

LE GREC HAUTS-DE-FRANCE : 1 AN

PRESENTATIONS SCIENTIFIQUES



Le risque de submersion marine : exemples sur la Côte d'Opale

Olivier COHEN, Université du Littoral Côte d'Opale

Département de géographie et aménagement / Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences

Photomontage créé par IA.

Le risque de submersion marine : exemples sur la Côte d'Opale

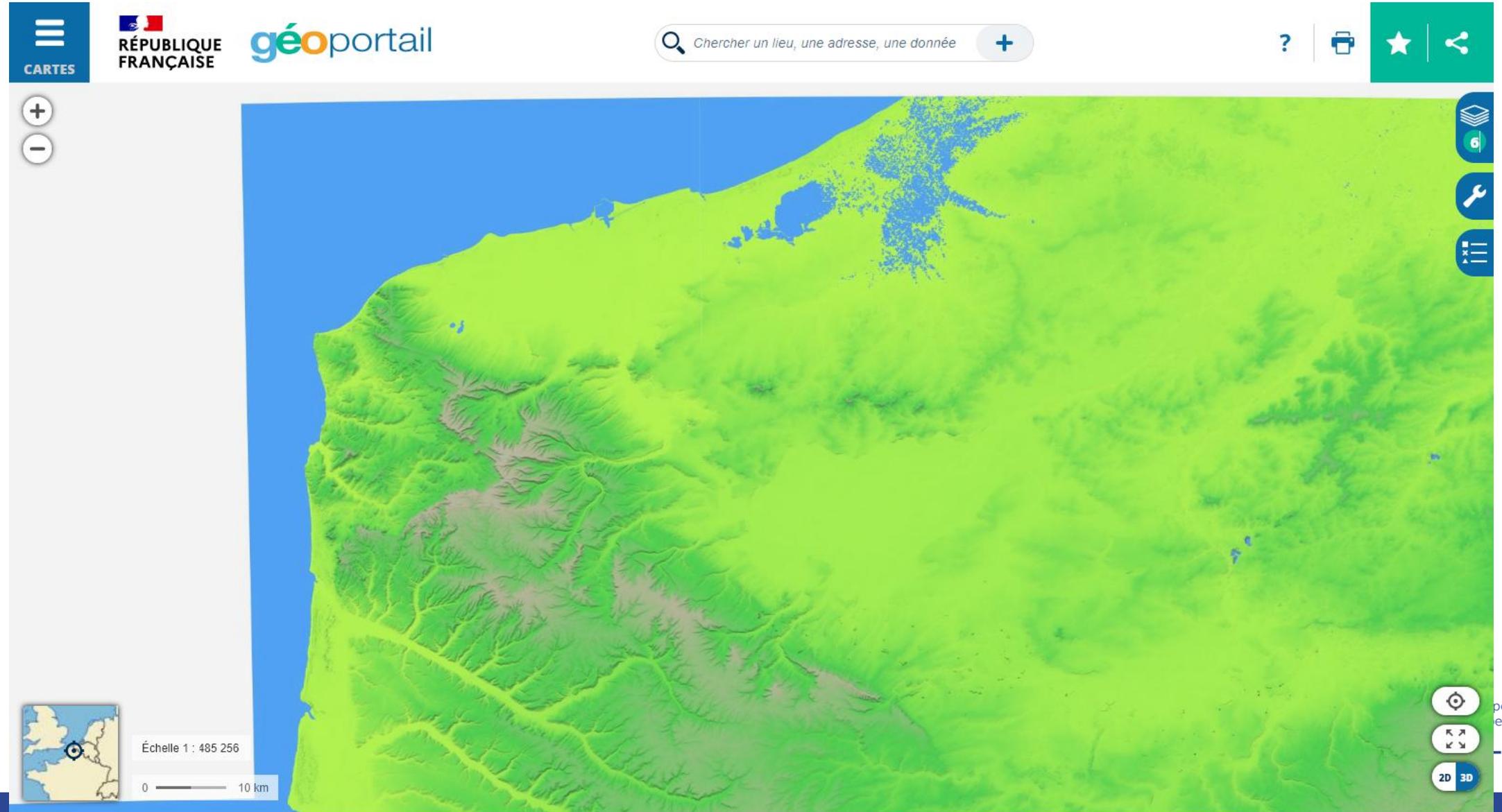
Plan de l'intervention

- La Côte d'Opale : un territoire à risque de submersion marine
- Penser l'adaptation dans un contexte de changement climatique

Photomontage créé par IA.

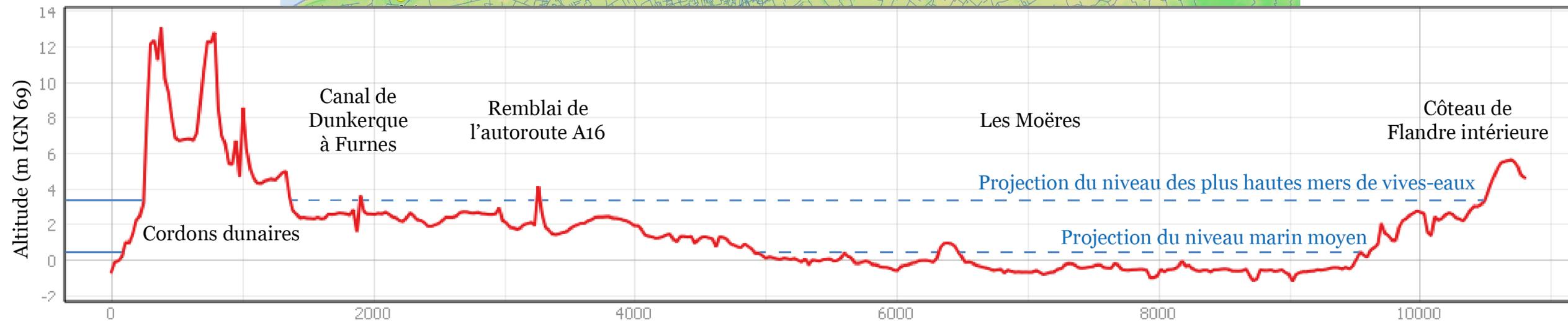
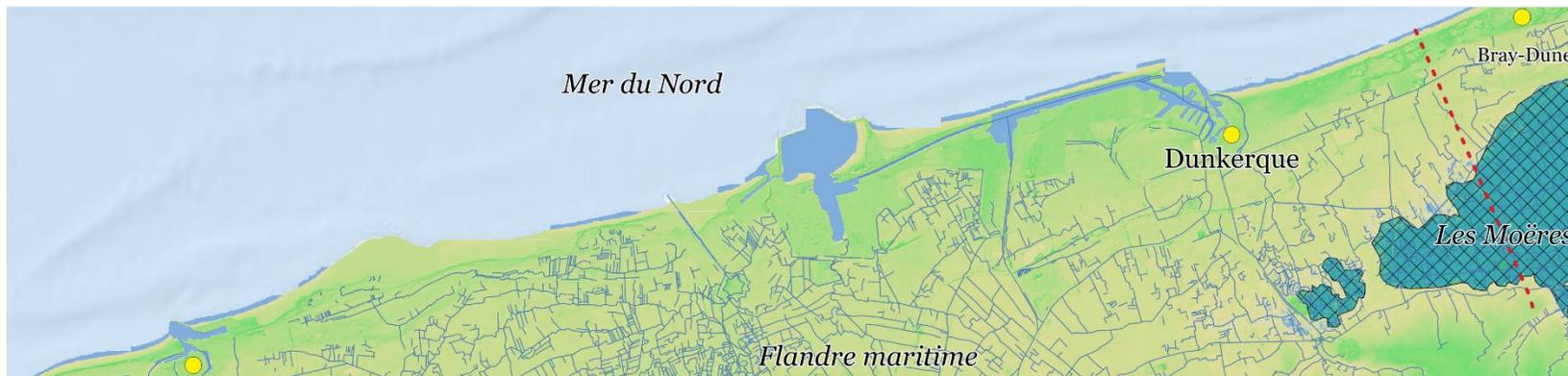
La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Un territoire avec des basses plaines côtières, des estuaires et des polders



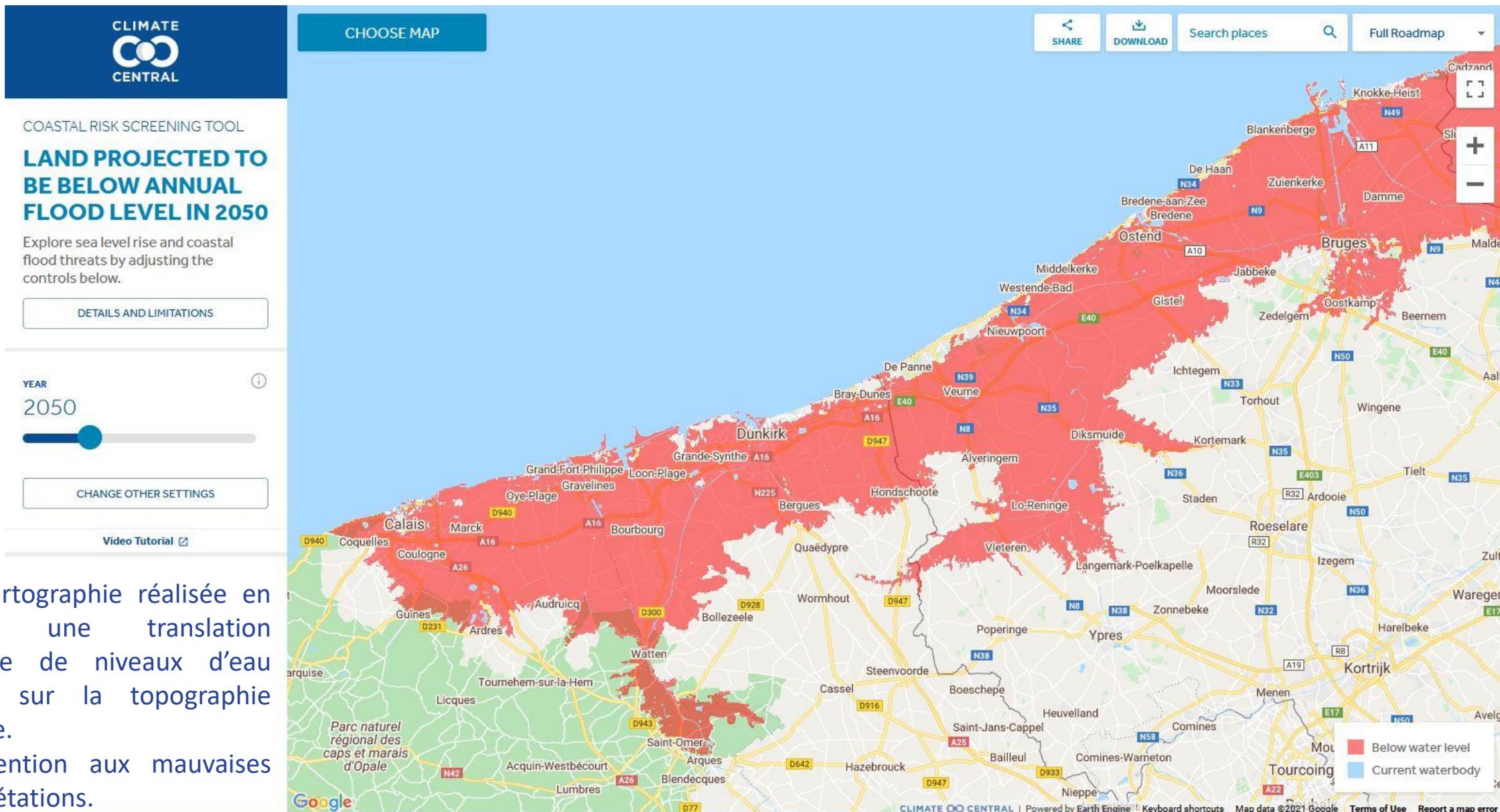
La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Focus sur le polder de la plaine maritime flamande (- 2,5 m IGN69 aux Moères)



Source : OC

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

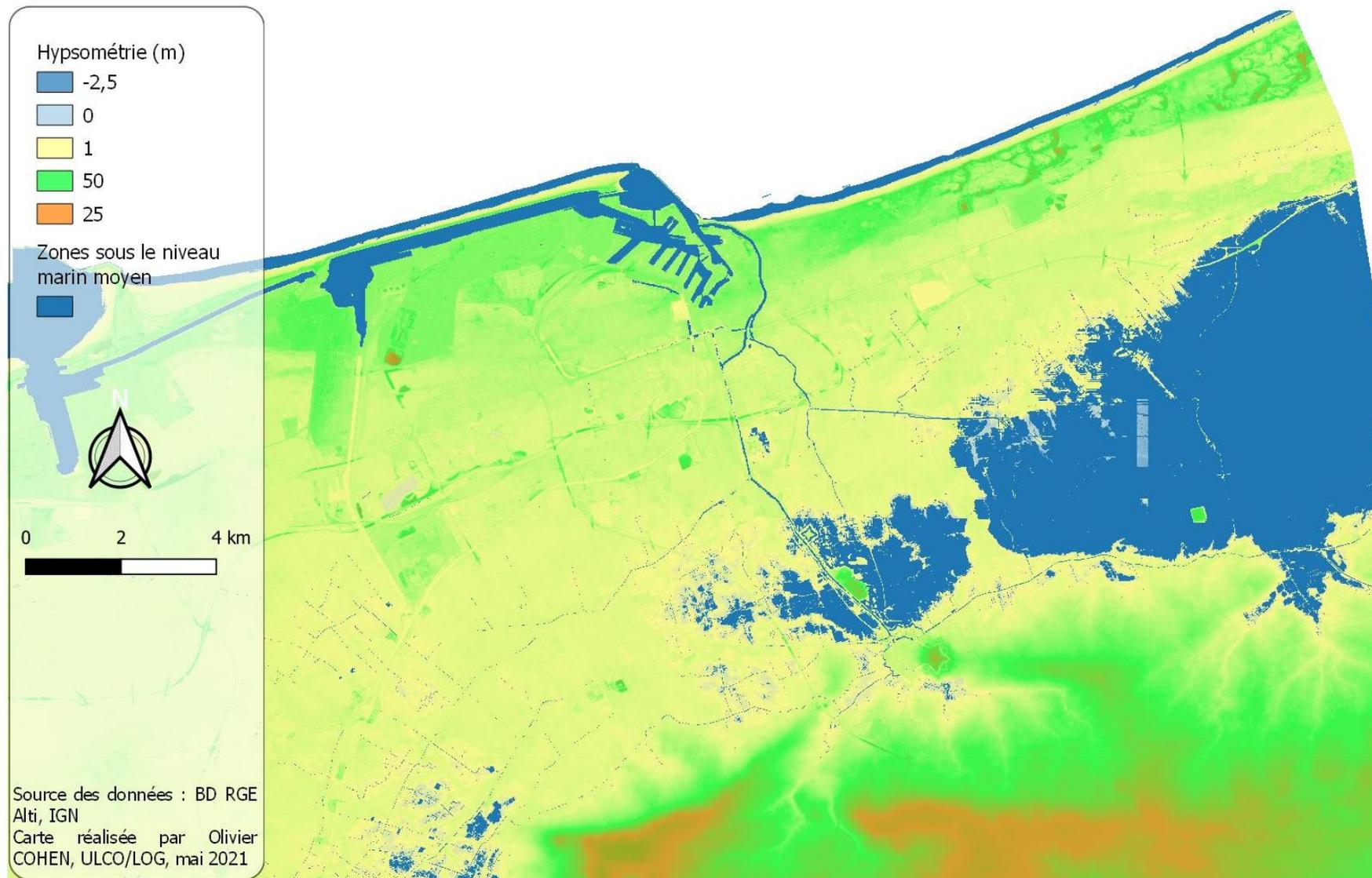


Une cartographie réalisée en faisant une translation verticale de niveaux d'eau prévus sur la topographie actuelle.

⚠ Attention aux mauvaises interprétations.

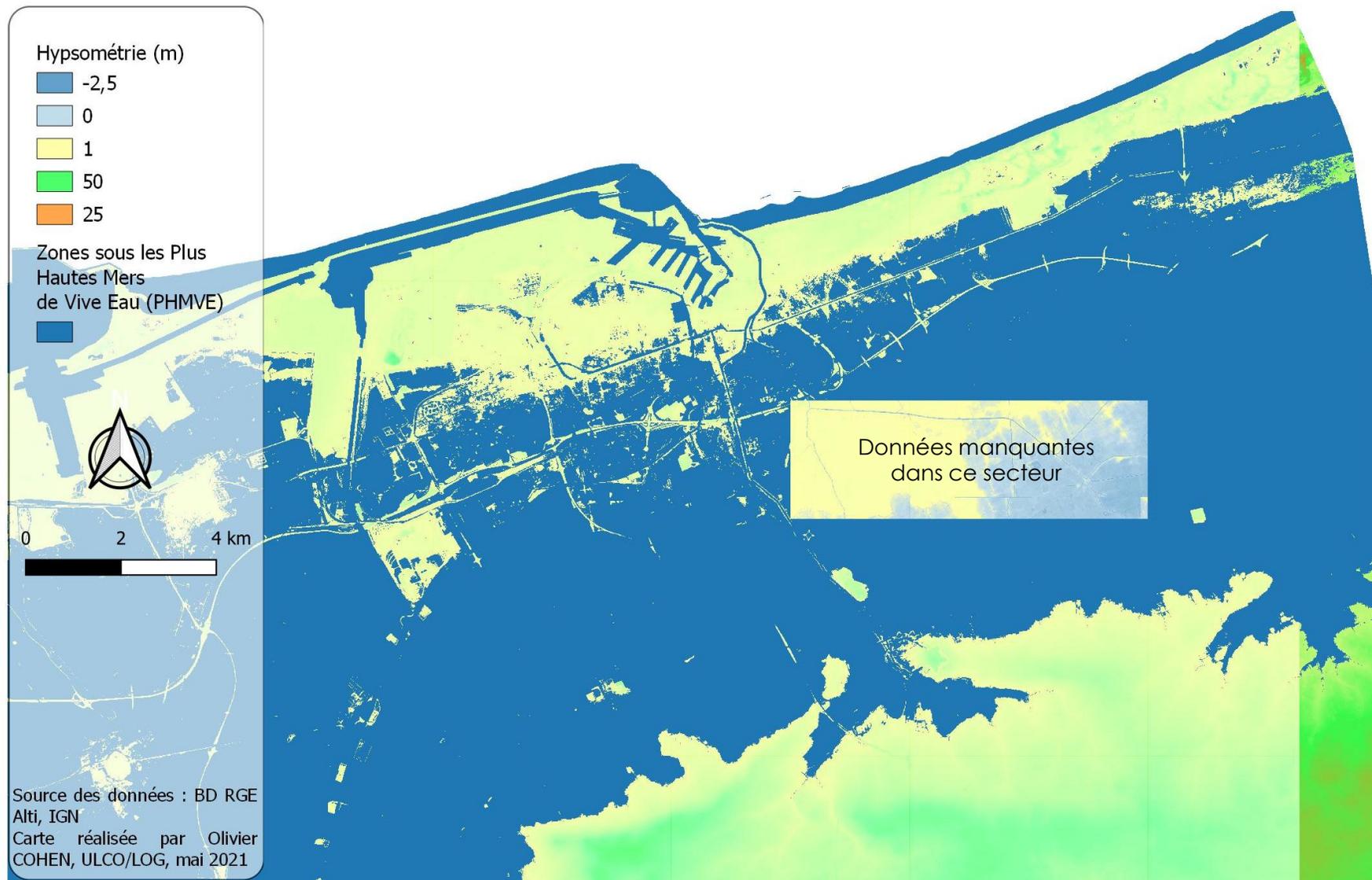
La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Secteurs sous le niveau marin moyen



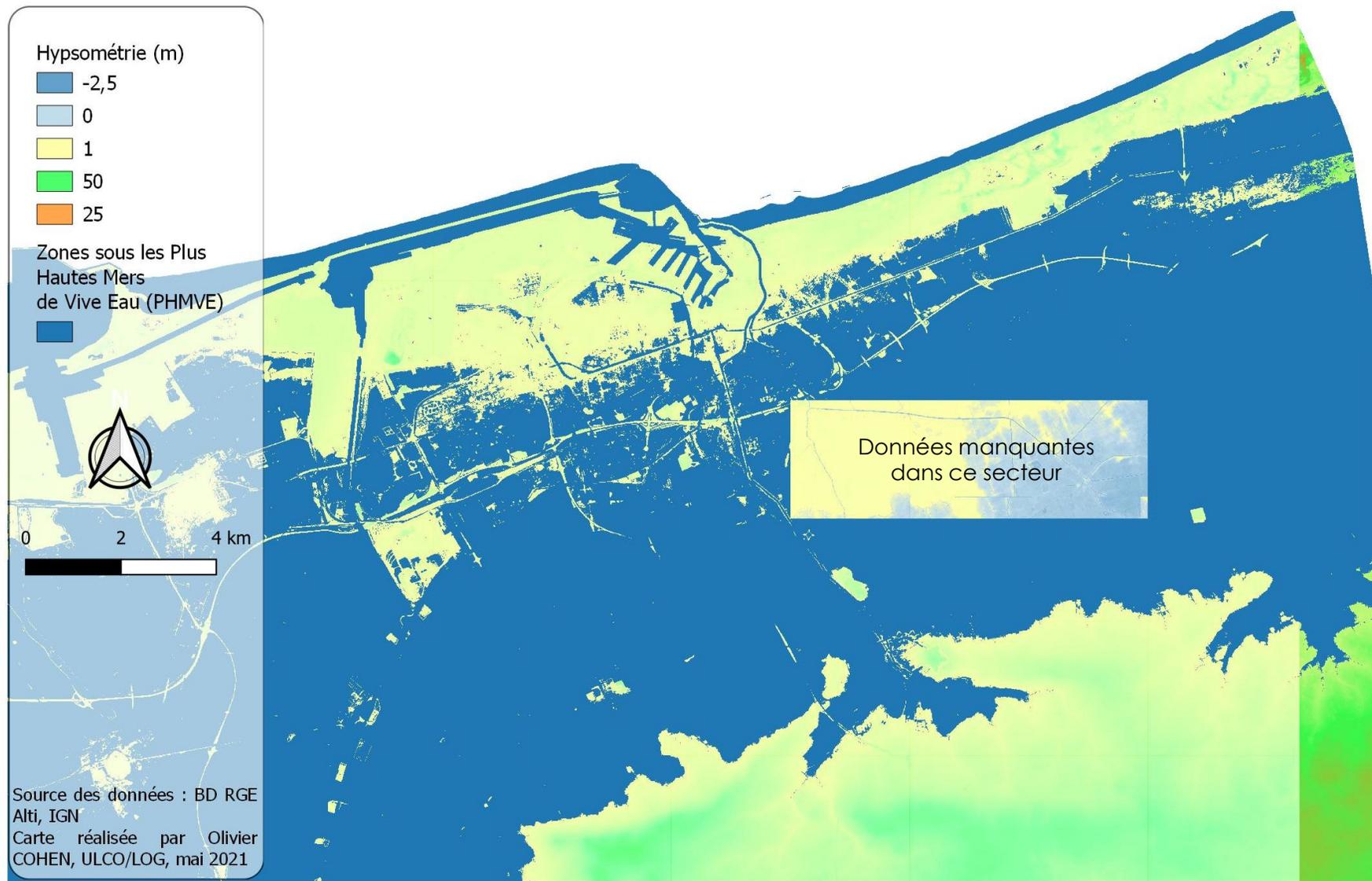
La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Secteurs sous les Plus Hautes Mers de Vive Eau (coef. 95)



La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Secteurs sous les Plus Hautes Mers de Vive Eau (coef. 95)

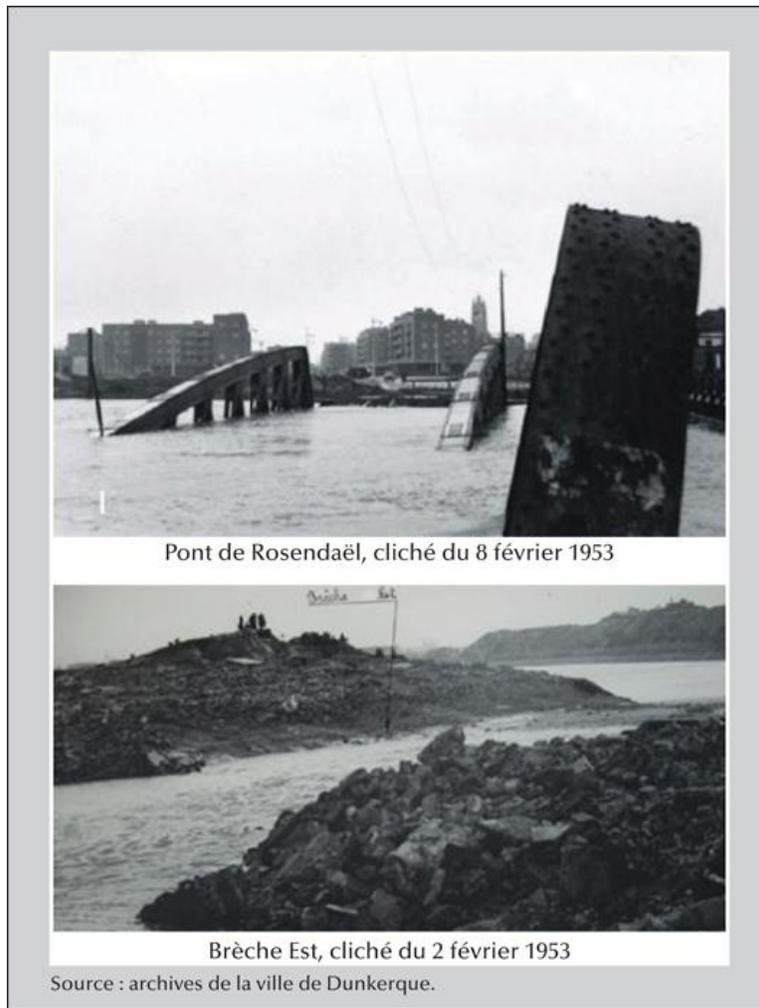


La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Des inondations très rares, volontaires pendant la seconde guerre mondiale et dues à une rupture de digue en 1953.



Les Moères en 1940



Pont de Rosendaël, cliché du 8 février 1953

Brèche Est, cliché du 2 février 1953

Source : archives de la ville de Dunkerque.

Dunkerque 1953



Rosendaël 1953

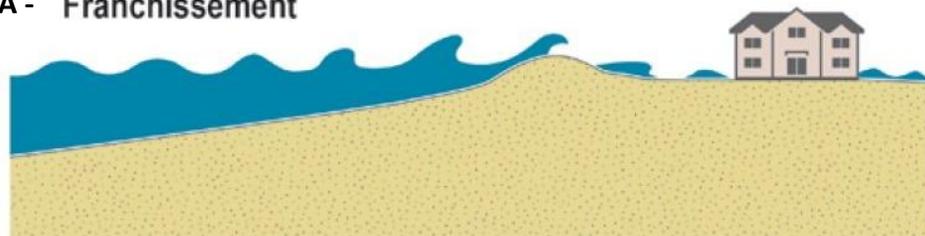
Source : archives municipales
de la ville de Dunkerque

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Que sont les submersions marines ?

- **Inondations épisodiques** lors de conditions météorologiques défavorables (forte dépression et vent de mer, donc coup de vent ou tempête) et/ou de marées à fort coefficient ou un tsunami → surcote.
- Submersion par **franchissements par paquets de mer** liés au déferlement des vagues et à une élévation instantanée du niveau marin lié au flux et reflux des vagues sur la plage.
- Submersion par **débordement**, lorsque le niveau de la mer est supérieur au niveau des ouvrages de défense ou au trait de côte naturels.
- Submersion par la **brèche** dans un cordon dunaire à la suite d'une érosion ou de digues ou d'ouvrages de protection, lorsque le niveau topographique en arrière est inférieur au niveau de la mer.

A - Franchissement



B - Débordement



C - Brèche



Source : IGARUN/Université de Nantes

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Que sont les submersions marines ?

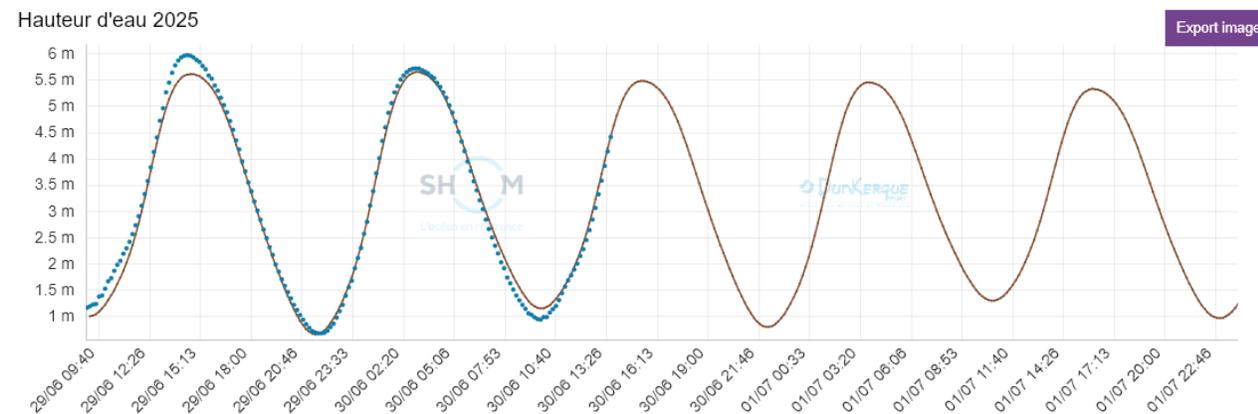
- **Inondations épisodiques** lors de conditions météorologiques défavorables (forte dépression et vent de mer, donc coup de vent ou tempête) et/ou de marées à fort coefficient ou un tsunami → surcote.
- Submersion par **franchissements par paquets de mer** liés au déferlement des vagues et à une élévation instantanée du niveau marin lié au flux et reflux des vagues sur la plage.
- Submersion par **débordement**, lorsque le niveau de la mer est supérieur au niveau des ouvrages de défense ou au trait de côte naturels.
- Submersion par la **brèche** dans un cordon dunaire à la suite d'une érosion ou de digues ou d'ouvrages de protection, lorsque le niveau topographique en arrière est inférieur au niveau de la mer.



La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Que sont les submersions marines ?

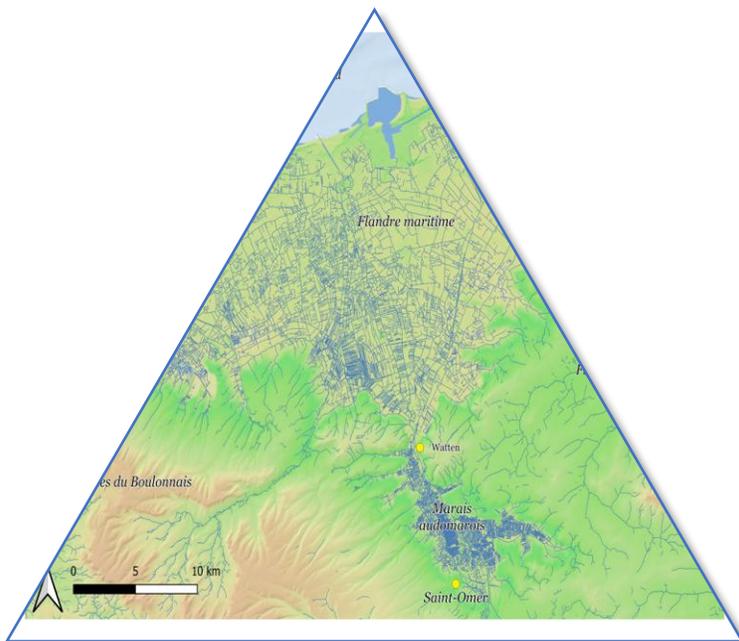
- **Inondations épisodiques** lors de conditions météorologiques défavorables (forte dépression et vent de mer, donc coup de vent ou tempête) et/ou de marées à fort coefficient ou un tsunami → surcote.
- Submersion par **franchissements par paquets de mer** liés au déferlement des vagues et à une élévation instantanée du niveau marin lié au flux et reflux des vagues sur la plage.
- Submersion par **débordement**, lorsque le niveau de la mer est supérieur au niveau des ouvrages de défense ou au trait de côte naturels.
- Submersion par la **brèche** dans un cordon dunaire à la suite d'une érosion ou de digues ou d'ouvrages de protection, lorsque le niveau topographique en arrière est inférieur au niveau de la mer.



La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Un territoire de polder jusqu'à présent préservé des inondations continentales et des submersions marines.

Cordons dunaires, digues
et ouvrages de gestion de
l'eau en bon état

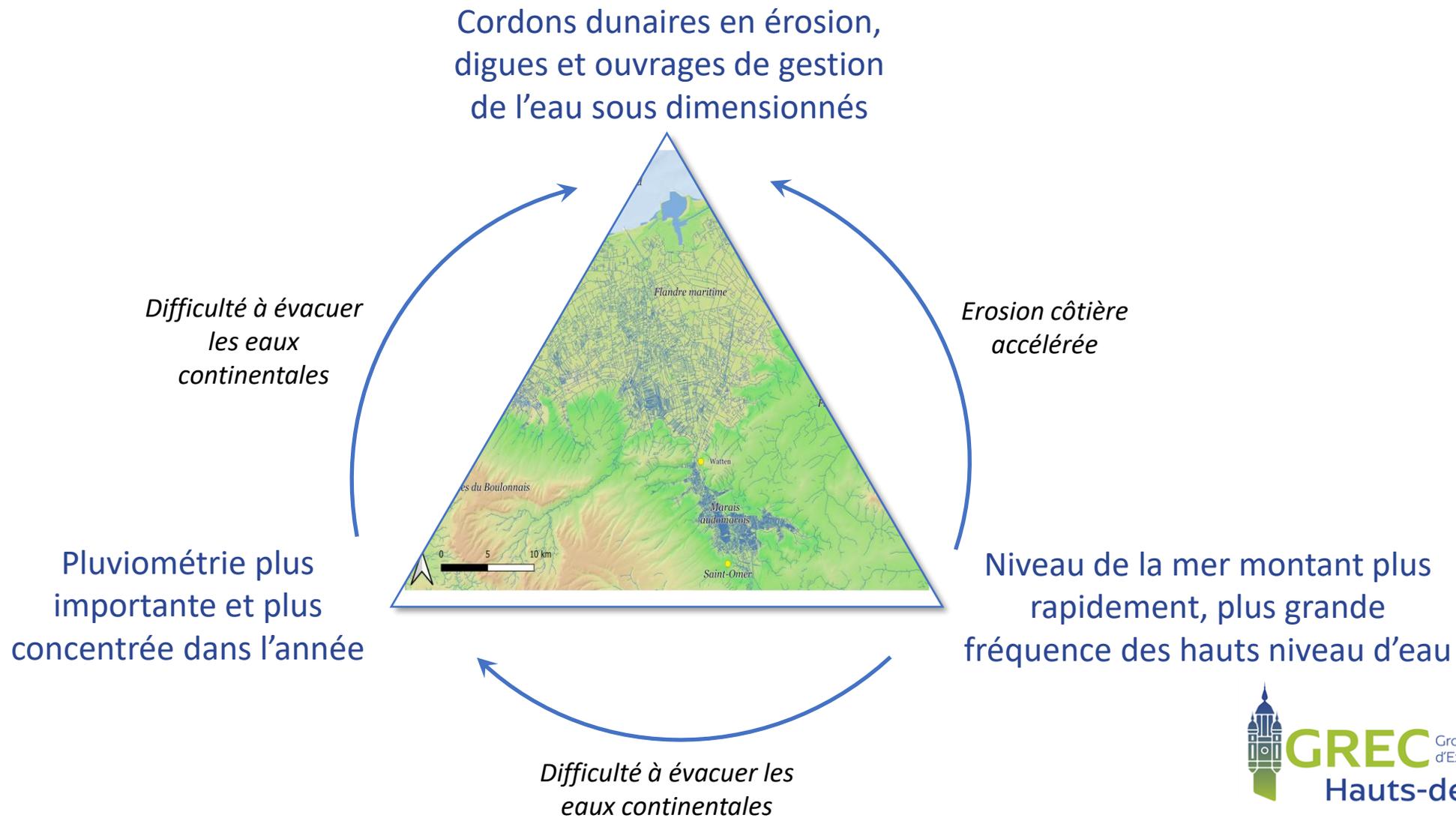


Pluviométrie modérée et
répartie régulièrement
dans l'année

Niveau de la
mer montant
lentement

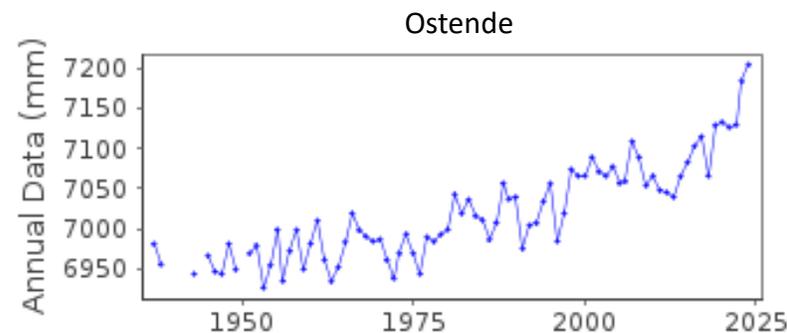
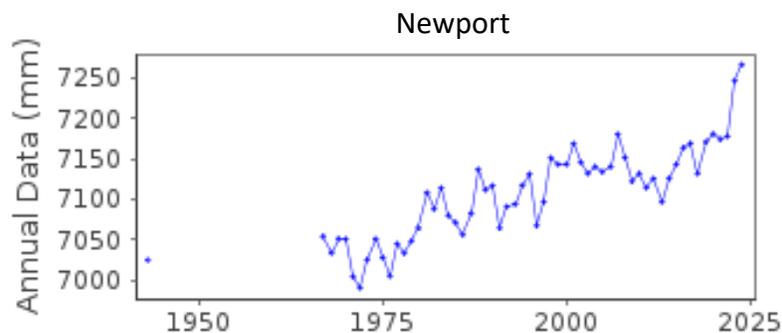
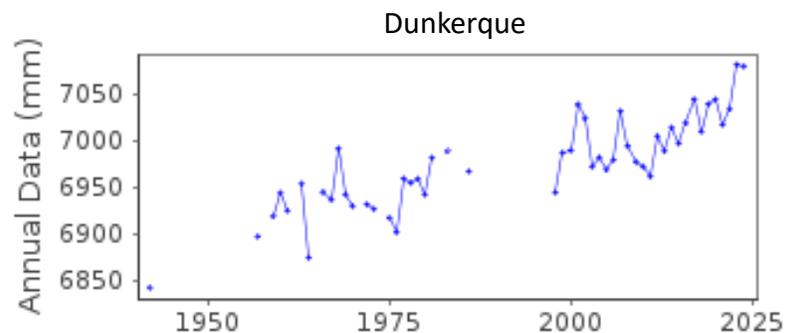
La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Dans l'avenir, un territoire de polder vulnérable aux inondations continentales et aux submersions marines.



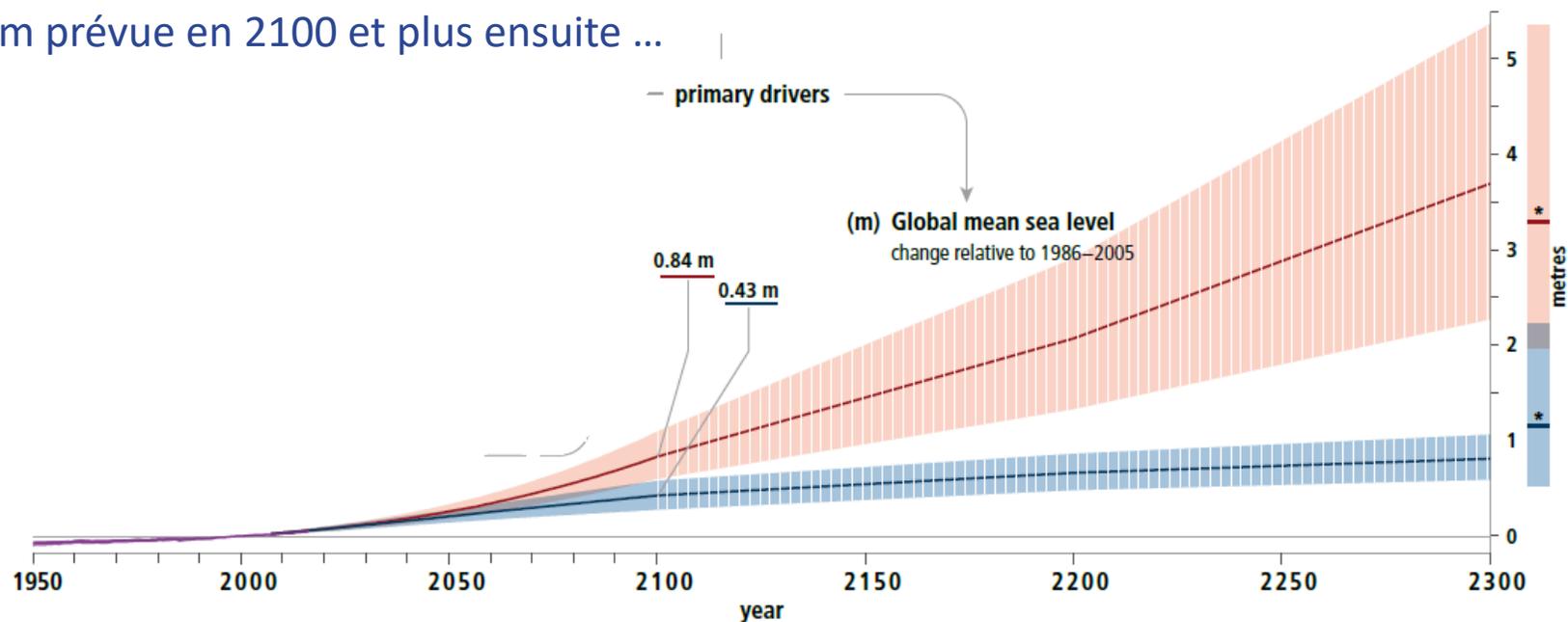
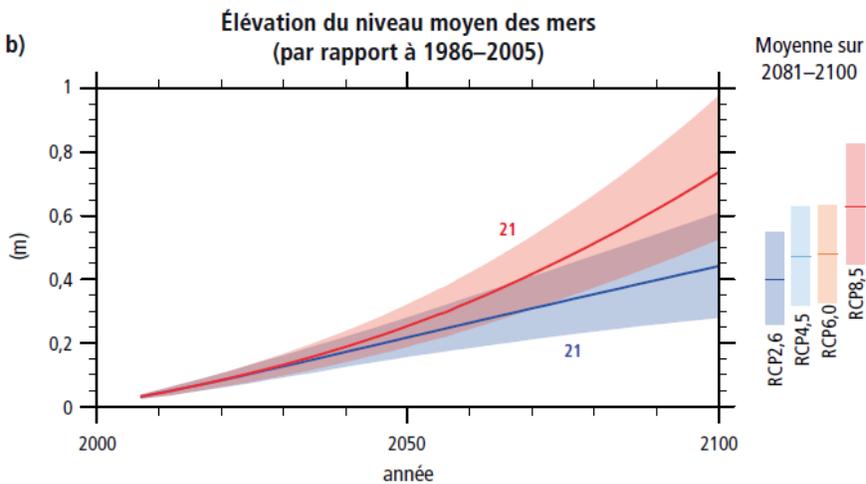
La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

Une montée du niveau de la mer de plus en plus rapide (de 1,8 mm/an à la fin des années 1990 à 4 mm/an aujourd'hui).



Source : pmsl.org

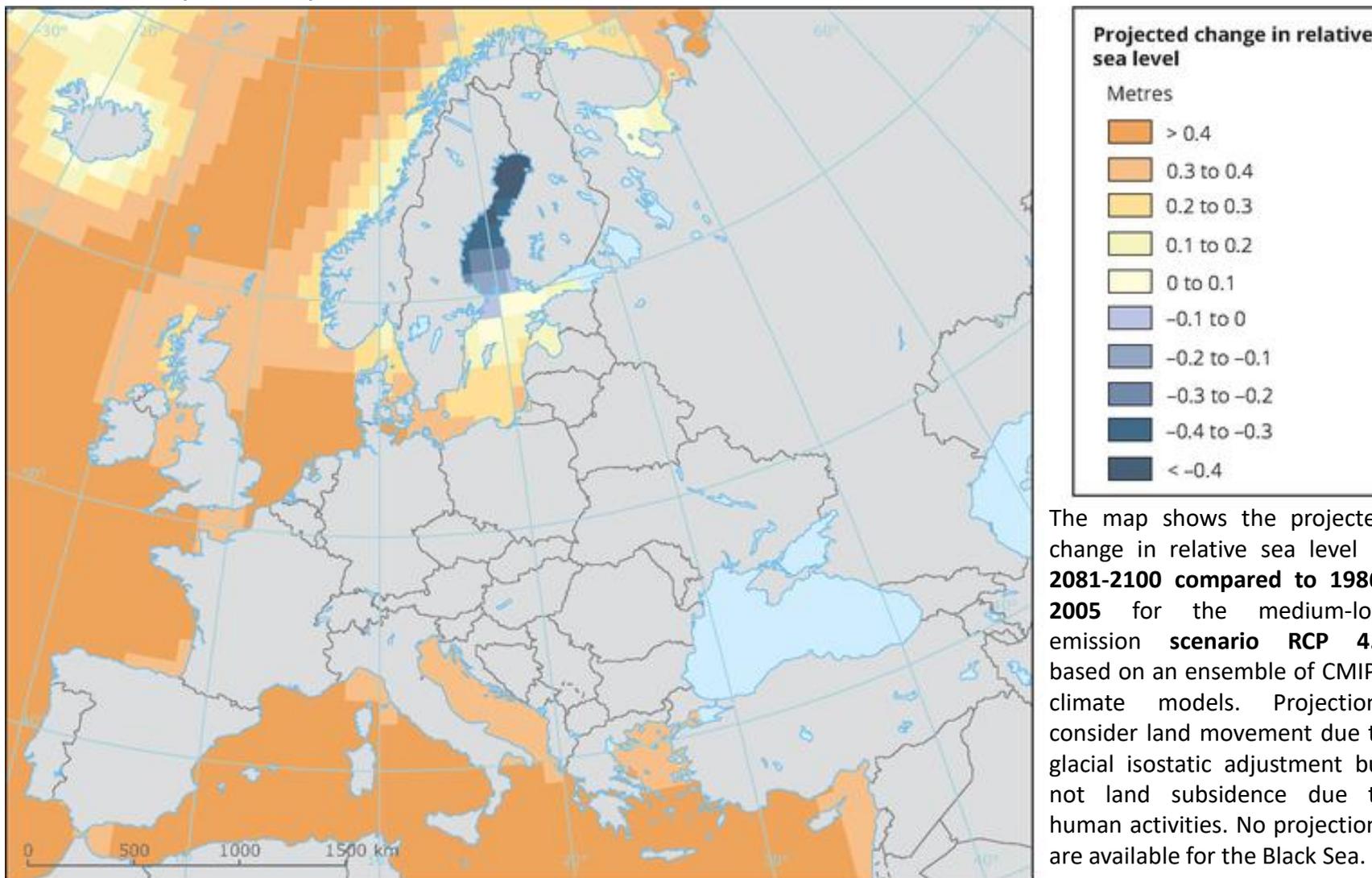
Une montée du niveau moyen de la mer de 1 m prévue en 2100 et plus ensuite ...



Source : GIEC

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

La montée du niveau de la mer (RCP 4.5)

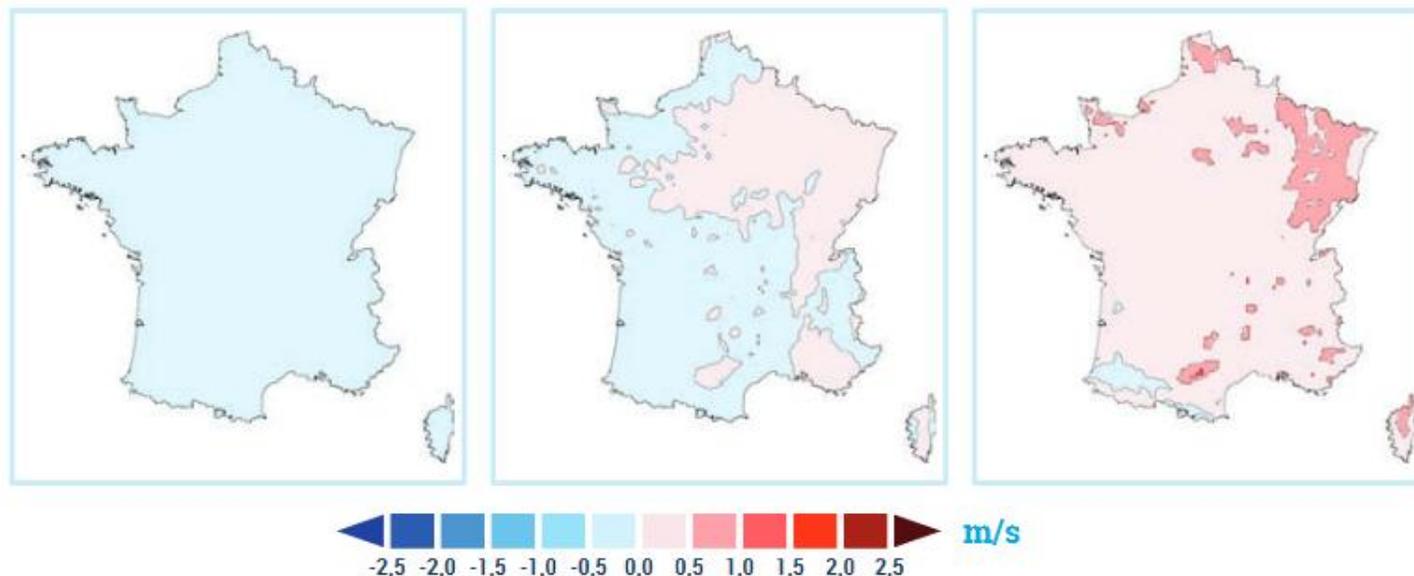


Source : European Environment Agency, 2017

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

L'évolution des tempêtes générant des hauts niveaux d'eau et de l'érosion côtière

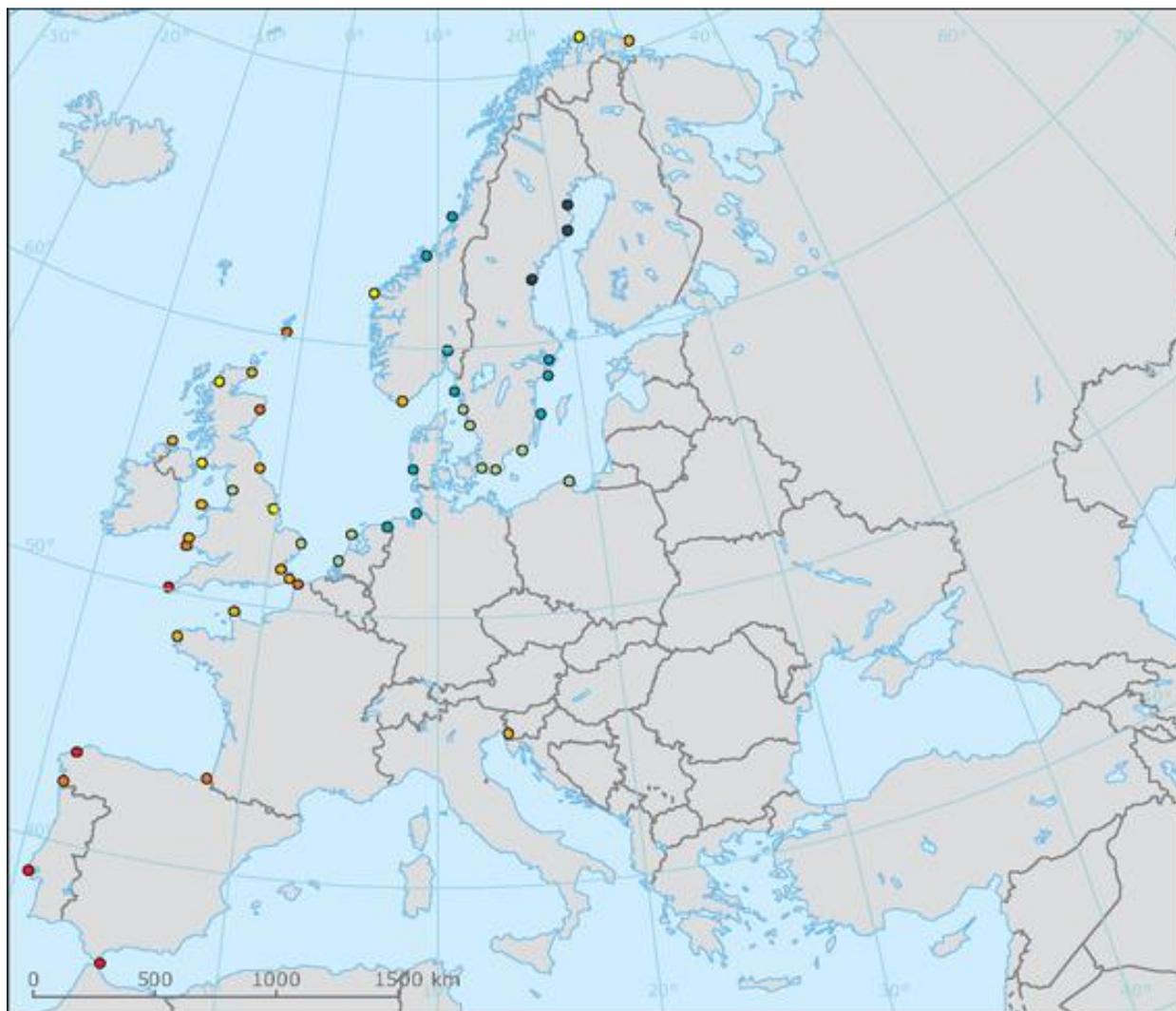
- Pour les vents « forts » (définis dans le jeu DRIAS-2020 à partir d'un indicateur caractérisant la valeur des vents quotidiens maximums observés dans 2 % des cas, soit 7 jours par an).
- « Il est rappelé que l'indicateur utilisé cible les valeurs de vent moyen quotidien les plus fortes observées en moyenne 7 jours par an : son évolution n'est pas forcément représentative des valeurs les plus fortes observées lors des tempêtes ou des orages. L'évolution des vents forts en France présente une grande incertitude liée aux modèles climatiques, plus qu'au scénario RCP ou à l'horizon temporel. Les régions ayant une plus forte probabilité de renforcement du vent est le quart nord-est, voire la moitié nord. À l'inverse, la probabilité la plus forte de diminution concerne la moitié sud et particulièrement le sud-ouest. » (Météo France, rapport DRIAS 2020)



Cartes des écarts de l'intensité des vents forts pour le RCP 8.5 et l'horizon fin de siècle, selon les paramètres de la distribution C5, C50 et C95

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

L'évolution des hauts niveaux d'eau



Change in the frequency of flooding events under projected sea level rise

Multiplication factor

- 0-1
- 1-5
- 5-10
- 10-25
- 25-50
- 50-100
- > 100

This map shows the estimated multiplication factor, by which the frequency of flooding events of a given height changes between 2010 and 2100 due to projected regional sea relative level rise under the RCP 4.5 scenario. Values larger than 1 indicate an increase in flooding frequency

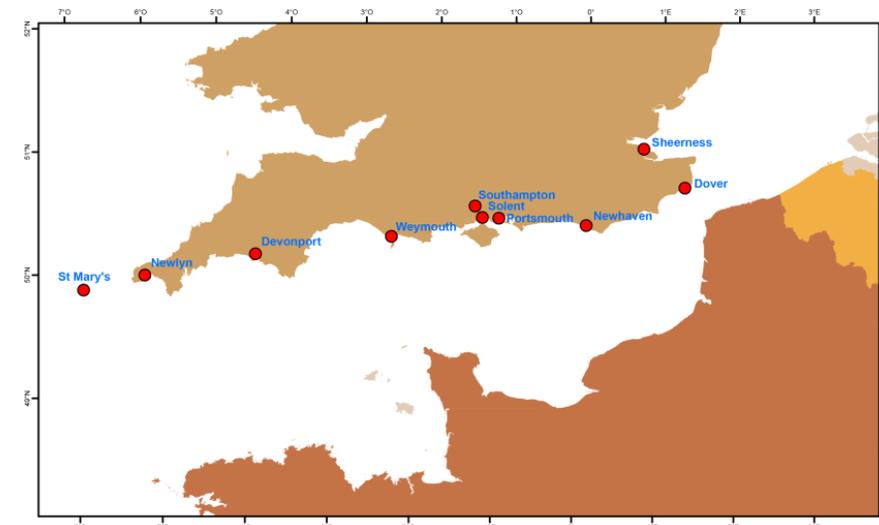
Source : European Environment Agency, 2017

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

L'évolution des hauts niveaux d'eau

- Les hauts niveaux d'eau critiques, susceptibles de provoquer des phénomènes d'érosion et de submersion, se produiront plus souvent.
- Exemple dans le sud de l'Angleterre.

Variations dans la période de retour (en années) des hauts niveaux d'eau de période de retour de 100 ans en 1990 sur la côte anglaise de la Manche avec une élévation du niveau marin de **40 cm (scénario médian)** d'ici 2100 (Haigh et al., 2011)



Site	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
St. Mary's	58	33	19	10	6	3	2	360d	307d	119d	72d
Newlyn	61	37	22	13	7	4	2	1	254d	142d	81d
Devonport	65	42	27	17	10	6	4	2	1	237d	135d
Weymouth	63	39	23	14	8	4	2	1	260d	138d	76d
Southampton	68	45	30	19	12	7	4	3	1	306d	173d
Portsmouth	65	42	26	16	9	5	3	2	342d	190d	101d
Newhaven	75	54	38	26	18	11	7	4	2	1	299d
Dover	81	65	51	40	30	22	16	11	8	5	4
Sheerness	80	63	49	37	28	21	15	11	8	5	4
Average	69	47	32	21	14	9	6	4	3	2	1
Factor increase	1·5	2·1	3·2	4·7	7·1	10·7	16	25	38	59	100

Where return periods are < 1 year, the return period is converted to days rather than years and the number is followed by the letter *d* and is in italics.

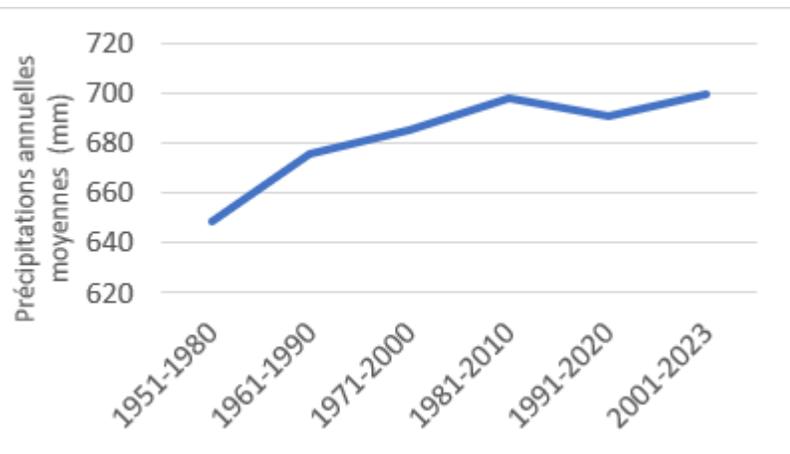
Table 3. Changes to the return periods (years) of the return level with a 100 year return period in 1990 through the twenty-first century for the medium emissions relative sea-level rise scenario

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

L'augmentation des précipitations

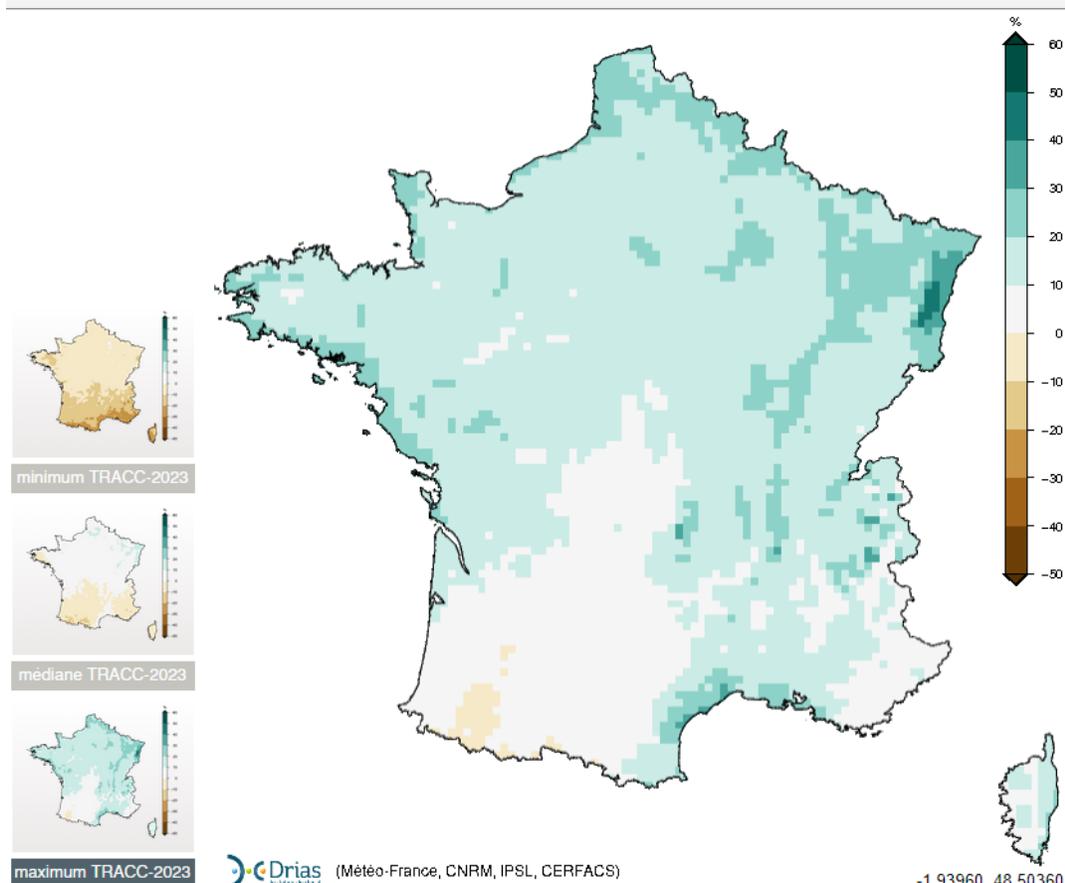
- A Dunkerque, une augmentation de 7,8 % depuis les années 50.
- Une augmentation prévue de 21 % en 2100 par rapport à la période de référence 1976-2005 pour un réchauffement de 4°C (TRACC 2023).

Normale climatique	Cumul des précipitations annuelles (mm)
1951-1980	648,62
1961-1990	675,71
1971-2000	685,3
1981-2010	698,04
1991-2020	690,69
2001-2023	699,44
Evolution	+50 mm (+7,8 %)



Source : OC

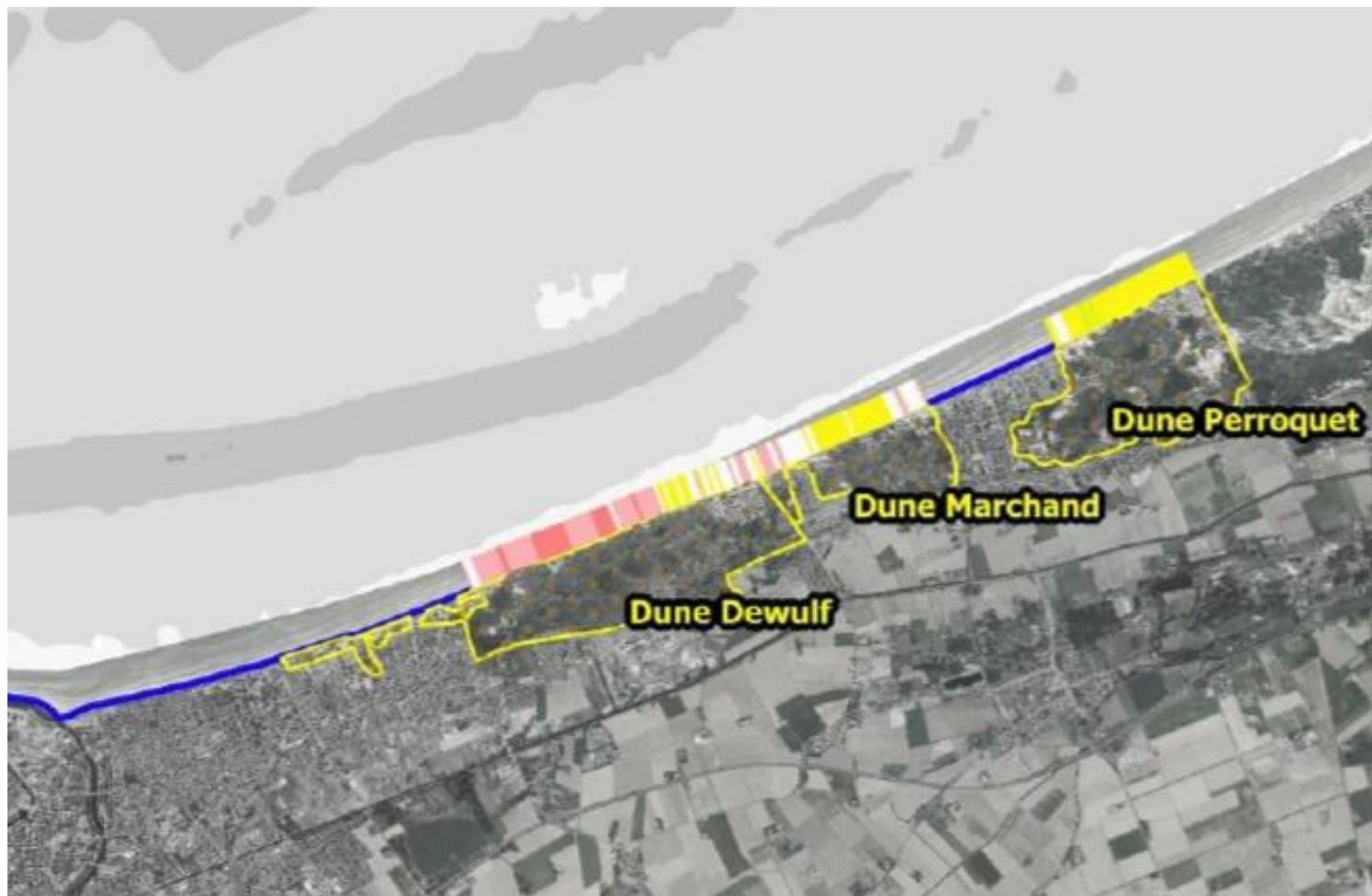
Écart relatif du cumul de précipitations annuelles : différence entre la période considérée et la période de référence
Horizon 2100 / réchauffement +4°C France - Moyenne annuelle
Produit multi-modèles de TRACC-2023 : maximum de l'ensemble



La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

L'évolution du trait de côte

- Exemple à l'est de Dunkerque de 1949 à 2015 à partir de photographies aériennes



Zuydcoote : dune entaillée en falaise



Bray-Dunes : dunes embryonnaires en formation

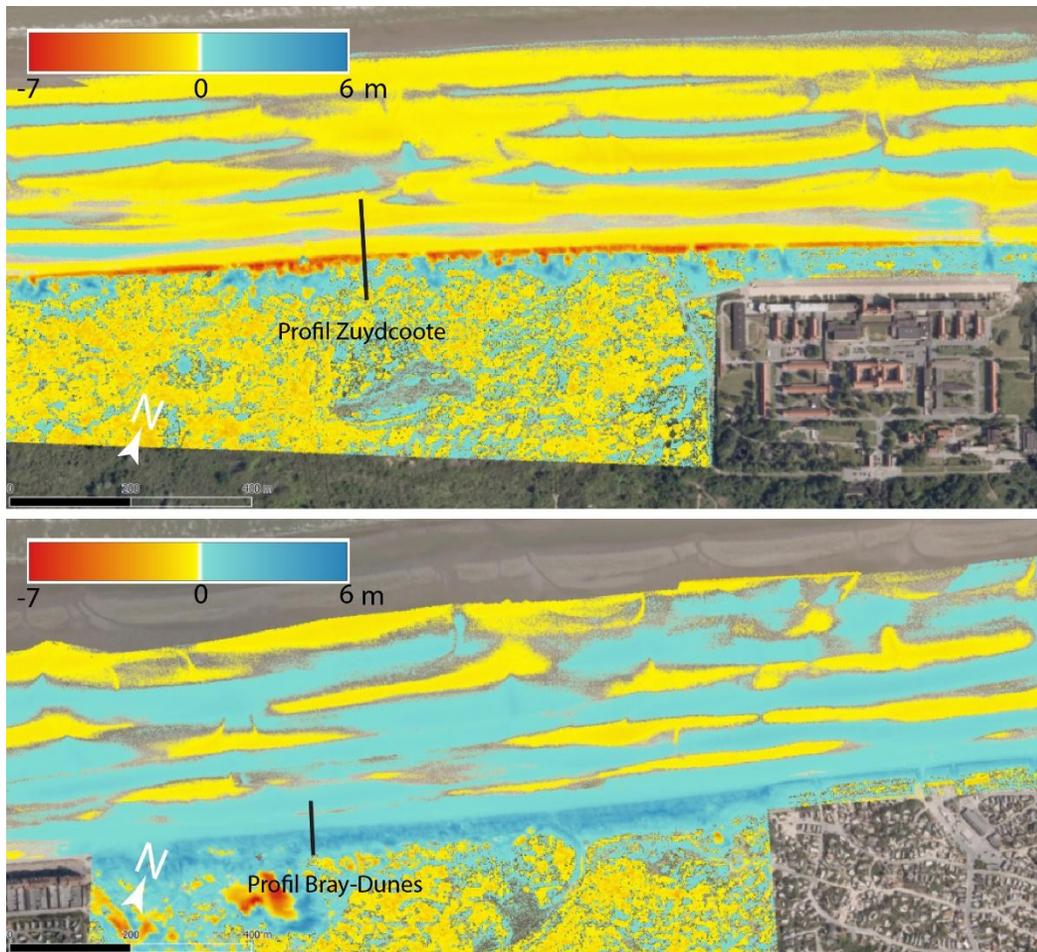
Régional
eClimat

Source : Zemmour, 2019

La Côte d'Opale, un territoire à risque de submersion marine

L'évolution du trait de côte

- Exemple à l'est de Dunkerque de 2008 à 2020 à partir de levés Lidar aéroportés

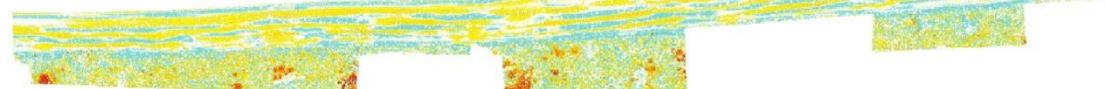


Source : OC, 2025

2008-2011



2011-2012



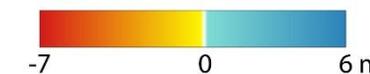
2012-2014



2014-2016



2016-2020



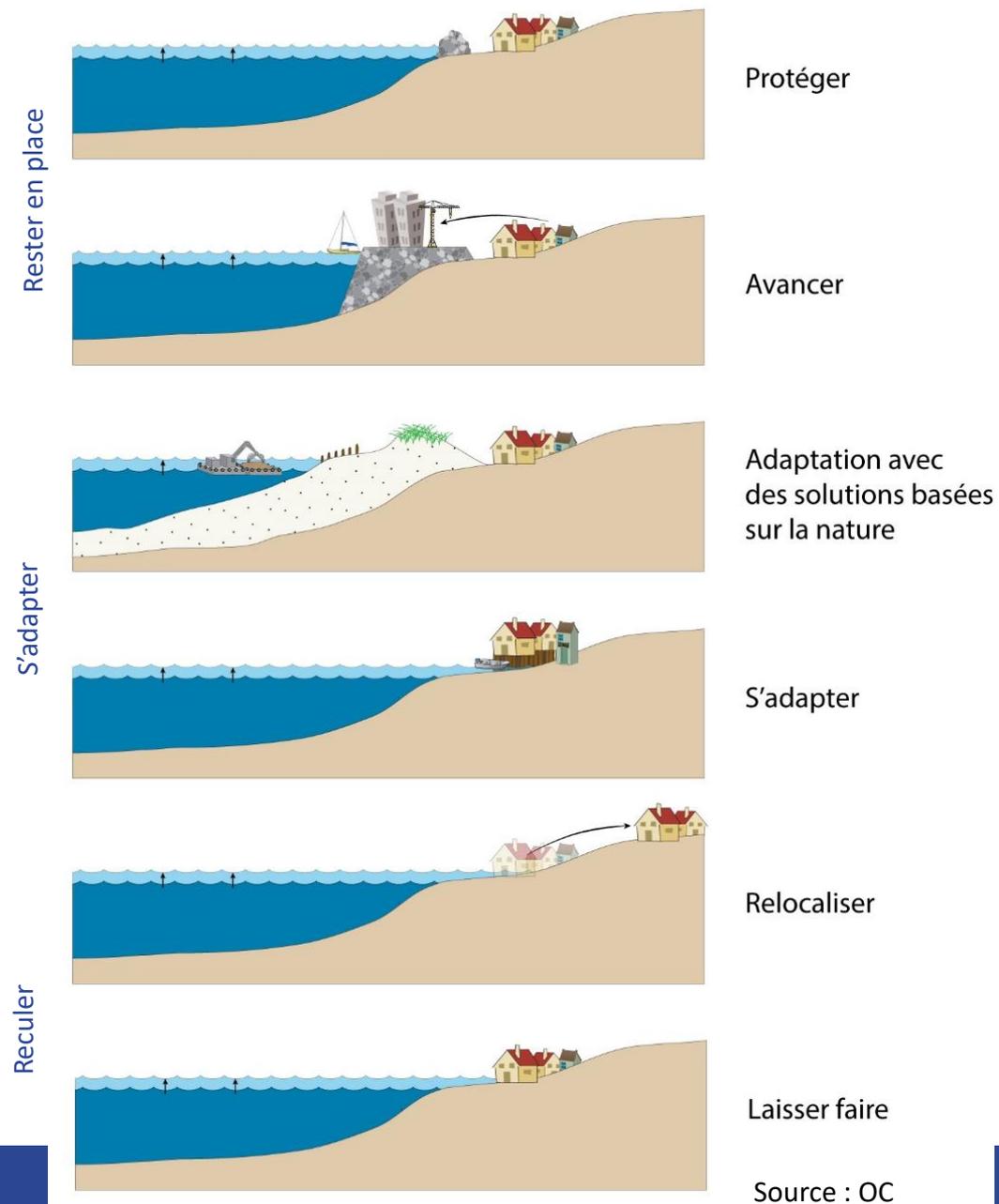
2008-2020



Penser l'adaptation dans un contexte de changement climatique

Les stratégies d'aménagement du littoral

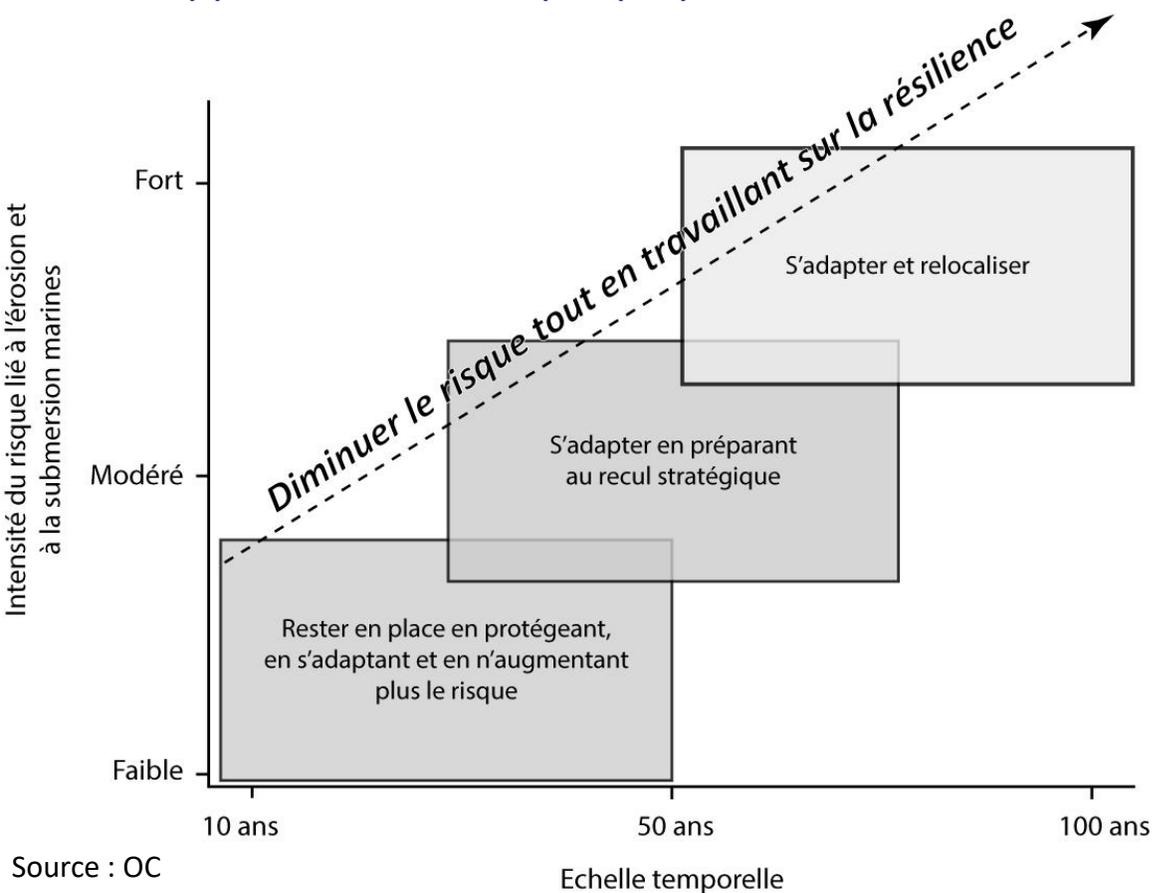
- La Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Côte définit plusieurs familles de politiques d'aménagement du littoral : du maintien en place des biens et des activités grâce à différentes mesures de protection/stabilisation du trait de côte au recul stratégique planifié.



Penser l'adaptation dans un contexte de changement climatique

Les stratégies d'aménagement du littoral

- Ces différentes politiques doivent être phasées en fonction de l'évolution climatique et de la montée du niveau de la mer : dans les zones basses côtières, à long terme, un maintien de l'occupation humaine sera difficilement envisageable.
- Du court au moyen termes : une augmentation des situations d' « inconfort » (petites inondations dans le polder, remontées de nappes, submersion par paquets de mer sur certains rivages –ex. Wimereux).



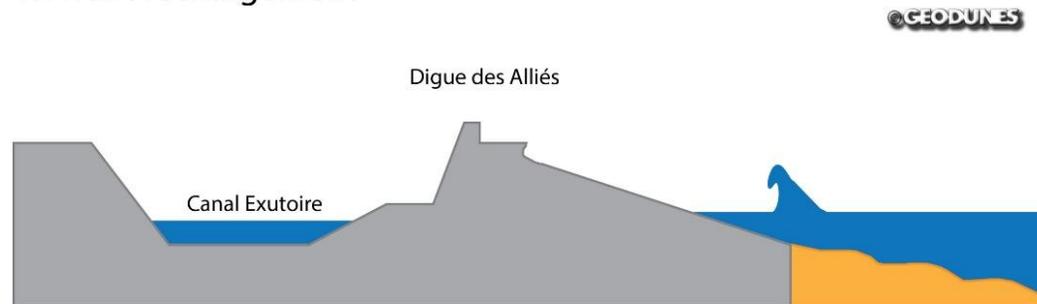
Penser l'adaptation dans un contexte de changement climatique

Les rechargements : une solution basée sur la nature utilisant les services écosystémiques d'une plage

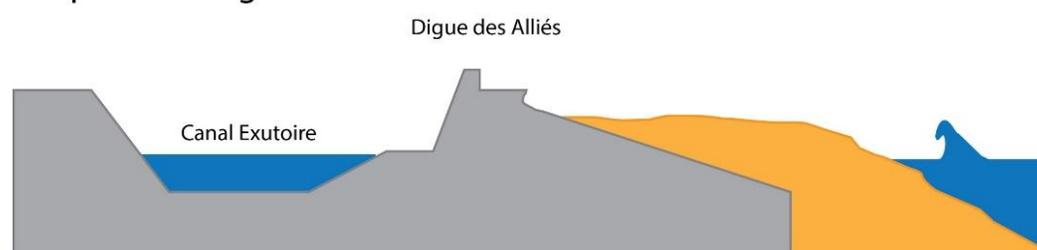


Source : Google Earth

1. Avant rechargement



2. Après rechargement



Source : Géodunes

Exemple du rechargement de la plage de la digue des alliés à Dunkerque au début 2014 :

- 1,4 M de m³ déposés,
- + 130 m de largeur de plage en plus au minimum à marée haute,
- + 5 m de gain en altitude.

Grâce à ce stock « tampon », la digue est maintenant protégée de la mer.

Penser l'adaptation dans un contexte de changement climatique

Les ouvertures portuaires : des points de fragilité à surveiller

Port-est de Dunkerque



Source : Google Earth

Embouchure de l'Yser à Newport



Source : www.agentschapmdk.be

Merci de votre attention.