MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

unima
L'expert public
des territoires d'eau

LIENSs
UMR 7266

cnrs
La Rochelle Université

SURVEY : modélisation hydrodynamique et aide à la décision face aux submersions marines dans les Pertuis Charentais

Jean-François BREILH, Clément POIRIER, Xavier BERTIN, Clara SIMON, Damien CHEVAILLIER

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN
Financé par l'Union européenne

MARINE NATIONALE
400 ANS

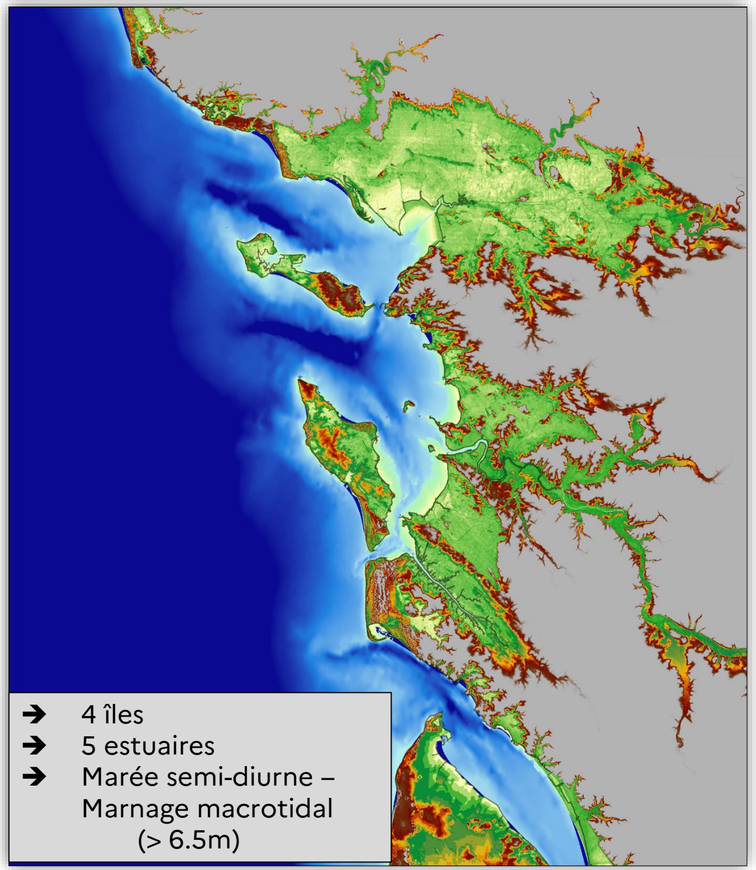
01 - Contexte et motivations

01 - Contexte et motivations

Un territoire fortement exposé

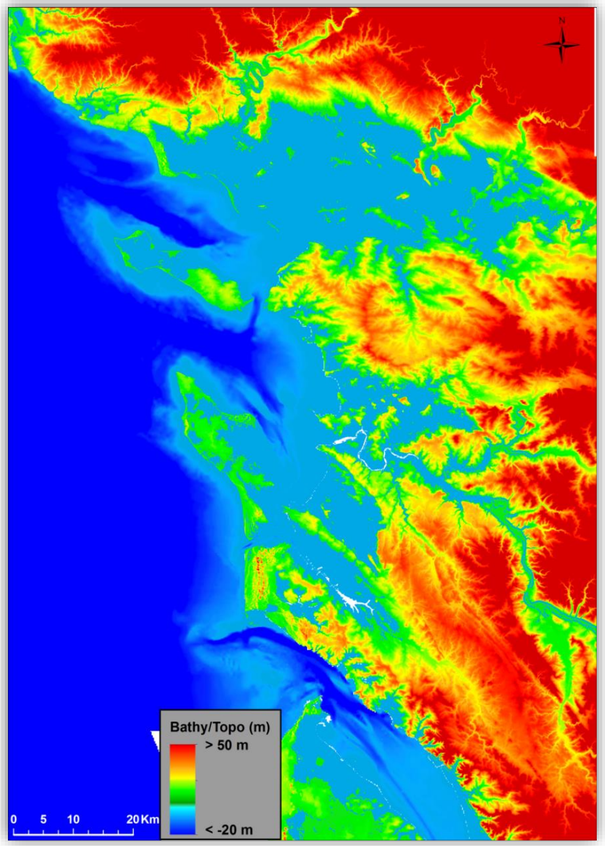
Jean-François BREILH
UNIMA

Les Pertuis Charentais



➔ 45 % d'une bande côtière de 10 km est située sous le niveau d'une marée haute de vive eau (~ 3 m NGF)

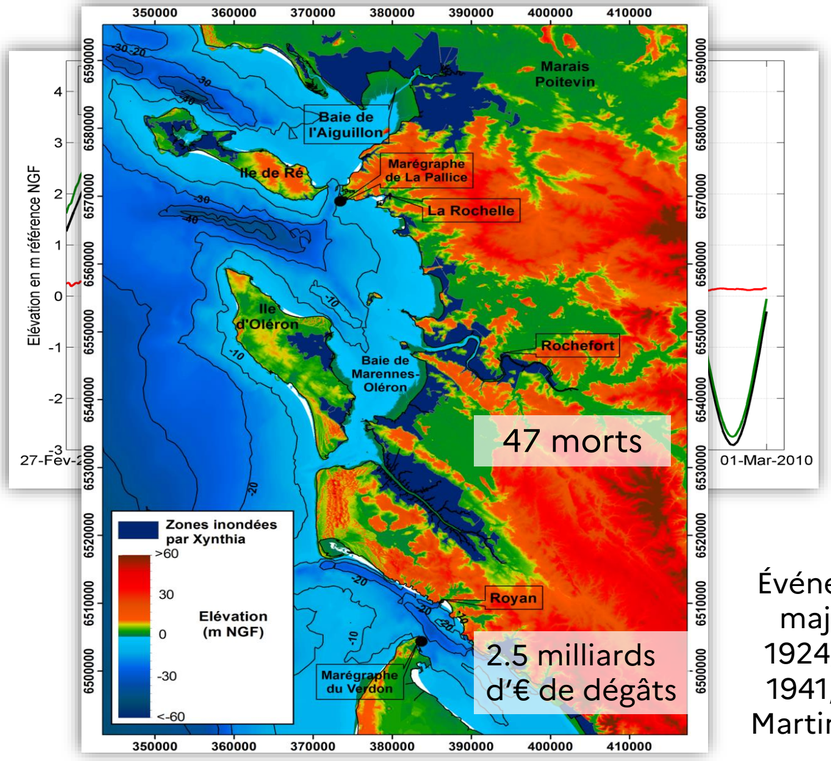
Zones < 3 m NGF IGN 1969



➔ Toutes ces zones sont protégées de la submersion par des barrières naturelles (dunes, falaises, cordons de galets) et anthropiques (digues, levées de terres, etc…)

En cas de niveau marin extrême

Xynthia (2010)



Événements majeurs : 1924, 1940, 1941, 1957, Martin (1999)

➔ **Territoire fortement vulnérable à l'aléa submersion marine**

➔ **Aléas récurrents et fréquence croissante : SLR**

01 - Contexte et motivations

Un territoire fortement exposé

Jean-François BREILH
UNIMA

➔ Besoin d'outils de prévision des surcotes et des submersions marines

IPCC AR6 WGII – Chapter 17 (Adaptation and risk management)

17.3.3.2 Coastal areas

Coastal systems are exposed to multiple climate hazards, including sea level rise, storm surges and coastal flooding, coastal erosion, and ocean acidification (Section 6.4.2). Examples of adaptation to the key risks include early warning systems and emergency response for hazard events, accommodation and sand nourishment to reduce erosion and flood risk, managed realignment and strategic retreat, building codes and land use regulation, and nature-based adaptation (e.g., mangrove restoration) (high confidence).

Page 1107

IPCC AR6 WGII – Chapter 17

Table 17.3 | Examples of adaptation options to key risks across different sectors and systems.

Climate risk	Examples of adaptation options include
Risks to coastal socio-ecological systems	• Storm surge early warnings and emergency response systems • Public health alerts for waterborne diseases

Page 1111

IPCC AR6 WGII – Technical Summary

TS.17 Coastal areas

TS.17.4 Examples of adaptation to coastal risk include early warning systems and emergency response for hazard events, accommodation and sand nourishment to reduce erosion and flood risk, managed realignment and strategic retreat, building codes and land use regulation, and nature-based adaptation (e.g., mangrove restoration) (high confidence).

Page 131

IPCC AR6 WGII – Chapter 17

Table 17.9 | Adaptation options and enabling conditions that reduce the key risks from climate change in coastal regions.

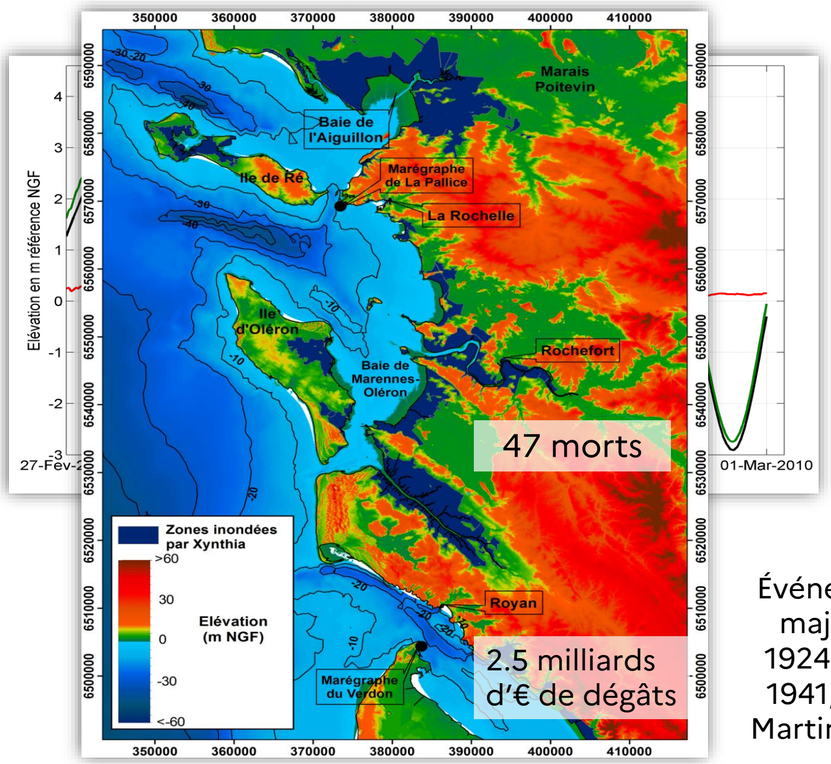
Adaptation options	
Examples of sectoral options	
Coastal areas	
• Early warning systems for storm surge and coastal flooding	
• Emergency response and evacuation planning	
• Nature-based solutions (e.g., mangrove restoration)	
• Managed realignment and strategic retreat	
• Building codes and land use regulation	

Page 1146

➔ Identifié par l'IPCC comme une mesure d'adaptation pour réduire les risques de submersion marine et d'inondation côtière

En cas de niveau marin extrême

Xynthia (2010)



Événements majeurs : 1924, 1940, 1941, 1957, Martin (1999)

➔ Territoire fortement vulnérable à l'aléa submersion marine

➔ Aléas récurrents et fréquence croissante : SLR

01 - Contexte et motivations

Le système opérationnel Survey

Jean-François BREILH
UNIMA

Les défis des gestionnaires lors d'évènements météo-marins exceptionnels

GEMAPIens RDI SDIS

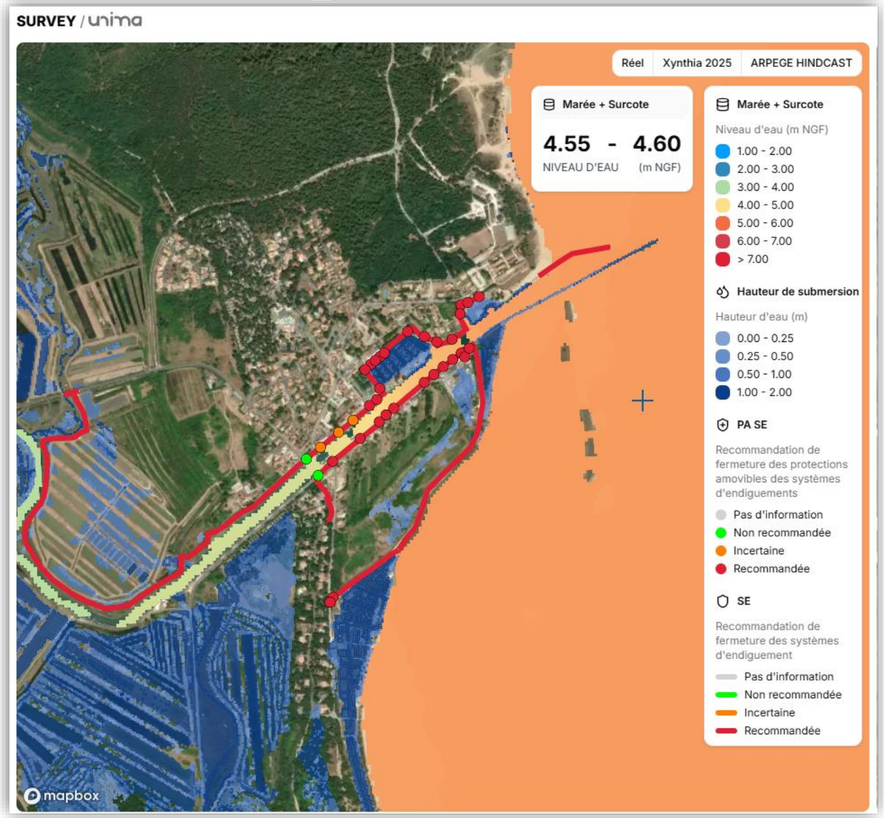
- Gérer des systèmes d'endiguement
- Organiser la gestion de crise
- Protéger et secourir la population

Leurs besoins opérationnels

- ✓ Outil rapidement exploitable en pré-crise
- ✓ Vision précise de l'aléa à l'échelle locale
- ✓ Cartographies prévisionnelles de submersion et d'enjeux impactés
- ✓ Indicateurs d'aide à la décision

➔ L'enjeu du système opérationnel Survey est de fournir des prévisions de qualité, et de produire des informations directement exploitables en anticipation et gestion de crise

SURVEY



Déployé depuis **2022** sur les Pertuis Charentais

➔ Un outil de prévision et d'aide à la décision

02 - La chaîne de modélisation opérationnelle

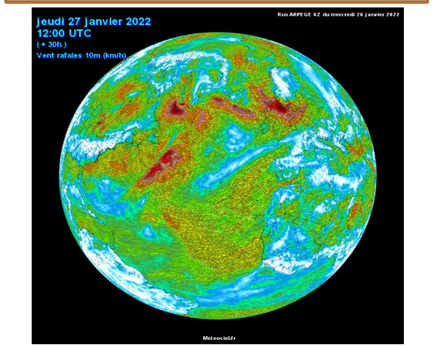
02 - La chaîne de modélisation opérationnelle

L'emboitement de 3 modèles

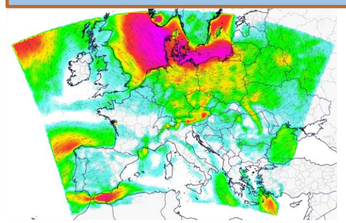
Jean-François BREILH
UNIMA

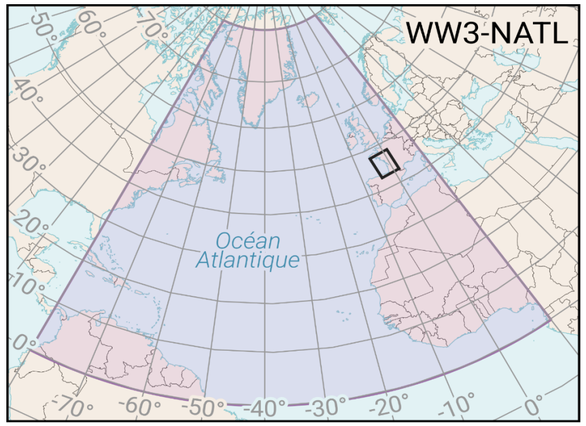
METEO FRANCE

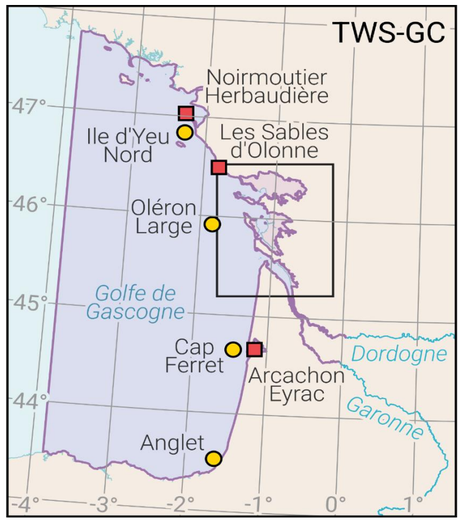
ARPEGE MONDE 0.25°

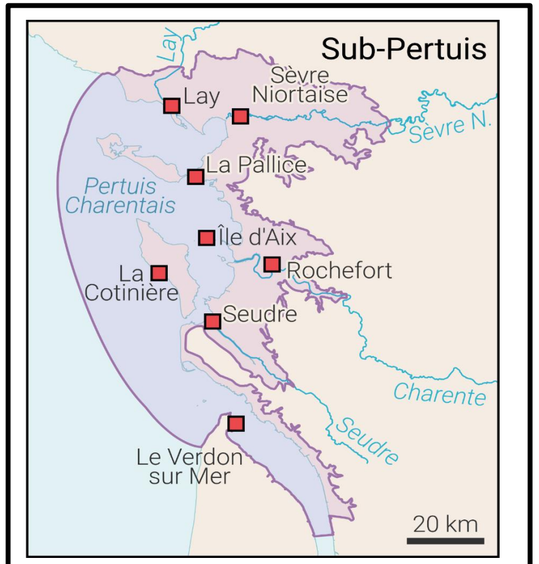


ARPEGE EUROPE 0.1°









Domaine modélisé — Marégraphe
Houlographe — Cours d'eau

WAVEWATCH III

FORCAGE
- Vent (vitesses et directions) ARPEGE 0.25°

<u>WW3-NATL</u>
Modèle de vagues Atlantique Nord
(Bertin et al., 2013)

FORCAGES
- Marées (Bertin et al., 2012)
- Débits fluviaux
- Vent (vitesses et directions) et pression atmosphérique ARPEGE 0.1°
- Spectres de houle

<u>TWS-GC</u>
Modèle marées – vagues-surcotes Golfe de Gascogne

FORCAGES
- Niveaux d'eau
- Vitesses de courants
- Contraintes de surface
- Forces des vagues

<u>Sub-Pertuis</u>
Modèle de submersion des Pertuis Charentais

SCHISM

02 - La chaîne de modélisation opérationnelle

Le modèle de submersion marine

Jean-François BREILH
UNIMA

Caractéristiques générales
Circulation hydrodynamique 2D
Maillage non structuré
Limite 7m NGF
Résolutions : 200m – 1m

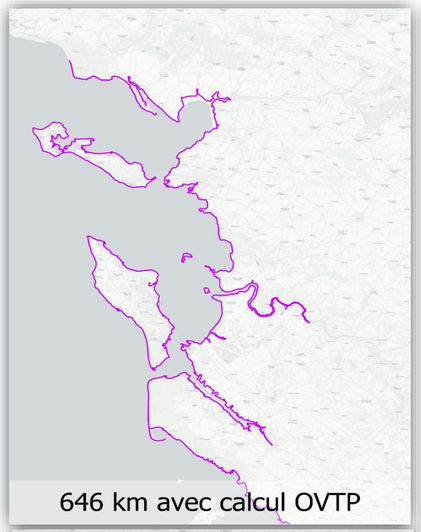
Bathymétrie-Topographie:
HOMONIM SHOM
Lidar HD IGN
Litto3D partie maritime SHOM
Lidar OCNA BRGM
Lidar Geosuna
Systèmes d'endiguements :
Cotes récolements ou GPS RTK

Rugosité
Dépendant de la nature du fond et de l'occupation du sol

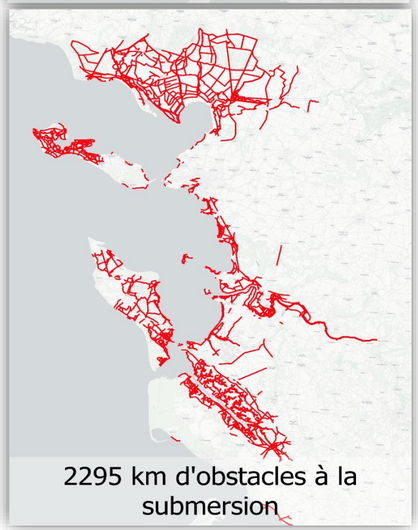
Objectif : Modéliser la propagation de la submersion marine par surverse et franchissements par paquets de mer en cas de niveaux marins et d'agitation importants

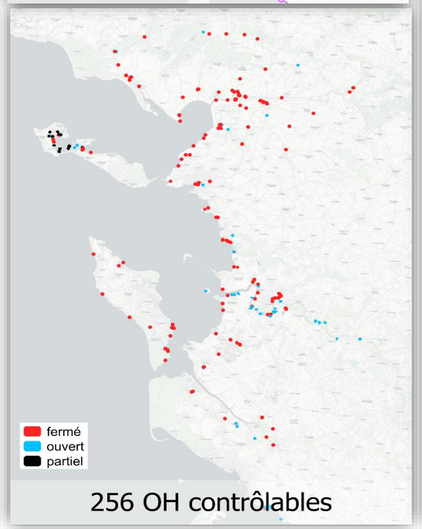

2548 km² de zones terrestres


738 km de chenaux

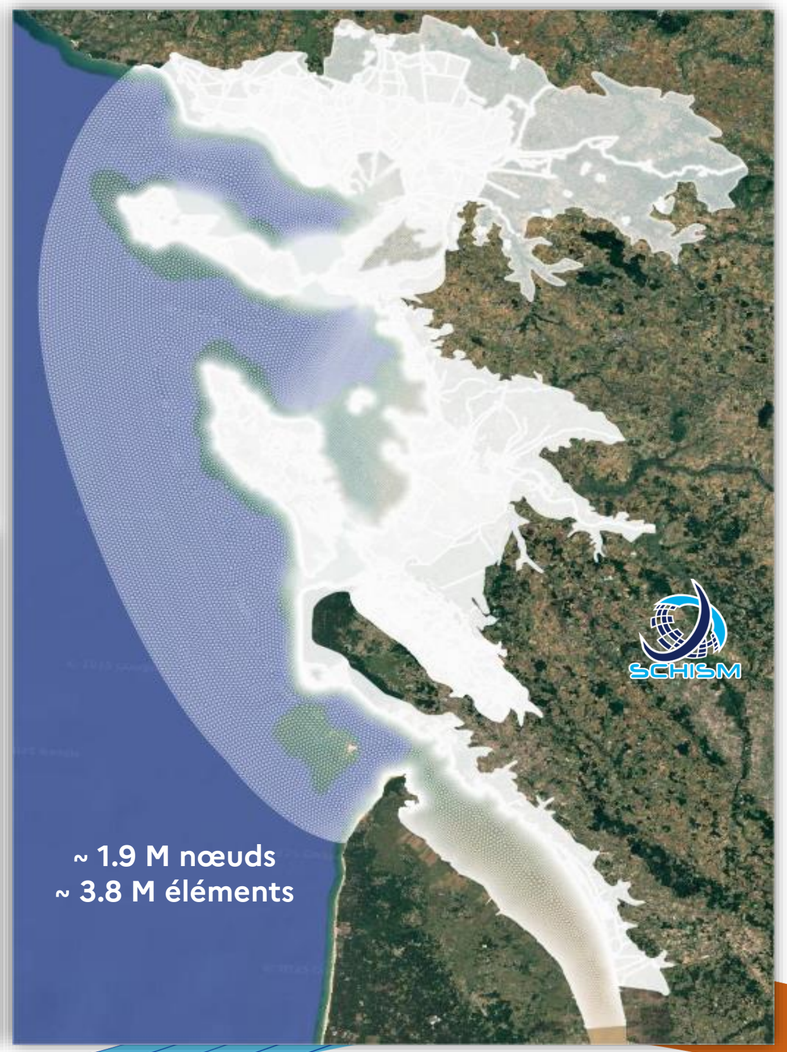

646 km avec calcul OVTP


768 km de côtes


2295 km d'obstacles à la submersion



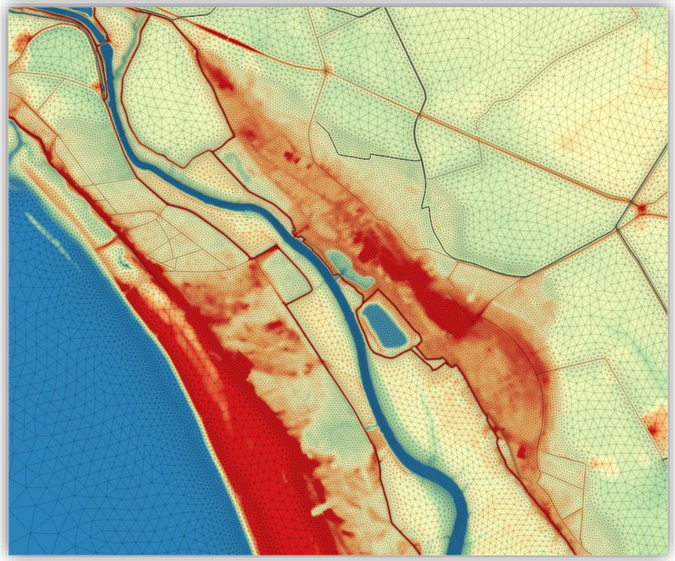
256 OH contrôlables

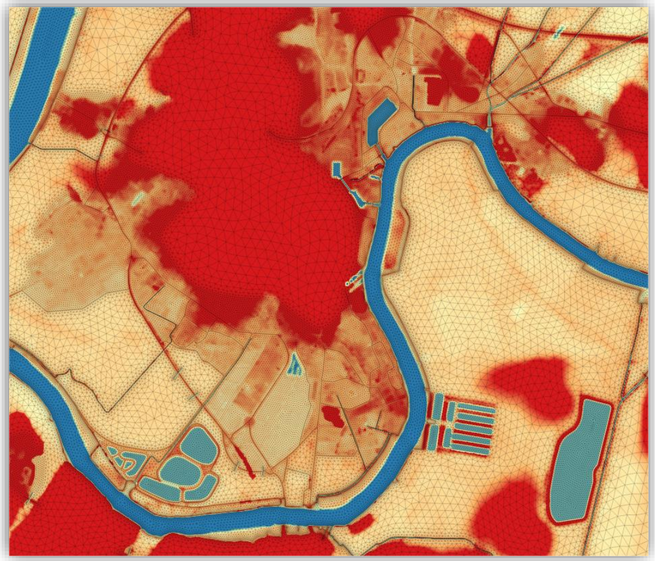


02 - La chaîne de modélisation opérationnelle

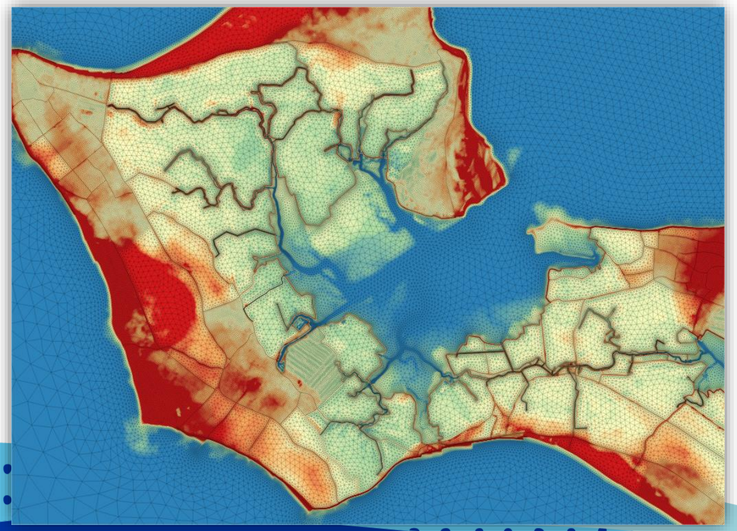
Le modèle de submersion marine

Jean-François BREILH
UNIMA







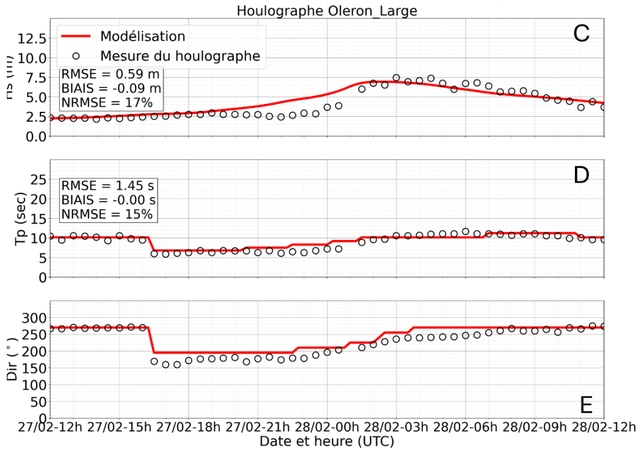




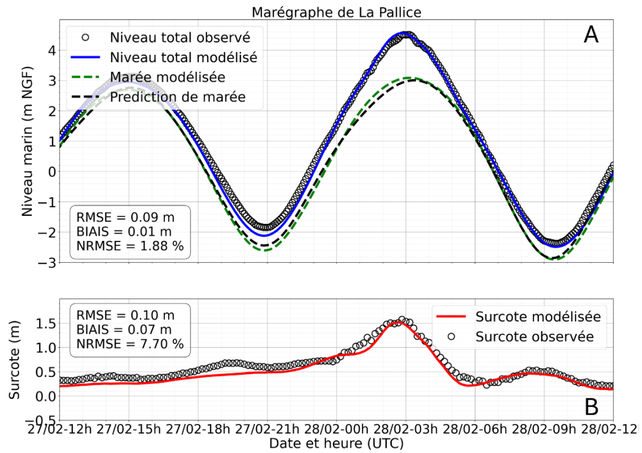
02 - La chaîne de modélisation opérationnelle

Validation

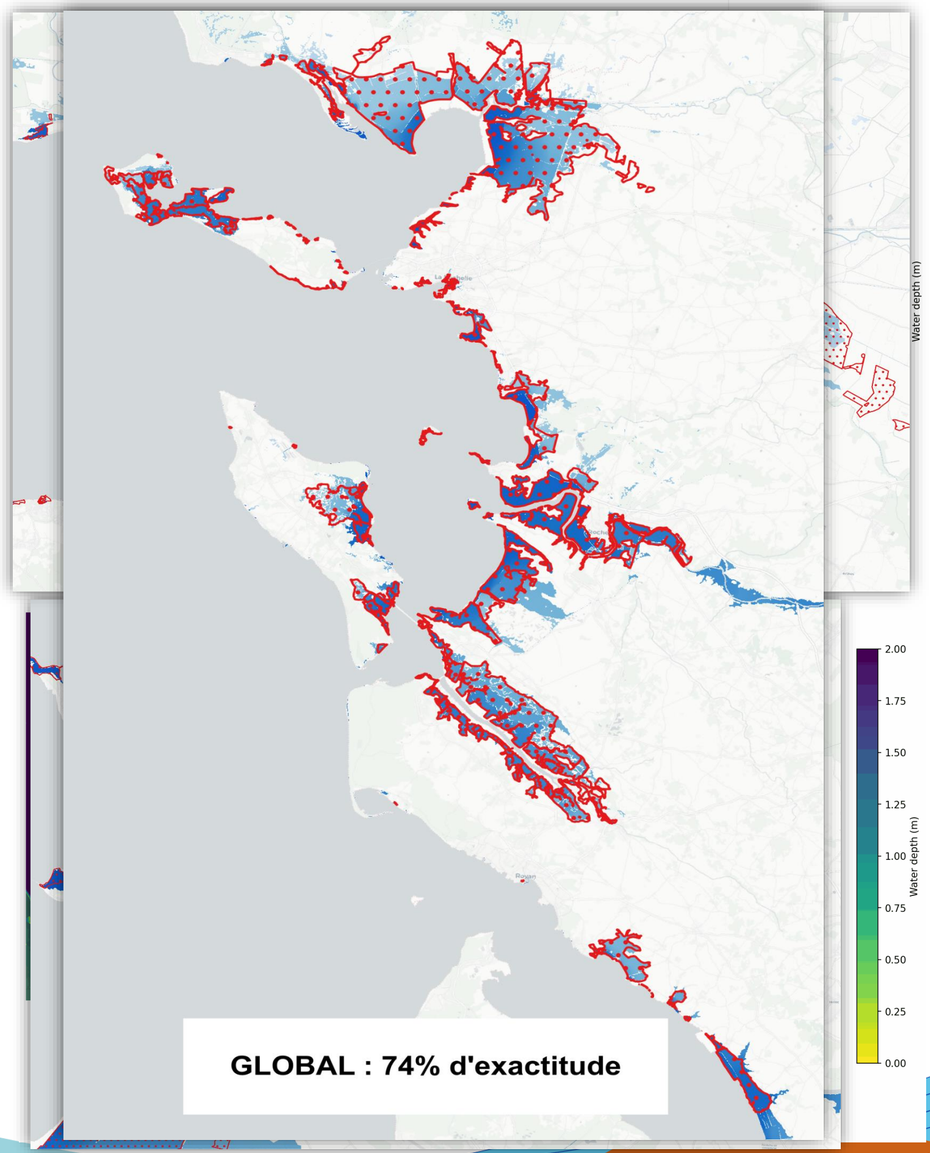
Jean-François BREILH
UNIMA



➔ **Reproduction des vagues de Xynthia avec des erreurs de l'ordre de 15%**



➔ **Les pics de niveau et de surcote de Xynthia sont très bien reproduits avec des différences < 0.1m**



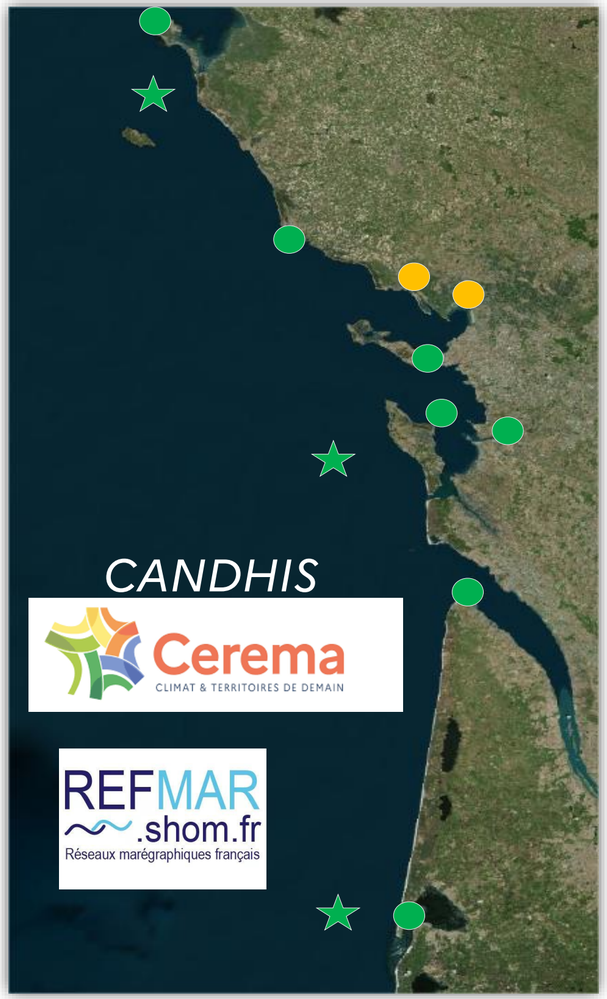
➔ **Une bonne reproduction des surfaces submergées (74 % d'exactitude)**

➔ **Légère tendance à la surestimation des hauteurs de submersion : + 15 cm en moyenne**

02 - La chaîne de modélisation opérationnelle

Validation

Jean-François BREILH
UNIMA



Date	Nom
28/10/2023	Céline
02/11/2023	Ciaran
04/11/2023	Domingos
11/02/2024	Karlotta
21/11/2024	Caetano
28/01/2025	Herminia

➔ **Le modèle reproduit les <u>vagues</u> aux houlographes avec des erreurs situées autour de 10-15%**

<u>Validation des niveaux aux marégraphes « maritimes » :</u>

Les pics de niveaux des évènements modélisés sont reproduits avec des erreurs **inférieures à 0.1m**.

<u>Validation des niveaux aux marégraphes « fond de baies et estuaires » :</u>

<u>Rochefort :</u> Les pics de niveaux des évènements modélisés sont reproduits avec des erreurs **inférieures à 0.1m**.

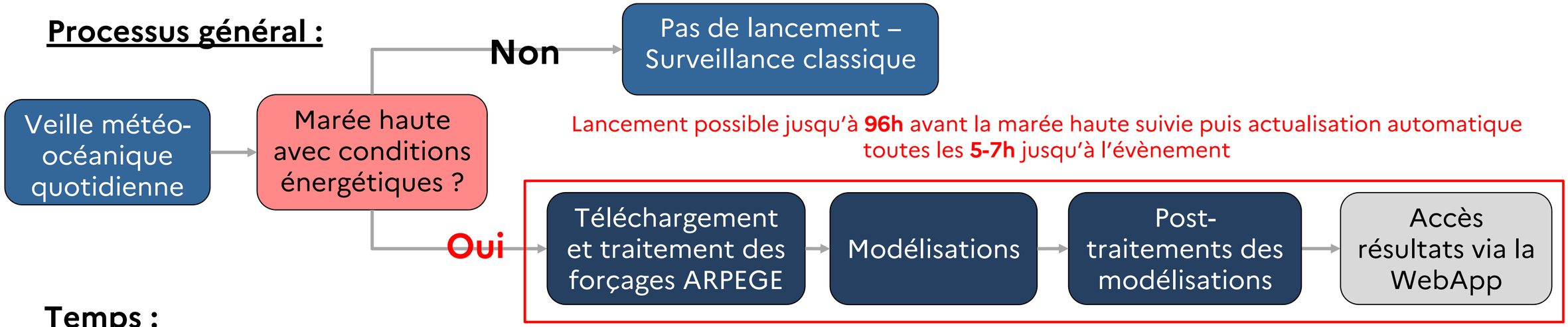
<u>Dans les estuaires du Lay et de la Sèvre Niortaise :</u> Une **sous-estimation** systématique du modèle de l'ordre de **0.15m** est observée sur le pic des évènements

➔ **Chaîne opérationnelle validée sur divers évènements**

02 - La chaîne de modélisation opérationnelle
Processus et performances opérationnelles

Jean-François BREILH
UNIMA

Processus général :



Lancement possible jusqu'à **96h** avant la marée haute suivie puis actualisation automatique toutes les **5-7h** jusqu'à l'évènement

Temps :

RUN ARPEGE déterministe	DISPONIBILITE API MF (UTC)	Durée des modélisations et des post-traitements sur clusters UNIMA	Publication des résultats sur la WebApp Survey (UTC)
00Z	03h30	WW3-NATL : simule 10j en **5min** (WAVEWATCH III) TWS-GC : simule 3.5j en **1h40** Sub-Pertuis : simule 24h en **40 min** (SCHISM) Post-traitements et déploiement sur l'app: **max 30 min** **Durée totale < 3h**	**06h30**
06Z	10h30		**13h30**
12Z	15h30		**18h30**
18Z	22h30		**01h30**

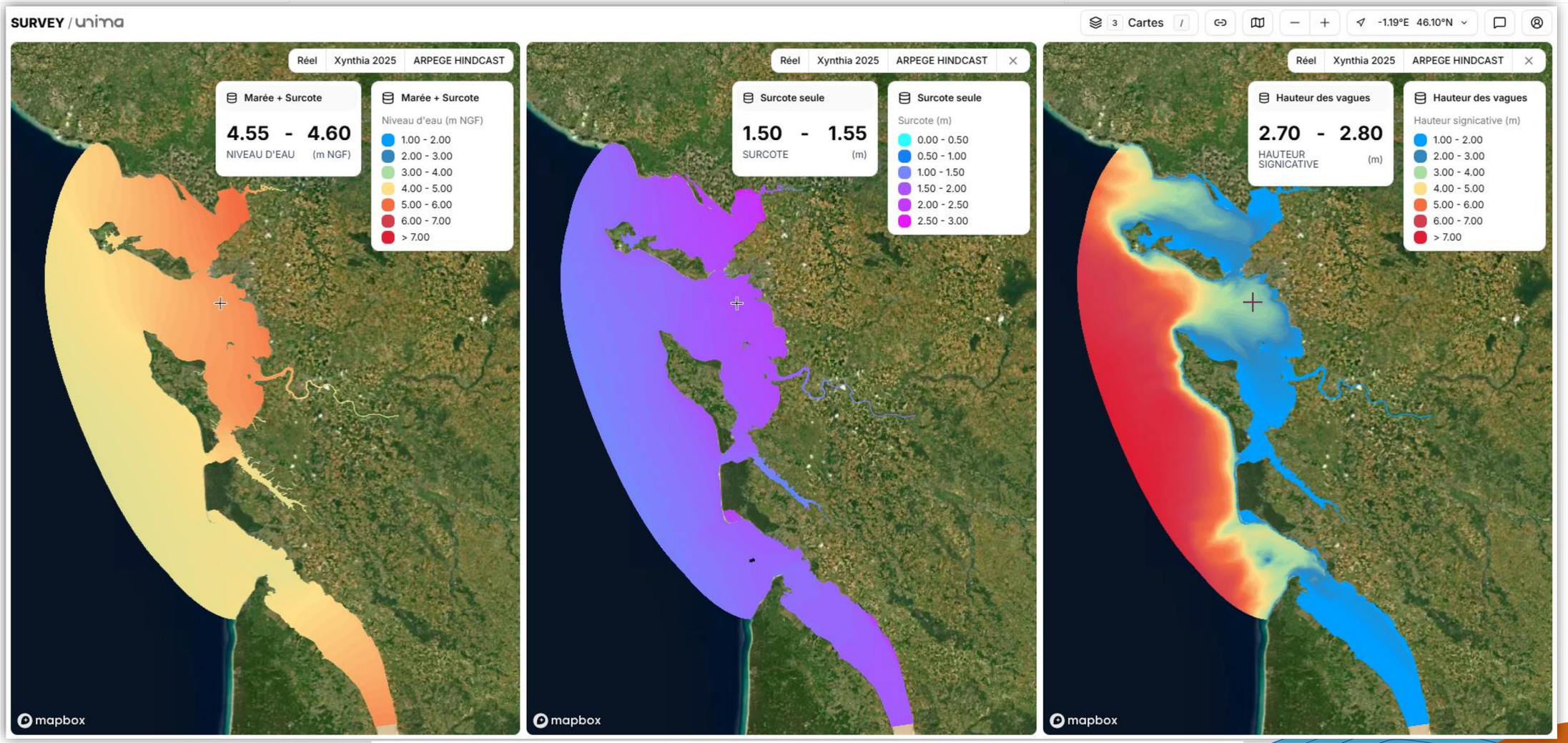
DONNEES PUBLIQUES METEO FRANCE

➔Grâce aux performances de WW3 et SCHISM, la durée totale de calculs et traitements reste inférieure à 3h
➔Des résultats toujours basés sur les dernières données ARPEGE disponibles

03 – L'application web Survey

03 – L'application web Survey

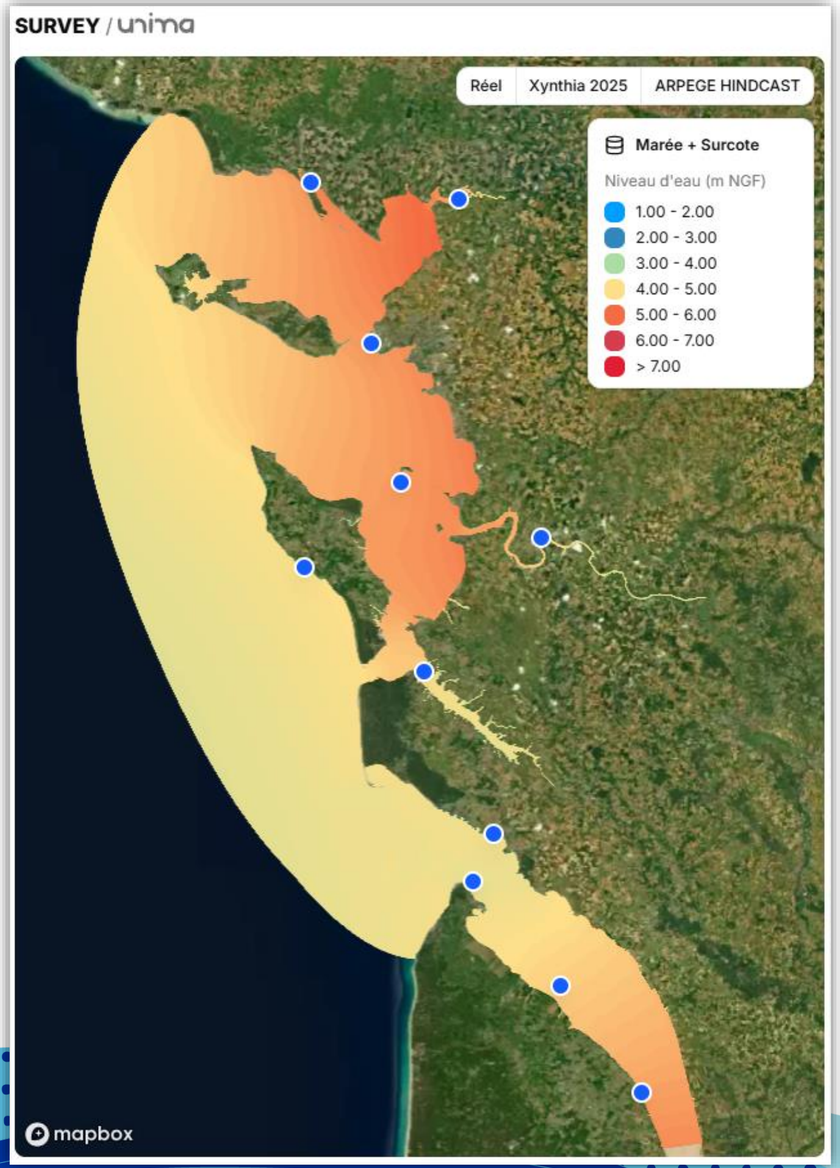
Jean-François BREILH
UNIMA

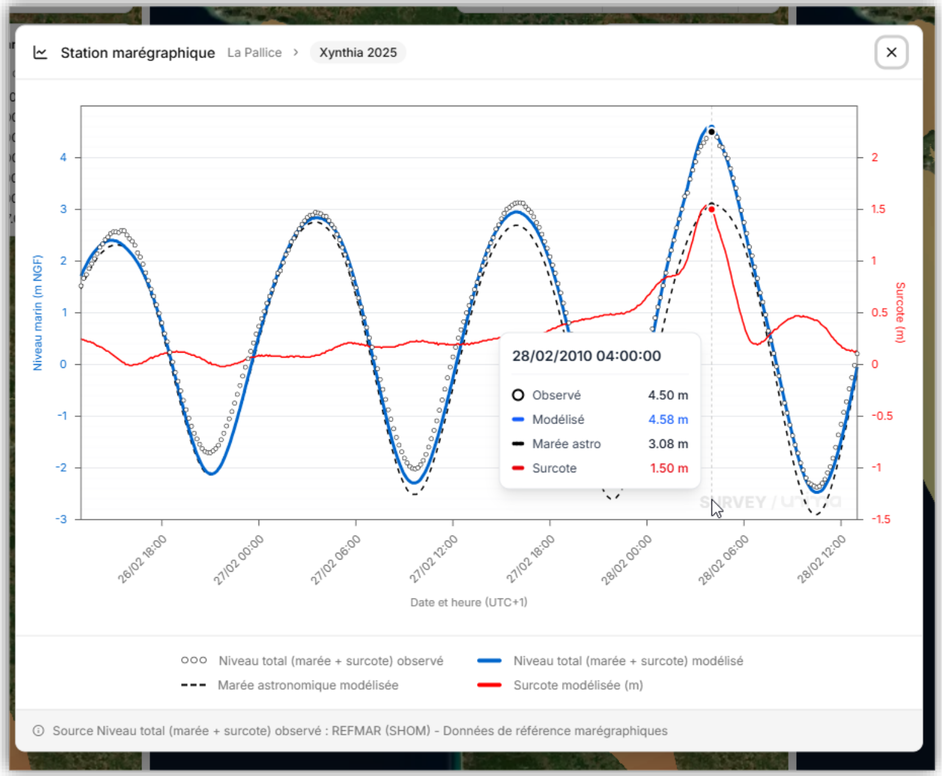


➔ Valeurs maximales, autour de la marée haute suivie

03 – L'application web Survey

Jean-François BREILH
UNIMA





REFMAR
.shom.fr
Réseaux marégraphiques français

- Récupération automatique des mesures REFMAR
- Création automatique de marégrammes confrontant observations et modélisations

➔ **Les marégrammes permettent d'avoir une information sur la temporalité du phénomène prévu**

➔ **Les marégrammes permettent de « suivre » les prévisions et de les confronter aux observations**

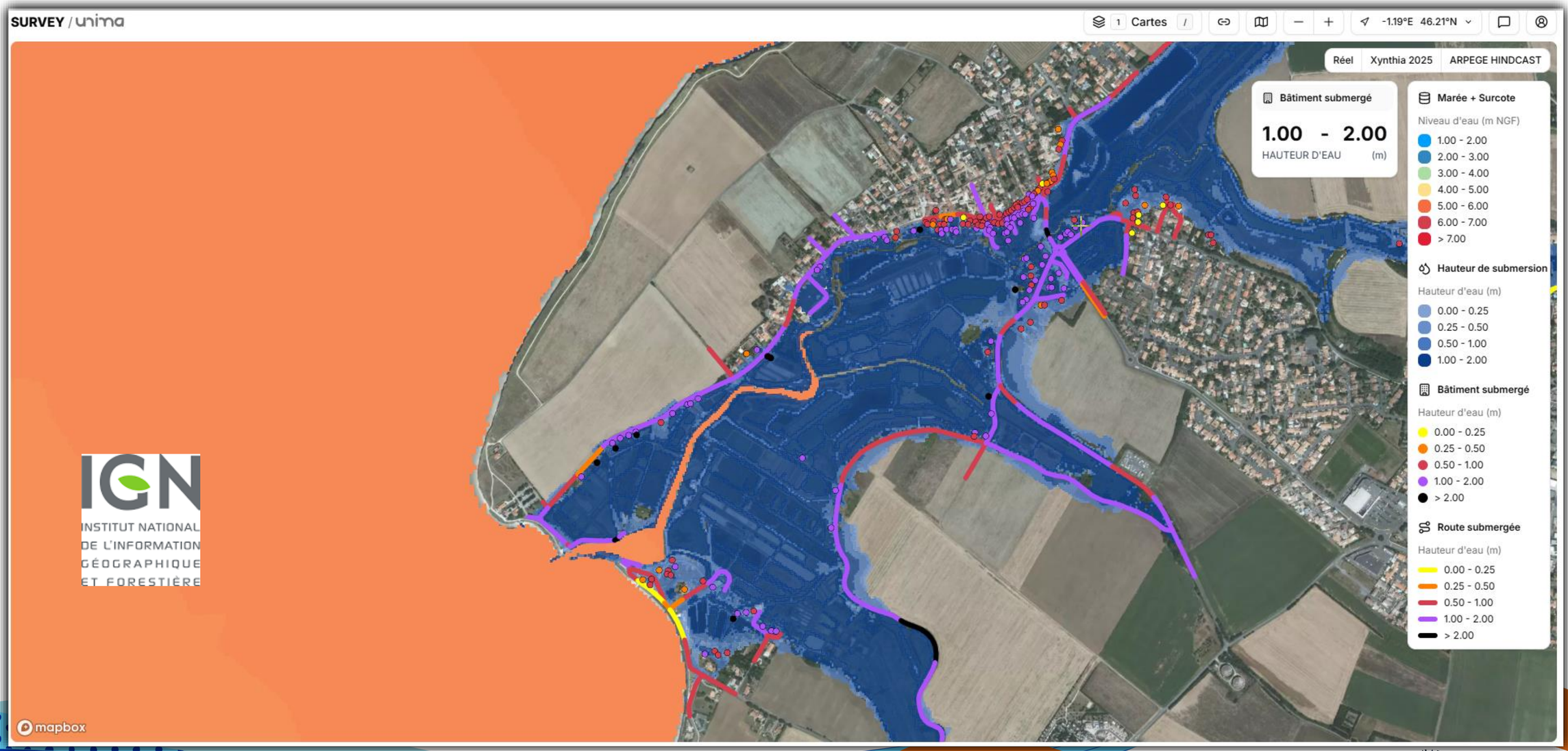
03 – L'application web Survey

Jean-François BREILH
UNIMA

➔ Extensions et hauteurs de submersions marines

➔ Intensité des franchissements par paquets de mer

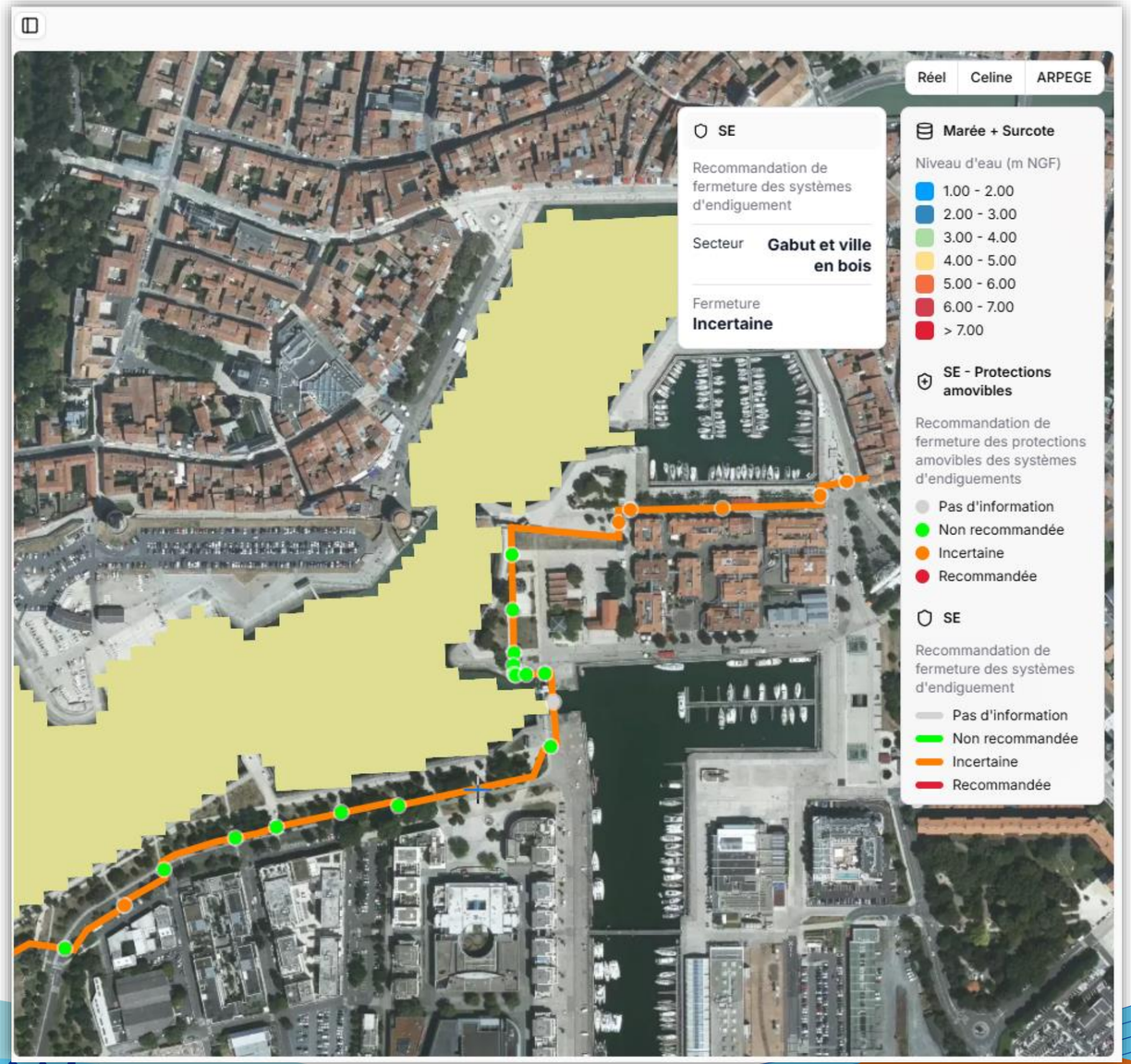
➔ Routes et bâtiments submergés



03 – L'application web Survey

Jean-François BREILH
UNIMA

➔ Recommandation de fermetures des organes amovibles (vannes, batardeaux, etc…) de systèmes d'endiguements



04 – Conclusions

04 – Conclusions

Jean-François BREILH
UNIMA

L'apport des données REFMAR .shom.fr Réseaux marégraphiques français dans Survey

Temps réel :

➔ Évaluation de la qualité des prévisions en cours d'événement météo-marin : réel appui au suivi opérationnel

Temps différé :

➔ Analyse des écarts entre observations et simulations

➔ Amélioration de la représentation des processus physiques (cisaillement surface / fond) dans les modèles

Marégraphes partenaires :

➔ Précieux dans les environnements non couverts par le RONIM (estuaires, fonds de baie peu profonds…)

➔ Utilisables dès lors qu'ils sont rattachés au NGF IGN 1969

Données clés pour la performance des systèmes de prévision opérationnelle des surcotes et submersions marines

SURVEY

➔ Modèles validés et infrastructure robuste et éprouvée

➔ Fourni des informations à haute résolution sur les niveaux marins et la submersion marine, en opérationnel

Limites :

➔ Pas de prise en compte de potentielles brèches

➔ Incertitudes liées aux forçages météorologiques

➔ Multi-sources ? Ensembles ?

➔ Incertitudes liées aux paramétrisations du modèle

➔ Rejeux, campagnes de mesures (niveaux, vagues)

➔ Mauvaise représentation du territoire ou calcul d'indicateur erroné ?

➔ Retours de la communauté d'utilisateurs

Survey reste un outil d'aide à la décision. Nous fournissons des informations et accompagnons leur interprétation (astreinte), mais la prévision a ses limites et la décision reste toujours celle des acteurs de la gestion de crise.

Merci pour votre attention !

Jean-François BREILH
UNIMA

Partenaires techniques et financiers :

Fournisseurs de données:

Contacts :
jf.breilh@unima.fr
survey@unima.fr