

APPUI A LA MISSION RDI 33

ATLAS ZIP SUBMERSION MARINE SUR LE BASSIN D'ARCACHON

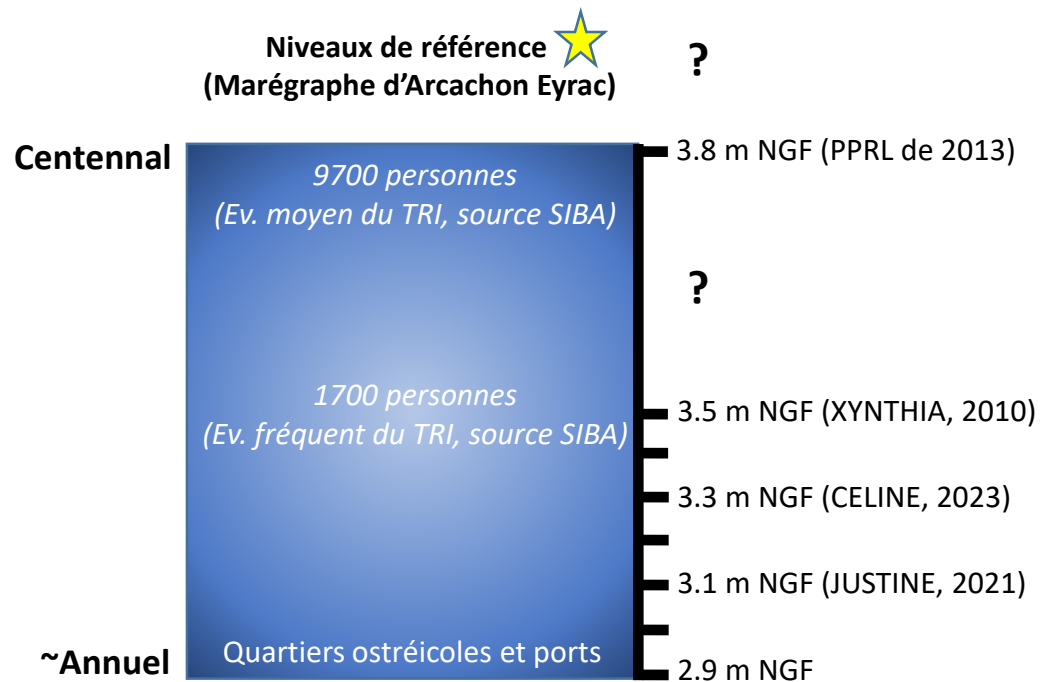
Lecacheux S., Pedreros R., Filippini A., Rohmer J., Idier D., Nicolae Lerma A., Quique R. (BRGM)
Françoise Rose (DDTM Gironde)
Denis Paradis (Météo-France)

Rappel des objectifs

- Contexte et objectifs
- Construction de l'atlas ZIP submersion sur le Bassin d'Arcachon et
Interface de consultation
- Retour d'expérience de la tempête Céline (oct. 2023)
- Perspectives: au-delà de l'atlas de scénarios

Contexte du Bassin d'Arcachon

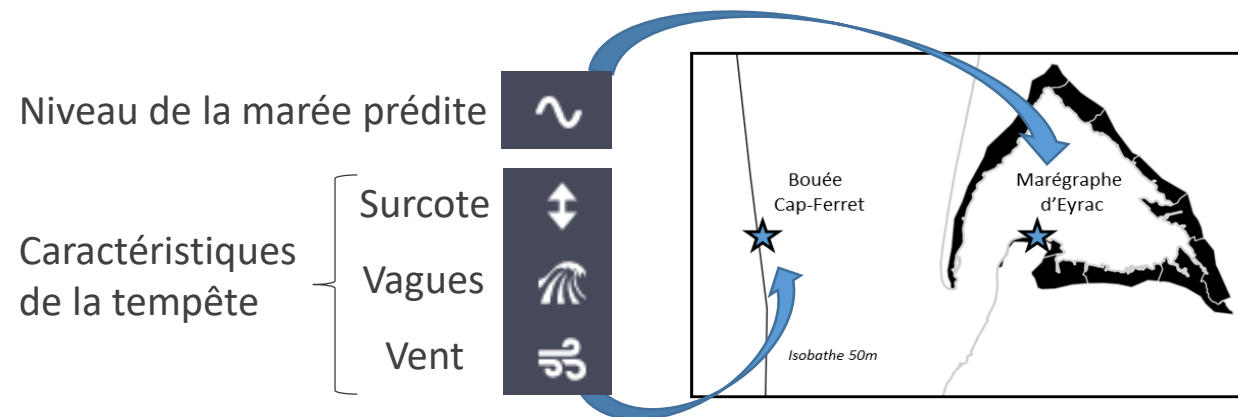
- Une **lagune semi-fermée** comprenant **10 communes littorales fortement urbanisées**
- **De fortes tempêtes hivernales** sur le golfe de Gascogne qui génèrent de fortes vagues et surcotes
- Des phénomènes de **submersion principalement par débordement** au moment des pleines mer



Objectifs et approche générale

OBJECTIFS : Elaborer un outil de diagnostic permettant à la mission RDI-L d'identifier les enjeux du territoire potentiellement submergés à partir des prévisions météo-marines de Météo-France

- Création d'un **atlas de plusieurs centaines de scénarios synthétiques** de submersion réalistes
- Fourniture d'une application bureau permettant de **rechercher un analogue** à partir de la marée prédite et des prévisions météo-marines au moment de la pleine mer



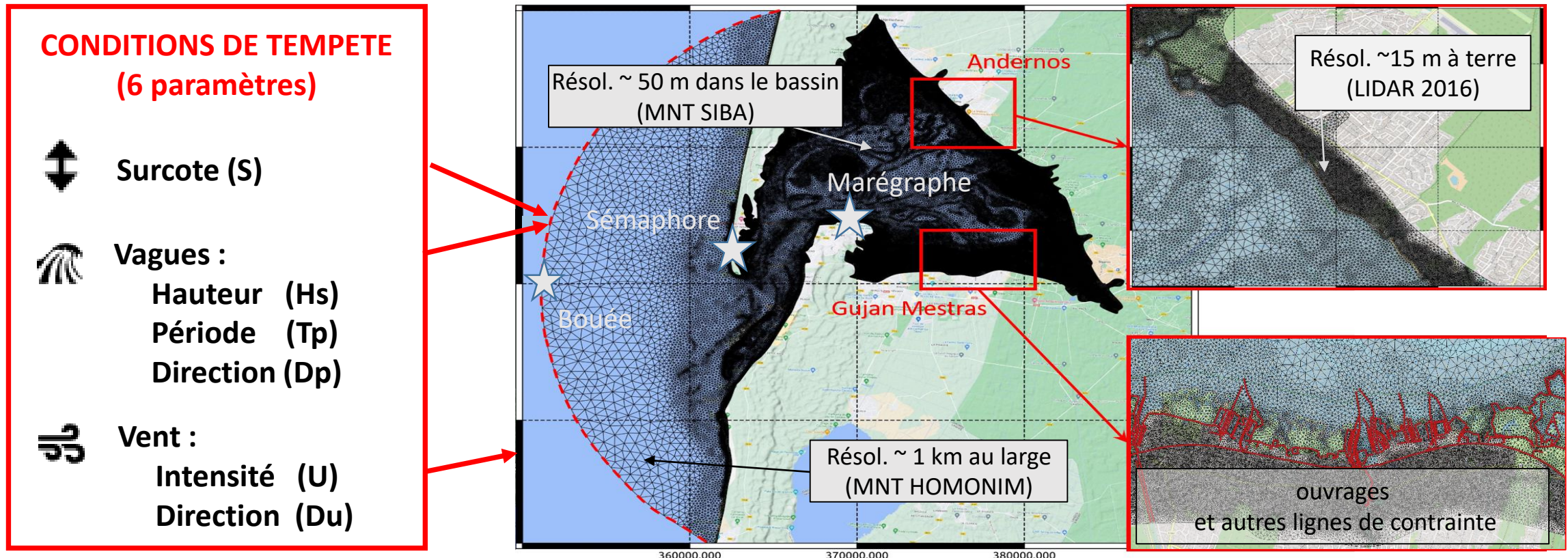
(1) Mise en place et validation d'un modèle de submersion

(2) Elaboration et simulation des scénarios de l'atlas

(3) Création de l'application de consultation de l'atlas

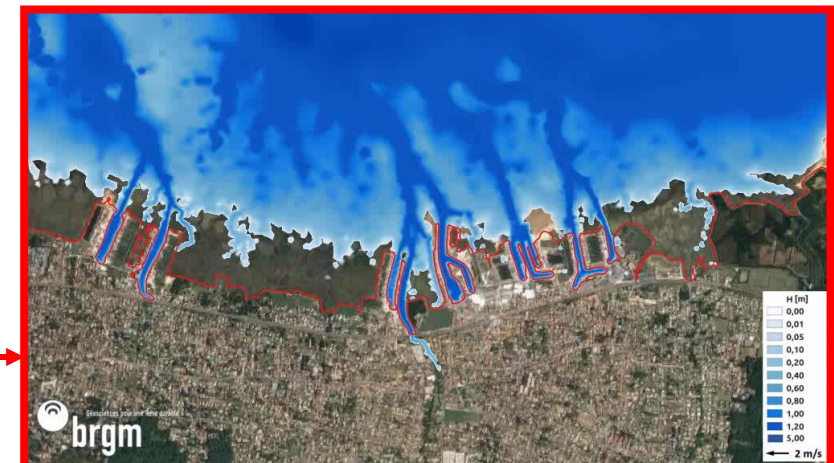
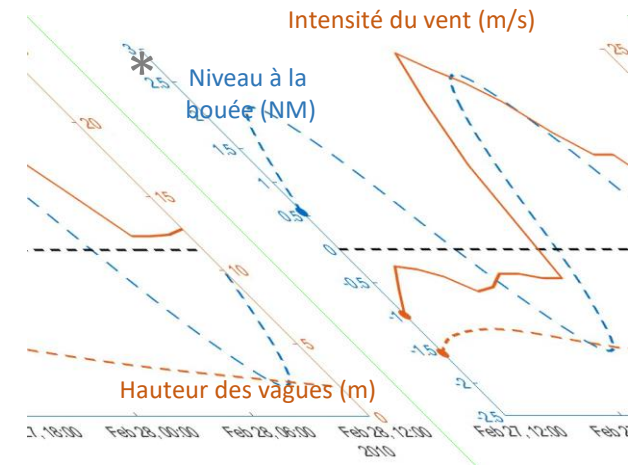
Modèle numérique - Configuration

- Chaînage de modèles WW3 [1] (vagues) et UHAINA [2] (courants, niveau et submersion)
- Propagation niveaux et vagues + Génération surcote et clapot dus au vent local + calcul submersion



Modèle numérique – Simulations

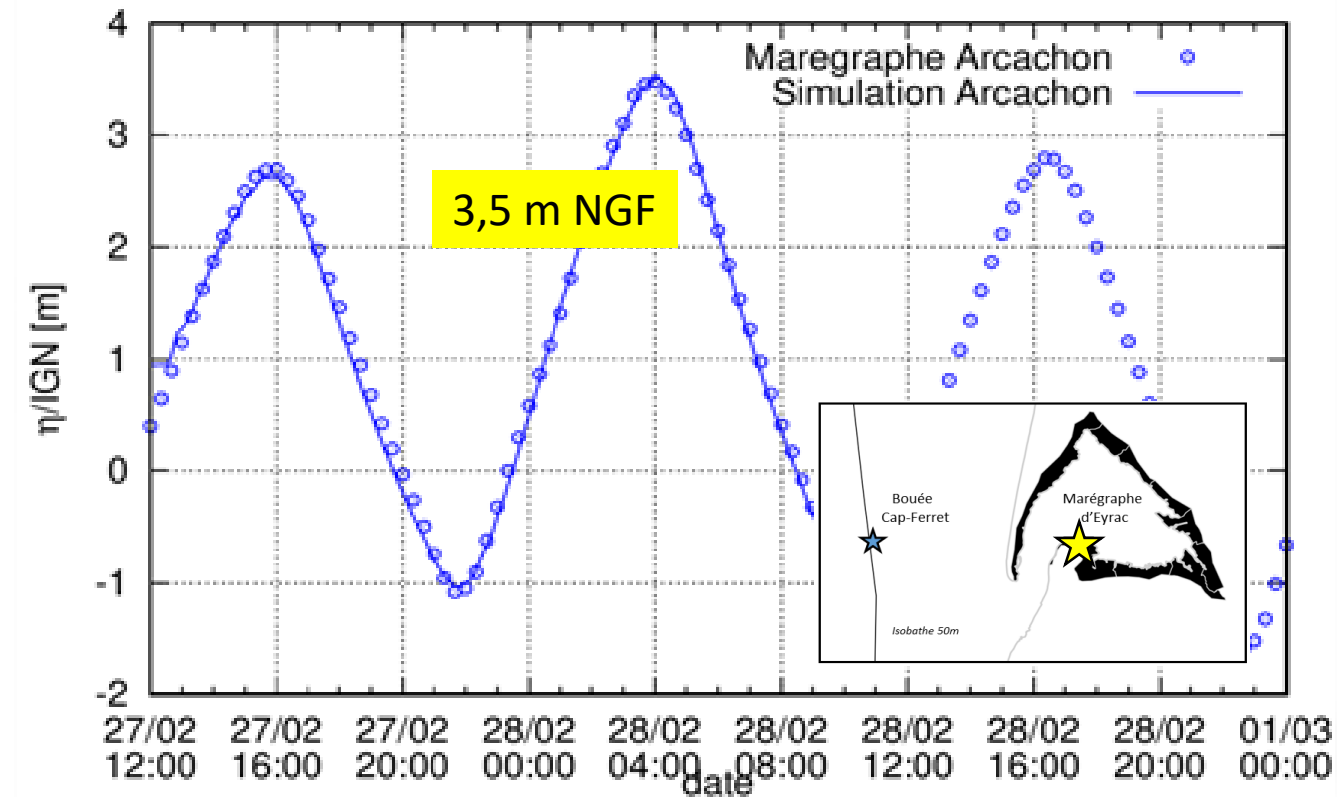
- Exemple pour la **tempête Xynthia (février 2010)**



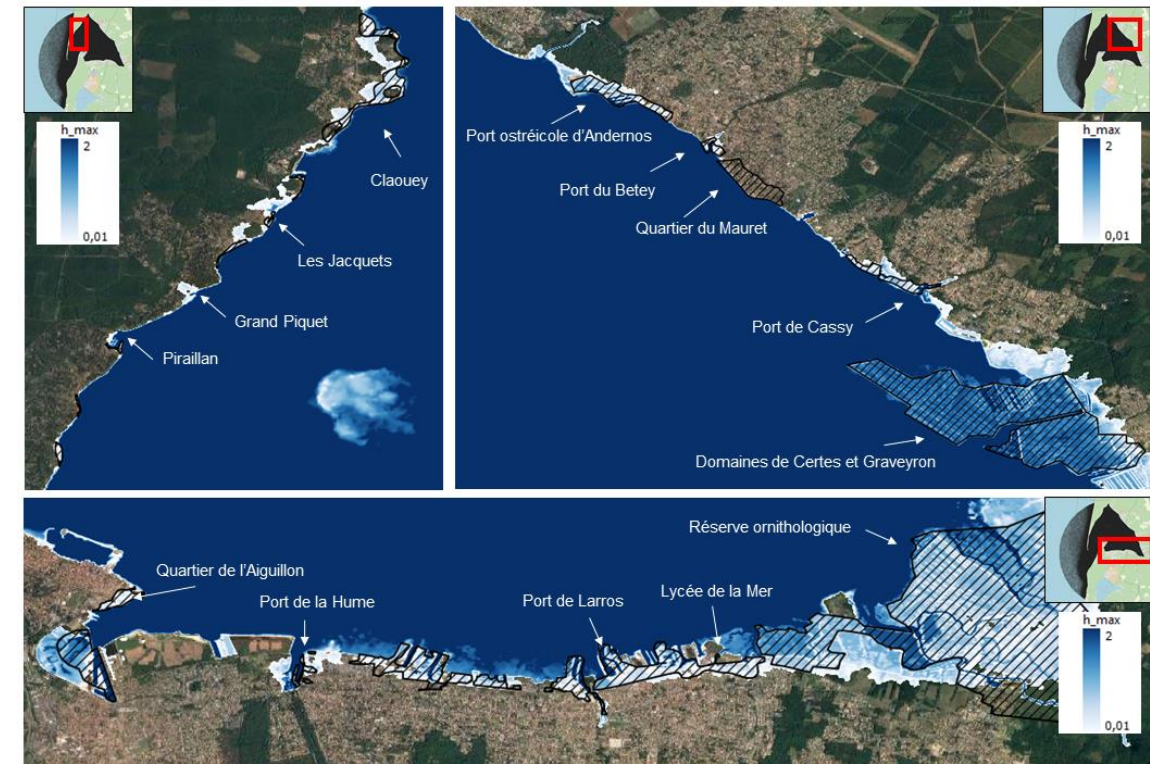
* Forçages : marée reconstituée FES2014 + observations de vent (sémaphore du Cap-Ferret) et de vagues (bouée Cap Ferret) + rejeu BRGM de surcote

Modèle numérique - Validation

- Validation sur 4 tempêtes : exemple pour la **tempête Xynthia (février 2010)**



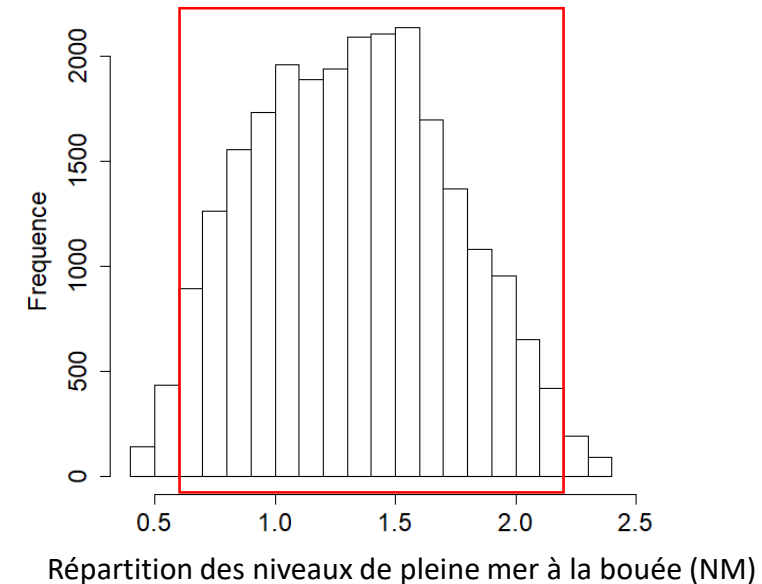
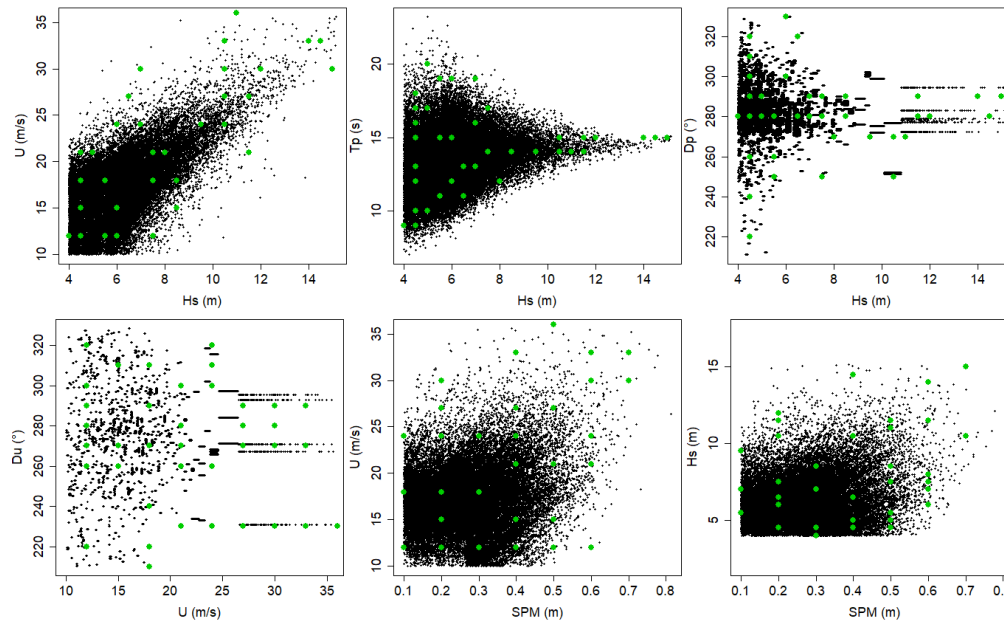
Validation du niveaux d'eau à Eyrac



Validation des zones submergées à terre

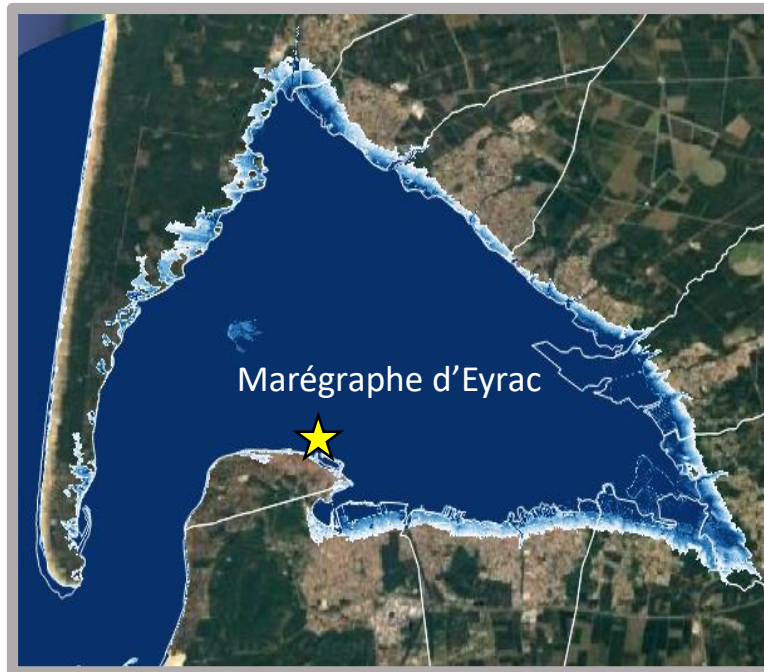
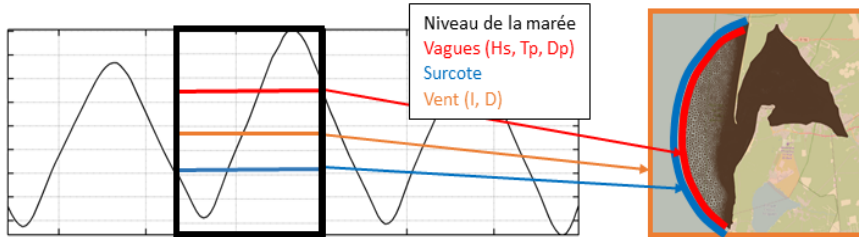
Scénarios – Analyse statistique

- Extraction des 6 paramètres de tempête dans les bases de données ré-analysées [1]
- Génération aléatoire de combinaisons via une analyse d'extrêmes multivariée
- Sélection de 50 combinaisons grâce à un algorithme de dissimilarité [2]
- Association des 50 tempêtes à 9 conditions de marée => **450 scénarios présélectionnés**



Scénarios - Résultats

Simulations sur 8h en conditions de tempête stationnaires



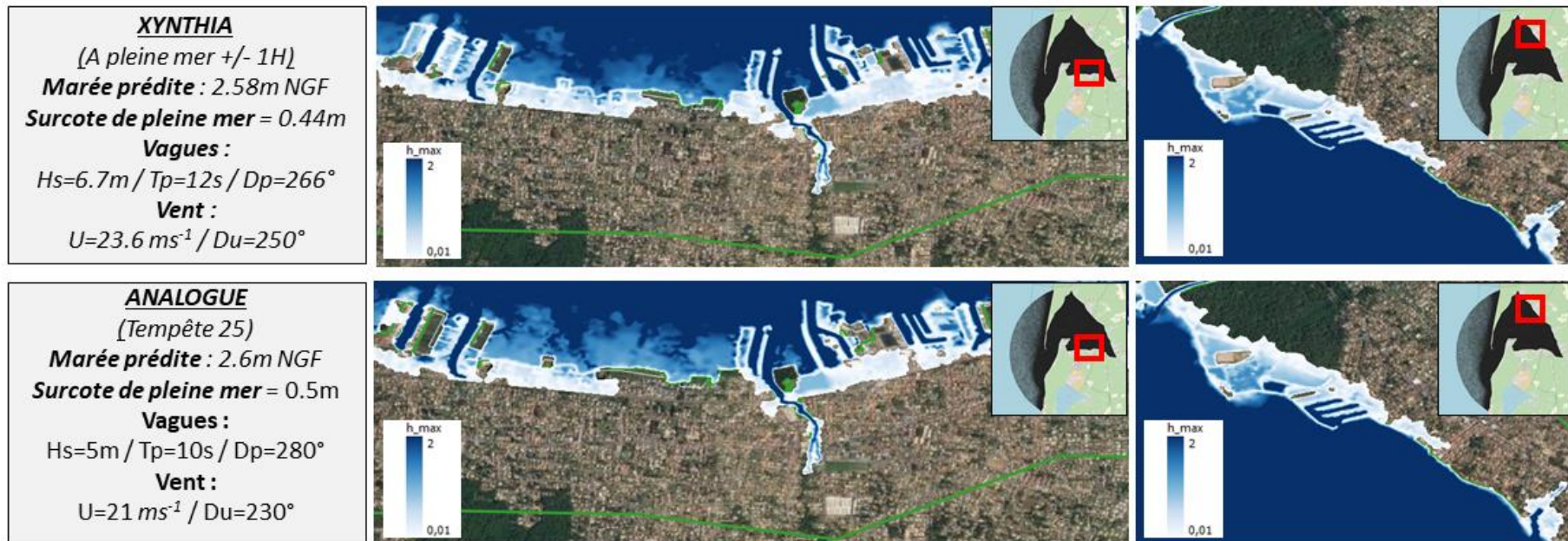
Niveau marin maximal atteint à Eyrac (NGF) *
par tempête et niveau de marée prédite à Eyrac (NGF)

	MAREE 2.6	MAREE 2.4	MAREE 2.2	MAREE 2.0	MAREE 1.8	MAREE 1.6	MAREE 1.4	MAREE 1.2	MAREE 1
TEMPETE 35	4.2	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7
TEMPETE 03	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6
TEMPETE 01	4.2	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	NS
TEMPETE 37	4.1	3.9	3.8	3.6	3.4	3.2	3.0	2.8	NS
TEMPETE 12	4.1	3.9	3.7	3.5	3.4	3.2	3.0	2.8	NS
TEMPETE 22	4.0	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	NS
TEMPETE 07	3.8	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	NS	NS
TEMPETE 04	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	NS	NS	NS
TEMPETE 47	3.9	3.7	3.5	3.3	3.2	3.0	NS	NS	NS
TEMPETE 06	3.6	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	NS	NS	NS
TEMPETE 46	3.7	3.6	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 20	3.7	3.6	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 29	3.7	3.5	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 16	3.7	3.5	3.3	3.1	3.0	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 26	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 08	3.7	3.5	3.3	3.1	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 31	3.6	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 23	3.6	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 09	3.5	3.3	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 45	3.5	3.3	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 25	3.5	3.3	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 13	3.5	3.3	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 17	3.4	3.2	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 27	3.3	3.2	3.0	2.8	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 33	3.5	3.3	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 42	3.5	3.3	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 44	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 49	3.4	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 36	3.3	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 19	3.2	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 24	3.2	3.0	2.9	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 41	3.2	3.0	2.8	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 39	3.3	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 11	3.3	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 10	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 18	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 34	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 07	3.2	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 30	3.1	2.9	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 14	3.2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 05	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 43	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 21	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 50	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 28	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 32	3.1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 40	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 38	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 48	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
TEMPETE 15	3.0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* Au final 185 scénarios sont simulés (les scénarios générant des niveaux inférieurs à 3m NGF à Eyrac ne sont pas simulés)

Application – Recherche d'analogues

- Sélection des paramètres de tempête à la bouée (surcote, vent, vagues) à la pleine mer +/- 1H
- Recherche des analogues les plus proches avec un calcul de similarité [1] et la pondération :
Surcote =1.5 / Vent (U et Du) =1.5 / Vagues : Hs=1 - Tp=0.5 - Dp=0.5
- Démonstration sur la tempête Xynthia :



Application – Interface

JE RENSEIGNE LES CONDITIONS A LA BOUEE

J'IMPORTE UN FICHIER DE PREVISION A LA BOUEE

1 CARACTÉRISTIQUES DE LA MARÉE À EYRAC ⓘ

~ Niveau de pleine mer de la marée prédite (NGF) ⓘ

2,4 m ————— ex : 1.8 m

2 CARACTÉRISTIQUES DE LA TEMPÊTE À LA BOUÉE CAP-FERRET (AU MOMENT DE LA PLEINE MER) ⓘ

↕ Surcote de pleine mer (SPM) ⓘ

0,72 m ————— ex : 0.25 m

🌊 Caractéristiques des vagues ⓘ

Hauteur significative (Hs) ex : 4.1 m Période pic (Tp) ex : 12 s Direction pic (Dp)

9 m 12 s 210 °

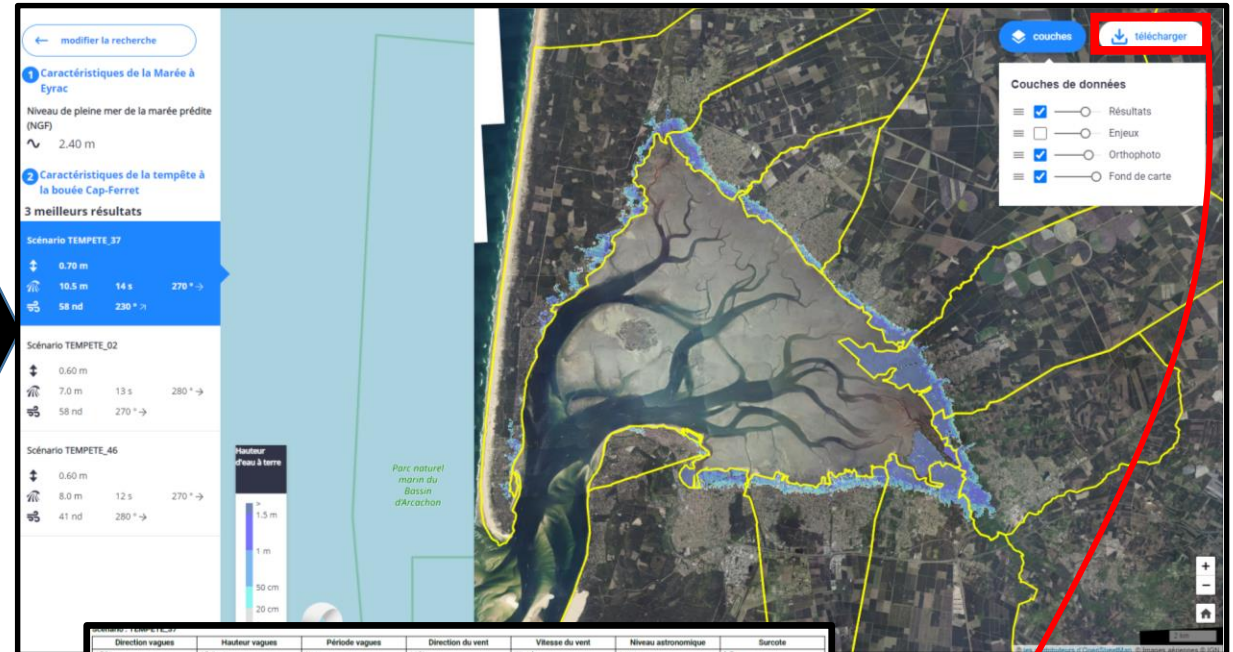
🌀 Vent à 10 mètres d'altitude ⓘ

Vitesse moyenne (Uv) ex : 50 nd Direction (Dv)

50 nd 210 °

Rechercher

Réinitialiser

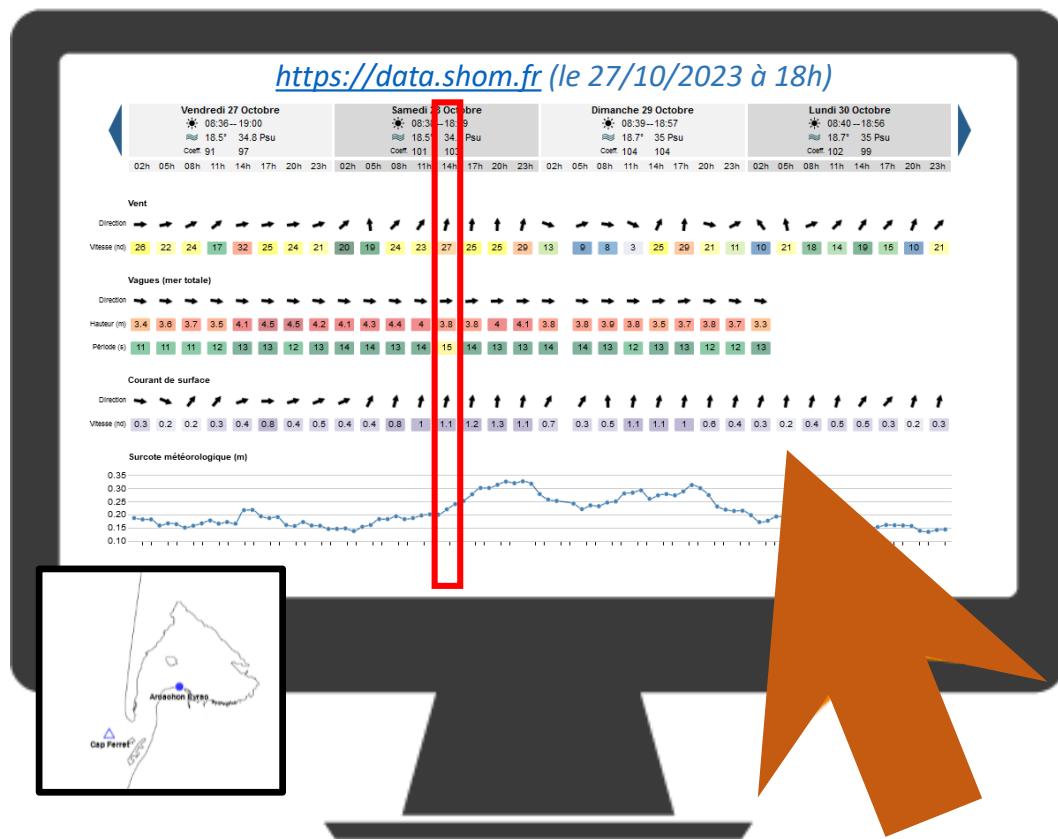


Direction vagues	Hauteur vagues	Période vagues	Direction du vent	Vitesse du vent	Niveau astronomique	Surcote
270°	10.5 m	14 s	230°	58 nd	2.4 m	0.7 m
Recherchés						
210°	9 m	12 s	210°	50 nd	2.4 m	0.72 m

Export pdf ou SIG

Retour d'expérience – Tempête Céline

- Exemple de recherche pour la pleine mer du samedi 28/10/2023 à 18h
- Recherche à partir de l'océanogramme du Cap-Ferret sur data.shom 24h avant la pleine mer



1 CARACTÉRISTIQUES DE LA MARÉE À EYRAC ⓘ

~ Niveau de pleine mer de la marée prédite (NGF) ⓘ

2,6 m ex : 1.8 m

2 CARACTÉRISTIQUES DE LA TEMPÊTE À LA BOUÉE CAP-FERRET (AU MOMENT DE LA PLEINE MER) ⓘ

↕ Surcote de pleine mer (SPM) ⓘ

0,32 m ex : 0.25 m

Caractéristiques des vagues ⓘ

Hauteur significative (Hs) ex : 4.1 m 4 m

Période pic (Tp) ex : 12 s 14 s


Direction pic (Dp) 275 °

Vent à 10 mètres d'altitude ⓘ

Vitesse moyenne (Uv) ex : 50 nd 25 nd

Direction (Dv) 201 °

Retour d'expérience – Tempête Céline

- Exemple de recherche pour la pleine mer du 28/10/2023 à 18h
- Comparaison des niveaux marins et des secteurs submergés : Observés 

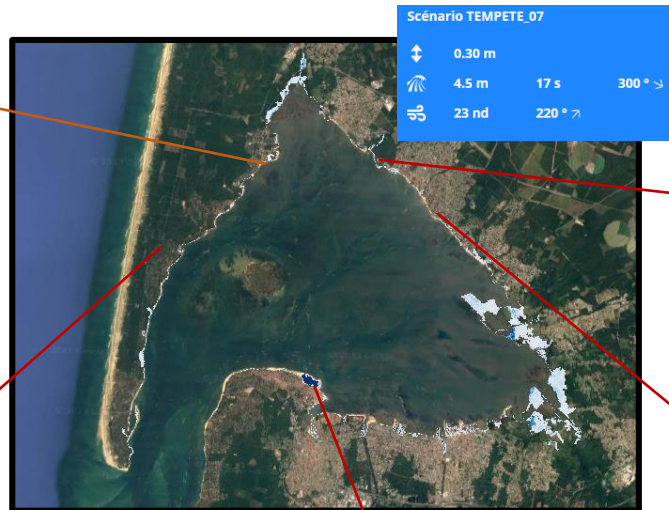
: Pour l'analogue (Tempête 7) 



Village de Claouey - Lège [1]



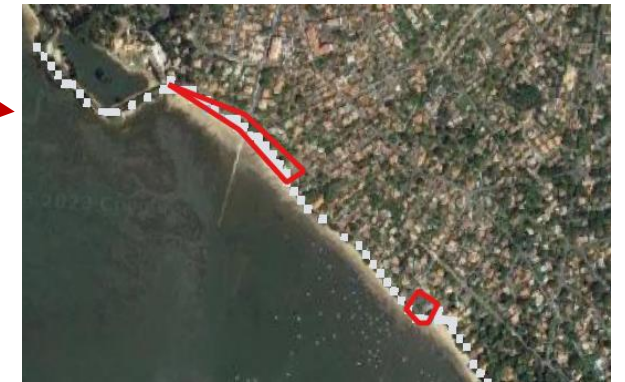
Village ostréicole de Piraillan – Lège [2]



Port et quartier de l'aiguillon - Arcachon [3]



Port du Betey – Andernos [4]



Esplanade Dartiguelongue et club nautique – Ares [2]

[1] France 3 Région – Vidéo drone © Bouchillou [2] Actu Bordeaux

[3] Actu Info [4] OCNA – Réseau tempêtes

Conclusion

- Un **outil opérationnel** pour la mission RDI-L Gironde depuis l'automne 2023
- **Articulation avec les prévisions météo-marines** fournies par Météo-France
- Premier **retour d'expérience positif sur la tempête Céline** mais tests à poursuivre
- Des **limites d'utilisation** principalement liées :
 - ✓ Aux incertitudes sur les données de prévision
 - ✓ A la précision de la recherche par analogie dépendante du nombre de scénarios de l'atlas

Au-delà de l'atlas : exploitation de la BDD

- Amélioration de la compréhension des processus et des effets de seuil
- Elaboration de typologies de scénarios pour les communes => plans d'action pour les PCS
- Application de méthodes de machine learning sur la BDD

  (2022-2025)



KEYROS



- **Développer des métamodèles (IA)** permettant de calculer rapidement les secteurs submergés à partir des prévisions à la bouée Cap-Ferret [1]
- **Réaliser des prévisions d'ensemble de submersion** grâce à la PEARP de Météo-France et caractériser les sources d'incertitude
- **Proposer des indicateurs et formats de visualisation** adaptés aux utilisateurs opérationnels (prévisionnistes, mission RDI, collectivités)

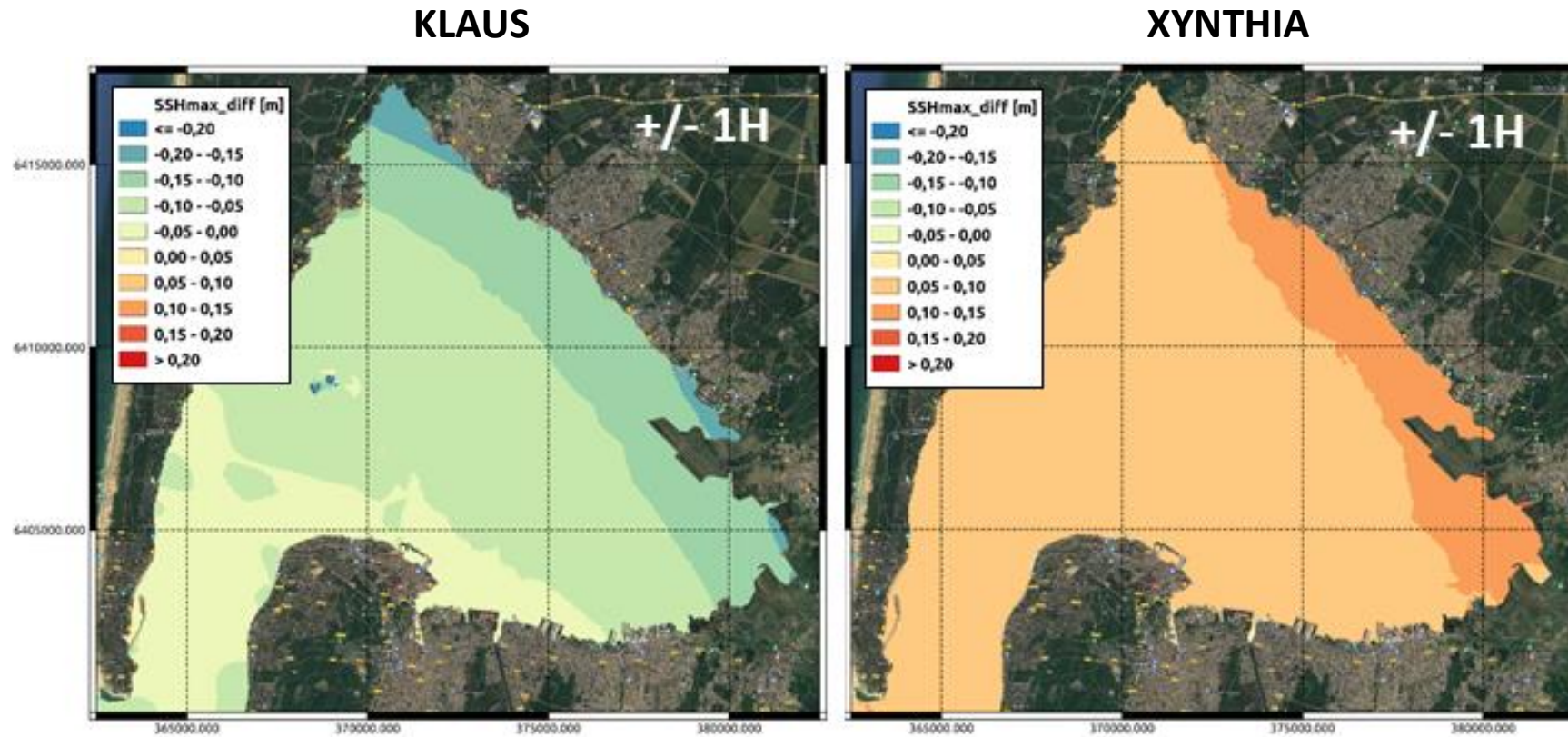
<https://oracles.brgm.fr/fr>

An aerial photograph of a vast river delta, likely the Gironde, showing intricate water channels and surrounding land. A semi-transparent orange banner is centered across the image.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Annexe 1 : Tests de sensibilité sur les forçages

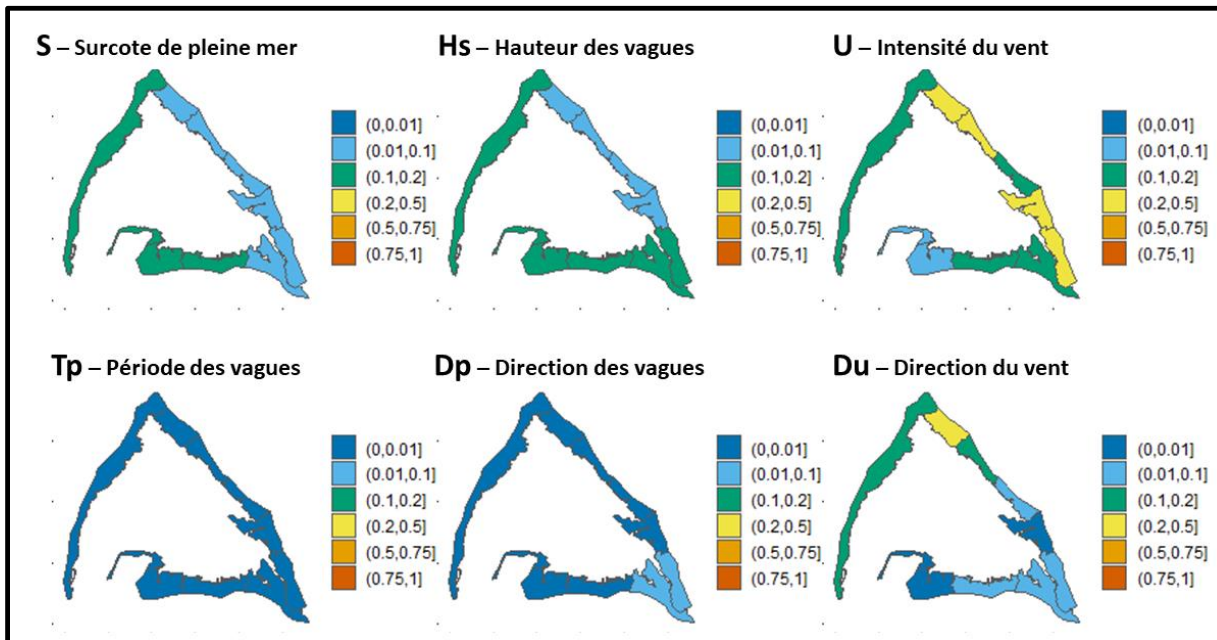
- Différence sur le niveau marin max simulé avec les conditions de tempête dynamiques et les conditions stationnaires au moment de la pleine mer $\pm 1h$



Annexe 2 : Pondération des paramètres

Importance relative des paramètres sur la surface submergée

- La surcote et le vent sont les paramètres les plus importants
- L'intensité et la direction du vent influencent en particulier le fond du bassin
- La hauteur significative des vagues est presque aussi importante
- La période et la direction des vagues sont de moindre importance



Test de plusieurs pondérations sur les paramètres de tempête

Configurations testées
Poids_SPM = 1 ou 1.5
Poids_Hs = 1 ou 1.5
Poids_U = 1 ou 1.5
Poids_Tp = 0.5 ou 1
Poids_Dp = 0.5 ou 1
Poids_Du = 1 ou 1.5
Total = 64 config.

=> **Bonne robustesse des solutions**

