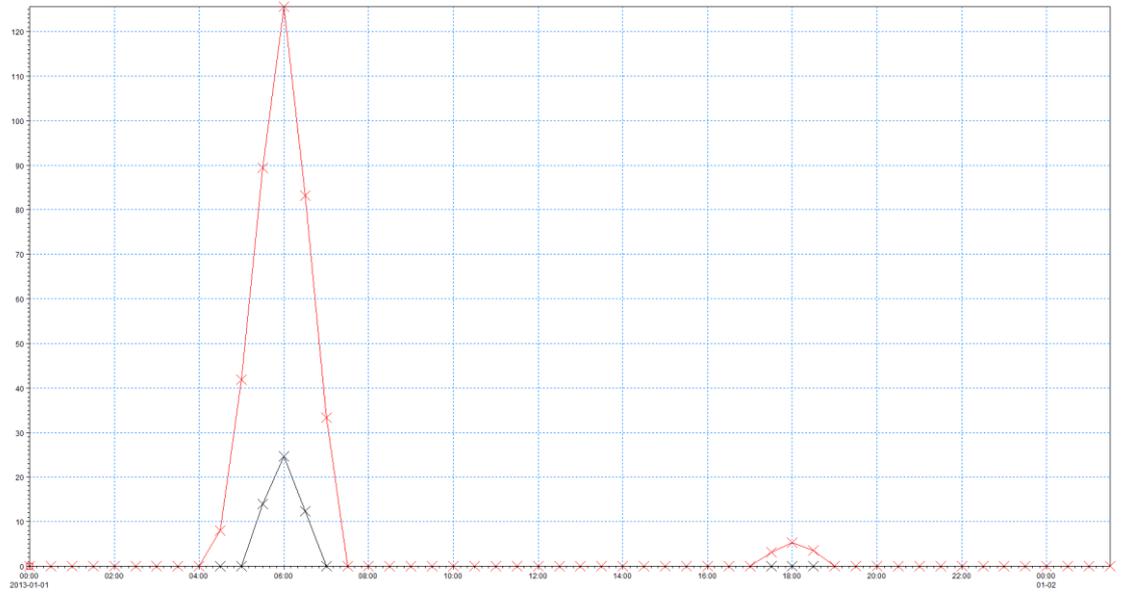


Figure 7-42 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge))

Résultats hauteur vitesses



Figure 7-43 : Saint Jacques - Port – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-44 : Saint Jacques - Port – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-45 : Saint Jacques - Port – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

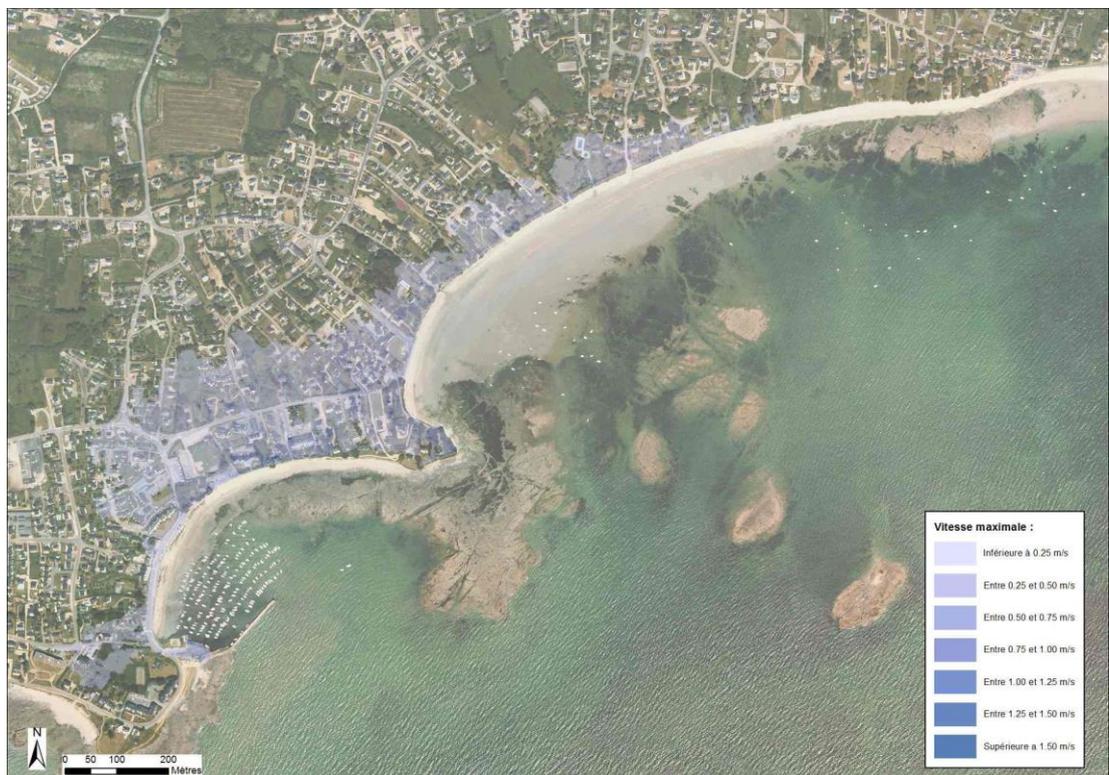


Figure 7-46 : Saint Jacques - Port – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.7 Site du Roaliguen

Rappel des hypothèses

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le Roaliguen pour un événement de période de retour 100 ans comme relevé lors de l'analyse historique.

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le perré se divise en deux parties de géométrie différente. Cette différence influe les débits franchissant. Il a donc été décidé de calculer les débits franchissant sur deux profils transversaux de la plage, afin de tenir compte des variations de géométrie de l'ouvrage. Néanmoins le profil de plage utilisé reste le même pour les deux parties, seuls la cote du perré et les débits franchissant seront différents.

Le calcul du débit franchissant le perré est effectué sur un profil transversal de la plage.

Les différents paramètres de ce profil sont précisés dans les figures suivantes.



Figure 7-47 : Position du profil retenu au Roaliguen



Figure 7-48 : Profil de plage

Tableau 7-13 : Paramètres du profil utilisé et des ouvrages au Roaliguen

Direction des houles (°N)	185	185
Cote du perré (m IGN 69)	5,50	6,20
Cote du pied d'ouvrage (m IGN 69)	2,90	2,90
Pente du perré (h / l)	1 / 2,14 avec couronnement de 0,6 m	1 / 0,25 avec couronnement de 0,6 m
Linéaire (m)	310	200

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-14 : Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus sur le site du Roaliguen

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,23	0,25	4,31
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,18	0,25	4,66

Tableau 7-15 : Houles (en m) au Roaliguen

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	3,77	14,31	1,36
T100 à l'horizon 2100	3,77	14,31	1,68

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

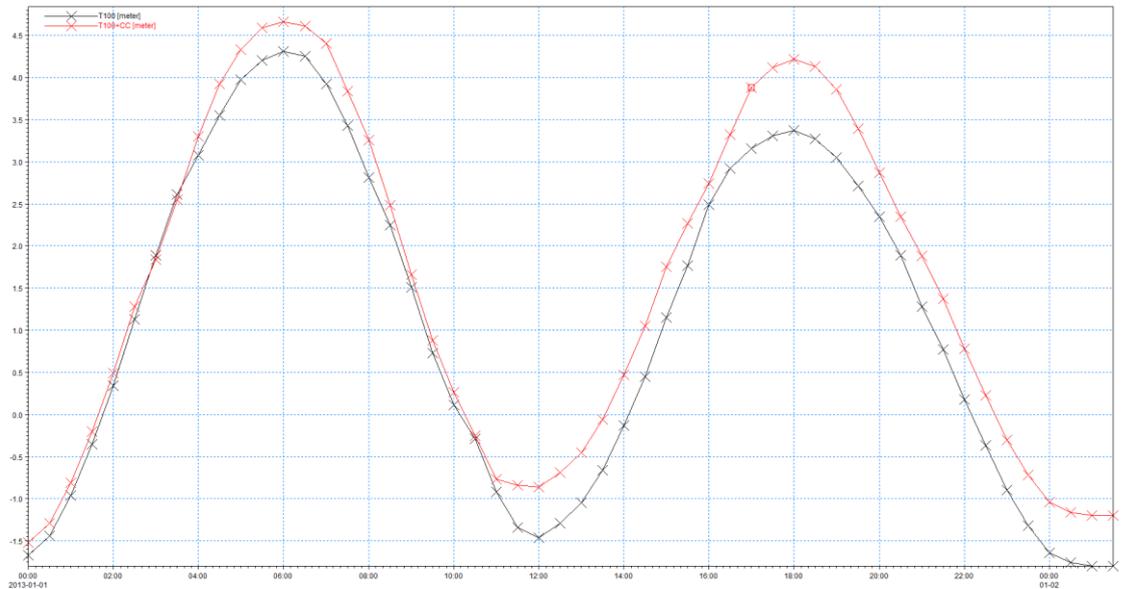


Figure 7-49 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 au Roaliguen (m IGN 69)

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-16 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

		Partie Est	Partie Ouest
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,19	1,89
	Débit linéique maximal (l/s/m)	143	118
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,84	1,54
	Débit linéique maximal (l/s/m)	352	238

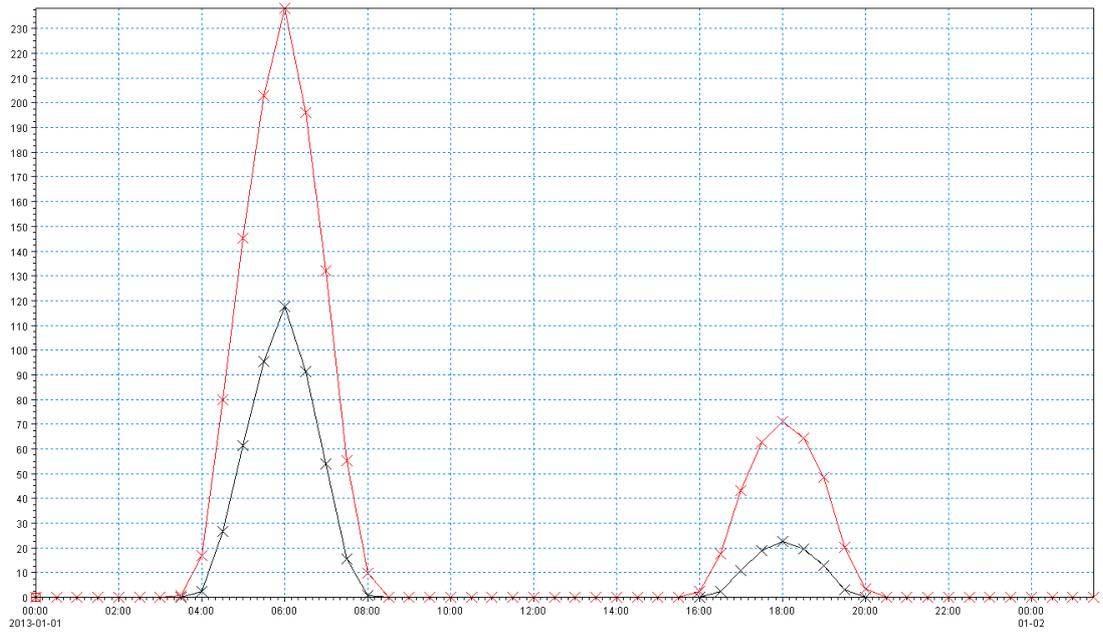


Figure 7-50 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge)) sur la partie Est du perré

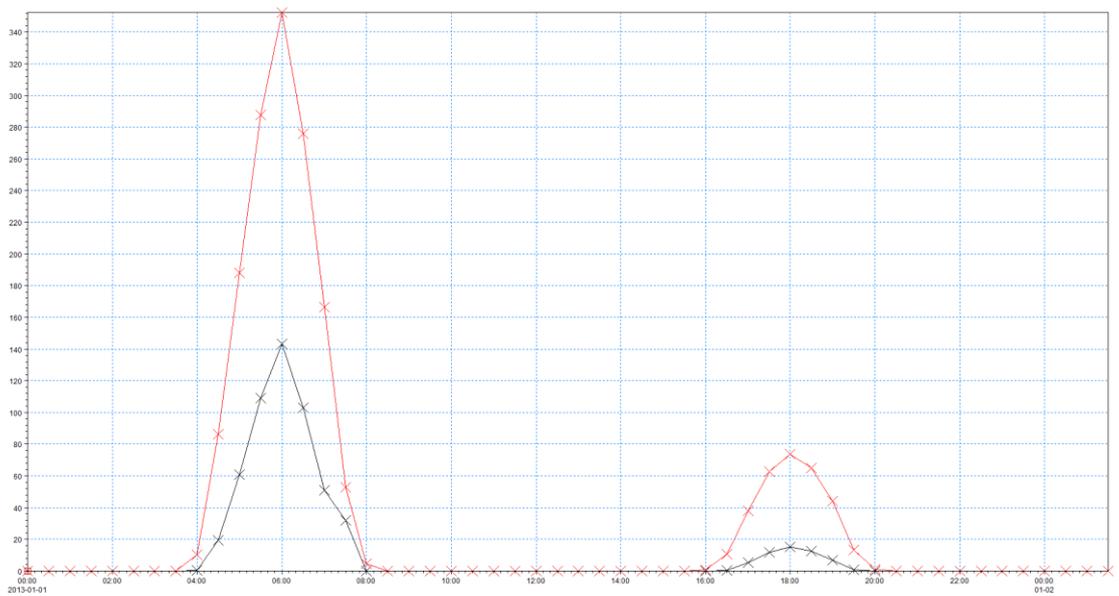


Figure 7-51 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge)) sur la partie Ouest du perré

Résultats hauteur vitesess

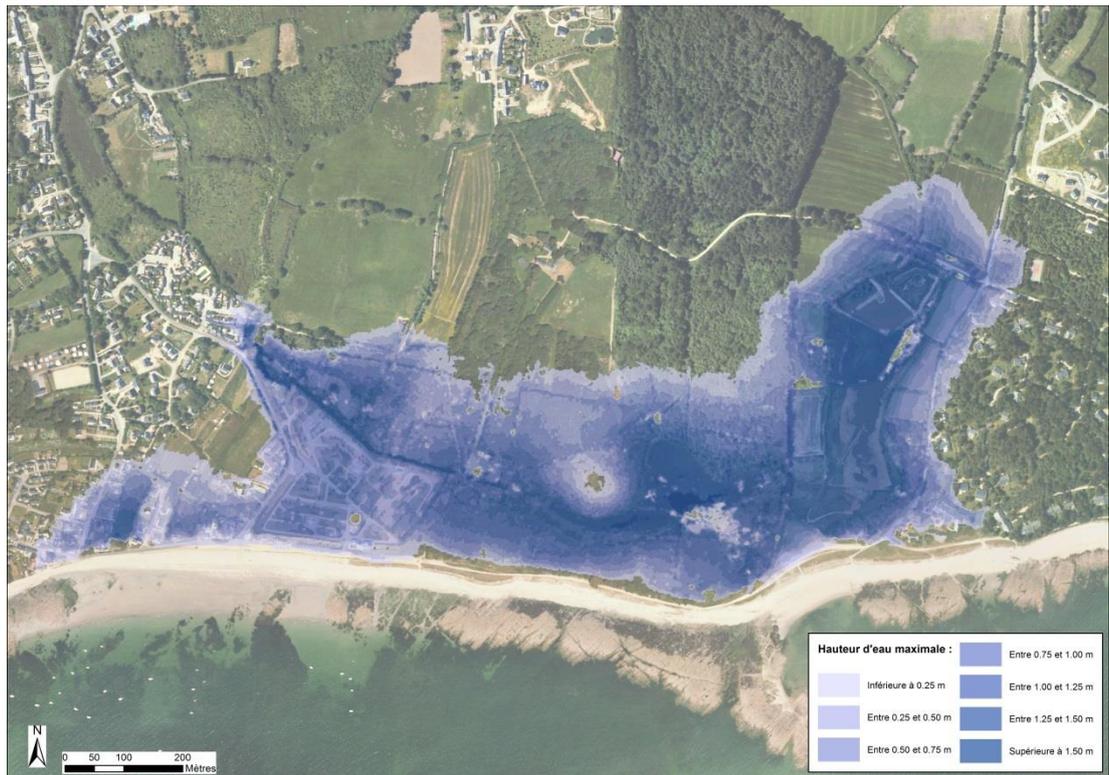


Figure 7-52 : Le Roaliguen – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial

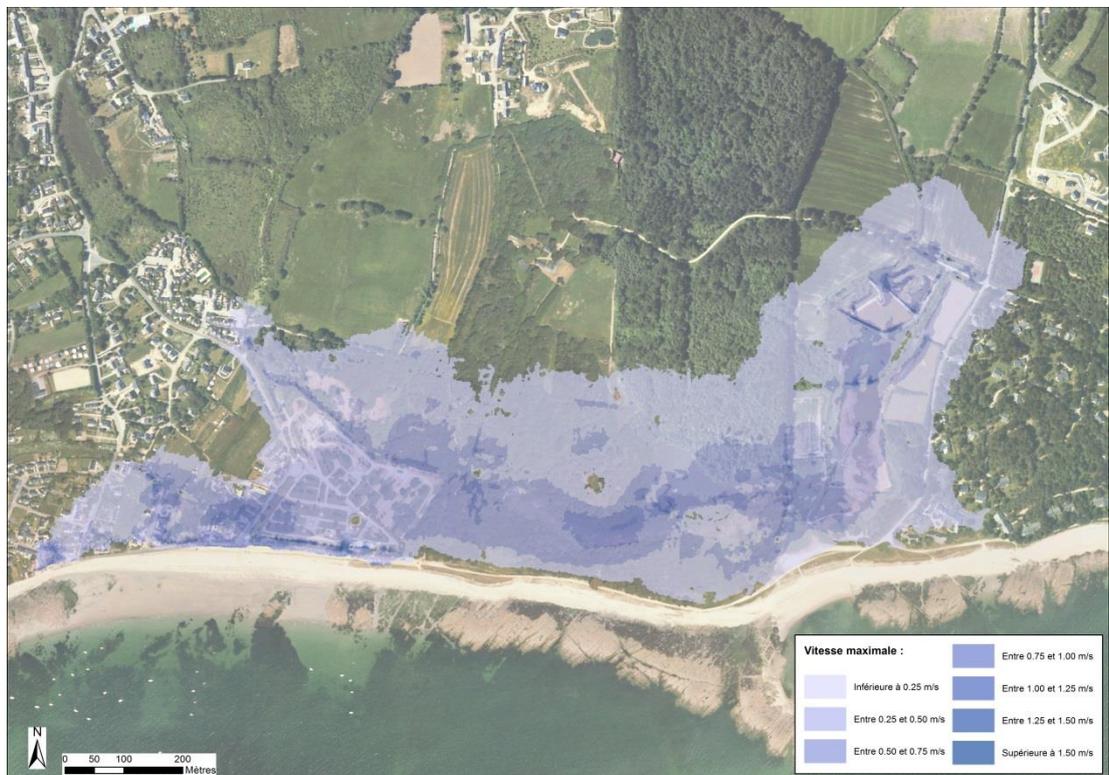


Figure 7-53 : Le Roaliguen – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial

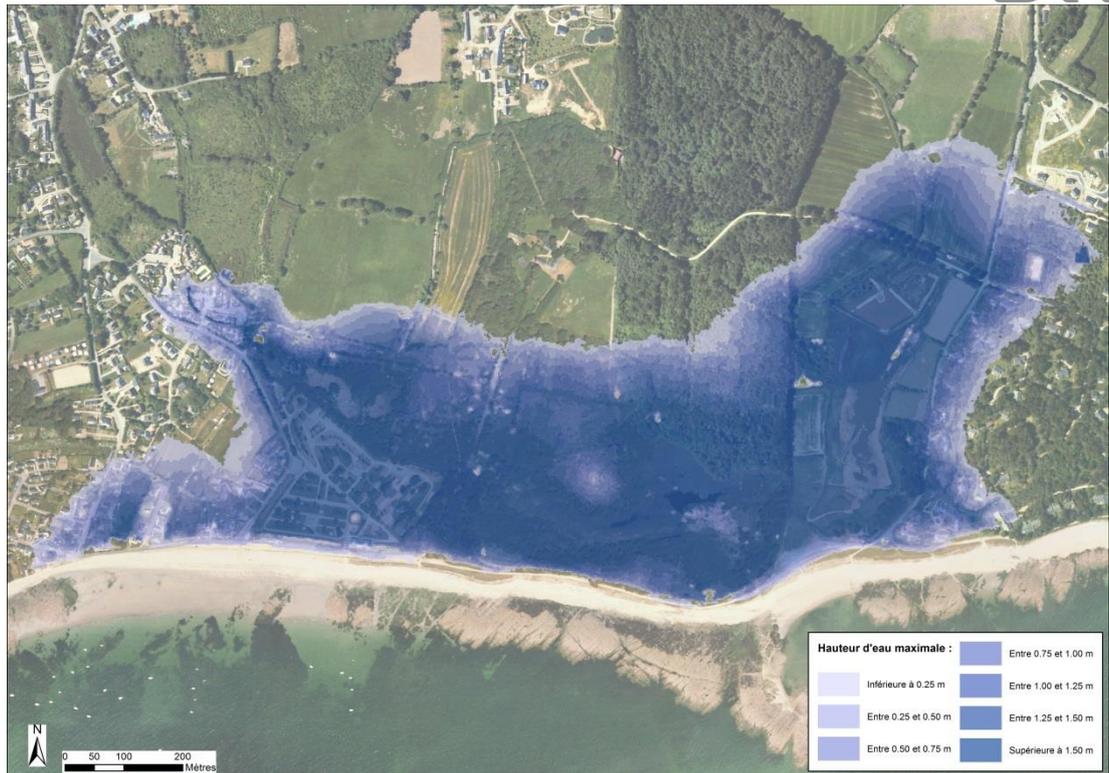


Figure 7-54 : Le Roaliquen – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

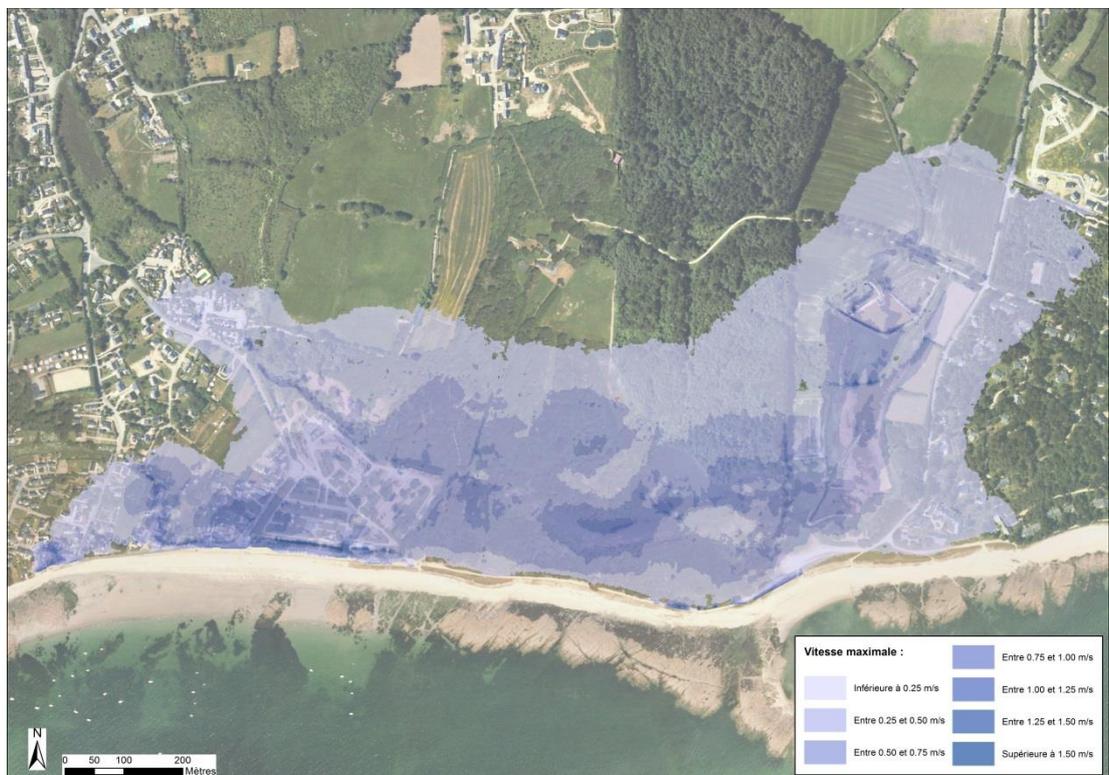


Figure 7-55 : Le Roaliquen – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.8 Site de Penvins

Rappel des hypothèses

L'analyse des données LIDAR a montré que le site de Penvins – La Grée était potentiellement submersible lors d'un événement de niveau marin extrême de période de retour 100 ans.

De plus, un scénario de défaillance du cordon dunaire a été retenu sur la dune de Penvins.

Enfin, un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu pour un événement de période de retour 100 ans sur le perré de la plage de Penvins.

Condition initiale dans les étangs

La détermination des conditions de remplissage des étangs situés à l'arrière du cordon dunaire de Penvins au moment de l'initialisation de la brèche a été fixée à 3m IGN 69.

Caractéristique de la brèche

Le cordon dunaire de Penvins n'est pas homogène en géométrie, et aucun des profils levés ne satisfaisant la règle des 50 m² (cf. paragraphe 6.2.9).

Il est difficile de définir a priori où précisément la brèche sera susceptible de se produire sur l'ensemble de la digue. Aussi, trois positions de brèche distinctes ont été simulées sur ce secteur. Les résultats présentés sont alors une combinaison des résultats obtenus pour chacune des trois simulations. Ainsi les cartographies présentées sur ce secteur présentent les valeurs maximales de chaque paramètre étudié (hauteur, vitesse, aléa), quelle que soit la position de la brèche dont elles découlent. Par exemple un secteur en aléa faible pour une position de brèche, et non inondé pour les autres positions, est finalement classé en aléa faible. De même, un secteur classé en aléa fort pour une position, et aléa moyen pour les autres, est finalement classé en aléa fort.

Ces trois brèches simulées dans le cordon dunaire ont toutes une longueur de 100m et leur position est donnée dans la figure suivante.



Figure 7-56 : Position des brèches simulées sur le cordon dunaire de la plage de Penvins

Pour ces trois brèches, la cote de la crête de la dune passe de 7m à 4m IGN 69 en 15 minutes à partir de 30 min avant la pleine-mer (cf. Paragraphe 7.4).

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le calcul du débit franchissant le perré est effectué sur un profil transversal de la plage.

Les différents paramètres de ce profil sont précisés dans les figures suivantes.



Figure 7-57 : Position du profil retenu à Penvins

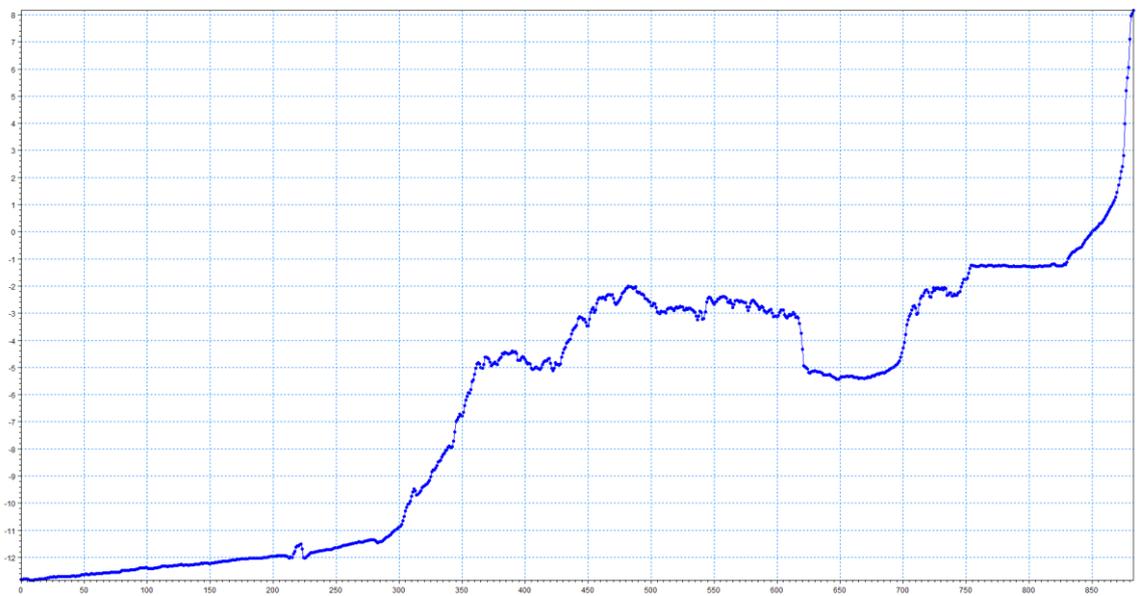


Figure 7-58 : Profil de plage

Tableau 7-17 : Paramètres du profil utilisé à Saint Jacques – Camping

Direction des houles (°N)	210
Cote du perré (m IGN 69)	6
Cote du pied d'ouvrage	3,2
Pente du perré (h / l)	1 / 0,5
Linéaire (m)	570

Rappels niveaux / houles

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-18: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Penvins - Plage

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,80	0,20	0,08	0,25	4,33
T100 à l'horizon 2100	3,80	0,60	0,07	0,25	4,72

Tableau 7-19: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Penvins – La Grée

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,80	0,20	0,08	0,25	4,33
T100 à l'horizon 2100	3,80	0,60	0,06	0,25	4,71

Tableau 7-20 : Houles (en m) à Penvins

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	1,44	10,30	0,97
T100 à l'horizon 2100	1,44	10,30	1,03

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

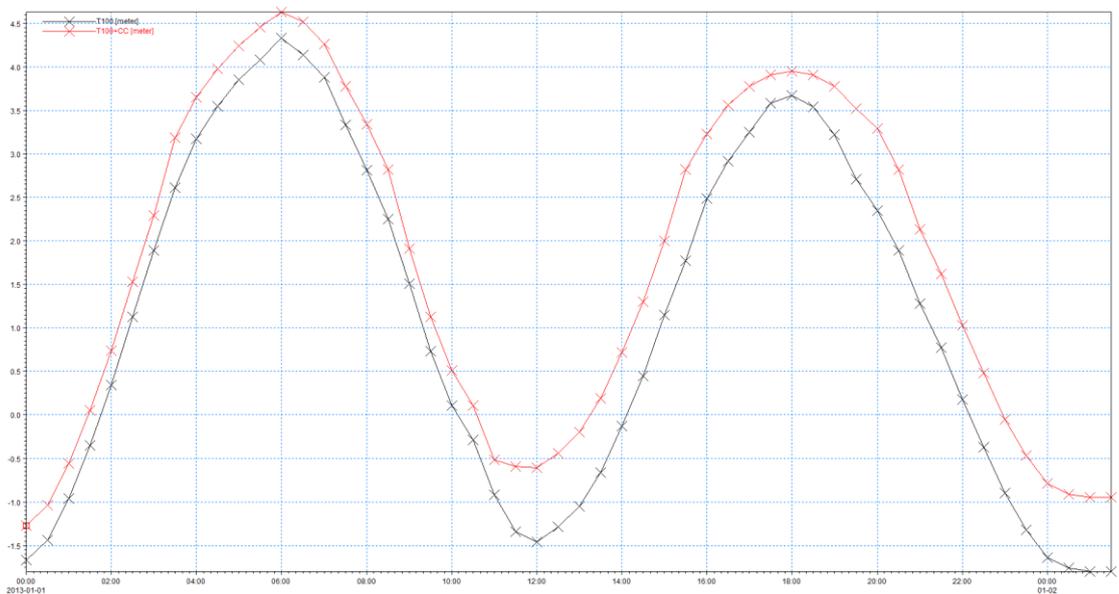


Figure 7-59 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Penvins

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-21 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,76
	Débit linéique maximal (l/s/m)	114

100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,37
	Débit linéique maximal (l/s/m)	193

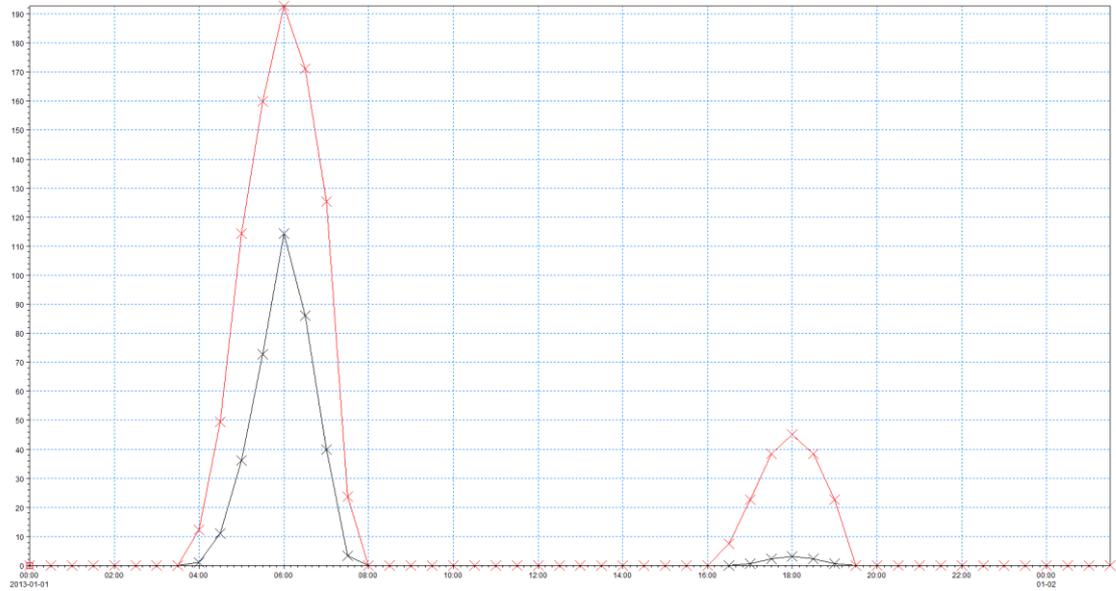


Figure 7-60 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge))

Résultats hauteur vitesses

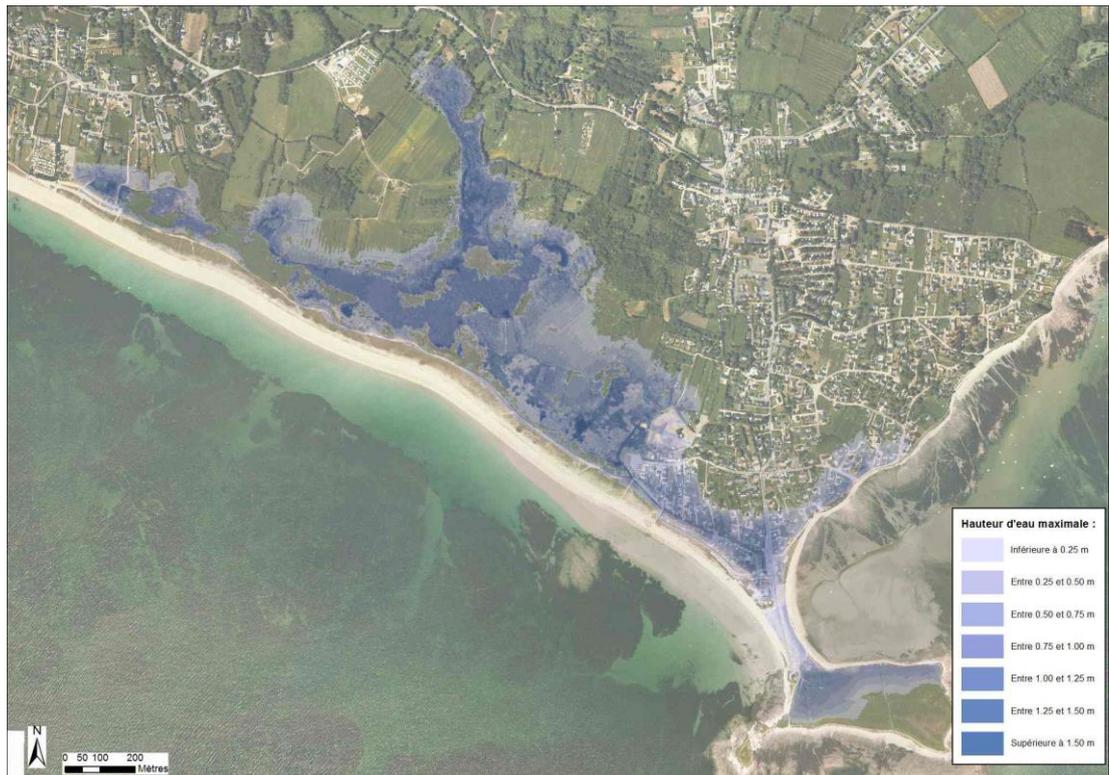


Figure 7-61 : Penvins – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial

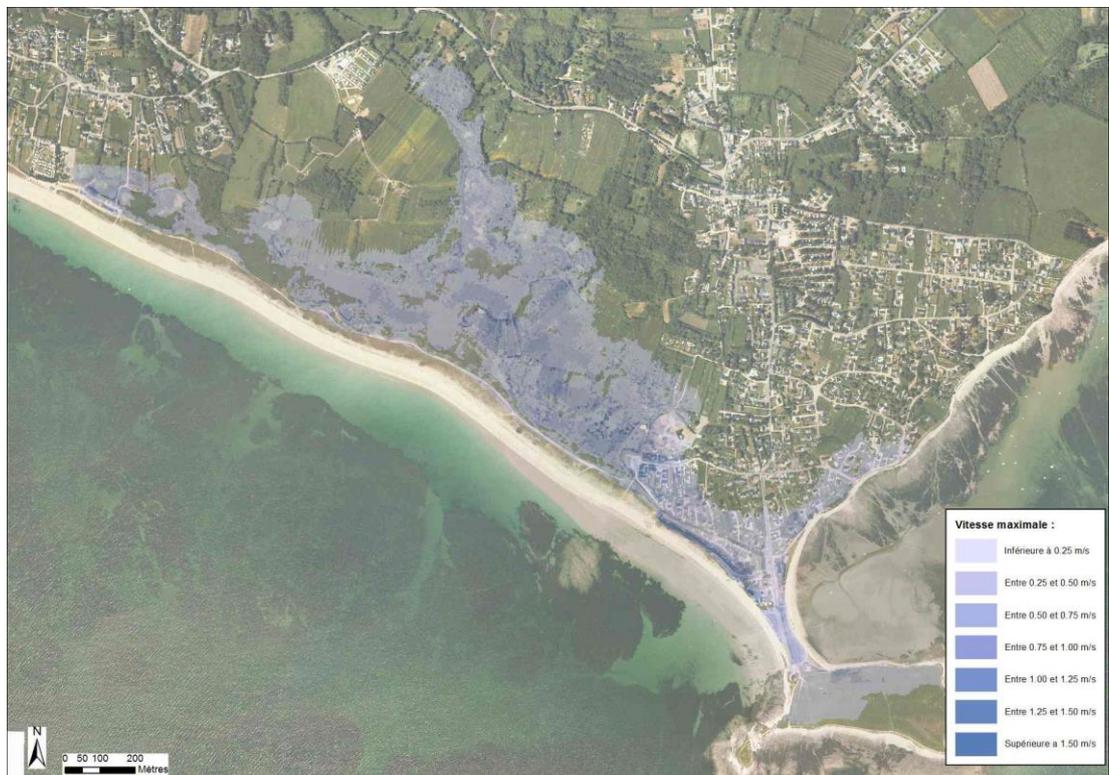


Figure 7-62 : Penvins – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial

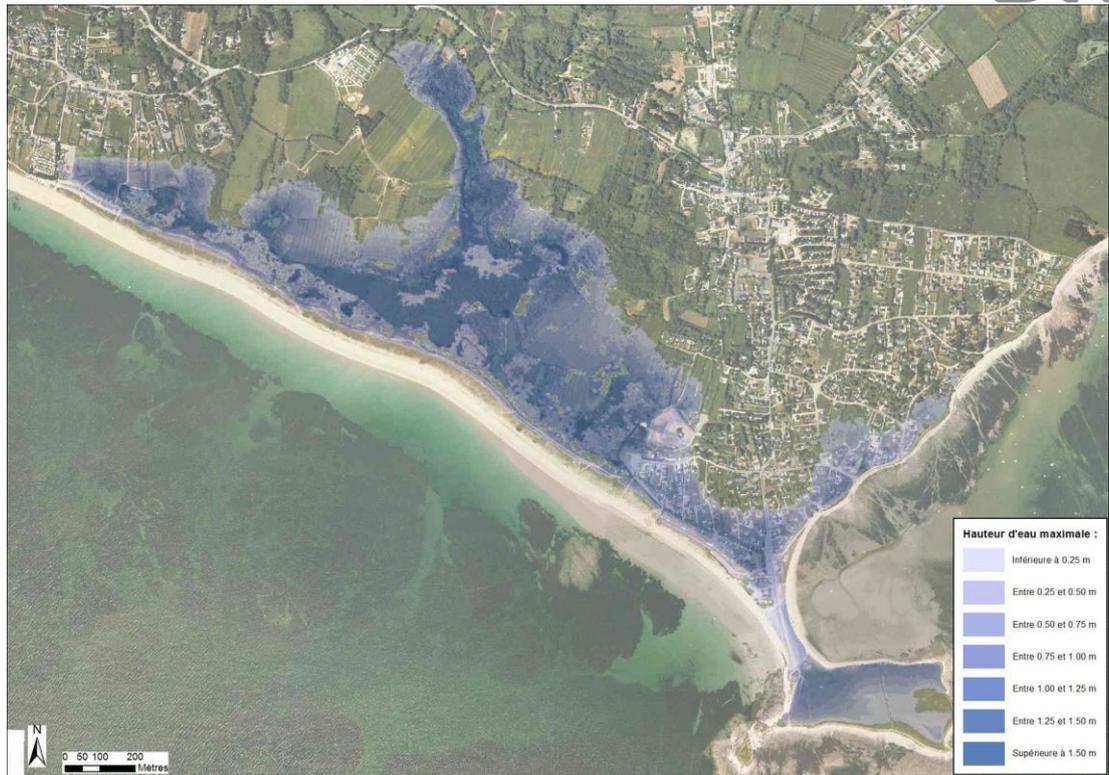


Figure 7-63 : Penvins – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-64 : Penvins – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

7.6.9 Site de Banastère

Rappels hypothèses

L'analyse des données LIDAR a montré que le site de Banastère était potentiellement submersible pour un événement de niveau marin extrême de période de retour 100 ans.

Condition initiale dans les étangs

La détermination des conditions de remplissage des étangs situés à l'arrière du cordon dunaire de Banastère au moment de l'initialisation de la brèche a été fixée à 0m IGN 69.

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le perré se divise en plusieurs parties. 61% du linéaire présente un perré entièrement en béton lisse, alors que 39% présente un revêtement fait d'enrochements. Cette différence influe les débits franchissant. Il a donc été décidé de calculer les débits franchissant sur deux profils transversaux de la plage, afin de tenir compte des variations de rugosité de l'ouvrage. Le couronnement n'est pas pris en compte dans l'ouvrage car non dimensionné pour ce type de sollicitations.

Tableau 7-22 : Paramètres du profil utilisé à Banastère

	Partie béton	Partie enrochements
Cote du perré (m IGN 69)	5	5
Cote du pied d'ouvrage (m IGN 69)	1.1	1.1
Pente du perré (h / l)	1 / 2,4	1 / 2,4
Linéaire (m)	330	210

Rappels niveaux / houles

Au vu de la complexité hydrodynamique du site de Banastère, une approche 1D n'a pas pu être réalisée. Un modèle hydrodynamique détaillé en 2D a été réalisé afin de représenter l'évènement de mars 2008 (cf. Principe de modélisation 5.1). Les données de houle imposées aux limites de ce modèle ont été extraites du modèle local (cf. 5.2.3) aux mêmes coordonnées.

L'emprise de ce modèle est présentée dans la figure suivante, ainsi qu'un exemple de résultats obtenus.

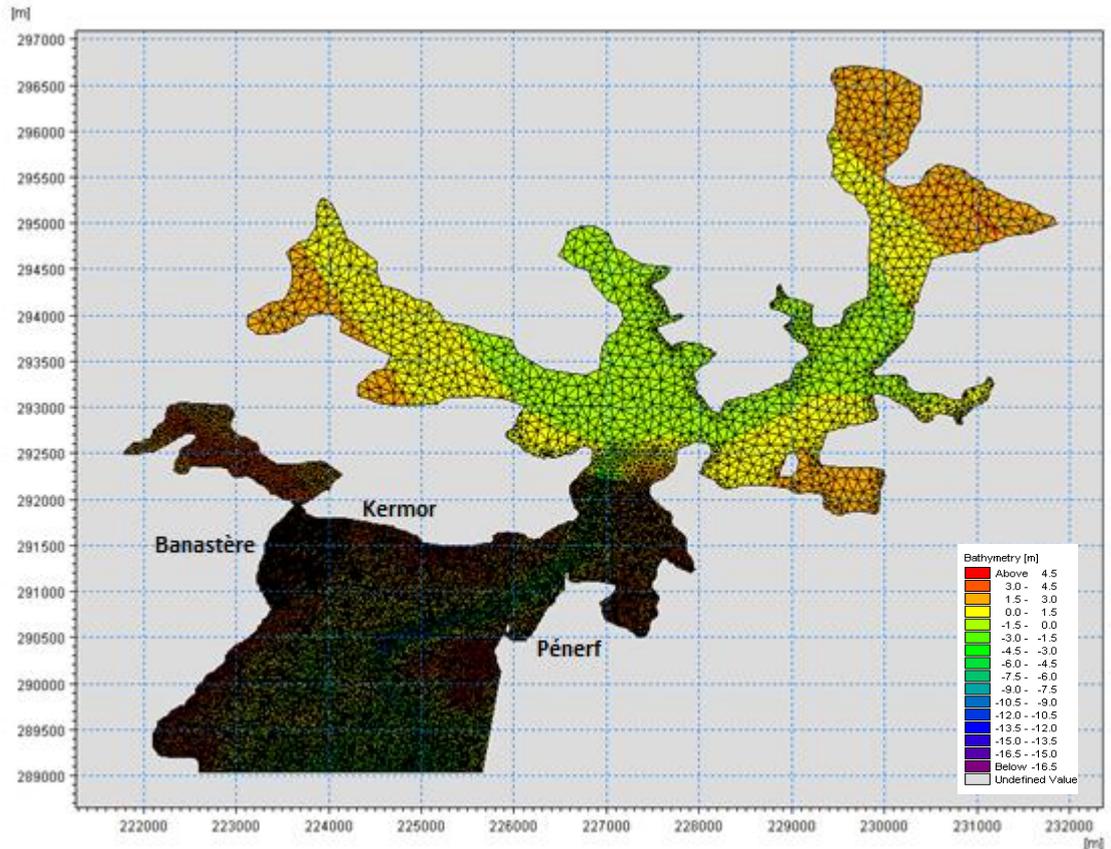


Figure 7-65 : Emprise et carte bathymétrique du modèle de Banastère (réf. Zéro Hydrographique)

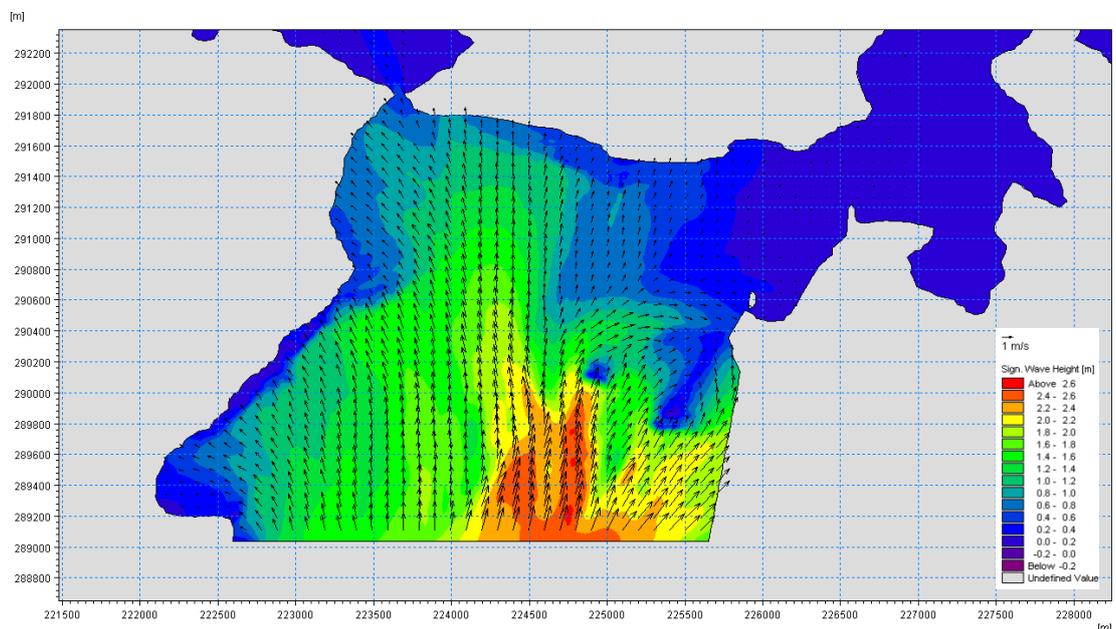


Figure 7-66 : Direction et intensité des houles dans le modèle régional – 10/03/2008 à 8h (1ère pleine-mer)

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-23: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Banastère

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,17	0,25	4,25
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0	0,25	4,48

Tableau 7-24 : Houles (en m) à Banastère

	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	13,98	0,81
T100 à l'horizon 2100	13,98	0,78

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

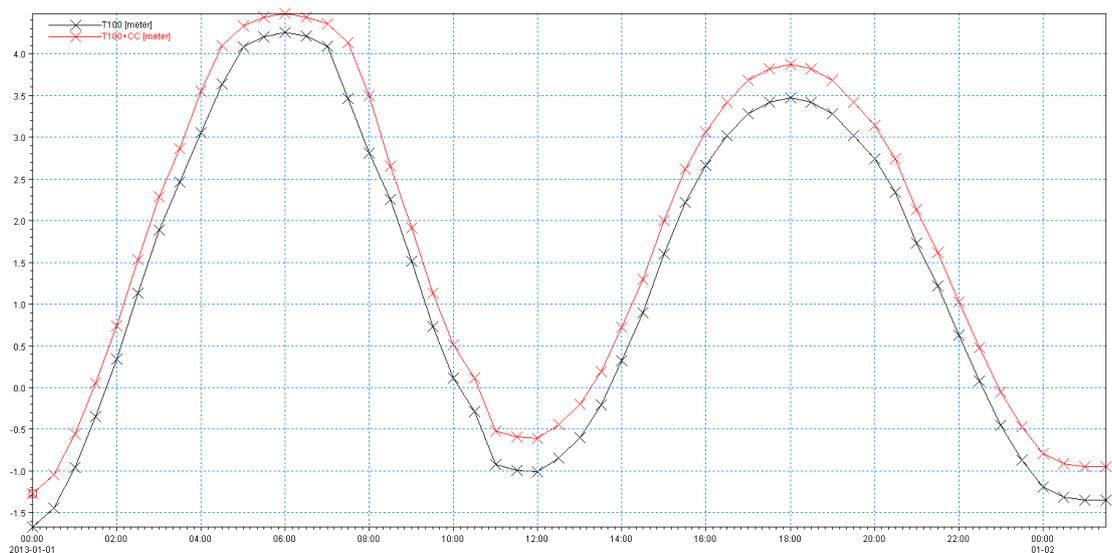


Figure 7-67 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Banastère

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-25 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

		Partie béton	Partie enrochements
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,75	0,75
	Débit linéique maximal (l/s/m)	42	26
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,52	0,52
	Débit linéique maximal (l/s/m)	67	47

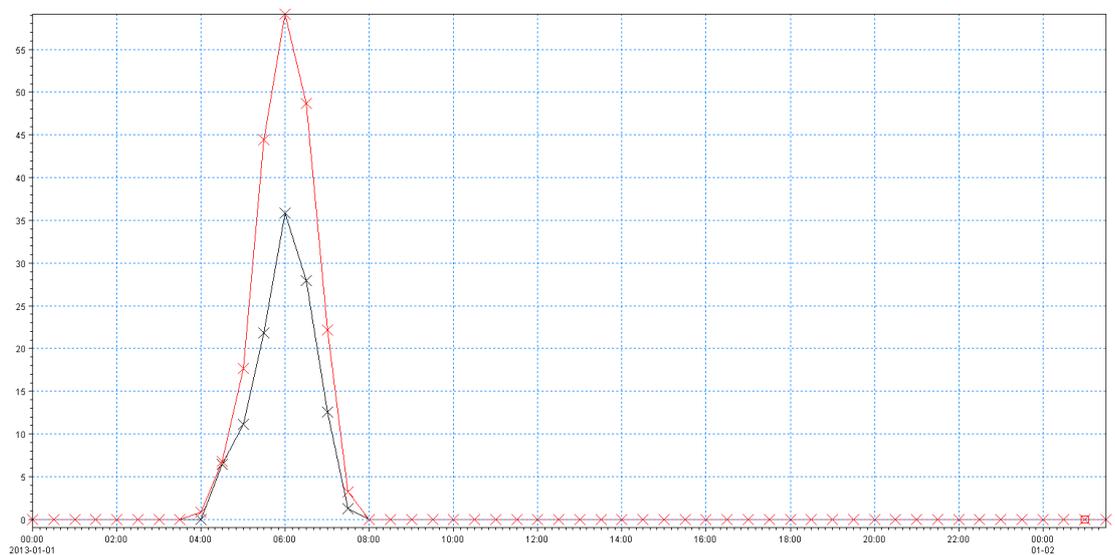


Figure 7-68 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge))

Résultats hauteur vitesces



Figure 7-69 : Banastère – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-70 : Banastère – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-71 : Banastère – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-72 : Banastère – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.10 Site de Kermor

Rappels des hypothèses

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le site de Kermor pour un évènement de période de retour 100 ans comme relevé lors de l'analyse historique.

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le perré se divise en plusieurs parties. 46% du linéaire présente un perré entièrement en béton lisse, alors que 54% présente un revêtement fait d'enrochements. Cette différence influe les débits franchissant. Il a donc été décidé de calculer les débits franchissant sur deux profils transversaux de la plage, afin de tenir compte des variations de rugosité de l'ouvrage. Néanmoins le profil de plage utilisé reste le même pour les deux parties, seuls la cote du perré et les débits franchissant seront différents.

Les différents paramètres de ce profil sont précisés dans les figures suivantes.



Figure 7-73 : Position du profil retenu à Kermor

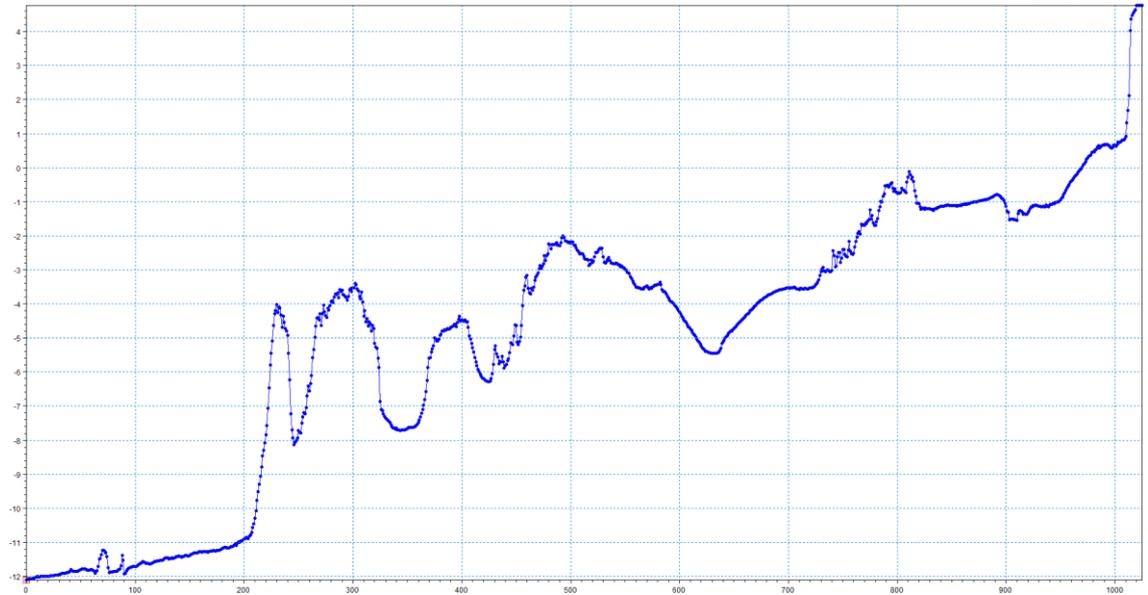


Figure 7-74 : Profil de plage

Tableau 7-26 : Paramètres du profil utilisé à Kermor

	Partie béton	Partie enrochements
Direction des houles (°N)	180	180
Cote du perré (m IGN 69)	4,4	4,4
Cote du pied d'ouvrage (m IGN 69)	2	2
Pente du perré (h / l)	1 / 0,67 et 1 / 60	1 / 0,67 et 1 / 60
Linéaire (m)	260	300

Rappels niveaux / houles

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-27: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Kermor

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,19	0,25	4,27
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,18	0,25	4,66

Tableau 7-28 : Houles (en m) à Kermor

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	1,58	10,34	1,04
T100 à l'horizon 2100	1,44	10,30	1,13

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

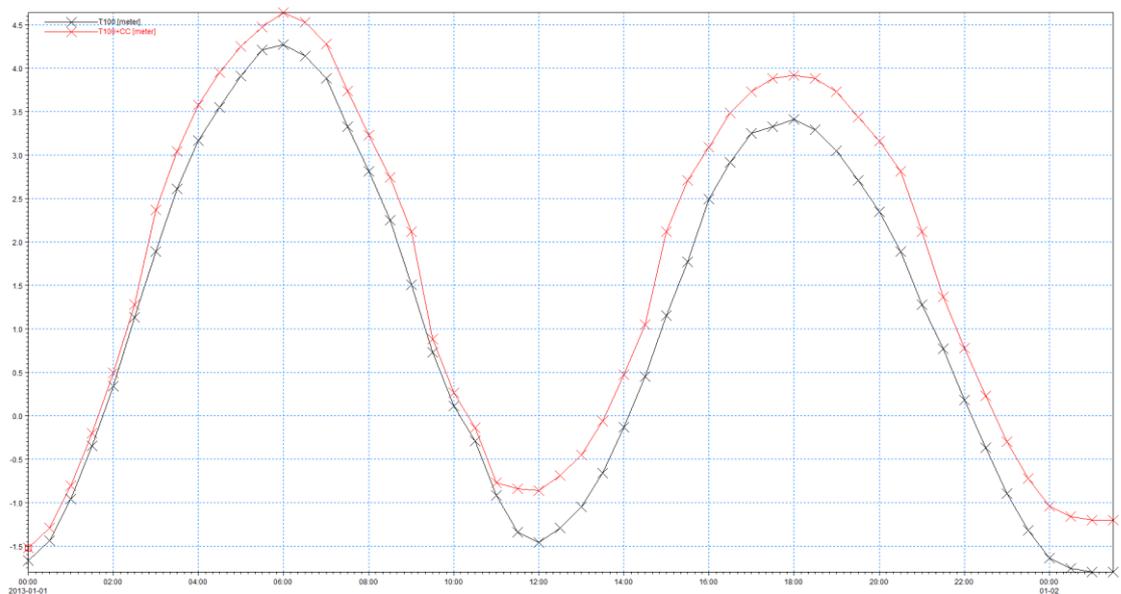


Figure 7-75 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Kermor

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-29 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

		Partie béton	Partie enrochements
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,16	0,16
	Débit linéique maximal (l/s/m)	172	117
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	Débordement	Débordement
	Débit linéique maximal (l/s/m)	-	-

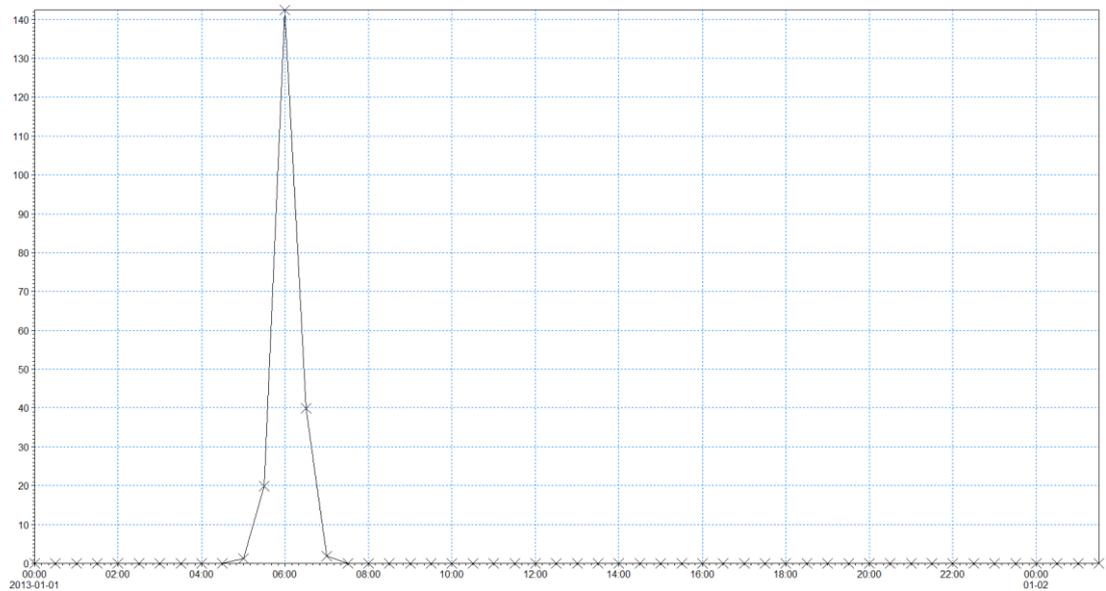


Figure 7-76 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans)

Résultats hauteur vitesess



Figure 7-77 : Kermor – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-78 : Kermor – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennial



Figure 7-79 : Kermor – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-80 : Kermor – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.11 Site de Pen Cadenic

Rappels hypothèses

L'analyse des données LIDAR a montré que le site de Pen Cadenic était potentiellement submersible pour un événement de niveau marin extrême de période de retour 100 ans.

De plus, conformément au guide de la méthodologie des Plan de Prévention des Risques, un ouvrage submergé de plus de 20 cm doit être considéré comme étant sujet à une ruine généralisée. La digue séparant les parcs à huîtres du littoral, montrée en figure suivante, entre dans ce cas particulier. Une ruine généralisée de cet ouvrage a donc été considérée, avec une cote d'arase de cet ouvrage à 2,5m IGN 69.



Figure 7-81 : Pen Cadenic – Ouvrage considéré en ruine généralisée

Condition initiale dans les parcs à huîtres

La détermination des conditions de remplissage des parcs à huîtres de Pen Cadenic au moment de l'initialisation de la brèche a été fixée à 2m IGN 69.

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-30: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Pen Cadenic

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,80	0,20	0,00	0,25	4,25
T100 à l'horizon 2100	3,80	0,60	0,00	0,25	4,65

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

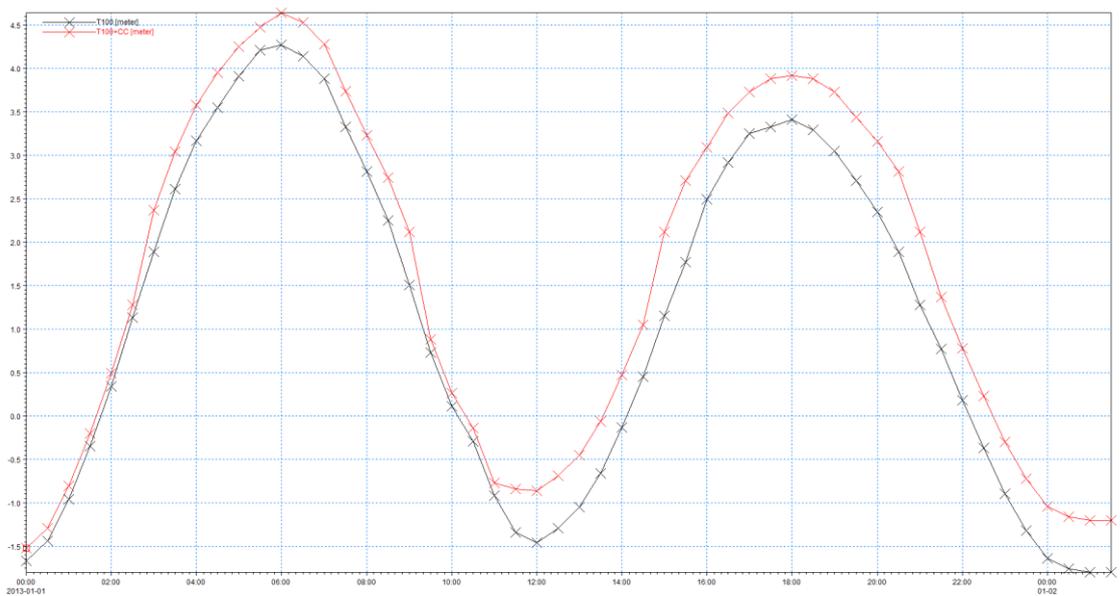


Figure 7-82 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Pen Cadenic

Résultats hauteur vitesses



Figure 7-83 : Pen Cadenic – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-84 : Pen Cadenic – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-85 : Pen Cadenic – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-86 : Pen Cadenic – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.12 Site de Pénerf

Rappels hypothèses

L'analyse des données LIDAR a montré que le site du Lenn était potentiellement submersible pour un événement de niveau marin extrême de période de retour 100 ans.

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu pour un événement de période de retour 100 ans sur les perrés de la plage de Pénerf.

Caractéristiques des ouvrages et profils de plage

Le calcul des débits franchissant les perrés est effectué sur trois profils transversaux des plages de Pénerf. Il est à noter que deux ouvrages sont à étudier au droit du profil 1. Néanmoins le profil de plage utilisé reste le même pour les deux parties, seuls les dimensions du perré et les débits franchissant seront différents.

Les différents paramètres de ces profils sont précisés dans les figures suivantes.



Figure 7-87 : Position des trois profils retenus à Pénerf



Figure 7-88 : Profil 1



Figure 7-89 : Profil 2

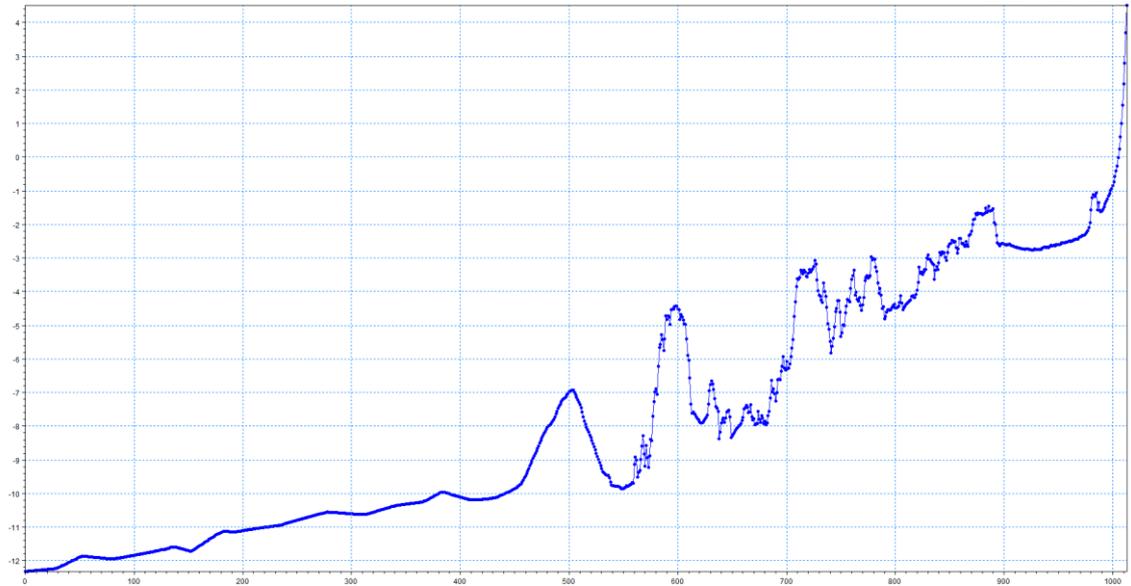


Figure 7-90 : Profil 3

Tableau 7-31 : Paramètres des profils utilisés à Pénerf

	Profil 1.a	Profil 1.b	Profil 2	Profil 3
Direction des houles (°N)	210	210	210	210
Cote du perré (m IGN 69)	5,3	5,3	5,45	4,5
Cote du pied d'ouvrage (m IGN 69)	2,1	2,1	3,1	2,8
Pente du perré (h / l)	1 / 1,15	1 / 1,04	1 / 1,78 et 1 / 30	1 / 1,03 et 1 / 120
Linéaire (m)	170	90	210	130

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-32: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus à Pénerf

T100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
Profil 1	3,63	0,20	0,24	0,25	4,32
Profil 2	3,63	0,20	0,21	0,25	4,29
Profil 3	3,63	0,20	0,18	0,25	4,26

T100 à l'horizon 2100	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
Profil 1	3,63	0,60	0,19	0,25	4,67
Profil 2	3,63	0,60	0,15	0,25	4,63
Profil 3	3,63	0,60	0,12	0,25	4,60

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)		
			Profil 1	Profil 2	Profil 3
T100	3,73	13,98	1,10	1,38	1,57
T100 à l'horizon 2100	3,73	13,98	1,42	1,72	1,93

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

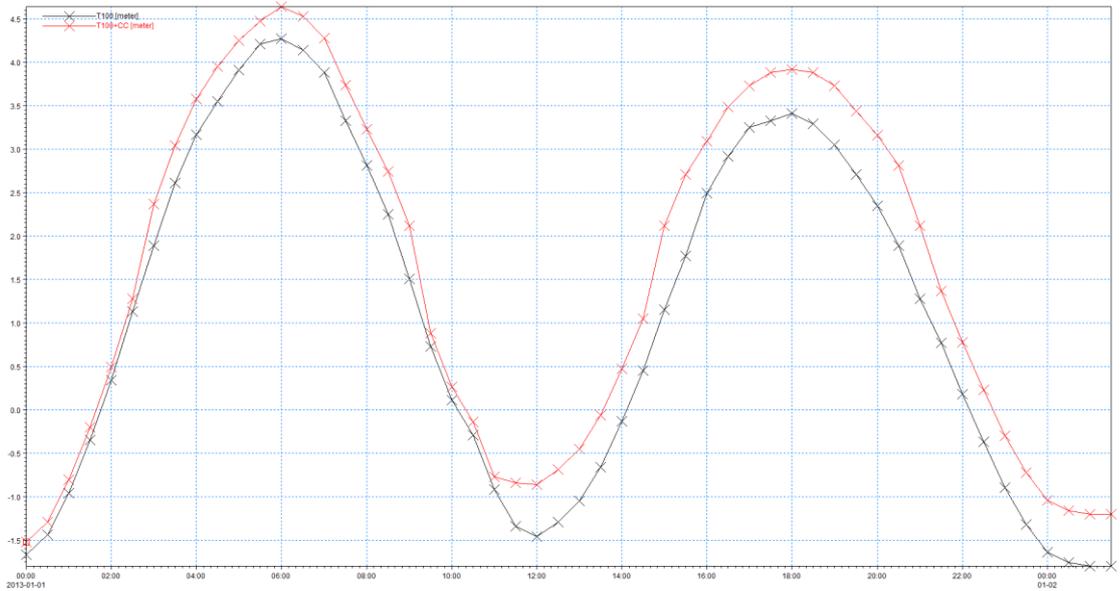


Figure 7-91 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 à Pénerf

Tableau 7-33 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

		Profil 1.a	Profil 1.b	Profil 2	Profil 3
100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,98	0,98	1,16	0,24
	Débit linéique maximal (l/s/m)	72	79	11	28
100 à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,63	0,63	0,82	Débordement
	Débit linéique maximal (l/s/m)	247	259	75	-

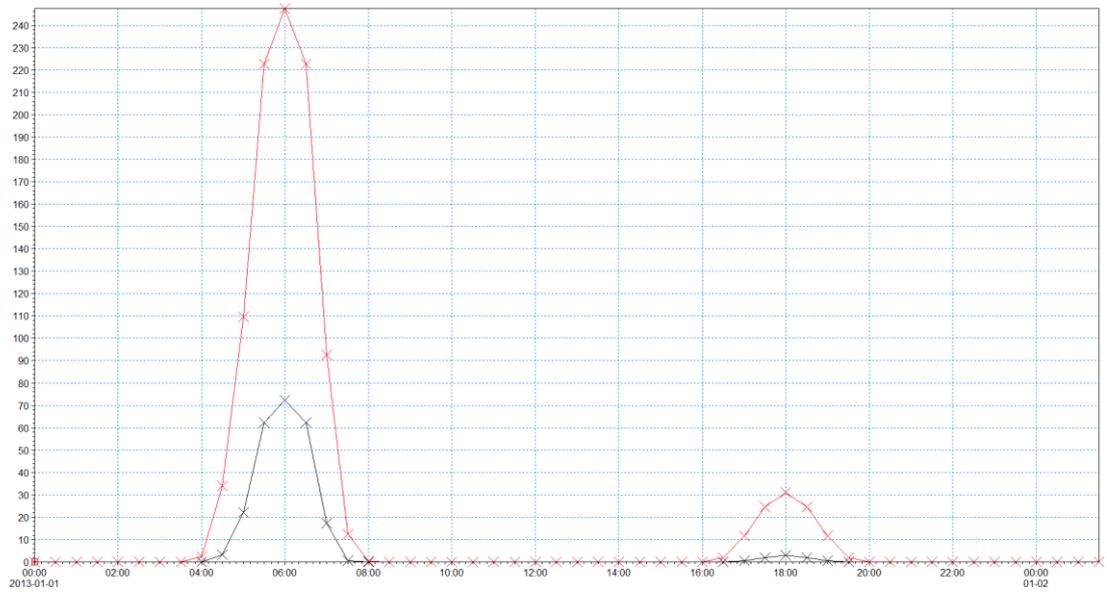


Figure 7-92 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge)) pour le profil 1.a

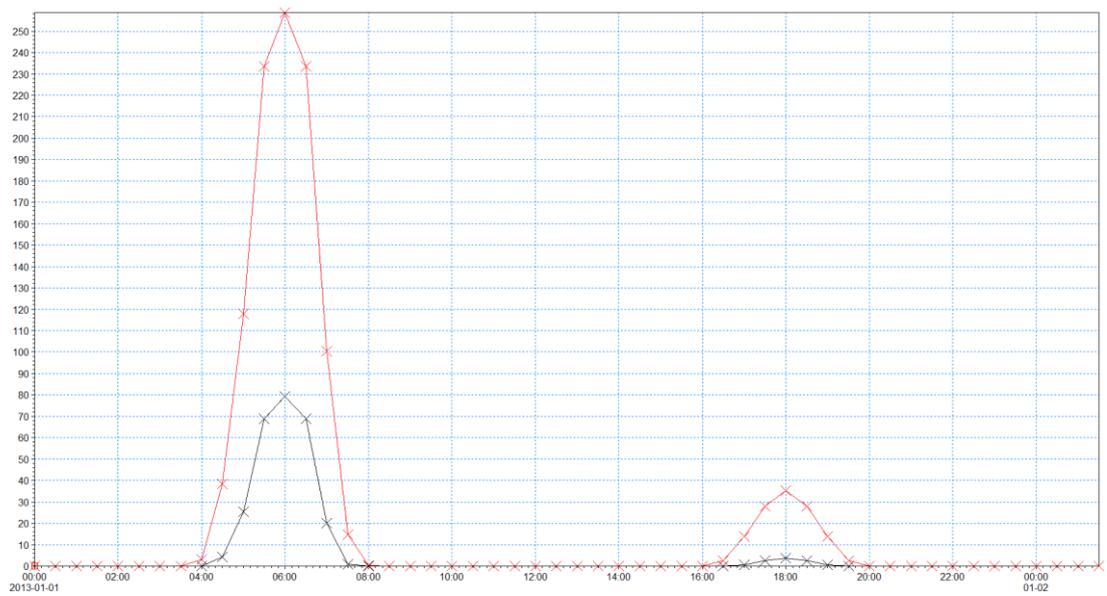


Figure 7-93 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge)) pour le profil 1.b

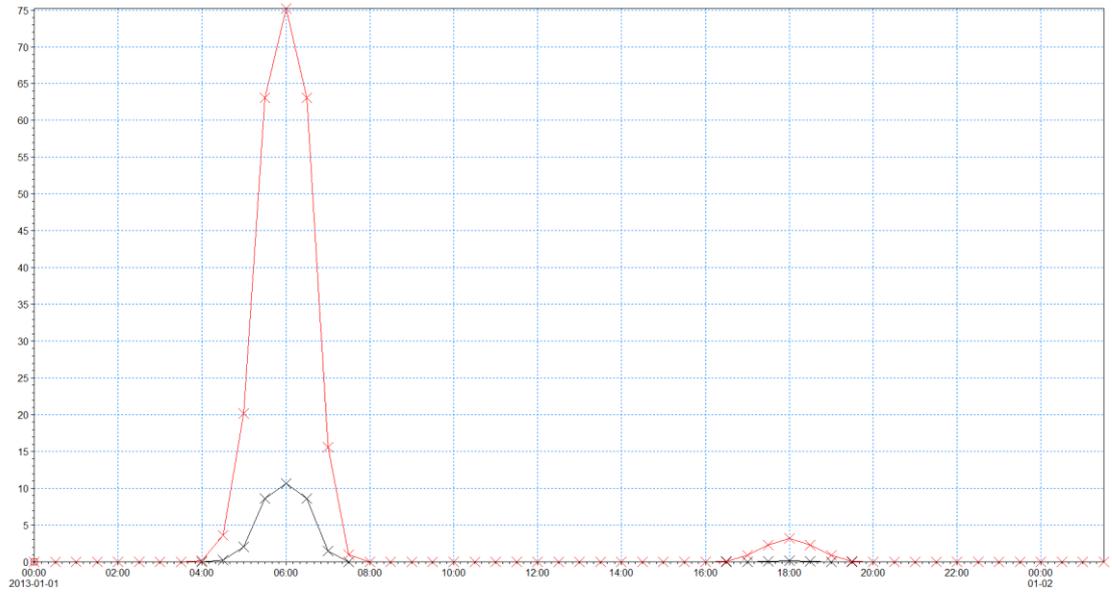


Figure 7-94 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge)) pour le profil 2

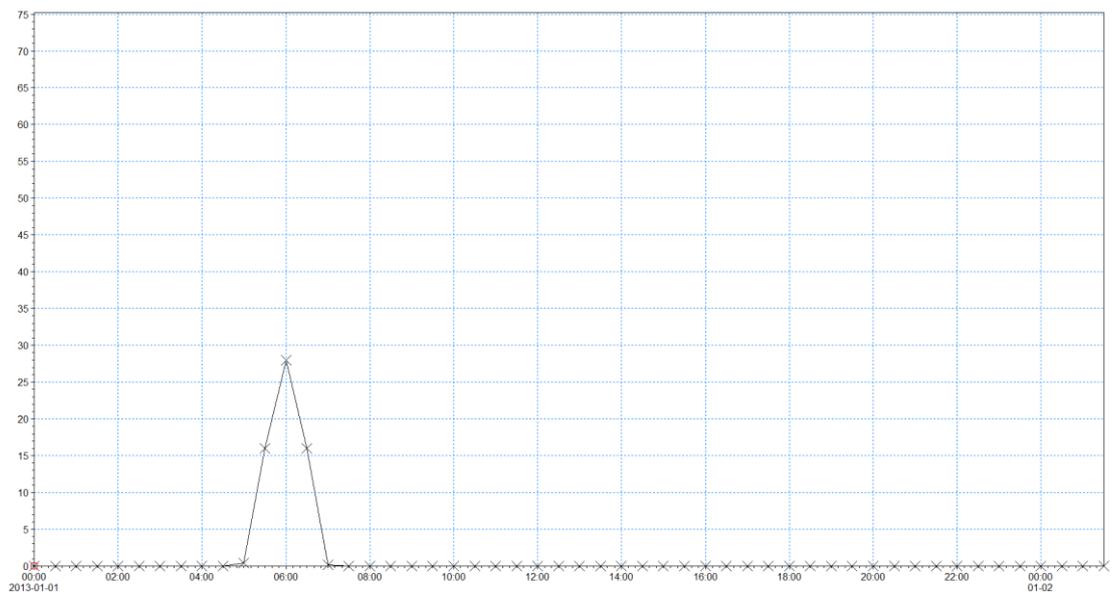


Figure 7-95 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans) pour le profil 3

Résultats hauteur vitesses



Figure 7-96 : Pénérf – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-97 : Pénérf – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-98 : Pénérf – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

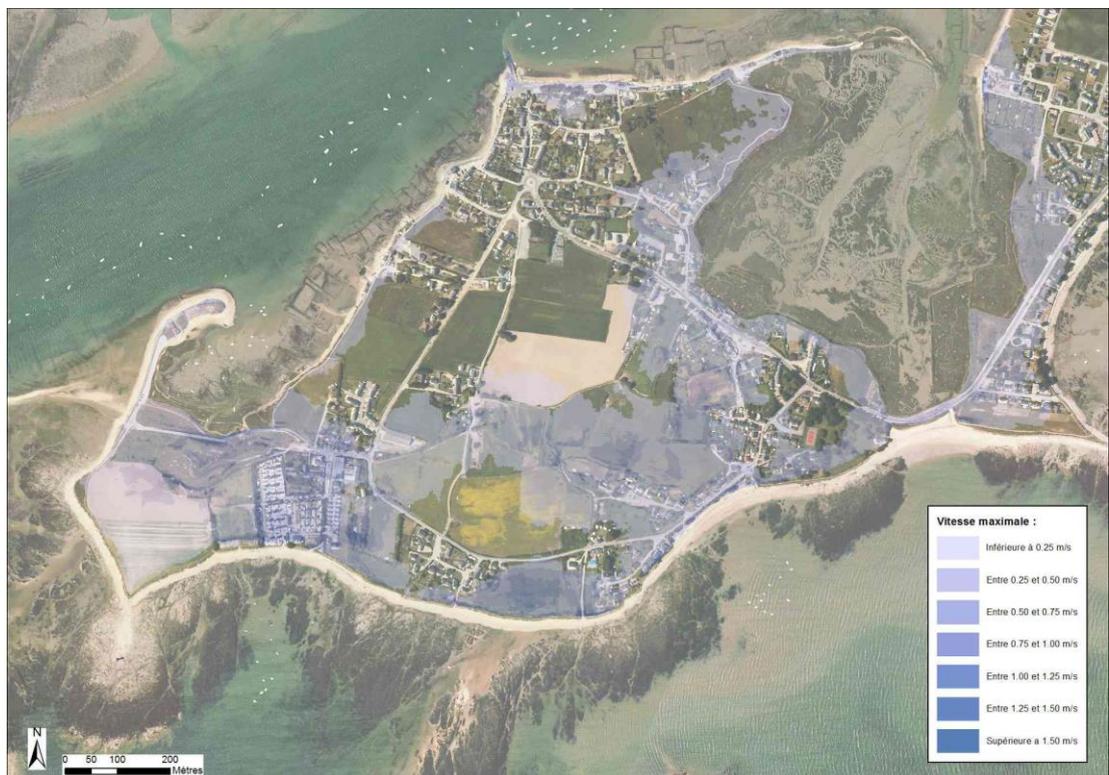


Figure 7-99 : Pénérf – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

7.6.13 Site de la grande plage de Damgan

Rappels hypothèses

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu pour un évènement de période de retour 100 ans sur le perré de la grande plage de Damgan.

Caractéristiques de l'ouvrage et profil de plage

Le calcul du débit franchissant le perré est effectué sur un profil transversal de la plage.

Les différents paramètres de ce profil sont précisés dans les figures suivantes.

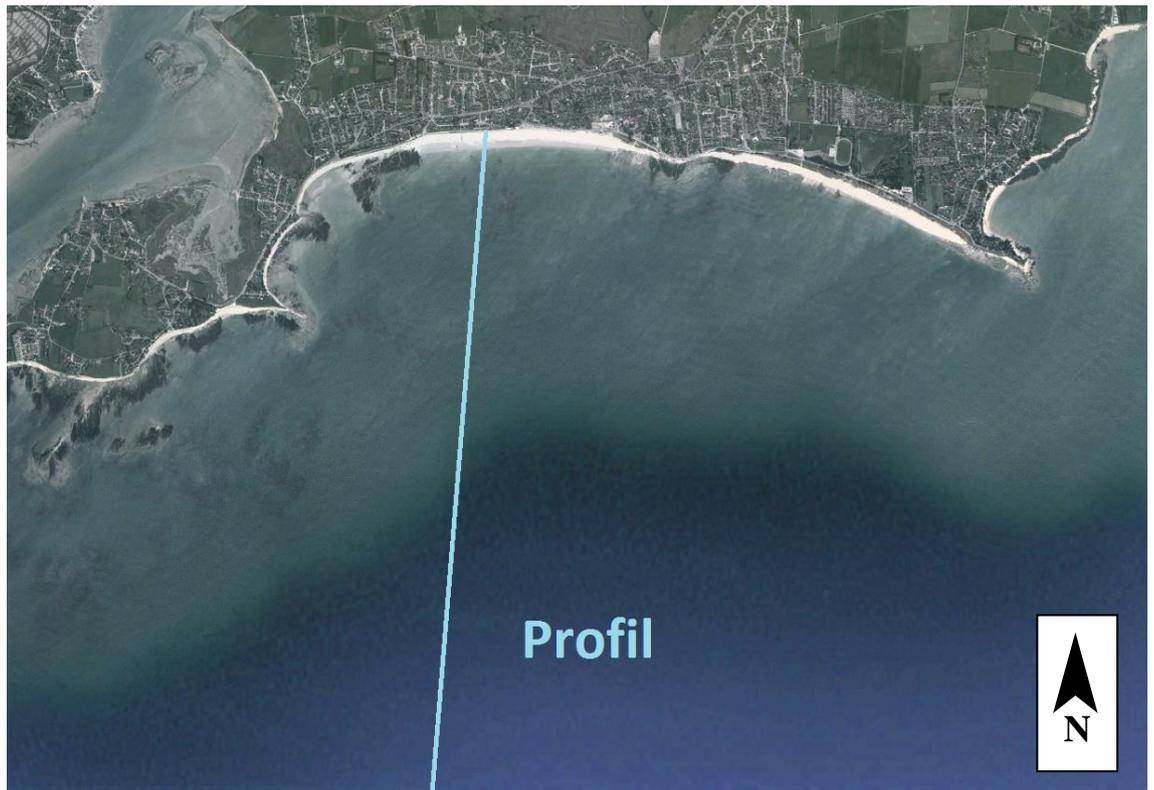


Figure 7-100 : Position du profil retenu sur la Grande Plage de Damgan



Figure 7-101 : Profil de plage

Tableau 7-34 : Paramètres du profil utilisé sur la Grande Plage de Damgan

Direction des houles (°N)	220
Cote du perré (m IGN 69)	5,5
Pente du perré (h / l)	2,3 / 5,7 et 1 / 30
Linéaire (m)	1100

Rappels niveaux – marégrammes

Une élévation du niveau marin lié au réchauffement climatique pris en compte en 2013 de 0,20m a été ajoutée au niveau de pleine-mer centennal. Pour la modélisation de l'évènement centennal incluant le changement climatique à l'horizon 2100, une surcote supplémentaire de 0,40 m a été ajoutée afin d'obtenir une élévation moyenne de 0,60 m conforme au scénario pessimiste établi par l'ONERC.

Tableau 7-35: Niveaux marins extrêmes de pleine-mer totaux (en m IGN 69) retenus sur la grande plage de Damgan

	Niveau extrême de pleine-mer au large	Surcote climatique	Surcote de déferlement	Incertitudes	Niveau extrême de pleine-mer total retenu
T100	3,63	0,20	0,11	0,25	4,19
T100 à l'horizon 2100	3,63	0,60	0,09	0,25	4,57

Tableau 7-36 : Houles (en m) sur la grande plage de Damgan

	Hauteur significative de la houle au large (m)	Période de la houle (s)	Hauteur significative de la houle au pied de l'ouvrage (m)
T100	3,64	14,6	1,54
T100 à l'horizon 2100	3,64	14,6	1,73

Les signaux de marée ont été modifiés pour atteindre ces niveaux extrêmes de pleine-mer, comme présenté figure suivante.

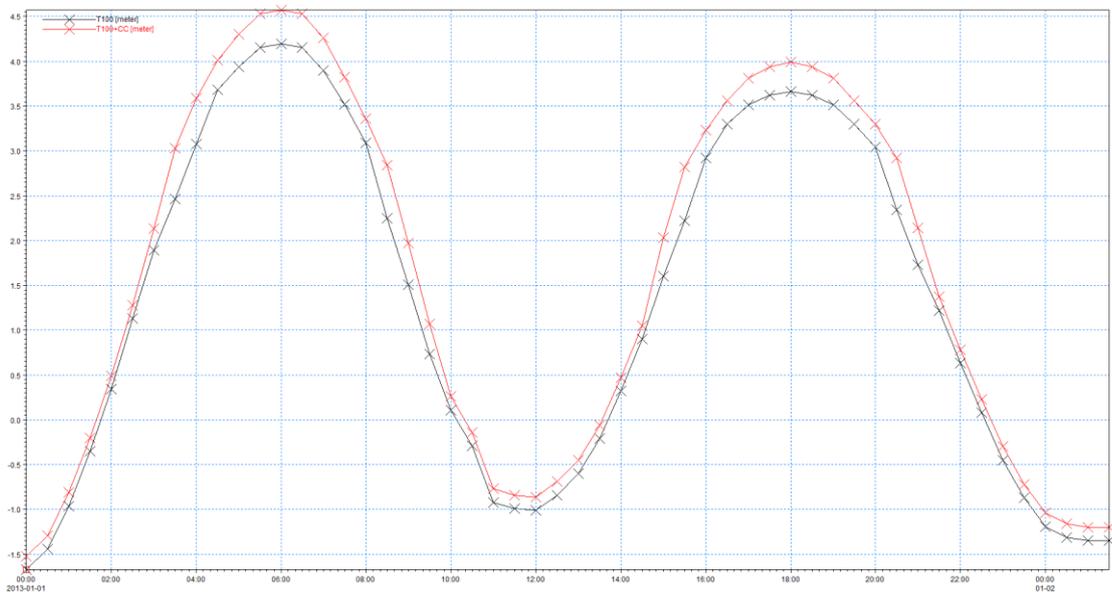


Figure 7-102 : Marégrammes utilisés pour T100 et T100 à l'horizon 2100 sur la grande plage de Damgan

Débits injectés dans le modèle hydrodynamique terrestre

L'estimation des débits de franchissement a été effectuée à l'aide de la formule empirique proposée dans le « Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures - Assessment Manual ».

Tableau 7-37 : Calculs des débits linéiques injectés dans le modèle

100 ans	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	1,31
	Débit linéique maximal (l/s/m)	10
100 ans à l'horizon 2100	Revanche au niveau de pleine-mer (m)	0,93
	Débit linéique maximal (l/s/m)	59

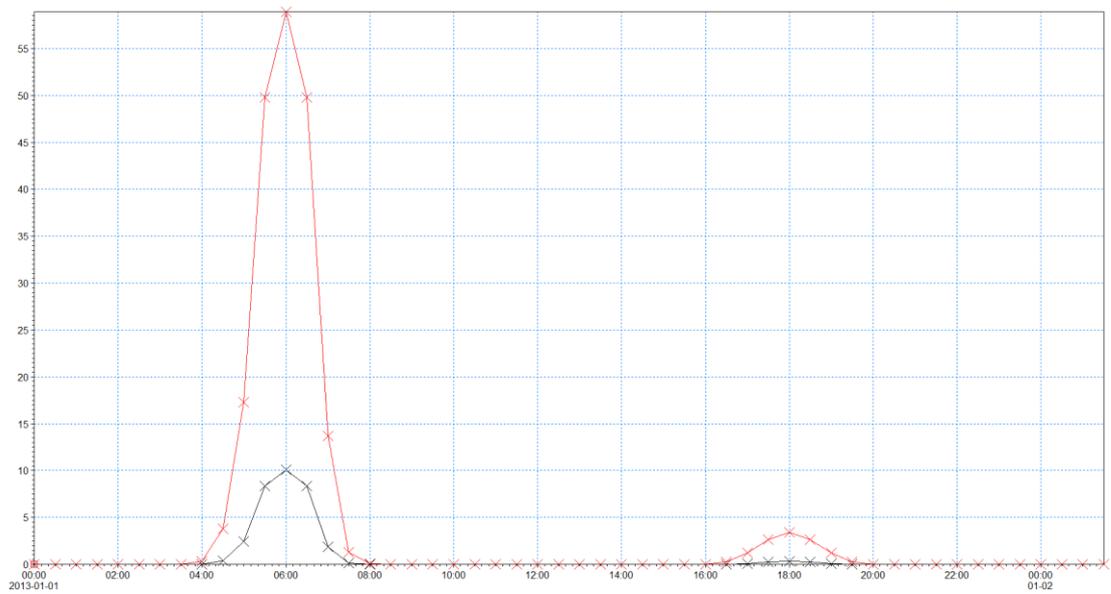


Figure 7-103 : Débits franchissant (en l/s/m) injectés dans le modèle terrestre (100 ans (en noir) et 100 ans horizon 2100 (en rouge))

Résultats hauteur vitesses



Figure 7-104 : Grande Plage de Damgan – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-105 : Grande Plage de Damgan – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un évènement centennal



Figure 7-106 : Grande Plage de Damgan – Cartographie de la hauteur de submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100



Figure 7-107 : Grande Plage de Damgan – Cartographie de la vitesse d'écoulement modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

7.7 Traitement à posteriori des cartographies des aléas

7.7.1 Bandes de précaution

La circulaire du 27 juillet 2011 précise que dans la qualification des aléas submersion et érosion des bandes de précaution (ou bandes de sécurité) doivent être appliquées afin de ne pas sous-estimer l'aléa local induit pas les phénomènes à l'origine des submersions. Le phénomène à l'origine de la prise en compte de bandes forfaitaires de précautions sont les survitesses induites par la création de brèches dans les ouvrages ou cordons dunaires.

L'Etat précise la largeur de ces bandes forfaitaires dans le tableau suivant :

Tableau 7-38 : Prise en compte des bandes de précaution dans la qualification dans la qualification de l'aléa submersion

localisation des bandes	référence	événement pris en compte	phénomènes observés	dénomination de la bande	détermination de la largeur	niveau d'aléa
à l'arrière des tronçons de digues de premier rang ou des cordons dunaires vulnérables aux submersions	circulaire du 27/07/2011	rupture localisée de l'ouvrage ou de la structure	formation d'une onde de rupture à partir de la brèche formée	Lr	$L_r = 100 * (\text{niveau marin de référence - TN aval})$ avec un minimum égal à 50 m	très fort

Il est à noter que dans le cas d'une rupture d'ouvrage, la circulaire du 27/07/2011 précise que la bande de précaution inhérente à ce phénomène doit être prise à partir du sommet aval de l'ouvrage. D'autre part, la largeur de la bande de précaution peut être réduite si la cote du terrain naturel aval dépasse la cote du niveau marin de référence (cf. figure suivante). Pour les cordons dunaires, la même procédure a été appliquée.

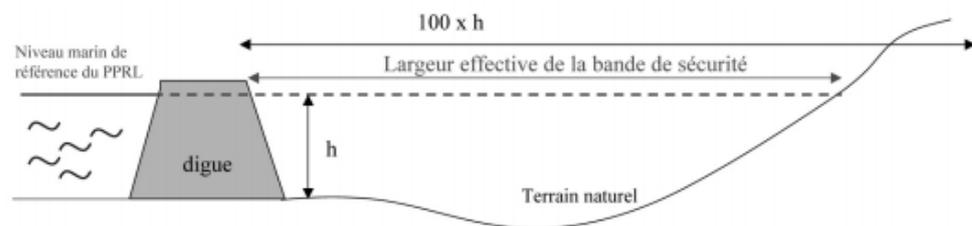


Figure 7-108 : Représentation de la bande de précaution à la suite d'une rupture d'ouvrage (Source : Circulaire du 27/07/2011)

Site de la plage du Fogeo

Le cordon dunaire de la plage du Fogeo a fait l'objet d'une simulation de brèche. Le niveau marin de référence pour l'évènement centennal a été fixé à 4,24 m IGN69 sur ce site.

Plusieurs profils ont été levés afin de représenter le cordon dunaire de la plage du Fogeo sur toute sa longueur (cf. Figure 6-6).

Le tableau suivant récapitule la cote du terrain naturel à l'aval du cordon dunaire pour chaque profil, ainsi que la largeur de la bande de précaution calculée.

Tableau 7-39 : Largeur de la bande de précaution calculée sur chaque profil

	Niveau marin (m IGN69)	Cote TN aval (m IGN69)	Différence (m)	Largeur de la bande de précaution (m)
Profil 1	4,24	-	-	- ⁶
Profil 2	4,24	3,80	0,44	50 ⁷
Profil 3	4,24	3,80	0,44	50
Profil 4	4,24	3,30	0,94	94
Profil 5	4,24	3,90	0,34	50
Profil 6	4,24	3,80	0,44	50
Profil 7	4,24	-	-	-

La bande de précaution sur le site de la plage du Fogeo est présentée dans la figure suivante.



Figure 7-109 : Bande de précaution sur la plage du Fogeo

⁶ Sur les profils 1 et 7, le terrain naturel aval est plus haut que le niveau marin de référence.

⁷ La largeur minimale de la bande de précaution dans le cas d'une rupture de cordon dunaire ne doit pas être inférieure à 50m

Site de la plage de Kervert

Le cordon dunaire de la plage de Kervert a fait l'objet de simulations de deux brèches. Le niveau marin de référence pour l'évènement centennal a été fixé à 4,23 m IGN69 sur ce site.

Plusieurs profils ont été levés afin de représenter le cordon dunaire de la plage de Kervert sur toute sa longueur (cf. Figure 6-8).

Le tableau suivant récapitule la cote du terrain naturel à l'aval du cordon dunaire pour chaque profil, ainsi que la largeur de la bande de précaution calculée.

Tableau 7-40 : Largeur de la bande de précaution calculée sur chaque profil

	Niveau marin (m IGN69)	Cote TN aval (m IGN69)	Différence (m)	Largeur de la bande de précaution (m)
Profil 1	4,23	0,95	3,28	82 ⁸
Profil 2	4,23	1,55	2,68	171
Profil 3	4,23	1,05	3,18	212
Profil 4	4,23	1,80	2,43	243
Profil 5	4,23	2,00	2,23	223
Profil 6	4,23	2,00	2,23	223
Profil 7	4,23	2,00	2,23	223
Profil 8	4,23	2,00	2,23	223
Profil 9	4,23	3,10	1,13	84
Profil 10	4,23	-	-	- ⁹

La bande de précaution sur le site de la plage de Kervert est présentée dans la figure suivante.

⁸ Sur les profils 1,2,3 et 9, le terrain naturel remonte au-dessus du niveau marin avant la largeur que représente « 100*différence ».

⁹ Le terrain naturel aval est plus haut que le niveau marin de référence.



Figure 7-110 : Bande de précaution sur la plage de Kervert

Site de Kerpont

Le cordon dunaire de Kerpont a été l'objet d'une simulation de brèche. Le niveau marin de référence pour l'évènement centennal a été fixé à 4,22 m IGN69 sur ce site.

Plusieurs profils ont été levés afin de représenter le cordon dunaire de Kerpont sur toute sa longueur (cf. Figure 6-14).

Le tableau suivant récapitule la cote du terrain naturel à l'aval du cordon dunaire pour chaque profil, ainsi que la largeur de la bande de précaution calculée.

Tableau 7-41 : Largeur de la bande de précaution calculée sur chaque profil

	Niveau marin (m IGN69)	Cote TN aval (m IGN69)	Différence (m)	Largeur de la bande de précaution (m)
Profil 1	4,22	-	-	- ¹⁰
Profil 2	4,22	3,10	1,12	112
Profil 3	4,22	3,85	0,37	50 ¹¹
Profil 4	4,22	2,95	1,27	100 ¹²
Profil 5	4,22	4,05	0,17	50

Afin d'obtenir une continuité de la largeur de la bande de précaution, et le profil 3 étant seul dans son secteur à avoir une faible largeur de la bande de précaution, la largeur de la bande de précaution au niveau du profil 3 a été fixée à 100m.

La bande de précaution sur le site de Kerpont est présentée dans la figure suivante.

¹⁰ Le terrain naturel aval est plus haut que le niveau marin de référence.

¹¹ Sur les profils 3 et 5, la largeur minimale de la bande de précaution dans le cas d'une rupture de cordon dunaire ne doit pas être inférieure à 50m.

¹² Le terrain naturel remonte au-dessus du niveau marin de référence avant la largeur que représente « 100*différence ».



Figure 7-111 : Bande de précaution sur le site de Kerpont

Site de Saint-Jacques – Camping

L'ouvrage de la plage de Saint-Jacques protégeant le camping a fait l'objet de simulation d'une brèche, ainsi que de franchissements par paquets de mer. La bande de précaution consécutive à l'apparition de cette brèche a été fixée sur un linéaire couvrant toute la longueur du perré.

Le niveau marin de référence pour l'évènement centennal a été fixé à 4,33 m IGN69 sur ce site. La cote du terrain naturel à l'aval de l'ouvrage est constante et est égale à 3,70m.

La bande de précaution sur ce site est donc d'une largeur constante de 63m sur toute la longueur de l'ouvrage à partir de la crête aval de l'ouvrage.



Figure 7-112 : Bande de précaution sur le site de Saint Jacques – Camping

Site de Penvins

Deux scénarios concomitants ont été considérés sur le site de Penvins.

D'une part, le cordon dunaire de Penvins a été l'objet d'une simulation de brèche, et d'autre part des franchissements par paquets de mer ont été considérés sur le perré à l'Est de la plage. Le niveau marin de référence pour l'évènement centennal a été fixé à 4,33 m IGN69 sur ce site.

Plusieurs profils ont été levés afin de représenter le cordon dunaire de Penvins sur toute sa longueur (cf. Figure 6-27).

Le tableau suivant récapitule la cote du terrain naturel à l'aval du cordon dunaire pour chaque profil, ainsi que la largeur de la bande de précaution calculée.

Tableau 7-42 : Largeur de la bande de précaution calculée sur chaque profil

	Niveau marin (m IGN69)	Cote TN aval (m IGN69)	Différence (m)	Largeur de la bande de précaution (m)
Profil 1	4,33	4	0,33	50 ¹³
Profil 2	4,33	2,5	1,83	183
Profil 3	4,33	2,5	1,83	183
Profil 4	4,33	2,5	1,83	183
Profil 5	4,33	2,5	1,83	183
Profil 6	4,33	2,5	1,83	183
Profil 7	4,33	2,5	1,83	183
Profil 8	4,33	3,5	0,83	83
Profil 9	4,33	3,5	0,83	83

La bande de précaution sur le site de Penvins est présentée dans la figure suivante.

¹³ la largeur minimale de la bande de précaution dans le cas d'une rupture de cordon dunaire ne doit pas être inférieure à 50m.



Figure 7-113 : Bande de précaution sur le site de Penvins

7.7.2 Secteurs soumis aux franchissements par paquets de mer

La guide de la méthodologie des PPRL précise que dans la qualification des aléas submersion et érosion, les zones soumises à des chocs de vagues ou franchissements par paquets de mer doivent être classées en aléa Fort à Très Fort.

L'Etat précise la largeur de ces zones forfaitaires dans le tableau suivant :

Tableau 7-43 : Prise en compte des bandes de précaution dans la qualification dans la qualification de l'aléa submersion

localisation des zones	référence	événement pris en compte	phénomènes observés	dénomination de la zone	détermination de la largeur	niveau d'aléa
A l'arrière des perrés et ouvrages soumis à des franchissements par paquets de mer	guide méthodo PPRL (page 125)	Surcote de déferlement (wave set-up)	chocs mécaniques des vagues et projections	Lp	Lp = 25 m minimum et réévaluée à partir des observations historiques (RETEX)	Fort à Très fort

Dans le cas d'un phénomène de franchissements par paquets de mer, la largeur de cette zone doit être prise à partir du sommet amont de l'ouvrage.

Site de Saint-Jacques – Camping

L'ouvrage de la plage de Saint-Jacques protégeant le camping a fait l'objet de simulation d'une brèche, ainsi que de franchissements par paquets de mer. La zone soumise aux chocs de vagues a été fixée sur un linéaire couvrant toute la longueur du perré. Elle est d'une largeur de 25m à partir de la crête amont de l'ouvrage.



Figure 7-114 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site de Saint Jacques – Camping

Site de Saint-Jacques – Port

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le port de Saint-Jacques. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.

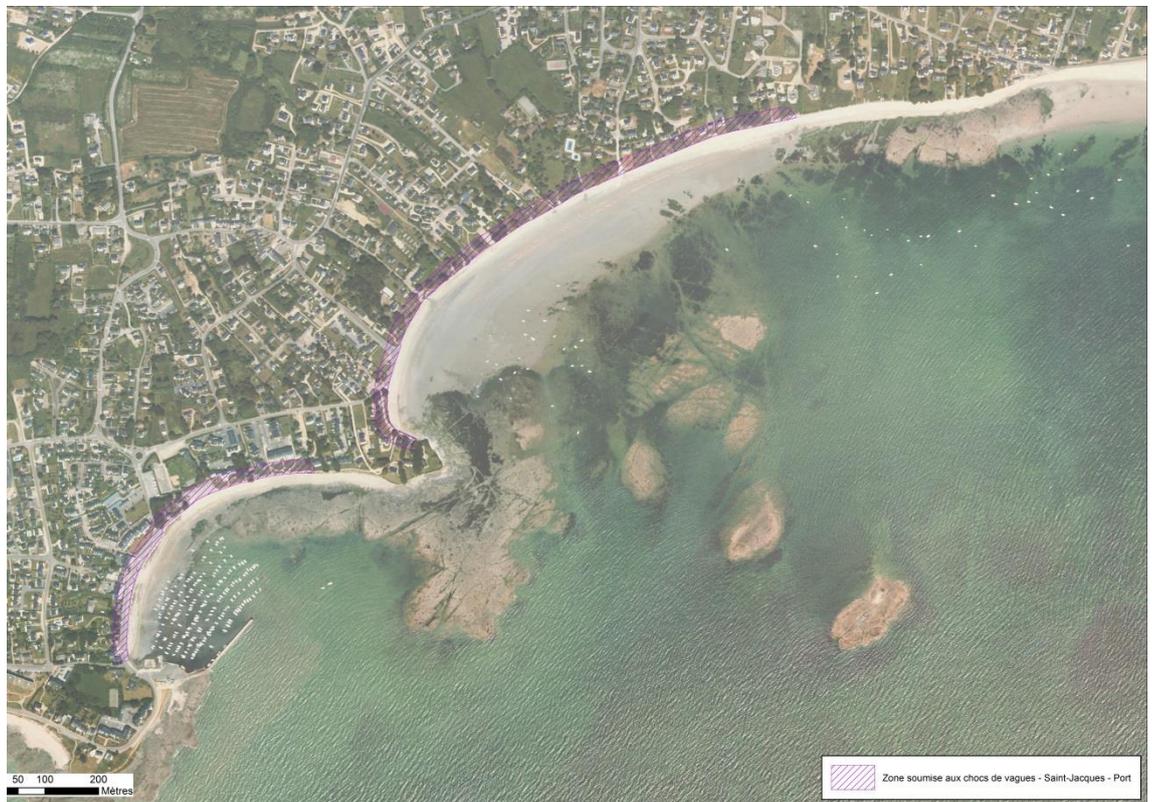


Figure 7-115 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site de Saint Jacques - Port

Site du Roaliguen

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le site du Roaliguen. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.



Figure 7-116 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site du Roaliguen

Site de Penvins

Deux scénarios concomitants ont été considérés sur le site de Penvins.

D'une part, le cordon dunaire de Penvins a été l'objet d'une simulation de brèche, et d'autre part des franchissements par paquets de mer ont été considérés sur le perré à l'Est de la plage. Le niveau marin de référence pour l'évènement centennal a été fixé à 4,33 m IGN69 sur ce site.

D'autre part, un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le perré de Penvins. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.



Figure 7-117 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site de Penvins

Site de Banastère

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le site de Banastère. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.



Figure 7-118 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site de Banastère

Site de Kermor

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le site de Kermor. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.



Figure 7-119 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site de Kermor

Site de Pénerf

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur plusieurs parties du trait de côte du site de Pénerf. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.

Il est à noter que, pour une raison de continuité, la zone soumise aux franchissements par paquets de mer sur les deux perrés au Sud du site a été jointe.



Figure 7-120 : Zone soumise aux chocs de vagues sur le site de Pénerf

Site de la grande plage de Damgan

Un scénario de franchissements par paquets de mer a été retenu sur le site de la Grande Plage de Damgan. Comme le stipule le guide méthodologique des PPRL, sur un secteur soumis aux franchissements par paquets de mer, la largeur de la zone soumise aux chocs de vagues est considérée comme forfaitaire et égale à 25m à partir de la crête du perré.



Figure 7-121 : Zone soumise aux chocs de vagues sur la grande plage de Damgan

8 RESULTATS ET RENDUS CARTOGRAPHIQUES

8.1 Principe et méthodologie

L'aléa instantané est défini par croisement des hauteurs et des vitesses. Le tableau ci-dessous présente les différentes classes d'aléa retenues en fonction du croisement de ces deux variables.

Tableau 8-1 : Définition de l'aléa en fonction des hauteurs et vitesses instantanées

Vitesse	$U < 0,2$ m/s	$0,2 < U < 0,5$ m/s	$U > 0,5$ m/s
Hauteur			
$H < 0,5$ m	Faible	Moyen	Fort
$0,5 < H < 1$ m	Moyen	Moyen	Fort
$H > 1$ m	Fort	Fort	Très Fort

L'utilisation de ces catégories est justifiée par le danger croissant auquel les personnes sont exposées, lorsque la hauteur de l'inondation et/ou la vitesse d'écoulement augmente. Le graphique suivant montre ainsi que la capacité de déplacement d'une personne est fortement réduite dès lors que la hauteur d'eau dépasse 0,5 m ou la vitesse 0,25 m/s. Cette capacité est encore réduite pour un enfant ou pour un adulte non sportif. De ce fait, lorsque les fortes hauteurs et les fortes vitesses sont combinées, le déplacement à pieds n'est plus possible, et toute évacuation requiert l'utilisation de bateaux motorisés.

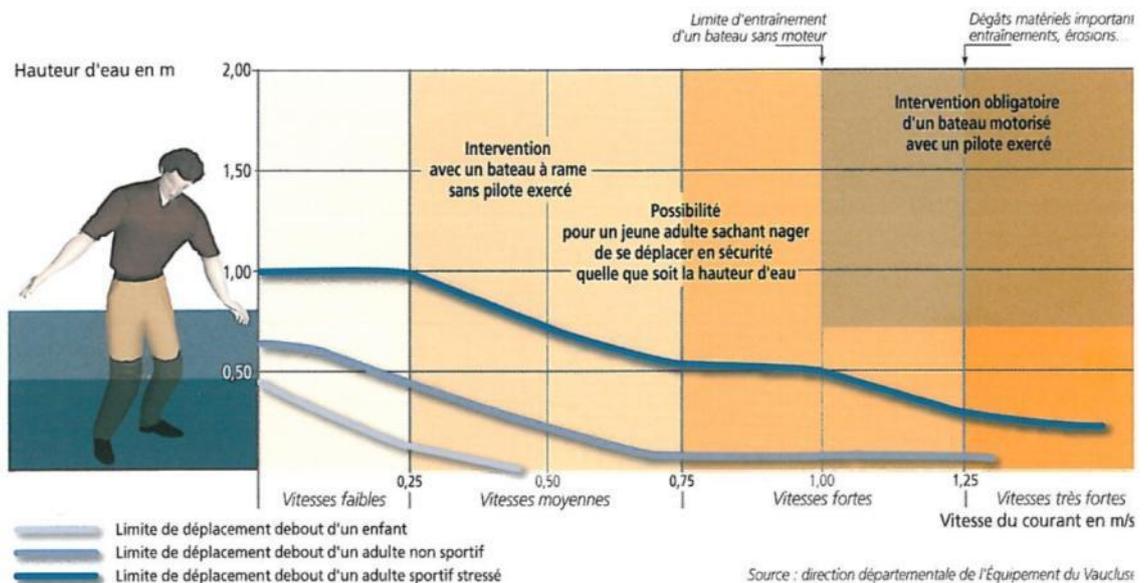


Figure 8-1 : Possibilités de déplacement des personnes en fonction de la hauteur d'eau et de la vitesse d'écoulement (Source : DDE 84)

L'aléa instantané est ainsi calculé tout au long de la propagation de l'inondation à l'aide de cette classification. Au final, l'aléa cartographié se réfère à l'aléa maximal obtenu, en

chaque point de l'espace, par comparaison de l'aléa instantané tout au long de la propagation de l'inondation. L'aléa maximal modélisé est donc issu d'un calcul instantané de l'aléa, et non d'un croisement des hauteurs maximales et des vitesses maximales qui surestimerait significativement l'aléa. On ne peut donc pas simplement comparer les cartographies de hauteurs maximales et de vitesses maximales pour aboutir aux cartographies d'aléa.

Précisons que, outre la hauteur de submersion et la vitesse de l'écoulement, la vitesse de montée des eaux constitue également un paramètre conditionnant l'intensité de l'aléa. Aussi, pour les secteurs soumis à une vitesse de montée moyenne inférieure à 1,5 m/h, l'aléa est défini comme présenté dans le Tableau 8-1. En revanche, pour les sites sur lesquels la vitesse de montée moyenne s'avère supérieure à 1,5 m/h, un surclassement de l'aléa est appliqué aux secteurs soumis à la fois à des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm et à des vitesses d'écoulement inférieures à 0,5 m/s. Ainsi, sur les secteurs concernés par une vitesse de montée supérieure à 1,5 m/h, l'intensité de l'aléa est définie comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 8-2: Définition de l'aléa en fonction des hauteurs et vitesses instantanées avec une vitesse de montée des eaux supérieures à 1.5 m/h

Vitesse	U < 0,2 m/s	0,2 < U < 0,5 m/s	U > 0,5 m/s
Hauteur			
H < 0,5 m	Faible	Moyen	Fort
0,5 < H < 1 m	Fort	Fort	Fort
H > 1 m	Très Fort	Très Fort	Très Fort

A l'issue de la définition de l'aléa par croisement des hauteurs et des vitesses, des traitements cartographiques ont été réalisés en vue de lisser les emprises obtenues pour chaque classe d'aléa. Ces traitements ont consisté à :

- combler les ilots résiduels inférieurs à 20 m² et considérés hors d'eau selon les simulations ;
- affecter aux pastilles inférieurs à 24 m² une classe d'aléa pertinente au regard de l'intensité de l'aléa retenue sur les secteurs environnants.

Les traitements réalisés permettent un rendu conforme à une restitution cartographique à l'échelle du 1/5000.

Les résultats ci-après présentent les cartographies de hauteur d'eau maximale, vitesse maximale, et aléa maximal.

8.2 Caractérisation de l'aléa actuel

8.2.1 Site du port du Crouesty



Figure 8-2 : Port du Crouesty – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.2 Site de la plage du Fogeo

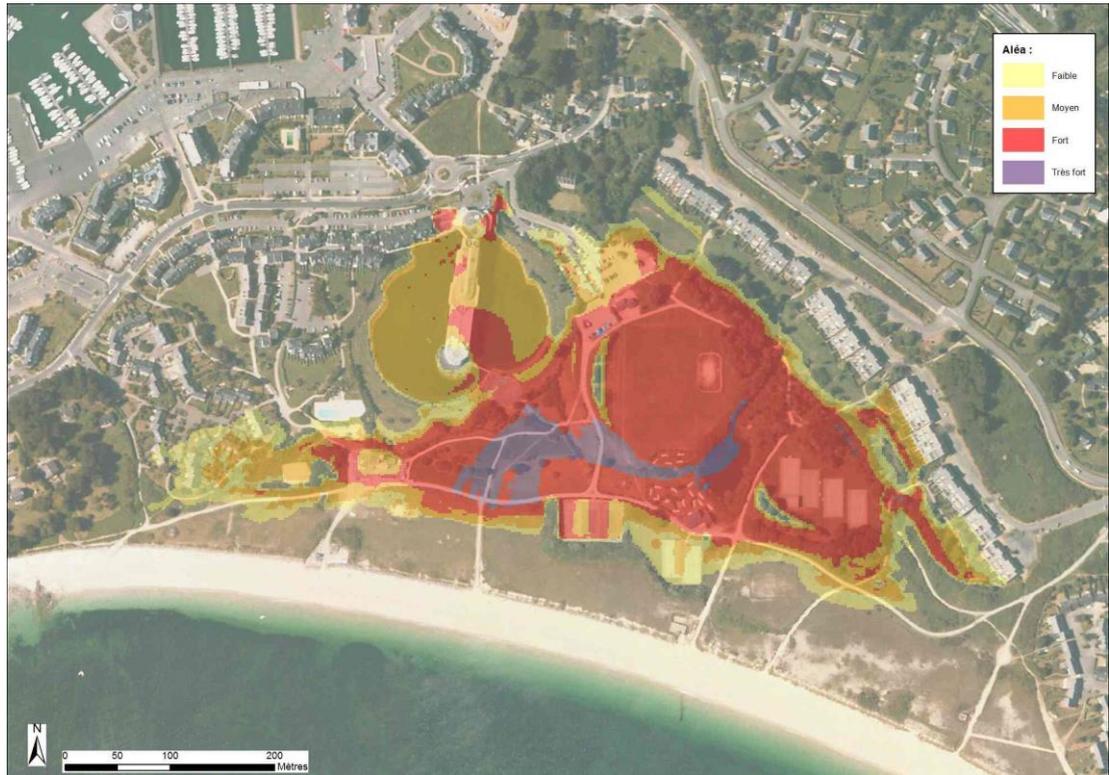


Figure 8-3 : Plage du Fogeo – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennial

8.2.3 Site de la plage de Kervert

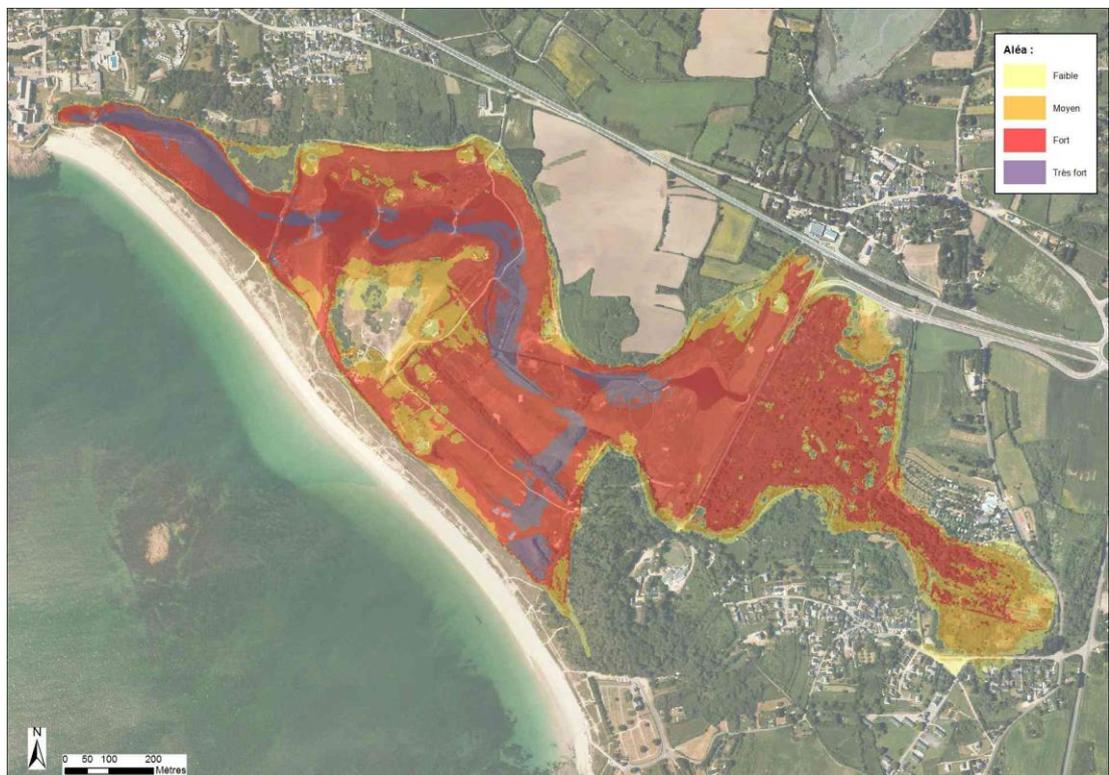


Figure 8-4 : Plage de Kervert – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennial

8.2.4 Site de Kerpont

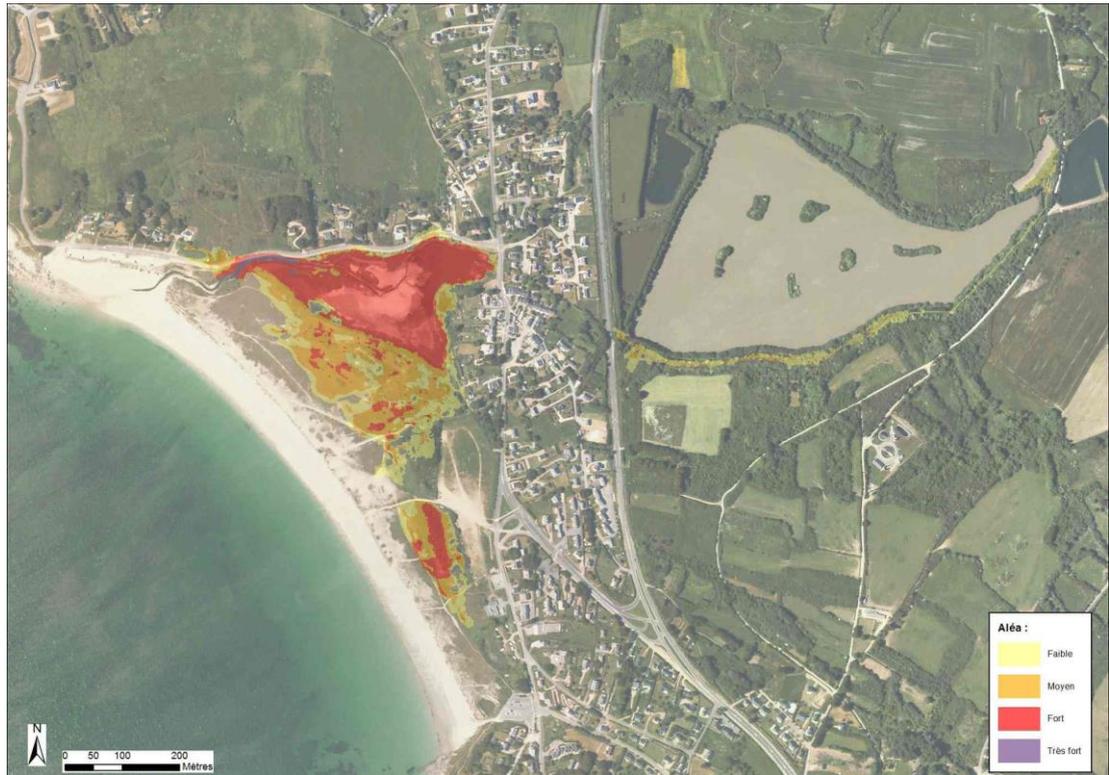


Figure 8-5 : Kerpont – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.5 Site de Saint-Jacques – Camping



Figure 8-6 : Saint-Jacques - Camping – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.6 Site de Saint-Jacques – Port

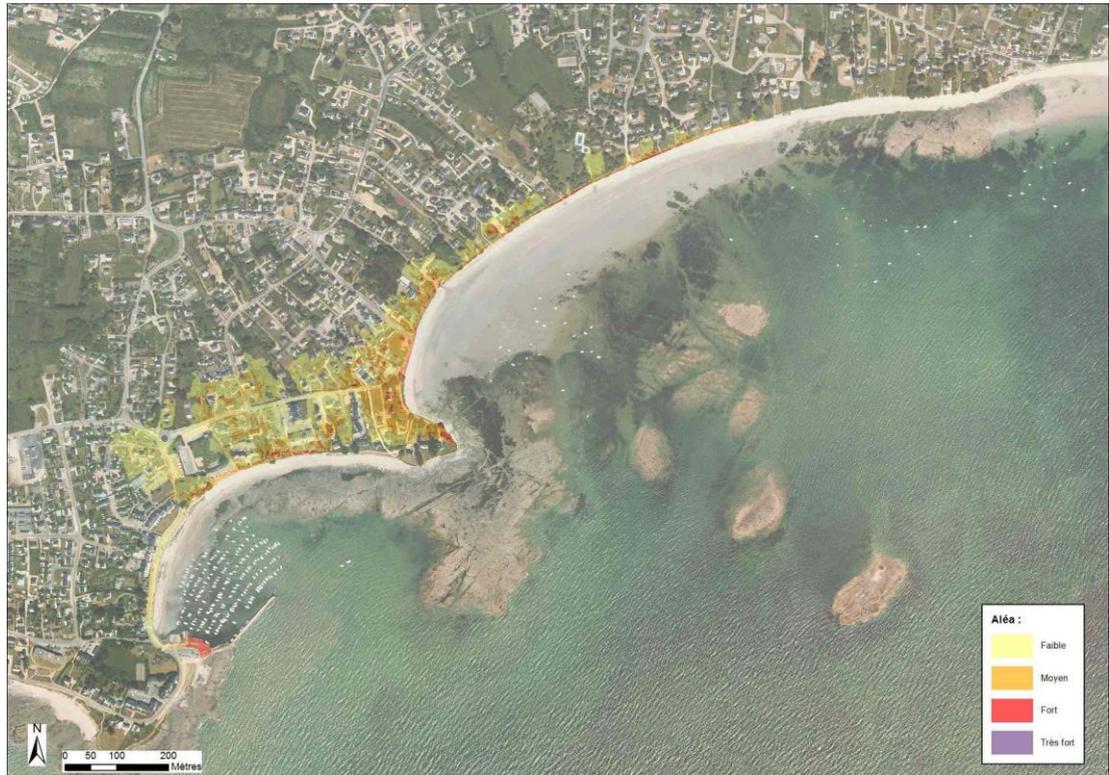


Figure 8-7 : Saint-Jacques – Port – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal

8.2.7 Site du Roaliquen

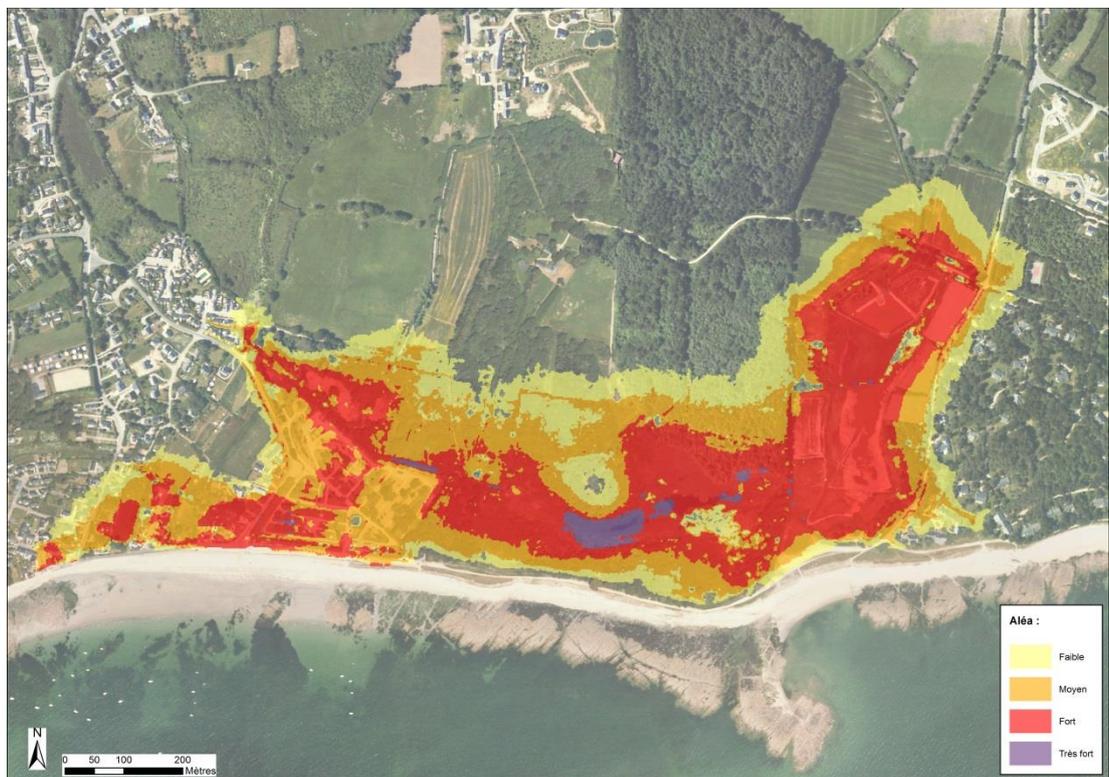


Figure 8-8 : Le Roaliquen – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal

8.2.8 Site de Penvins

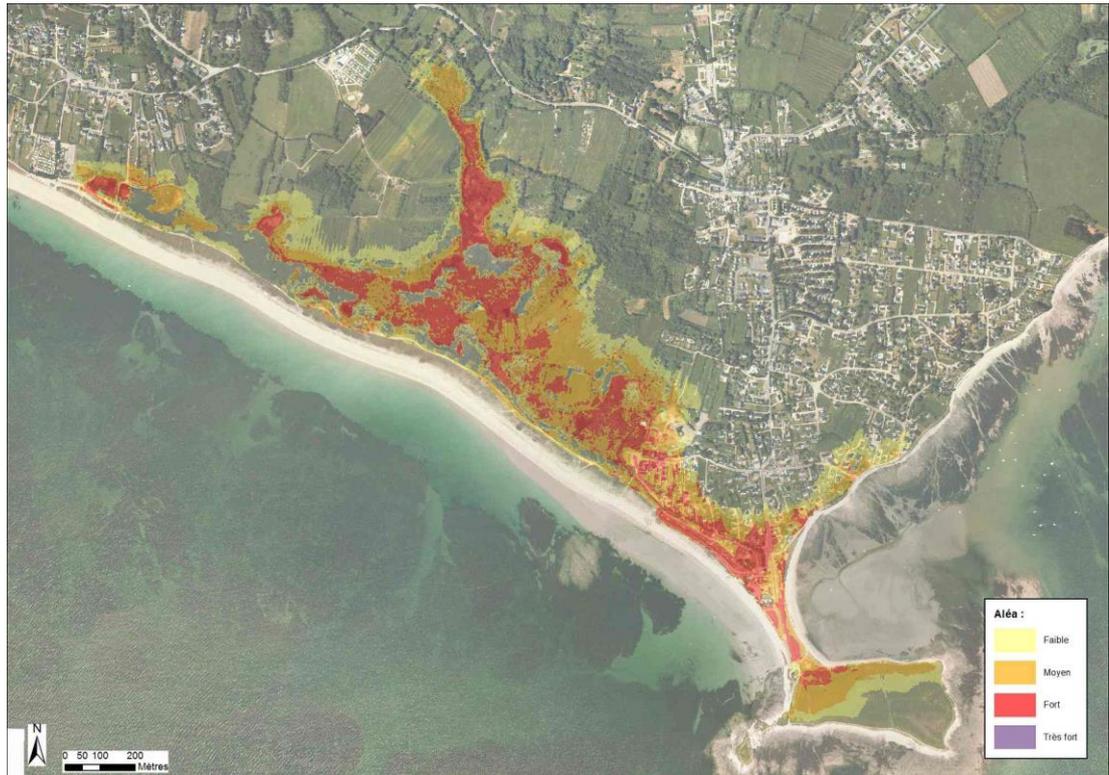


Figure 8-9 : Penvins – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.9 Site de Banastère



Figure 8-10 : Banastère – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.10 Site de Kermor



Figure 8-11 : Kermor – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.11 Site de Pen Cadenic



Figure 8-12 : Pen Cadenic – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.12 Site de Pénerf



Figure 8-13 : Pénerf – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.2.13 Site de la grande plage de Damgan



Figure 8-14 : Grande plage de Damgan – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal

8.3 Caractérisation de l'aléa futur

8.3.1 Site du port du Crouesty

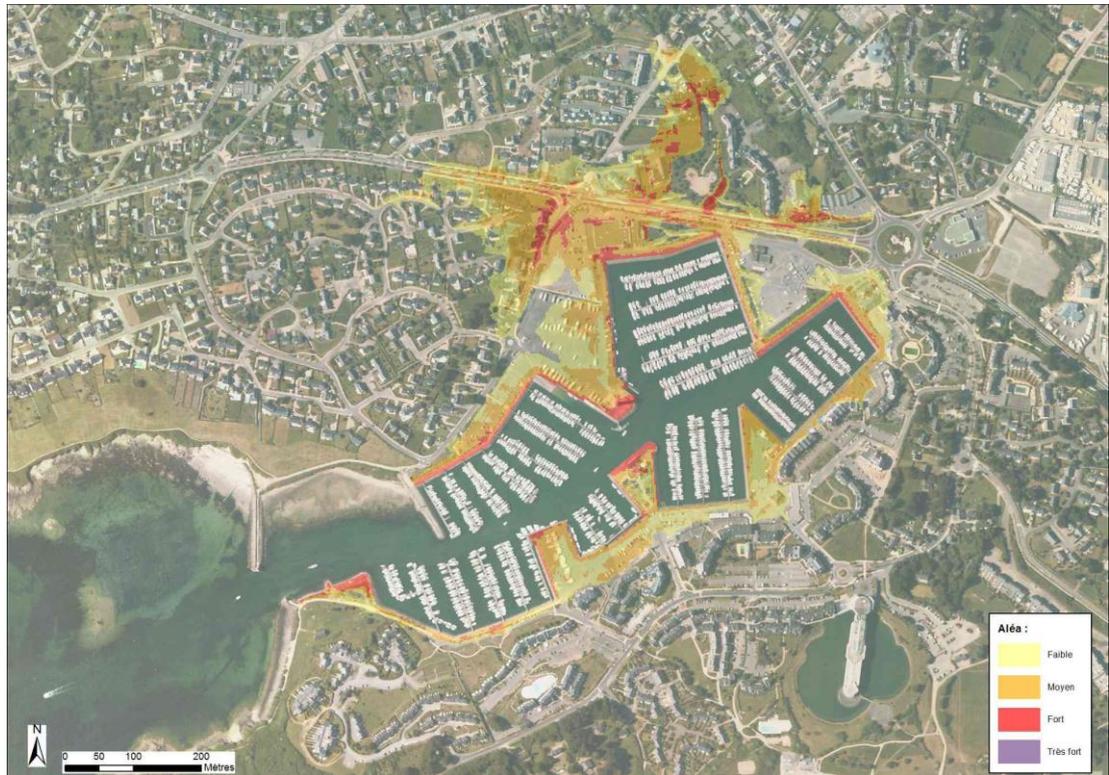


Figure 8-15 : Port du Crouesty – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

8.3.2 Site de la plage du Fogeo

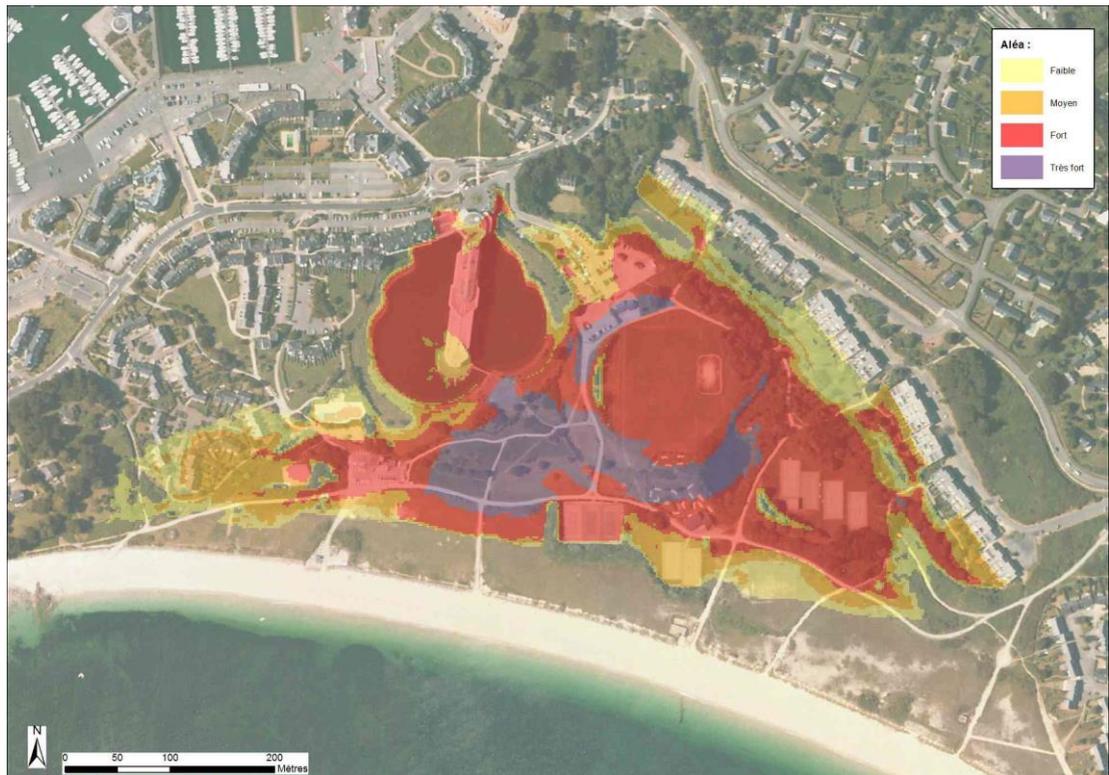


Figure 8-16 : Plage du Fogeo – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.3 Site de la plage de Kervert

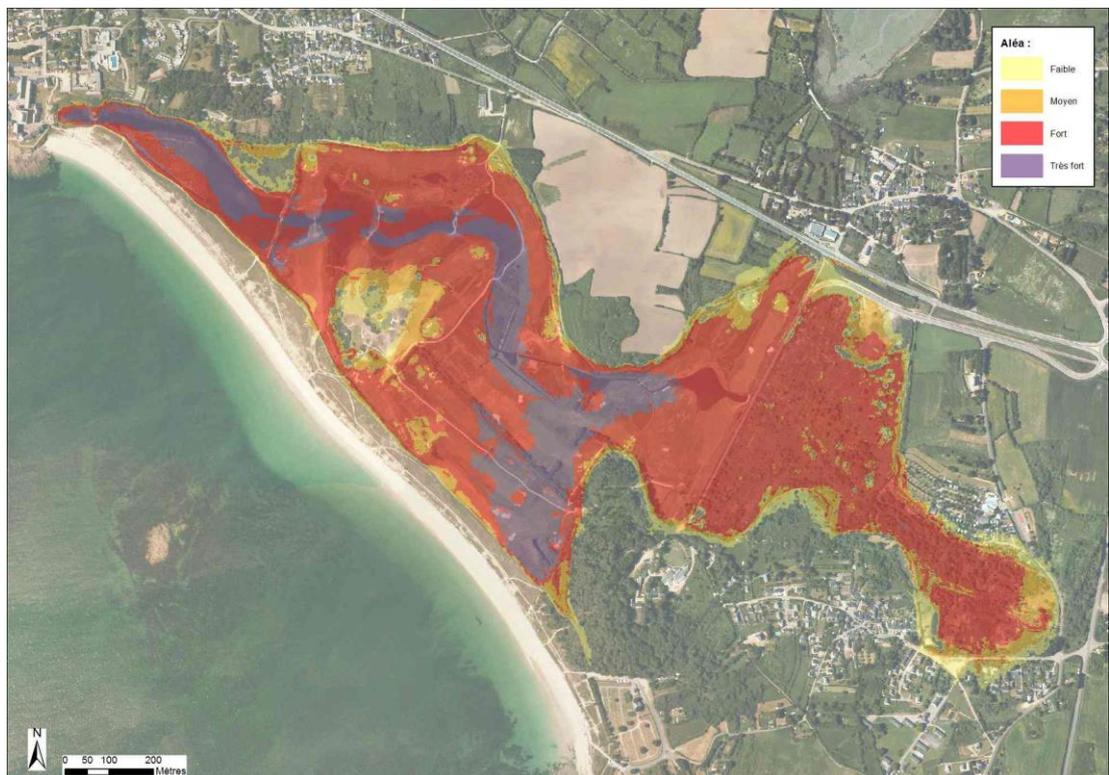


Figure 8-17 : Plage de Kervert – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.4 Site de Kerpont

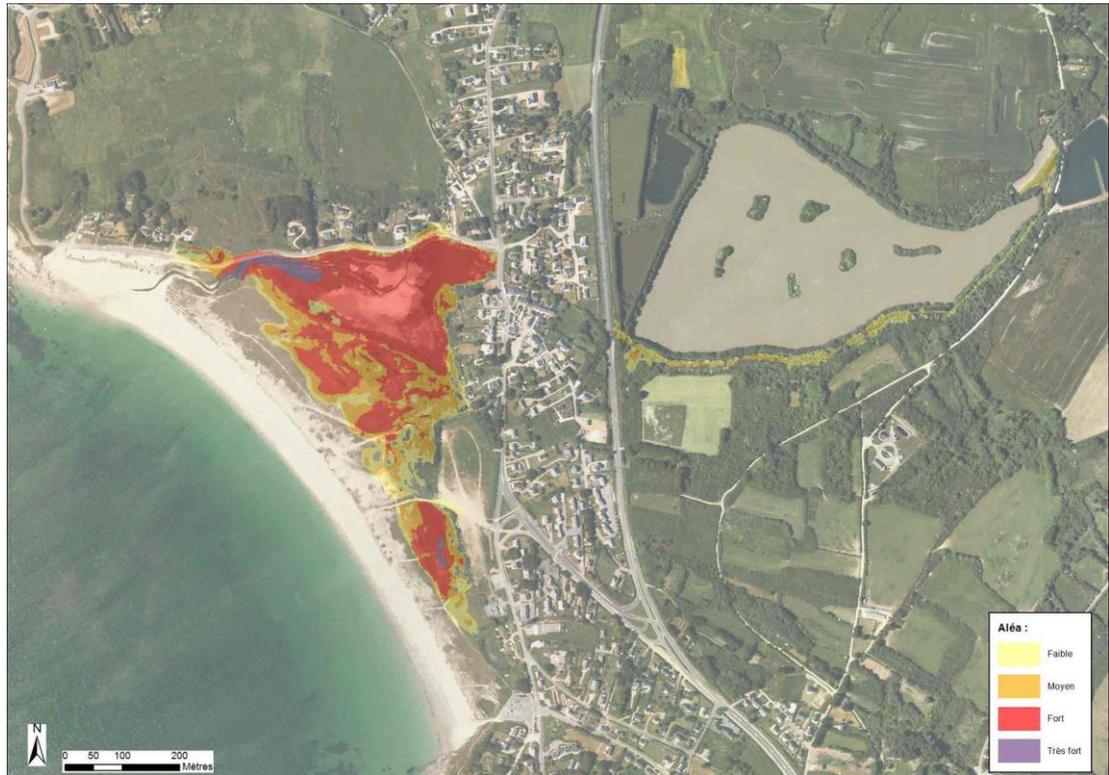


Figure 8-18 : Kerpont – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

8.3.5 Site de Saint-Jacques – Camping

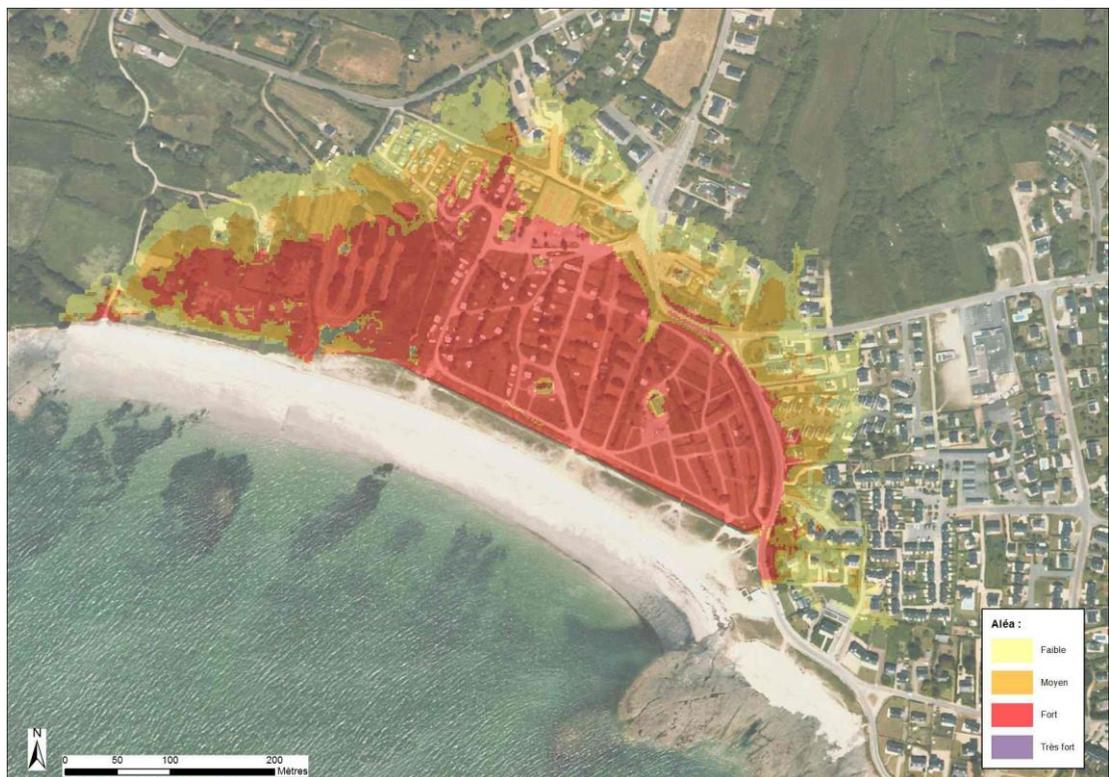


Figure 8-19 : Saint-Jacques - Camping – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

8.3.6 Site de Saint-Jacques – Port



Figure 8-20 : Saint-Jacques – Port – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.7 Site du Roaliguen

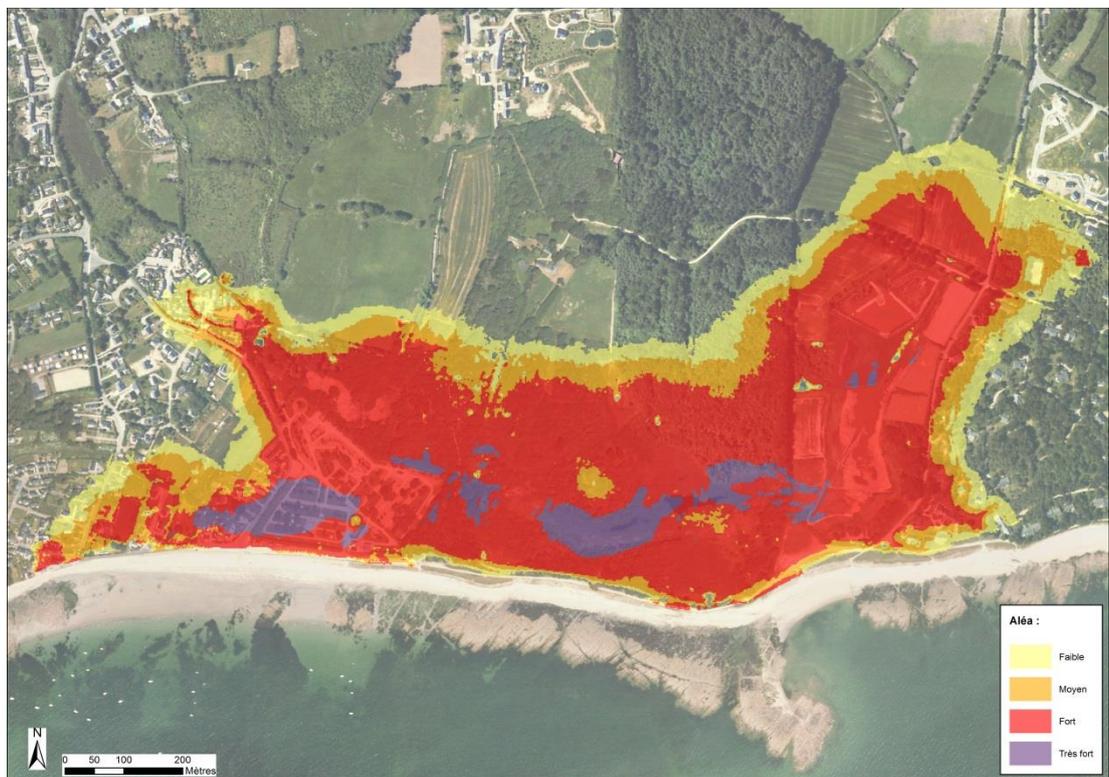


Figure 8-21 : Le Roaliguen – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.8 Site de Penvins

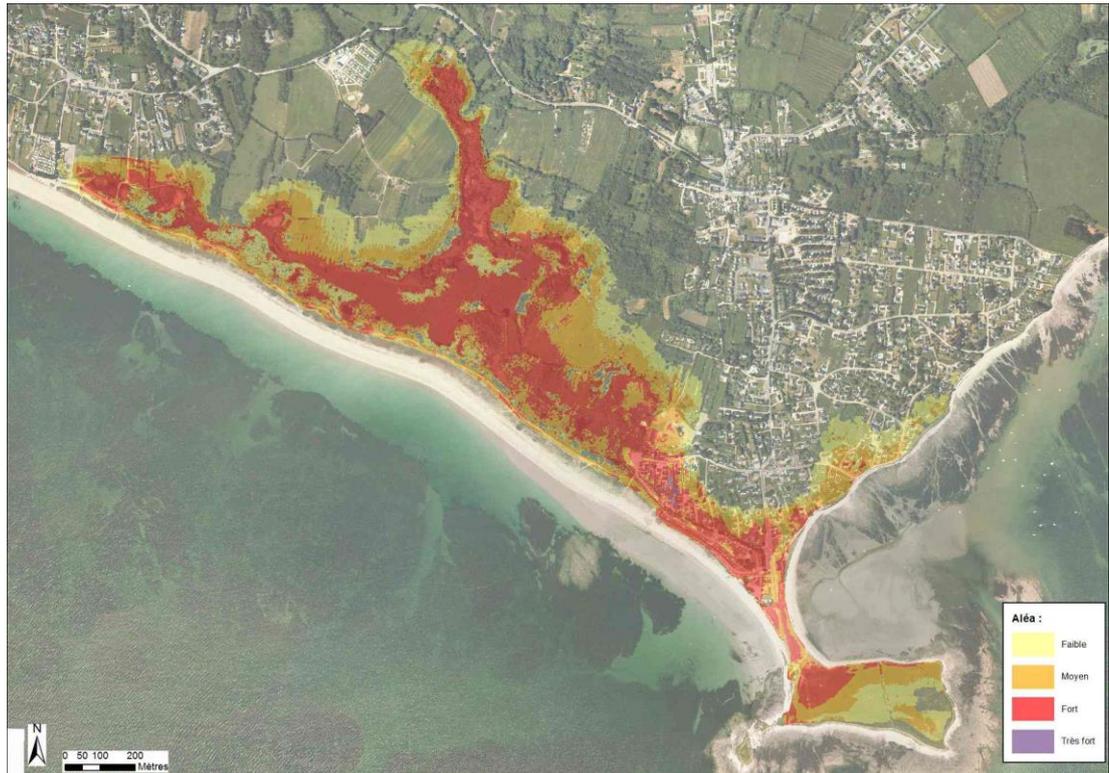


Figure 8-22 : Penvins – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

8.3.9 Site de Banastère



Figure 8-23 : Banastère – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un événement centennal à l'horizon 2100

8.3.10 Site de Kermor

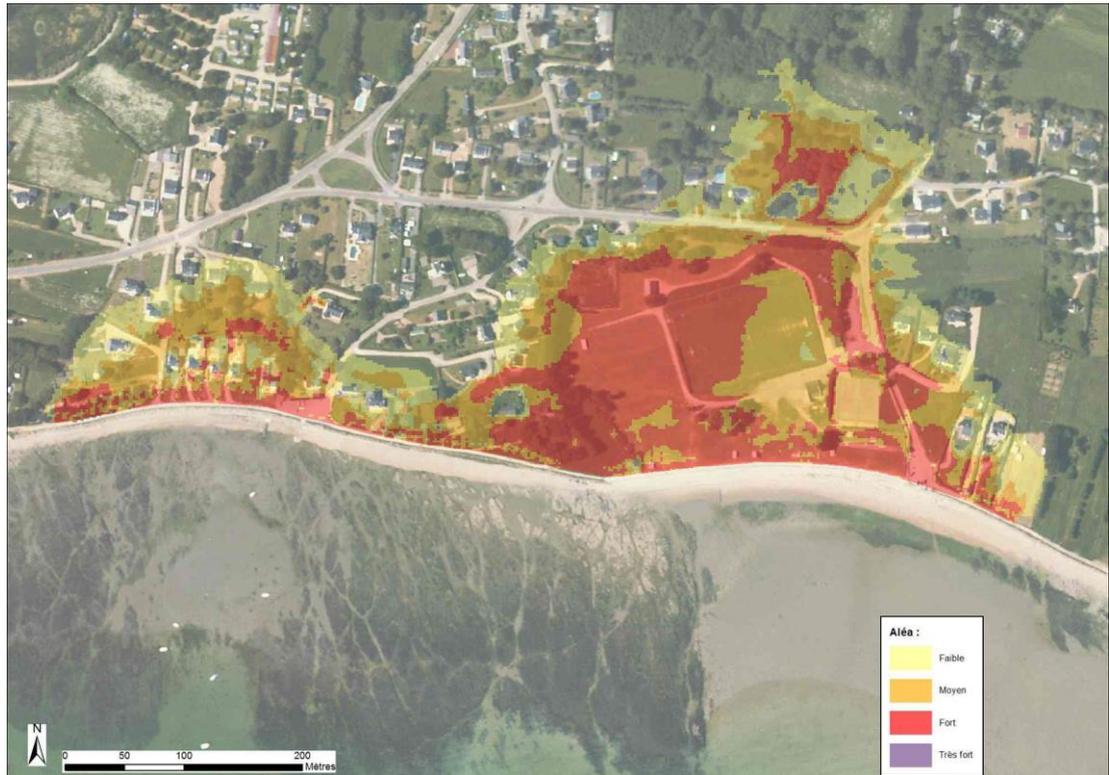


Figure 8-24 : Kermor – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.11 Site de Pen Cadenic



Figure 8-25 : Pen Cadenic – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.12 Site de Pénerf

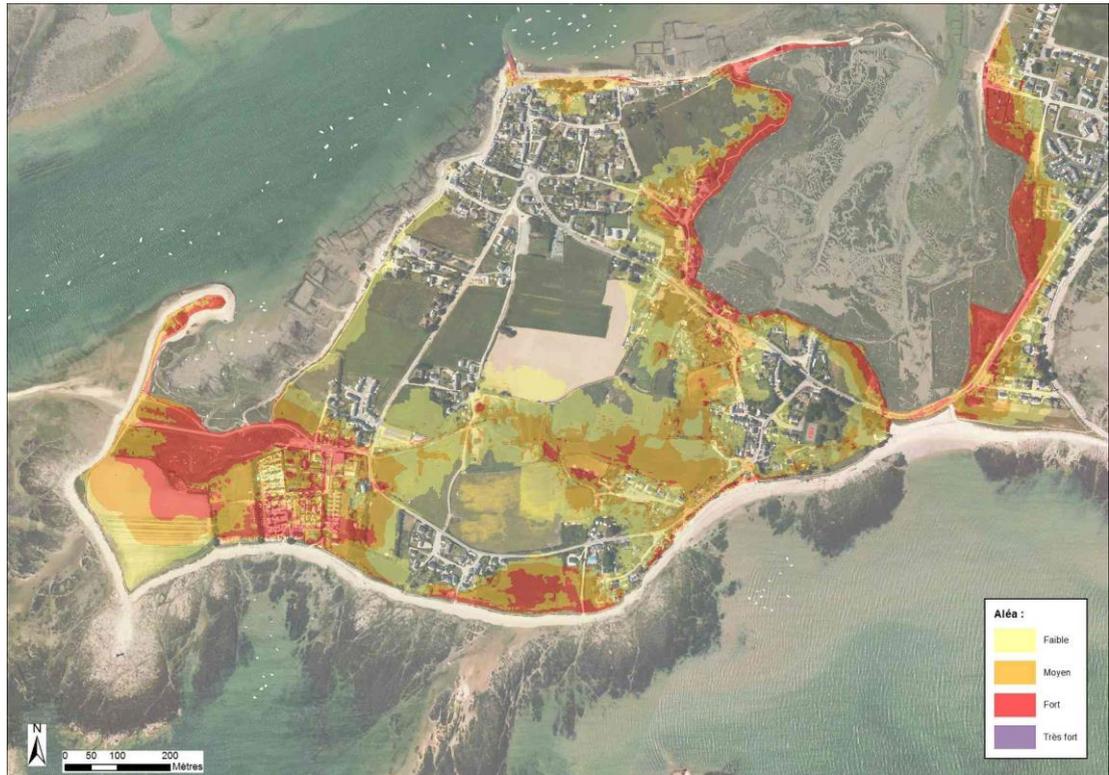


Figure 8-26 : Pénerf – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

8.3.13 Site de la grande plage de Damgan

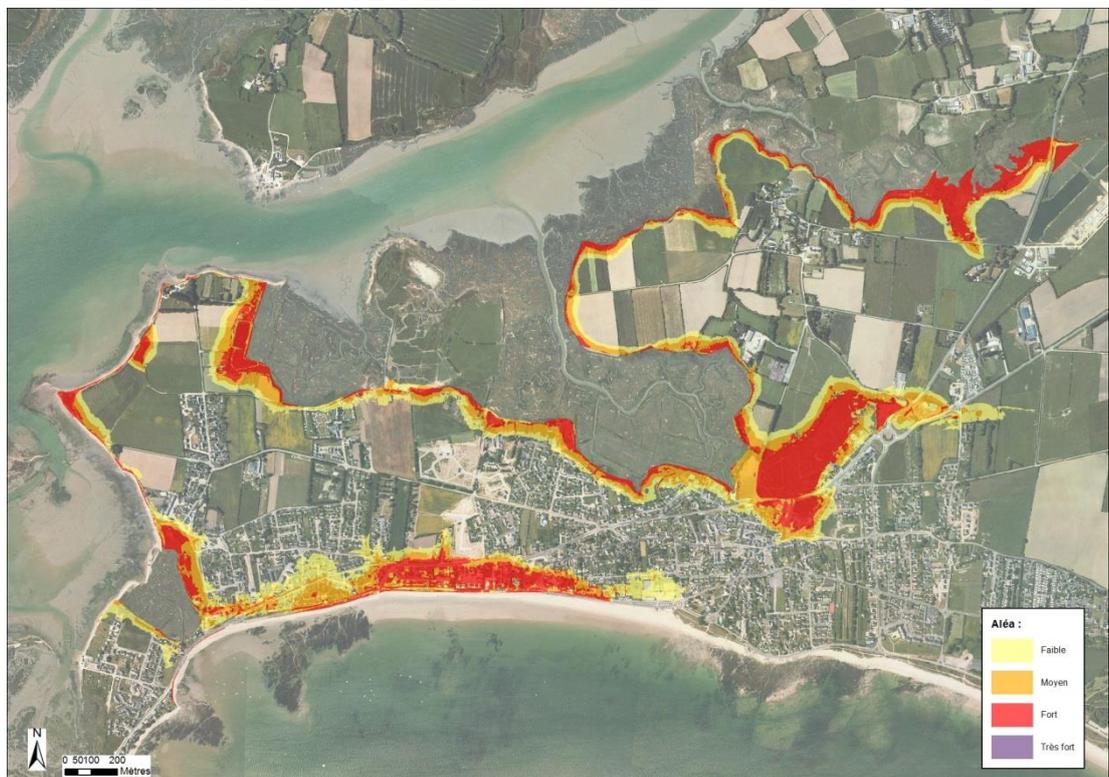


Figure 8-27 : Grande plage de Damgan – Cartographie de l'aléa submersion modélisée pour un évènement centennal à l'horizon 2100

