

ANTICIPER LA RECONNEXION DES POLDERS EN BAIE DE LANCIEUX

APPORTS DES SIMULATIONS NUMÉRIQUES DE SUBMERSION MARINE

29 Octobre 2021 – Brest, « Restauration et reconnexion des marais littoraux »

Sylvestre LE ROY (BRGM, s.leroy@brgm.fr) , Tony DUROZIER (CdL), Olivier BRIVOIS (BRGM)



Baie de Lancieux

Le site de la baie de Lancieux

Un site du projet ADAPTO initié par le Conservatoire du Littoral
Deux polders concernés sur 2 communes:

- Lancieux (polder médiéval, digue classée)
- Beaussais-sur-Mer (XIX^{ème} siècle, digue non classée)



Polder de Lancieux

Polder de Ploubalay



Des digues en terre en front de mer

- À Lancieux, digue classée et entretenue, en plutôt bon état
- A Beaussais, érosion marquée sur 300 m environ



Des enjeux limités

- À Lancieux, quelques maisons au Nord, un camping, un terrain d'aéromodélisme, des champs...
- À Beaussais, une maison dans le polder, une station de relevage, une route communale et une route départementale en bordure Sud

Baie de Lancieux

Le site de la baie de Lancieux

Quelques submersions historiques connues par brèches dans les digues, notamment à Beaussais

- 28/02-03/03/1869: Submersion par brèche, a priori des 2 polders
- 1985: Submersion à Ploubalay
- Février 1990: Submersion du Nord du polder de Ploubalay par brèches
- 2006: Submersion à Ploubalay par formation d'une brèche
- 10/03/2008: Formation de petites brèches dans la digue à Ploubalay
- Hiver 2009-2010: Digue de Ploubalay fragilisée
- Hiver 2013-2014: Digue de Ploubalay fragilisée et apparition de petites brèches
- 12/03/2020: Formation d'une petite brèche dans la digue de Ploubalay

Lancieux. — Le dommage aux digues et aux récoltes est estimé à 900 fr. environ. Rien n'était assuré.

Ploubalay. — On évalue les dommages à 200 fr. environ pour les récoltes inondées.

Un petit bateau appartenant à M. Frostin, capitaine au long-cours, était amarré au lieu dit le Recoin. Les vagues étaient si fortes qu'elles l'ont brisé et jeté par-dessus la digue, dans les champs. La perte est de 150 fr.

M. l'abbé Rouxel, recteur desservant de Océlen, avait invité les hommes valides de la paroisse à se porter promptement à la digue qui renferme le marais de la Duché, en Ploubalay. Cette digue s'était rompue; on la fit ainsi réparer, avant que le dommage devînt plus considérable.



Ploubalay en février 1990
(Bonnot-Courtois, 2006)

Dommmages à Ploubalay en Mars 2008



(CdL)

Brèche de Mars 2020 à Ploubalay (CdL et BRGM)



Ploubalay en 2006 (CdL et CCCE)

Baie de Lancieux

Le site de la baie de Lancieux

Evolution de la brèche de Mars 2020

- 12/03/2020: Formation de la brèche par la grande marée (environ 2 à 3 m de large)
- De Mars à Septembre 2020: Submersion partielle par coefficients >105 , agrandissement de la brèche, fosse d'érosion avec seuil gagnant doucement sur le chemin (très compact)

Juin 2020 (photo CdL)

Création d'un seuil et d'une fosse d'érosion

Les matériaux arrachés à la digue s'étalent dans le fossé de drainage

Submersion contenue par le fossé de drainage du polder



Juin 2020 (photo BRGM)



- De Septembre 2020 à Mars 2021: Poursuite de l'agrandissement de la brèche avec submersions plus importantes (45 ha inondés le 20/10/2020), végétation brûlée et création de chenaux sur l'estran

Mars 2021 (photo CdL)

Côté mer, sol devant la digue très compact, s'érodant difficilement et créant un seuil

Fosse d'érosion dans le fossé de drainage

Submersion partielle des prairies du polder pendant plusieurs jours lors des grandes marées (évacuation uniquement par buses d'eaux pluviales)

Dépôt de sédiments

Végétation de la prairie submergée brûlée par le sel



Janvier 2021 (photo BRGM)



Baie de Lancieux

Le site de la baie de Lancieux

Evolution de la brèche de Mars 2020

- Avril 2021: l'élargissement se poursuit, et le chemin compacté disparaît pour s'effondrer à la grande marée du 28/04



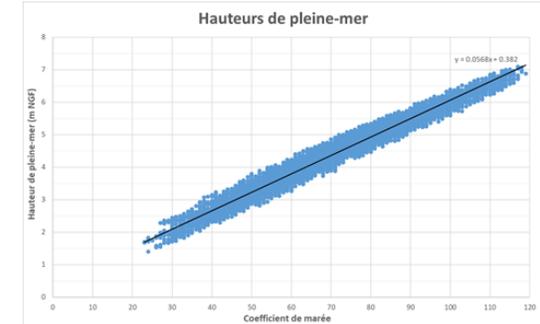
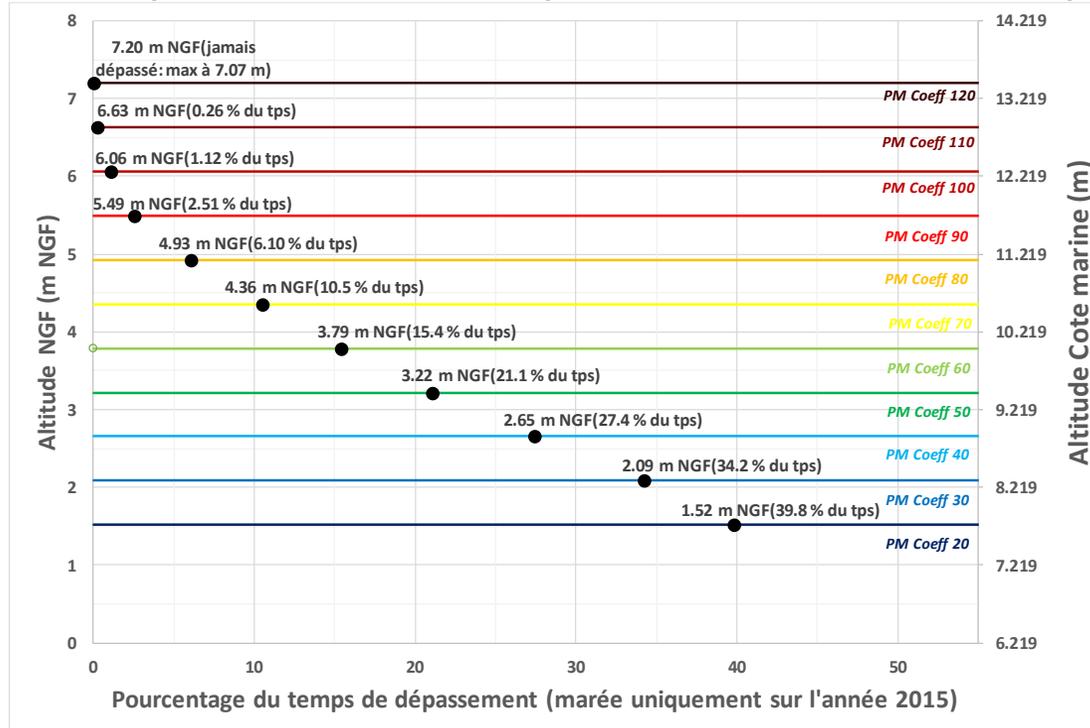
- Depuis, le polder est reconnecté: la mer rentre dès les coefficients 80 et peut inonder les anciennes prairies à pleine-mer, avant de s'évacuer à peu près complètement à basse-mer; Colonisation par la végétation des prés-salés et des vasières



Le site de la baie de Lancier

Analyse des marées et de la topographie

- Utilisation des prévisions de marée pour quantifier des durées de submersion potentielles
- Utilisation des prévisions de marée pour définir des niveaux de pleine-mer représentatifs des coefficients de marée



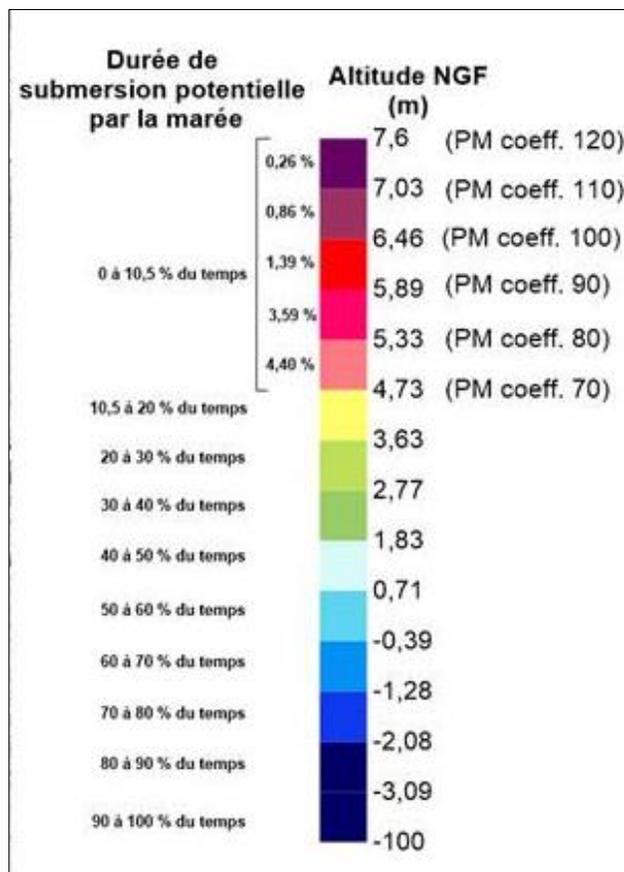
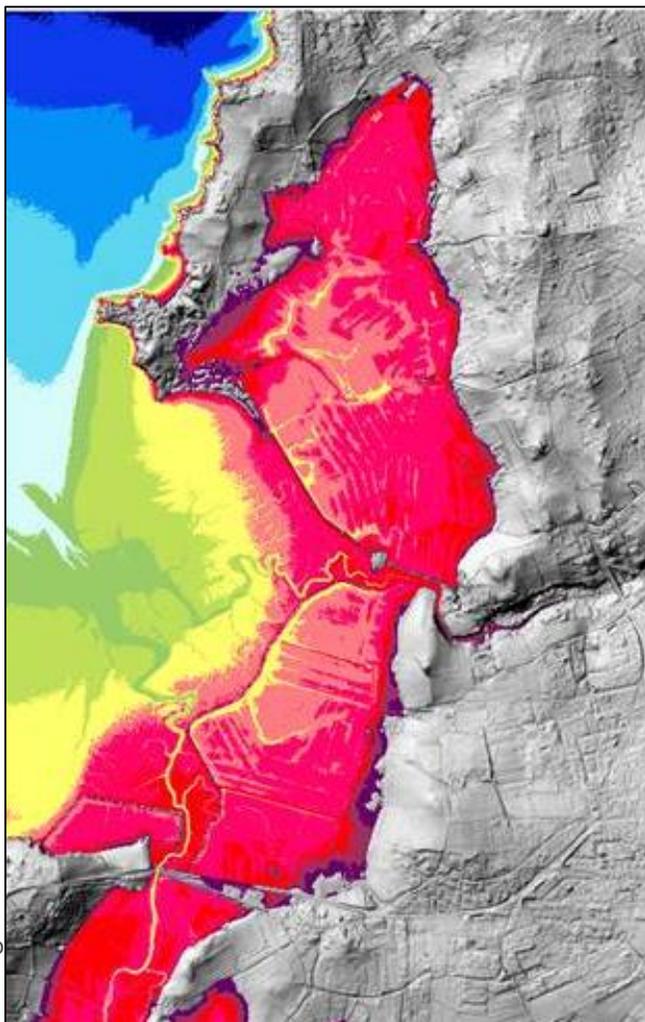
Coefficient	PM_NGF	BM_NGF	Marage
20	1.518	-0.833	2.351
30	2.086	-1.359	3.445
40	2.654	-1.885	4.539
50	3.222	-2.411	5.633
60	3.79	-2.937	6.727
70	4.358	-3.463	7.821
80	4.926	-3.989	8.915
90	5.494	-4.515	10.009
100	6.062	-5.041	11.103
110	6.63	-5.567	12.197
120	7.198	-6.093	13.291

- Projection sur la topographie des durées de submersion potentielles, selon l'altitude et par déciles de coefficients de marée

Le site de la baie de Lancieux

Analyse des marées et de la topographie

- Projection sur la topographie des durées de submersion potentielles, selon l'altitude et par déciles de coefficients de marée



⇒ Meilleure appréhension de la durée de submersion potentielle des enjeux

⇒ Anticipation des évolutions botaniques en cas d'ouverture des digues (MNHN)

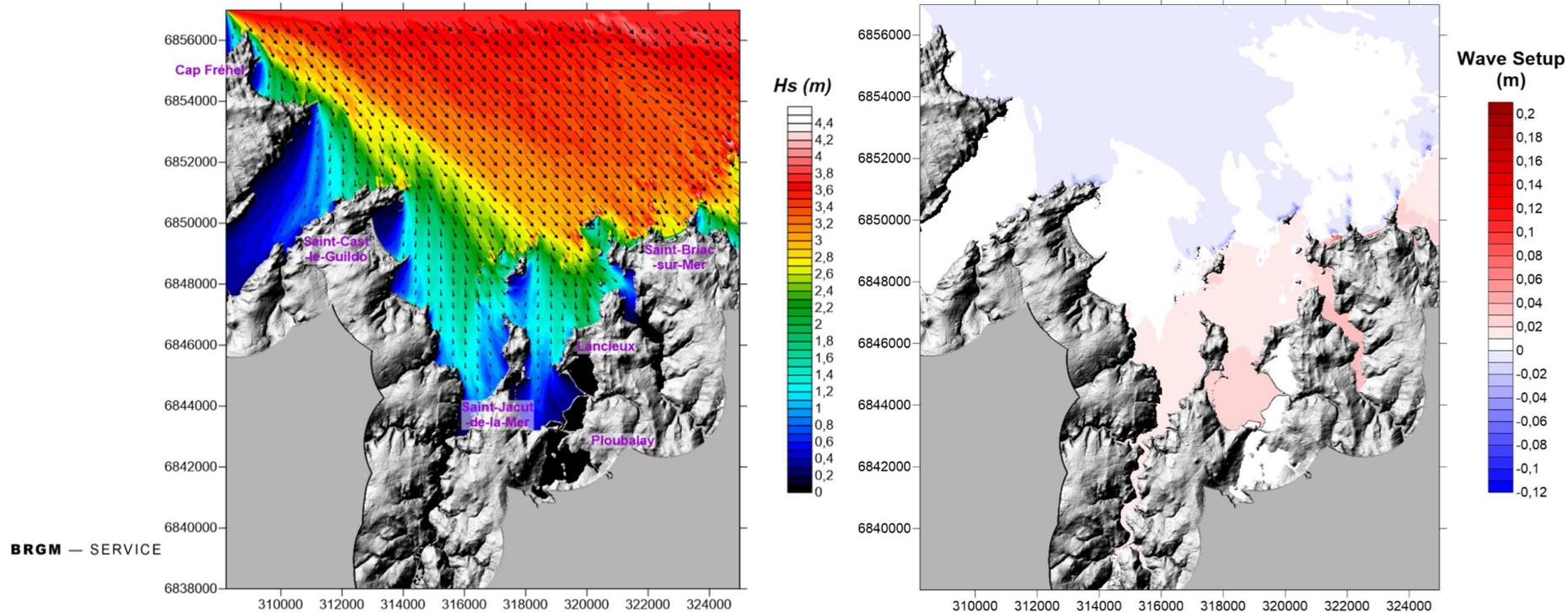
Simulations numériques

Simulations spectrales des champs de vagues

- Utilisation du modèle SWAN en conditions stationnaires à résolution de 20 m
- Forte atténuation des vagues à l'intérieur de la baie : Hauteurs significatives généralement de l'ordre de 15-20 cm à la côte (potentiellement 35 cm sur la partie en érosion de la digue de Ploubalay)
- Surcote liée au déferlement des vagues (*wave-setup*) négligeable (quelques centimètres dans la baie)

Exemple de résultat pour un niveau marin à la PHMA et des vagues du type de la tempête Eléonor (03/01/2018)

Vagues au large du Nord-Ouest, Hs au large de 3,75m, Tp=12s

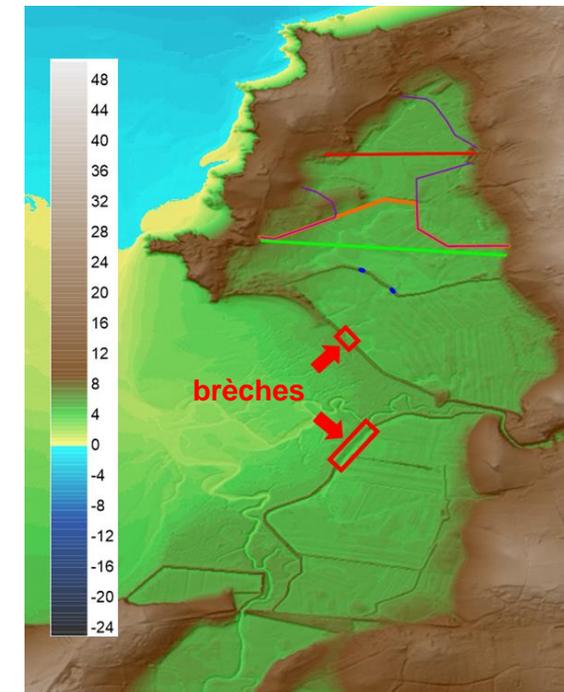
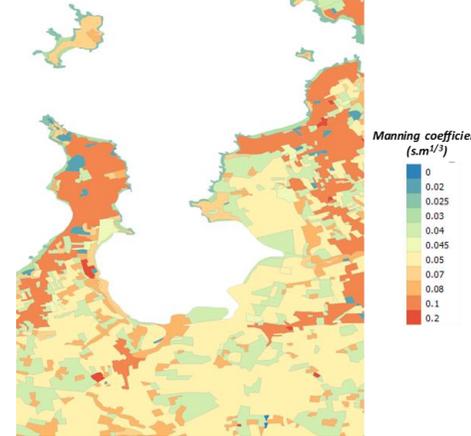


Baie de Lancieux

Simulations numériques

Simulations de la submersion marine

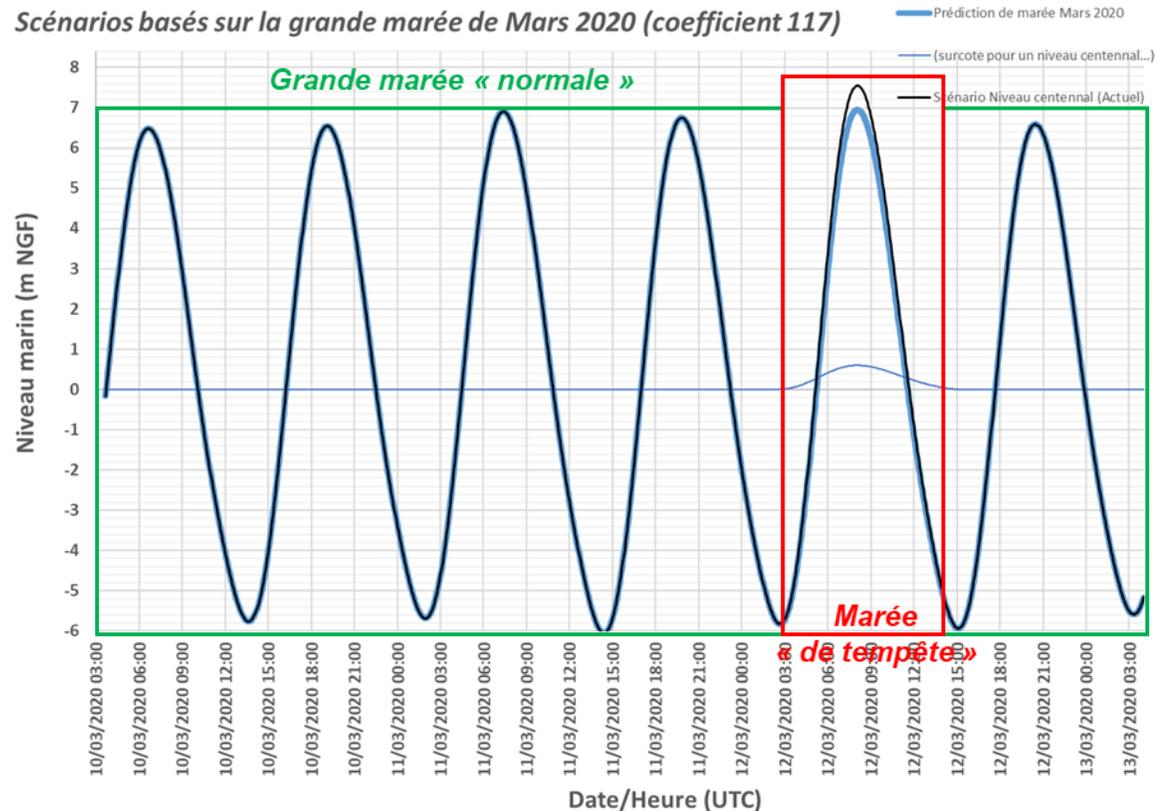
- Implantation du modèle MARS (IFREMER) adapté à la submersion
 - Résolution de 10 m
 - Bathymétrie SHOM, Topographie RGE Alti IGN + Levers topographiques des digues du CdL
 - Prise en compte de l'occupation du sol pour la frottements
 - Prise en compte des connexions hydrauliques sous les digues
- Différentes hypothèses:
 - Grande marée « normale » ou « extrême » (niveau centennal : 7,55 m NGF)
 - Dignes de Lancieux et Ploubalay intactes ou avec brèches (100 m pour Lancieux, jusqu'à 300 m pour Ploubalay)
 - Élévation du niveau de la mer pour différentes échéances: T0 (actuel), T0+20cm, T0+40cm, T0+60cm
 - Test de l'effet de 5 aménagements spécifiques à Lancieux (dignes rétro-littorales notamment)



Simulations numériques

Simulations de la submersion marine

- Simulation numérique de 6 cycles de marée (10-13/03/2020 – 111-117)
- Ajout d'une surcote d'environ 60 cm sur une pleine mer pour atteindre un niveau centennal (7,55 m NGF)
- Élévation du niveau de la mer (+20cm, +40cm, +60cm) ajoutée à l'ensemble du signal

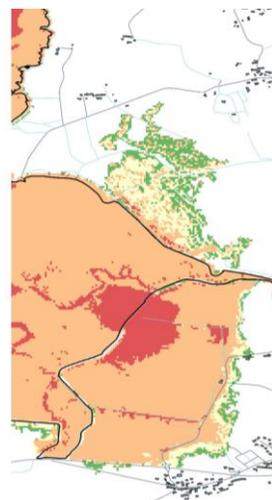
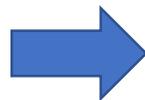


Simulations numériques

Simulations de la submersion marine

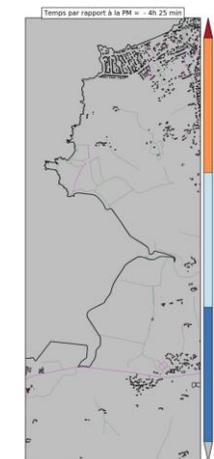
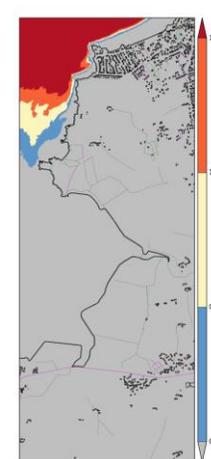
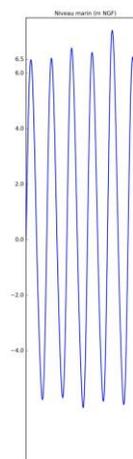
- Permet de connaître en tout instant de la simulation les hauteurs d'eau et les vitesses des courants dans la zone submergée
- Possibilité de déterminer les niveaux d'aléa associés

Niveau d'aléa		Vitesse de l'écoulement		
		< 0,2 m/s	0,2 à 0,5 m/s	> 0,5 m/s
Hauteur d'eau	< 0,5 m	Faible	Modéré	Fort
	0,5 à 1 m	Modéré	Modéré	Fort
	> 1 m	Fort	Fort	Très Fort



Niveau d'aléa

- Faible
- Modéré
- Fort
- Très Fort



- Possibilité d'estimer les hauteurs d'eau maximales au droit des enjeux pour une grande marée « normale » et pour un niveau centennal

	Échéance	Altitude NGF		Actuel (T100)		2030 (T100 + 20cm)		2050 (T100 + 40 cm)		Post-2050 (T100 + 60cm)	
		Enjeu	min	max	Grande marée	Niveau centennal	Grande marée	Niveau centennal	Grande marée	Niveau centennal	Grande marée
Ploubalay	Centre du polder	4.7	5.4	1,60 - 2,30 m	2,20 - 2,90 m	1,80 - 2,50 m	2,40 - 3,10 m	2,00 - 2,70 m	2,60 - 3,30 m	2,10 - 2,90 m	2,80 - 3,50 m
	Route du polder	5.7	6.8	0,20 - 1,30 m	0,80 - 1,90 m	0,40 - 1,50 m	1,00 - 2,10 m	0,60 - 1,70 m	1,20 - 2,30 m	0,75 - 1,90 m	1,40 - 2,50 m
	Maison du polder	6.3	6.5	0,50 - 0,70 m	1,10 - 1,30 m	0,70 - 0,90 m	1,30 - 1,50 m	0,90 - 1,10 m	1,50 - 1,70 m	1,00 - 1,30 m	1,70 - 1,90 m
	Maison rue des Saudrais	7	7.5	-	0,10 - 0,60 m	< 0,20 m	0,30 - 0,80 m	< 0,40 m	0,50 - 1,00 m	0,05 - 0,60 m	0,70 - 1,20 m
	Poste de relevage RD768	6	6.2	0,80 - 1,00 m	1,40 - 1,60 m	1,00 - 1,20 m	1,60 - 1,80 m	1,20 - 1,40 m	1,80 - 2,00 m	1,30 - 1,60 m	2,00 - 2,20 m
Lancierx	Terrain d'aéromodélisme	5	5.6	1,10 - 1,70 m	1,70 - 2,40 m	1,30 - 1,90 m	1,90 - 2,50 m	1,50 - 2,20 m	2,30 - 2,90 m	1,70 - 2,30 m	2,60 - 3,20 m
	Camping	5.3	6	0,30 - 1,00 m	1,10 - 1,80 m	0,50 - 1,20 m	1,50 - 2,20 m	0,80 - 1,50 m	1,90 - 2,60 m	1,10 - 1,80 m	2,20 - 2,90 m
	Centre équestre et maisons avoisinantes	5.6	7.4	< 0,70 m	< 1,5 m	< 0,90 m	0,10 - 1,90 m	< 1,20 m	0,50 - 2,30 m	< 1,50 m	0,80 - 2,60 m
	Maisons rue Jules Jeunet	5.6	6.4	< 0,70 m	0,70 - 1,50 m	0,10 - 0,90 m	1,10 - 1,90 m	0,40 - 1,20 m	1,50 - 2,30 m	0,70 - 1,50 m	1,80 - 2,60 m
	Golf	5.4	6	0,30 - 0,90 m	1,10 - 1,70 m	0,50 - 1,10 m	1,50 - 2,10 m	0,80 - 1,40 m	1,90 - 2,50 m	1,10 - 1,70 m	2,20 - 2,80 m
Maisons Tertre-Corlieu	6	8	< 0,30 m	< 1,10 m	< 0,5 m	< 1,50 m	< 0,80 m	< 1,90 m	< 1,10 m	0,20 - 2,20 m	

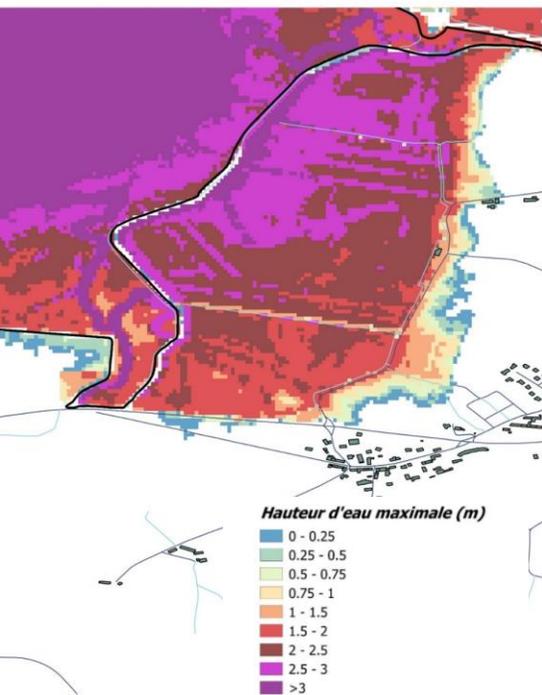
Baie de Lancieux

Simulations numériques

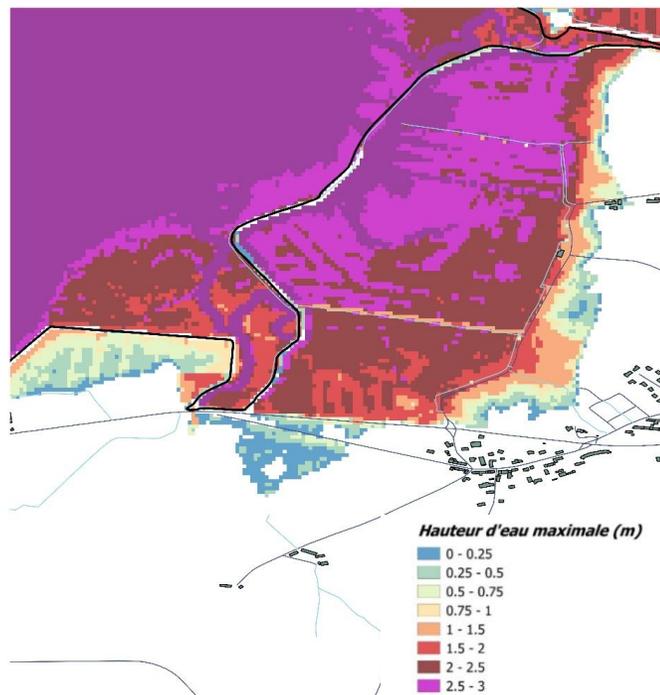
Résultats à Ploubalay (Beaussais-sur-Mer)

- Polder largement submergé dès maintenant à cause de la brèche
- Lorsque la largeur de la brèche approche 100m, le niveau dans le polder suit le niveau marin
- L'élévation du niveau de la mer avec le changement climatique amplifiera d'autant la submersion, conduisant à potentiellement inonder quelques autres enjeux (maison et route départementale)

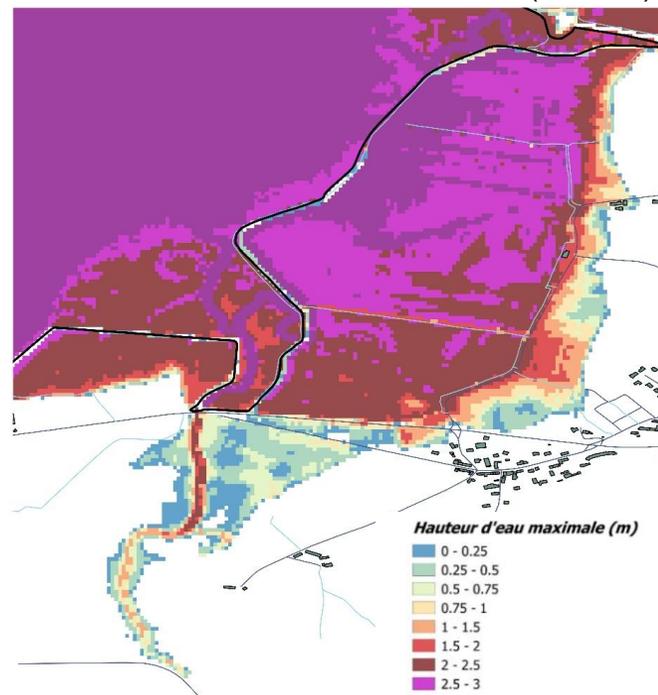
Hauteur d'eau max « actuelle »



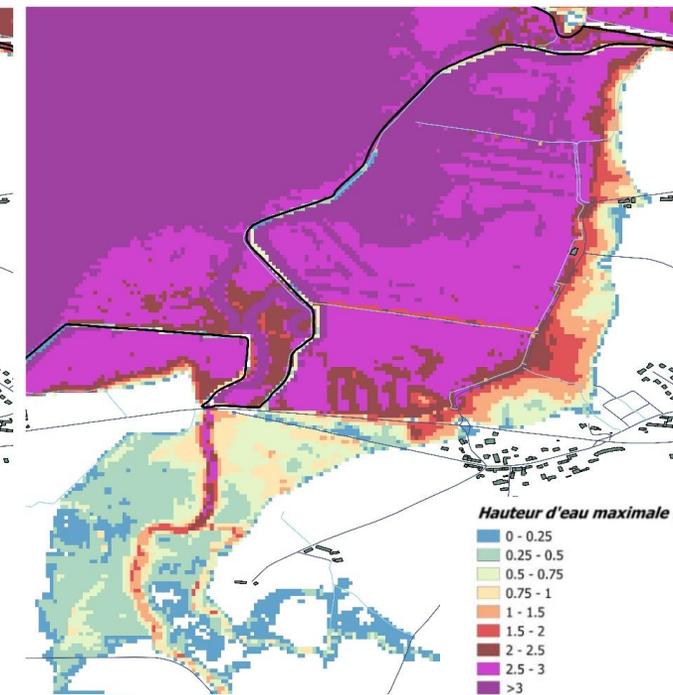
Hauteur d'eau max « circa 2030 » (+20 cm)



Hauteur d'eau max « circa 2050 » (+40 cm)



Hauteur d'eau max « post-2050 » (+60 cm)



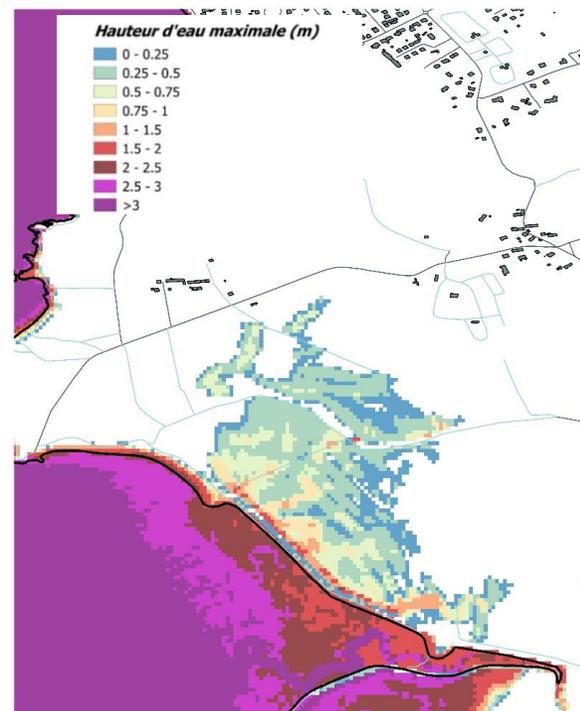
Baie de Lancieux

Simulations numériques

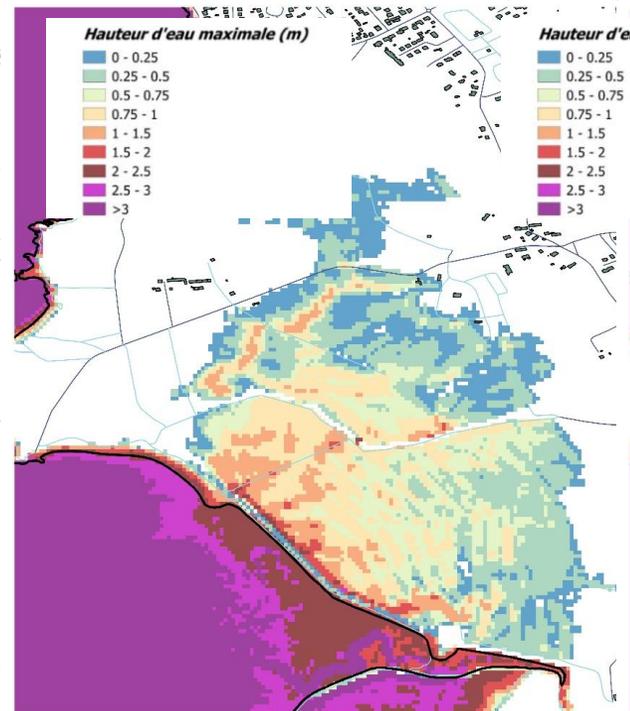
Résultats à Lancieux

- Même sans brèche dans la digue, une petite submersion pourrait se produire dès maintenant en cas de niveau centennal.
- Avec l'élévation du niveau de la mer, les enjeux au Nord seraient atteints rapidement (+20 à +40 cm).

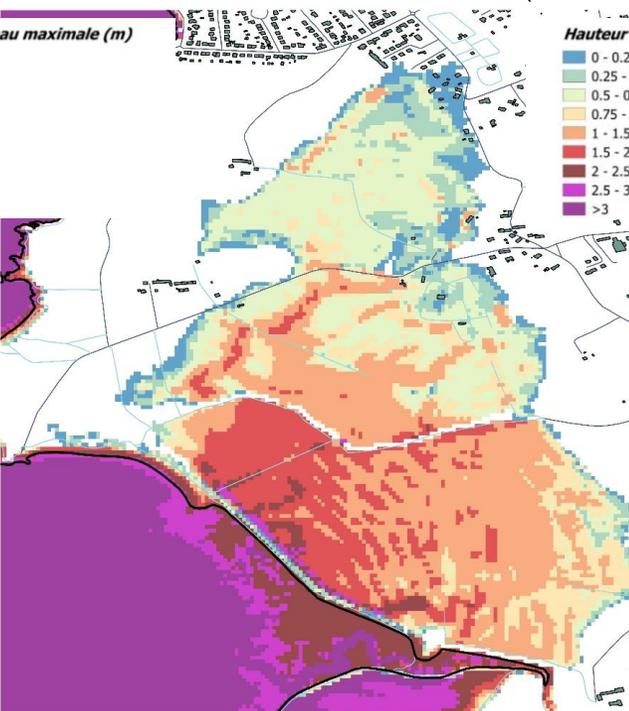
Hauteur d'eau max « actuelle »



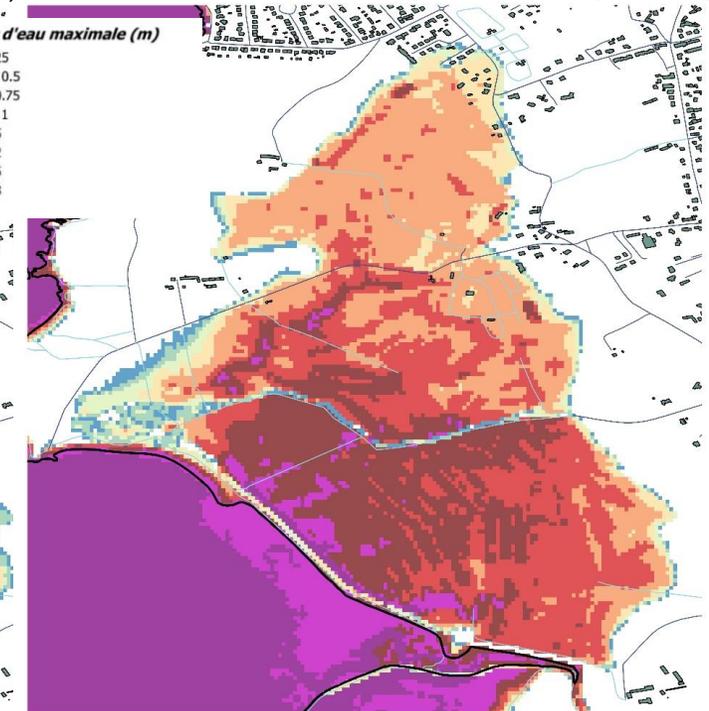
Hauteur d'eau max « circa 2030 » (+20 cm)



Hauteur d'eau max « circa 2050 » (+40 cm)



Hauteur d'eau max « post-2050 » (+60 cm)



Baie de Lancieux

Simulations numériques

Résultats à Lancieux

- Si une brèche se formait dans la digue, les enjeux seraient largement atteints dès maintenant (1-2 m d'eau), et la submersion s'amplifierait encore avec le CC.

Hauteur d'eau max « actuelle »

Hauteur d'eau max « circa 2030 » (+20 cm)

Hauteur d'eau max « circa 2050 » (+40 cm)

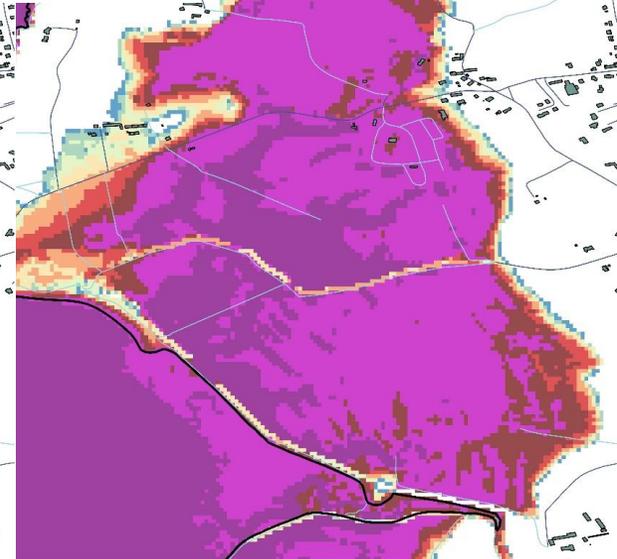
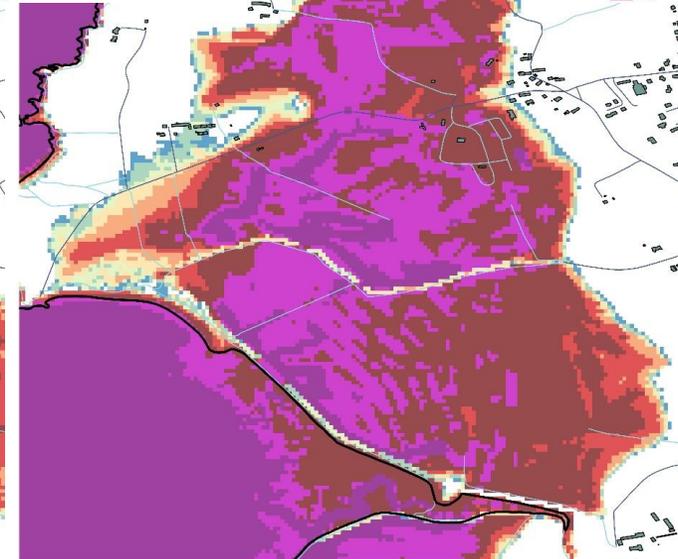
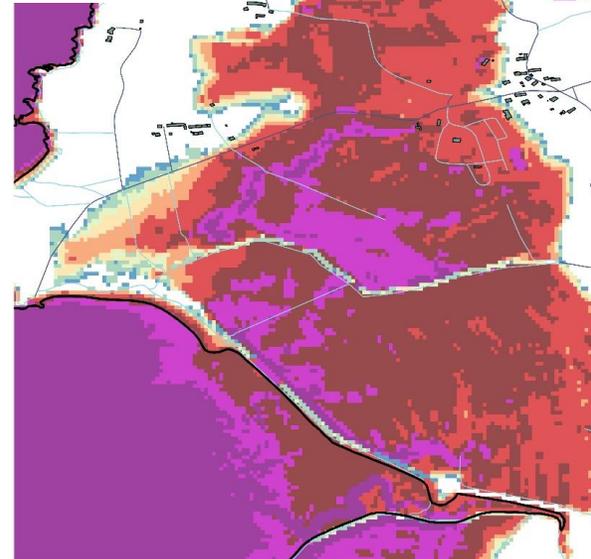
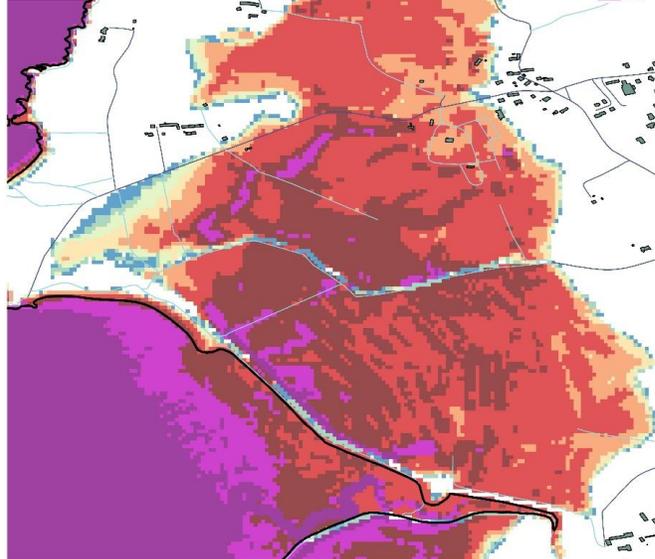
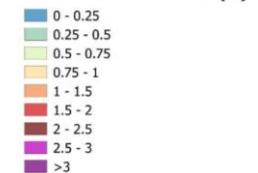
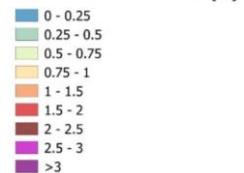
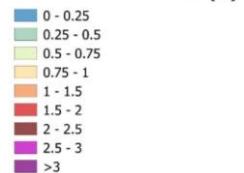
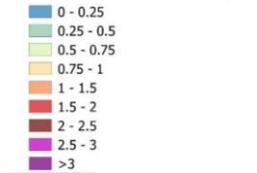
Hauteur d'eau max « post-2050 » (+60 cm)

Hauteur d'eau maximale (m)

Hauteur d'eau maximale (m)

Hauteur d'eau maximale (m)

Hauteur d'eau maximale (m)



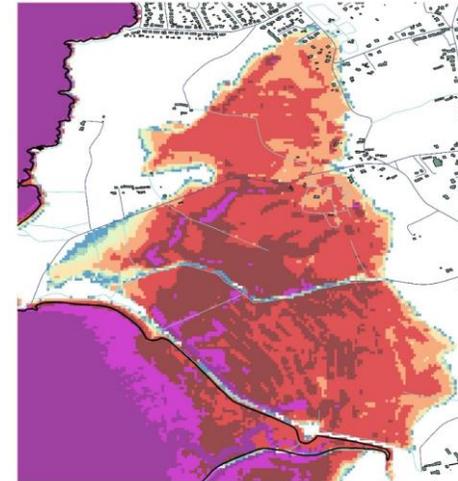
Baie de Lancieux

Simulations numériques

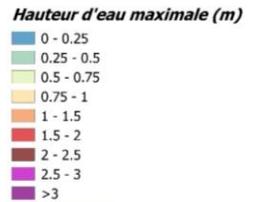
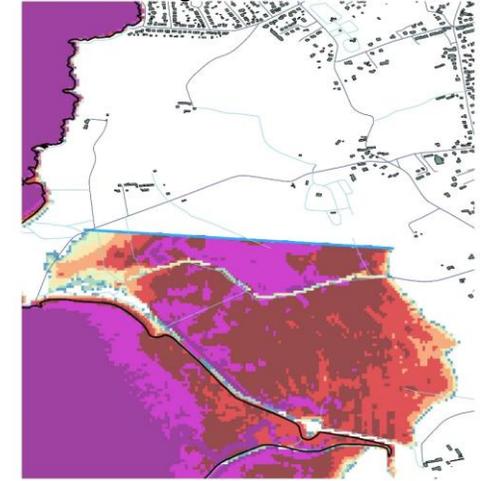
Résultats à Lancieux

- Digue(s) rétro-littorale(s)
=> contenir la submersion des enjeux, mais légère augmentation de l'aléa dans la zone non protégée (quelques dizaines de centimètres)
- Comblement des brèches dans la digue des Moines
=> atténue sensiblement la submersion à court terme, mais inefficace (voire contre-productif) à long terme

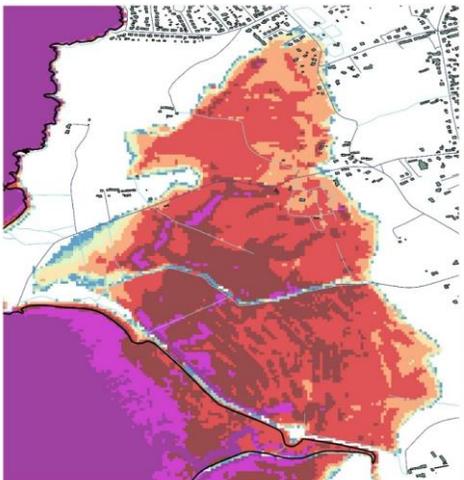
T0
Brèche à Lancieux
Sans digue rétro-littorale



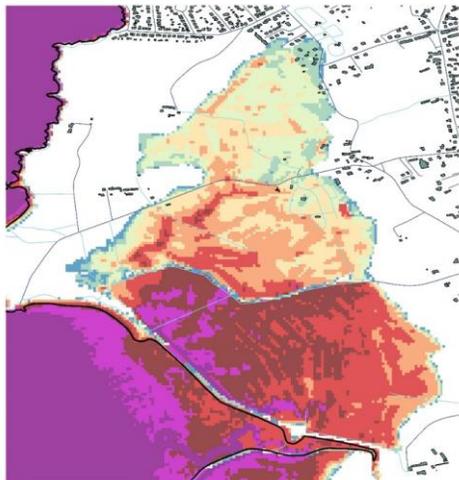
T0
Brèche à Lancieux
Avec digue rétro-littorale



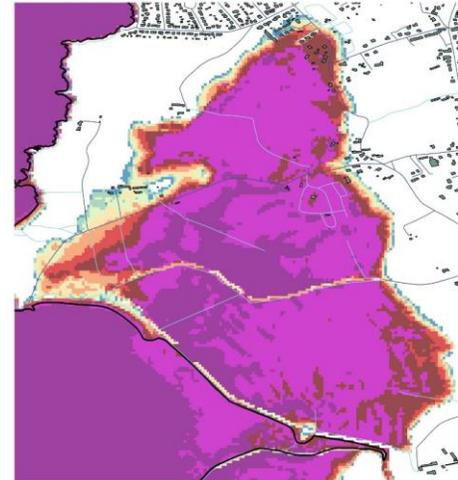
T0
Brèche à Lancieux
Sans comblement digue des Moines



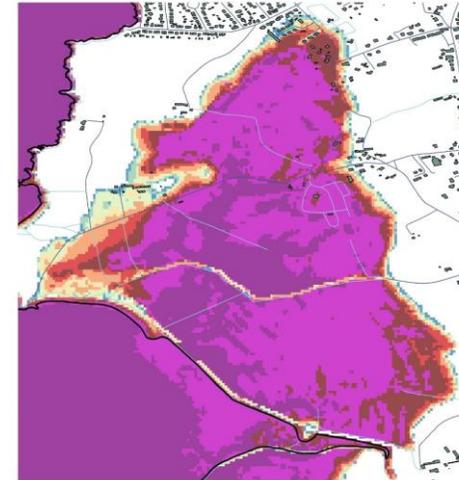
T0
Brèche à Lancieux
Avec comblement digue des Moines



T0 + 60cm
Brèche à Lancieux
Sans comblement digue des Moines



T0 + 60cm
Brèche à Lancieux
Avec comblement digue des Moines

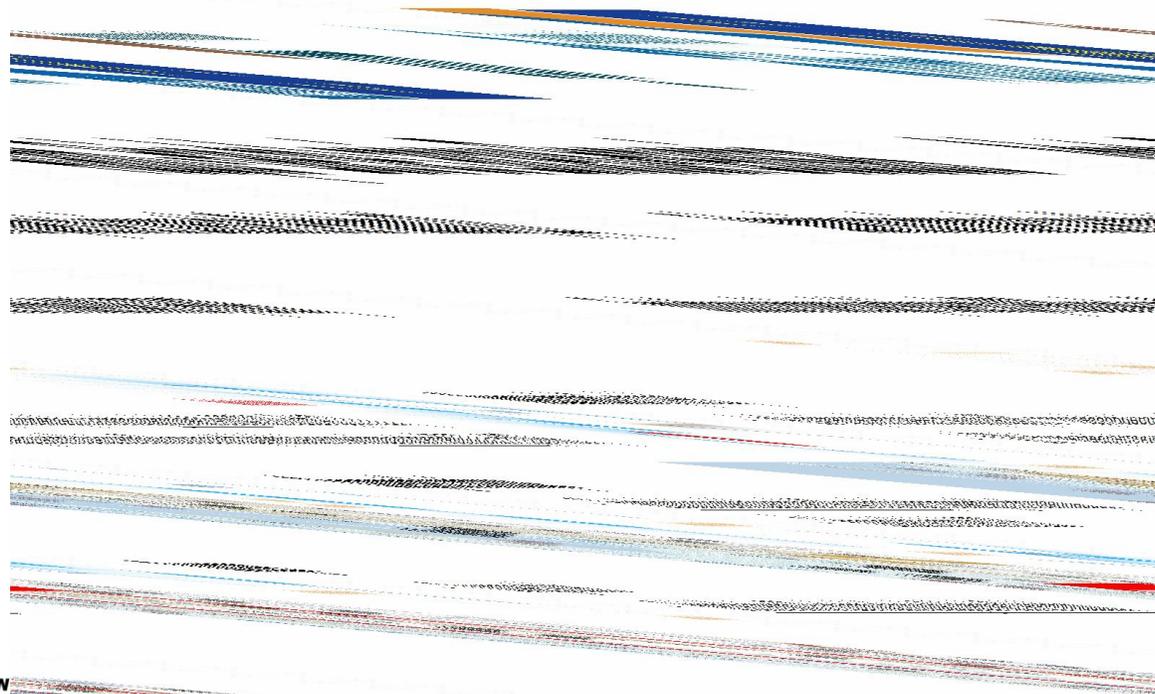


Apports pour le Conservatoire du Littoral

Compréhension de la submersion des polders

- En fonctionnement normal ou en cas d'événement extrême
- Identification des enjeux exposés et de l'aléa associé
- Estimation des durées de ressuyage de l'inondation
- Appui pour l'interprétation de la topographie (profils, points bas pouvant subir des surverses, position d'éventuels ouvrages...)
- Anticipation de l'évolution botanique dans les polders avec le MNHN

Utilisation des cartes et vidéos pour une communication pédagogique avec les acteurs du territoire et les riverains lors des réunions et des ateliers de concertation

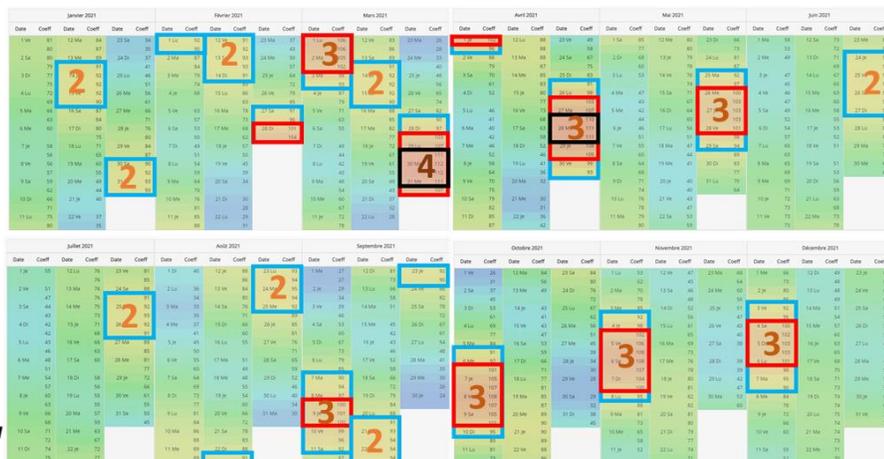


Apports pour le Conservatoire du Littoral

Gestion de la submersion à l'apparition de la brèche le 12/03/2020

- Simulation en urgence pour anticiper la submersion suivante (07-09/04/2020, coefficients 106-117), notamment vis-à-vis de la maison du polder de Ploubalay (occupée pendant le confinement)
- Validation des simulations par les constatations terrain lors des grandes marées
- Éléments pour la gestion de l'évacuation de la maison du polder de Ploubalay, de l'installation de levées de terre protégeant provisoirement la station de relevage
- Appui technique pour répondre aux inquiétudes des élus et riverains vis-à-vis des enjeux les plus exposés
- Elaboration de calendriers de surveillance pour:
 - Organiser la surveillance du site en grandes marées
 - Mettre en place certaines mesures de protection temporaires (fermeture de la route communale, levée de terre protégeant une maison un peu plus haute...)
 - Anticiper une éventuelle submersion de la route départementale au Sud du polder selon les surcotes prévues

Niveau de surveillance	Surcote pouvant causer une submersion de la RD
1	> 1,5 m
2	1,0 à 1,5 m
3	0,5 à 1,0 m
4	< 0,5 m
5	Pas de surcote



Grande marée du 27/03 au 01/04 Coeff max 112		Prévision SHOM			Surcote pour submersion de la route				Niveau de surveillance			
		PM (Heure légale)	Coeff	Pleine-Mer NGF	Actuel	2030 (+20cm)	2050 (+40 cm)	Post-2050 (+60cm)	Actuel	2030 (+20cm)	2050 (+40 cm)	Post- 2050 (+60cm)
		06:09	82	4.81	2.39	2.19	1.99	1.79	1	1	1	1
		18:38	90	5.2	2	1.8	1.6	1.4	1	1	1	2
		07:53	97	5.68	1.52	1.32	1.12	0.92	1	2	2	3
		20:20	103	5.94	1.26	1.06	0.86	0.66	2	2	3	3
		08:36	107	6.34	0.86	0.66	0.46	0.26	3	3	4	4
		21:01	111	6.44	0.76	0.56	0.36	0.16	3	3	4	4
		09:17	112	6.72	0.48	0.28	0.08	-0.12	4	4	4	5
		21:40	112	6.63	0.57	0.37	0.17	-0.03	3	4	4	5
		09:56	111	6.73	0.47	0.27	0.07	-0.13	4	4	4	5
		22:18	107	6.47	0.73	0.53	0.33	0.13	3	3	4	4
		10:35	102	6.34	0.86	0.66	0.46	0.26	3	3	4	4
		22:55	96	5.95	1.25	1.05	0.85	0.65	2	2	3	3

Merci...



Polder de Ploubalay depuis la brèche en Janvier 2021 (BRGM)