

Plateforme de prédiction opérationnelle des états de mer pour le chantier de protection contre la houle de Fort Boyard

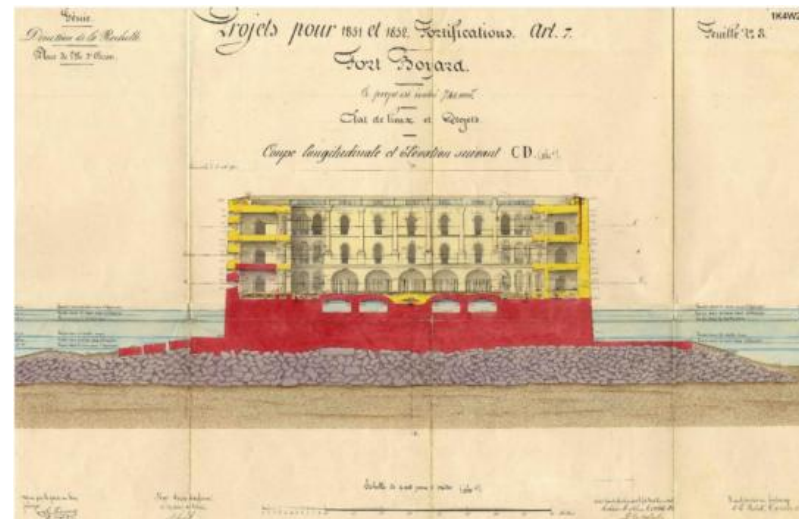
- Contexte du projet
- Instrumentation
- Présentation du modèle
- La plateforme Seamafor

La construction du Fort

- 1801 : Bonaparte décide la construction d'un fort sur la longe de Boyard (pertuis Charentais) pour la protection de l'arsenal de Rochefort
- 1802 : début de la création de l'enrochement
- 1842 : lancement du chantier de construction des fondations
- 1850 : démarrage de la construction du bâtiment
- 1860-1866 : création des ouvrages de protection complémentaire



Maquette du Fort au début du XXème siècle



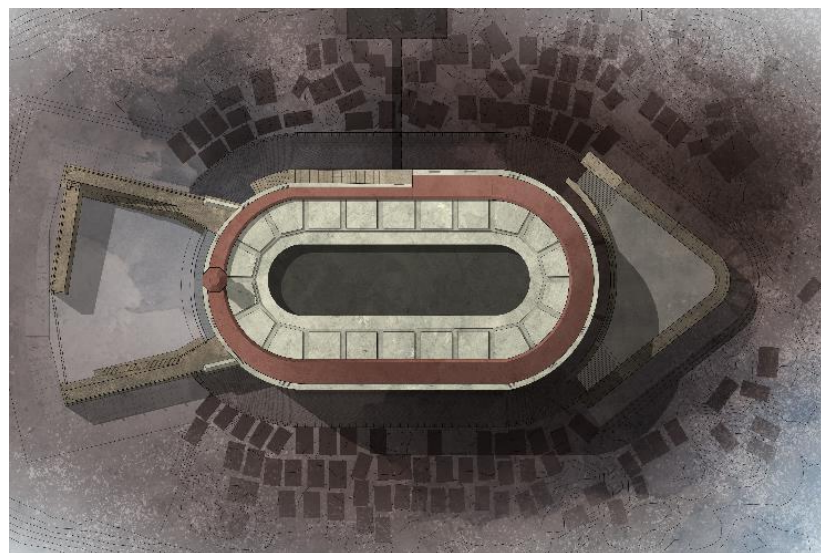
Coupe longitudinale - Projet de 1850 – Archives de la Défense



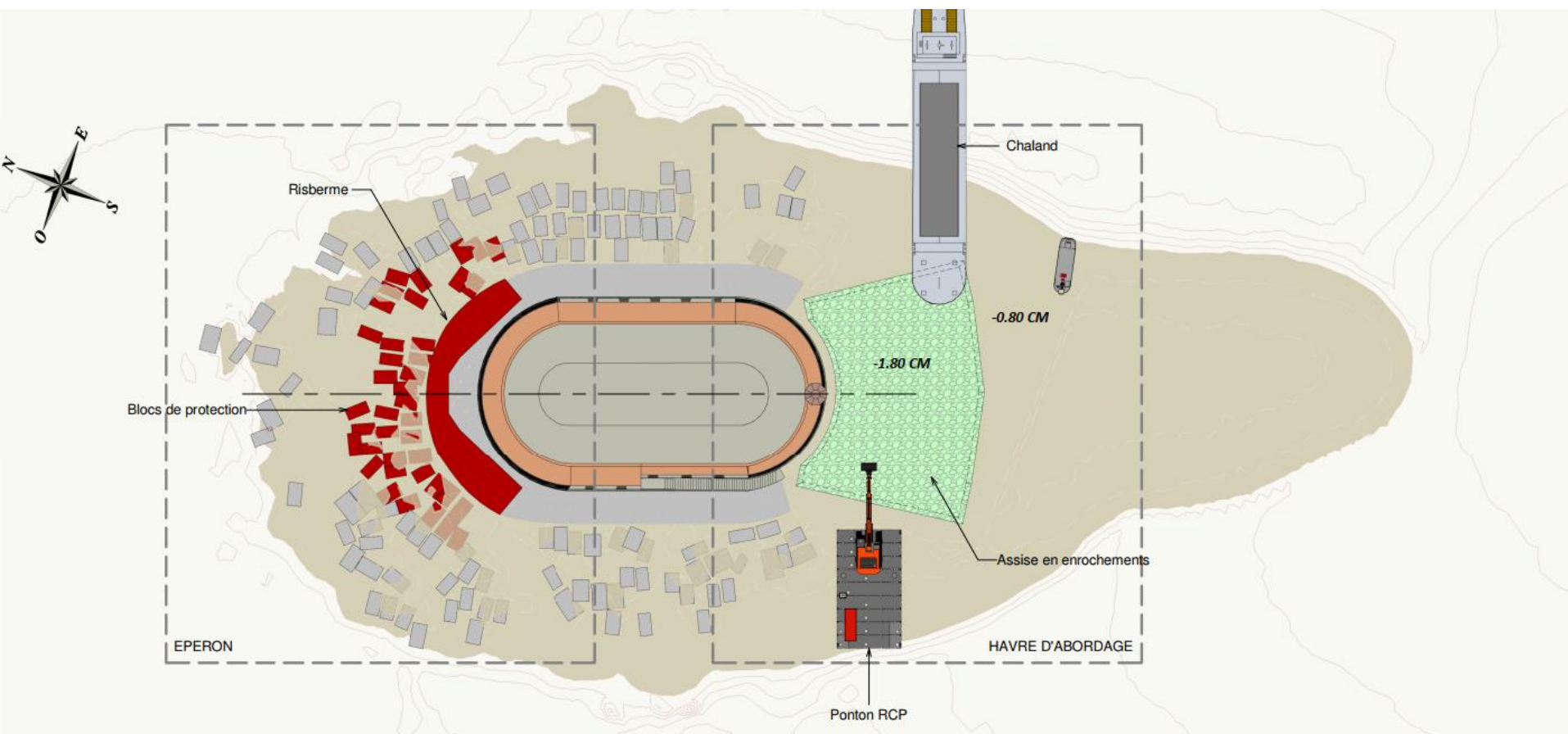
Carte postale ancienne du Fort Boyard début XXème siècle

Le projet de reconstruction des ouvrages de protection contre la houle

- Maître d'ouvrage
- Assistant Maître d'Ouvrage
- Groupement de conception & réalisation
- Expertise océano-météo



Les travaux à réaliser sur site

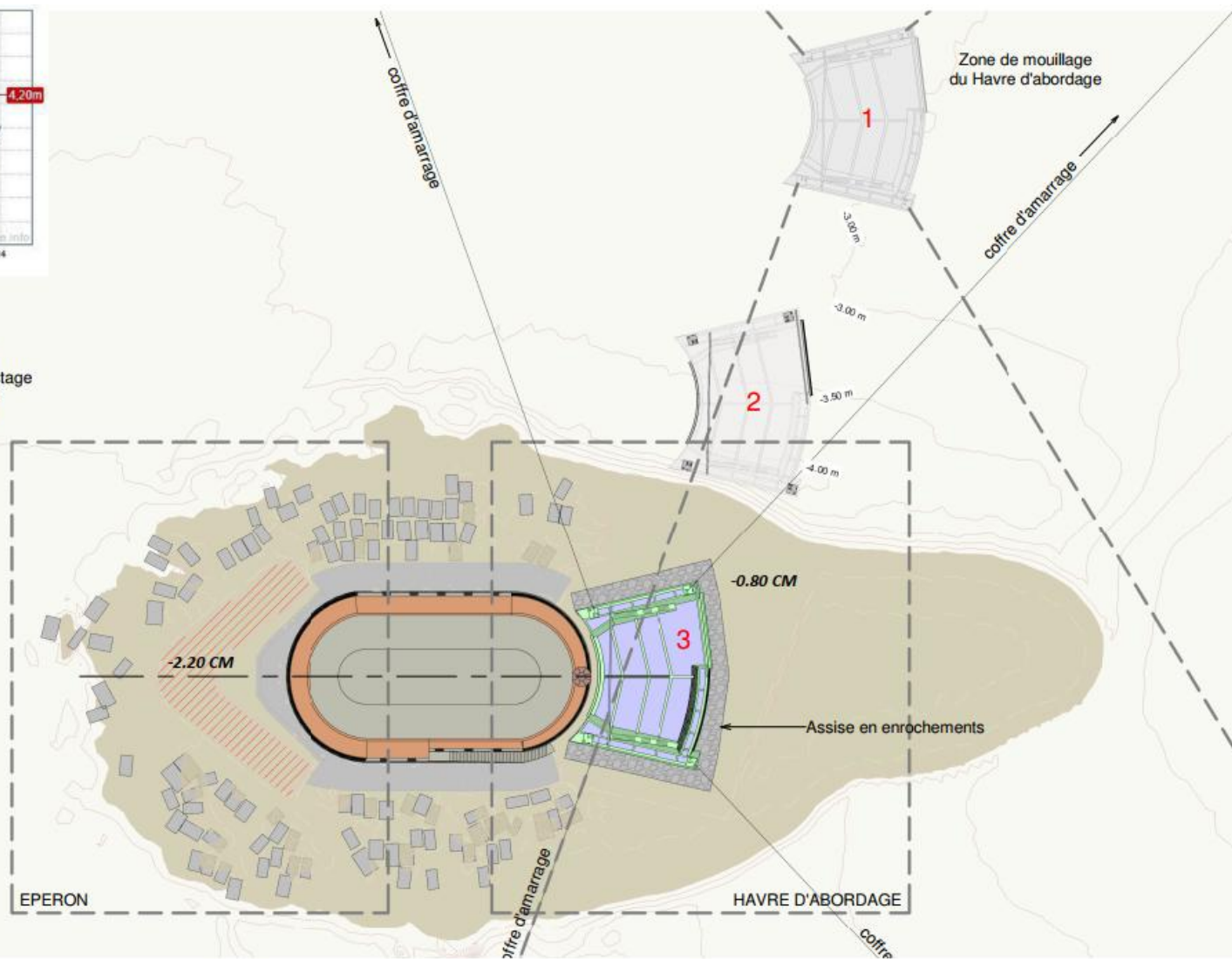


Les travaux à réaliser sur site



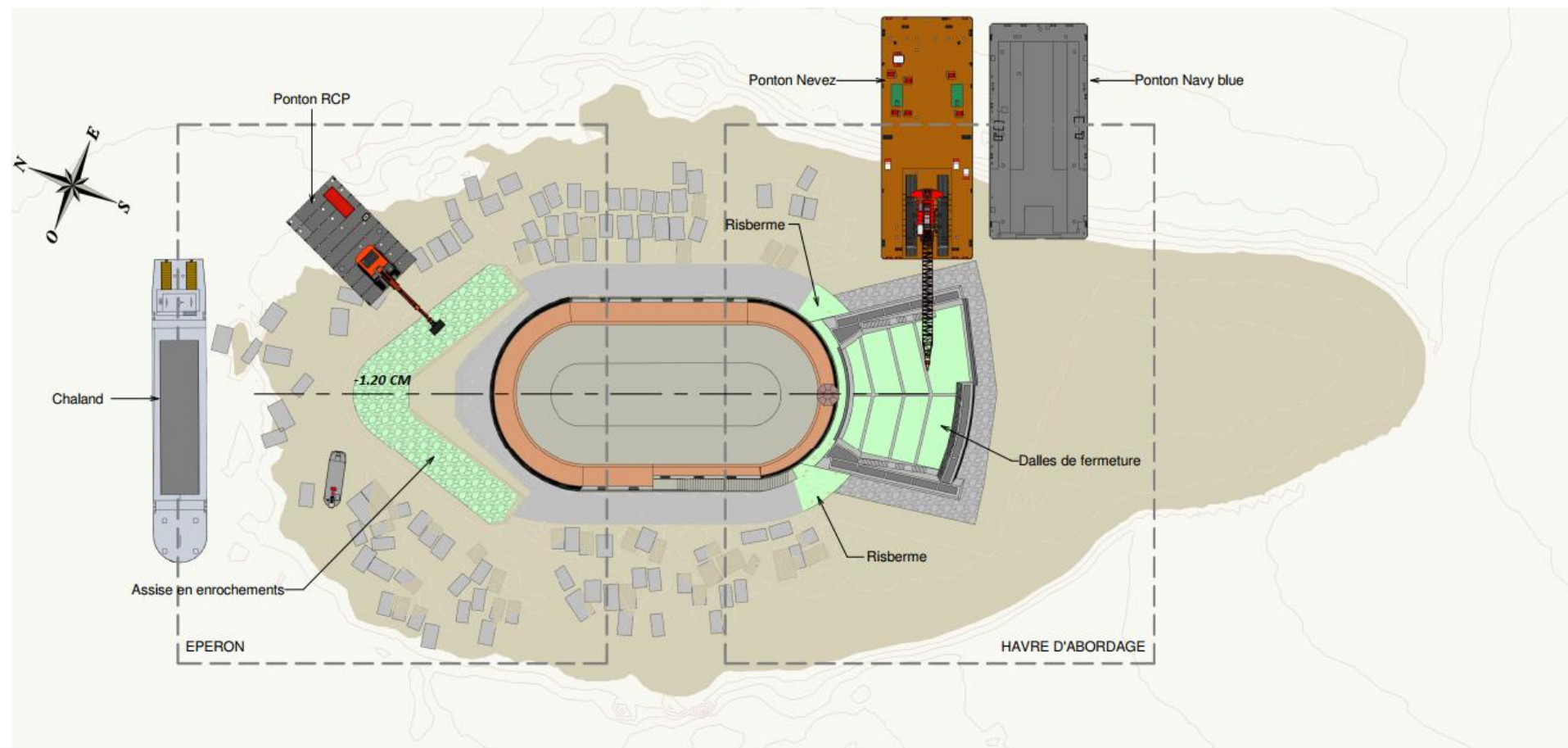
Phases:

1. Mouillage du havre à proximité du fort
2. Déplacement du havre dans la zone hors assise
3. Mise en place du havre au-dessus de l'assise
4. Réglage à sa position définitive et début du ballastage
5. Ballastage (3000m³) pour la stabilité du havre en phase provisoire, en attendant le lestage définitif



Les travaux à réaliser sur site

Echelle 1 : 750



Service opérationnel de prévision des états de mer

- Phase pré-opérationnelle (septembre 2024 – juin 2025)
 - Instrumentation : ADCP au large + radar directionnel au niveau du Fort
 - Construction et validation du modèle prédictif des états de mer
 - Mise au point de la plateforme Seamafor
- Phase opérationnelle (juillet 2025 – septembre 2027)
 - Maintien en service du radar directionnel au niveau du Fort
 - Exploitation du modèle en temps réel / prédictions à 5 jours
 - Mise à disposition de la plateforme Seamafor à l'ensemble des acteurs du projet
 - Mise en place d'un système d'alerte pour les équipes opérationnelles



Travaux sur site été 2025



Plateforme de prédiction opérationnelle des états de mer pour le chantier de protection contre la houle de Fort Boyard

- Contexte du projet
- Instrumentation
- Présentation du modèle
- La plateforme Seamafor

Instrumentation

Radar



ADCP

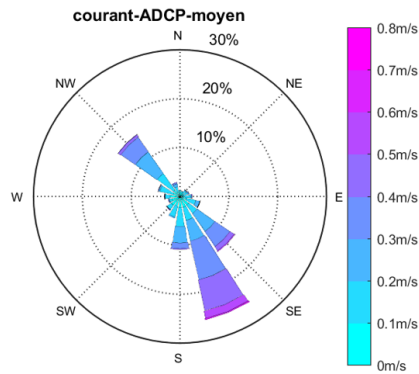
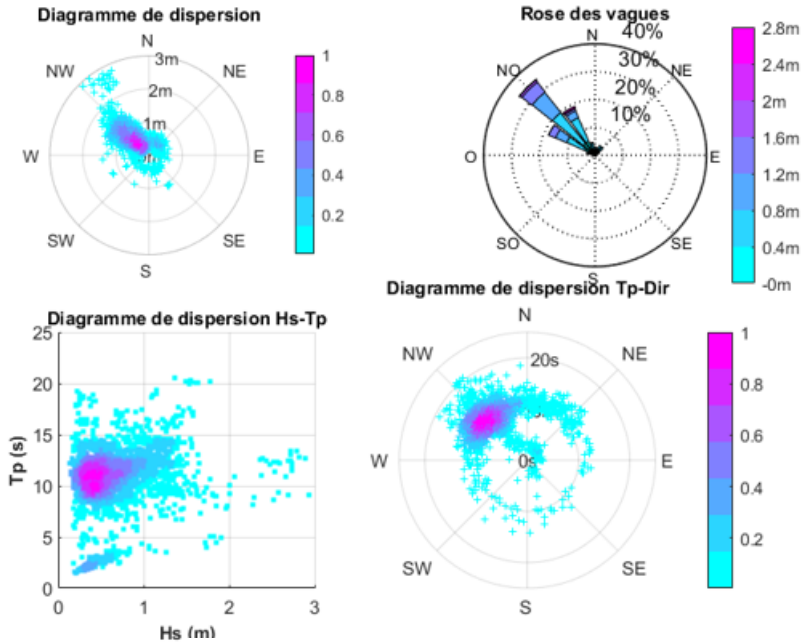


- Radac : en place depuis le 28 septembre 2024
 - Niveaux d'eau
 - Etats de mer
- ADCP Nortek Signature 1000 : 30 septembre 2024 - 17 septembre 2025
 - Courant
 - Etats de mer

Instrumentation – analyses statistiques des mesures

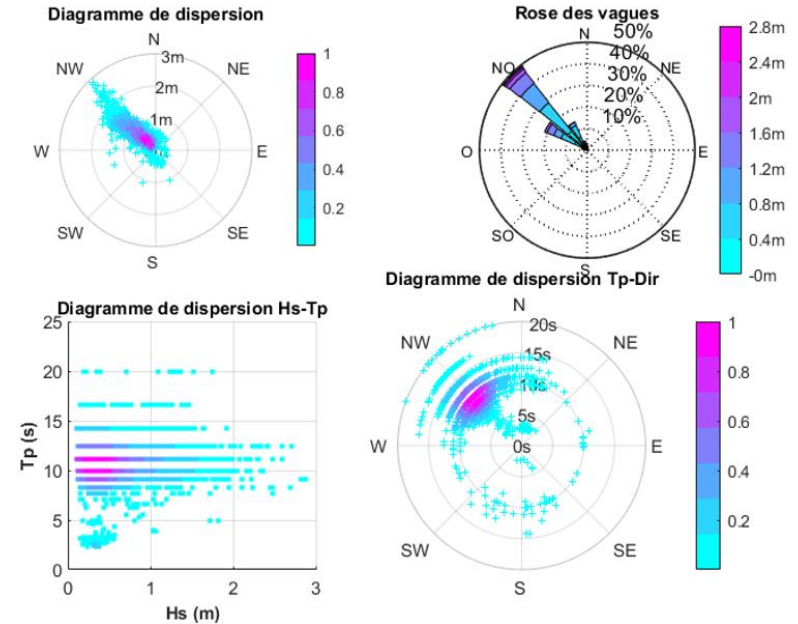
ADCP

Distribution conjointe Hs-Dir

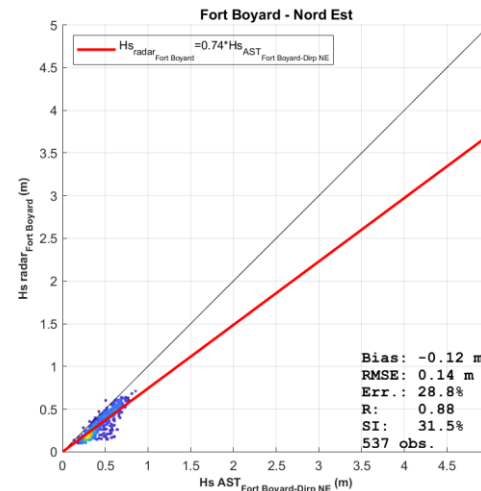
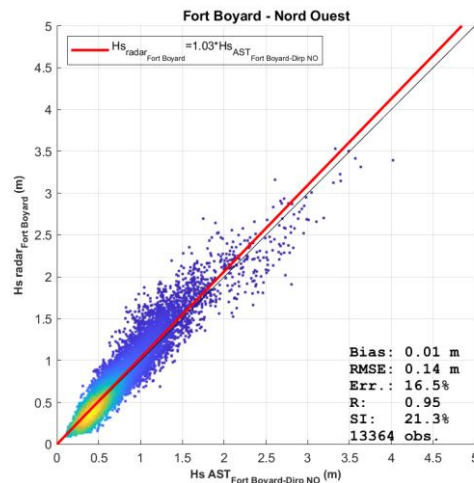
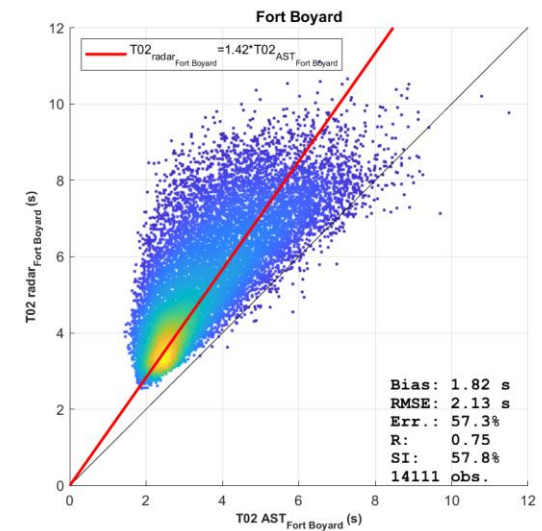
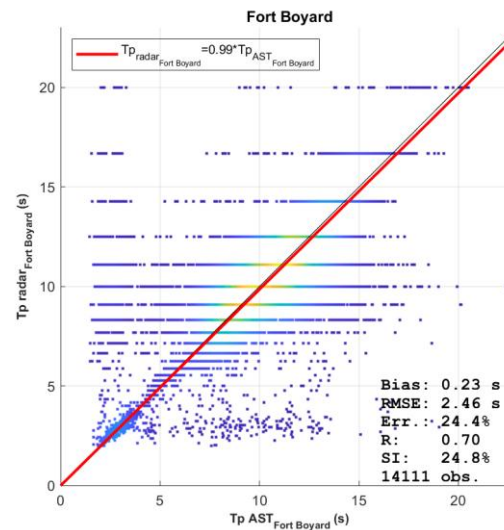
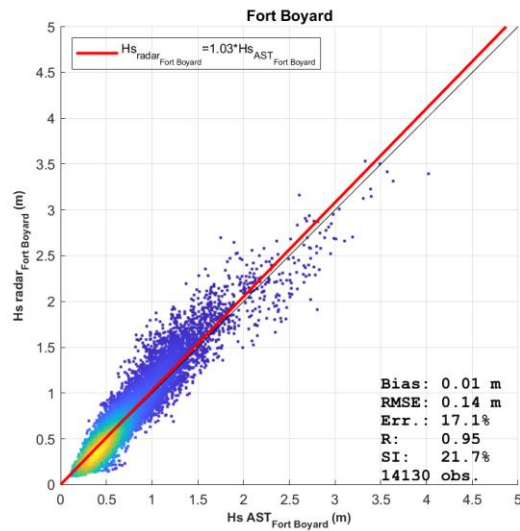


Radar

Distribution conjointe Hs-Dir



Instrumentation – comparaisons ADCP-AST / Radar

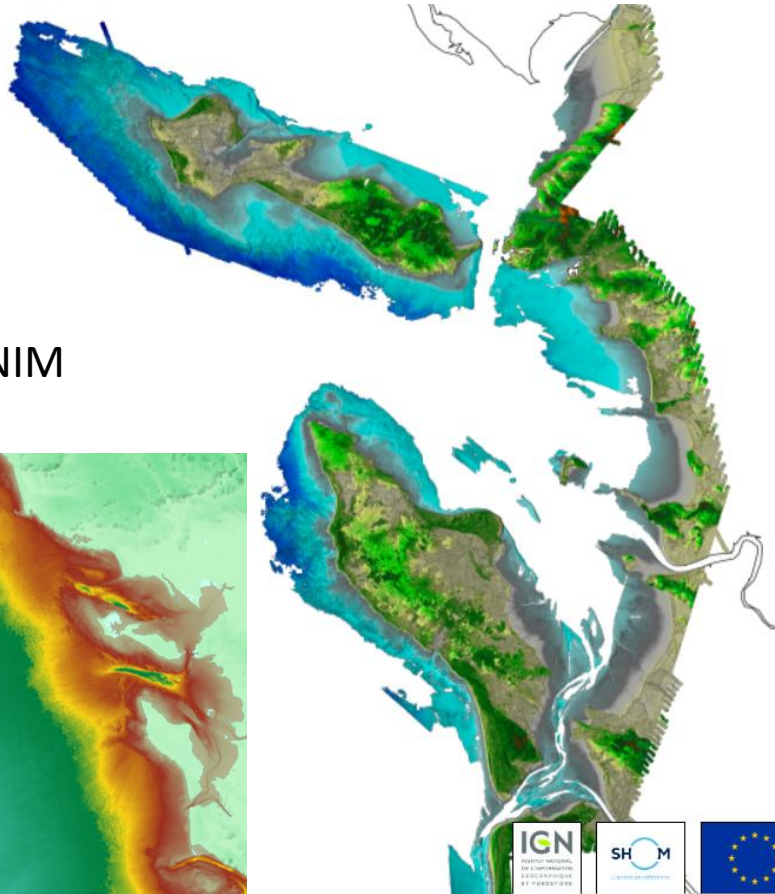


Plateforme de prédiction opérationnelle des états de mer pour le chantier de protection contre la houle de Fort Boyard

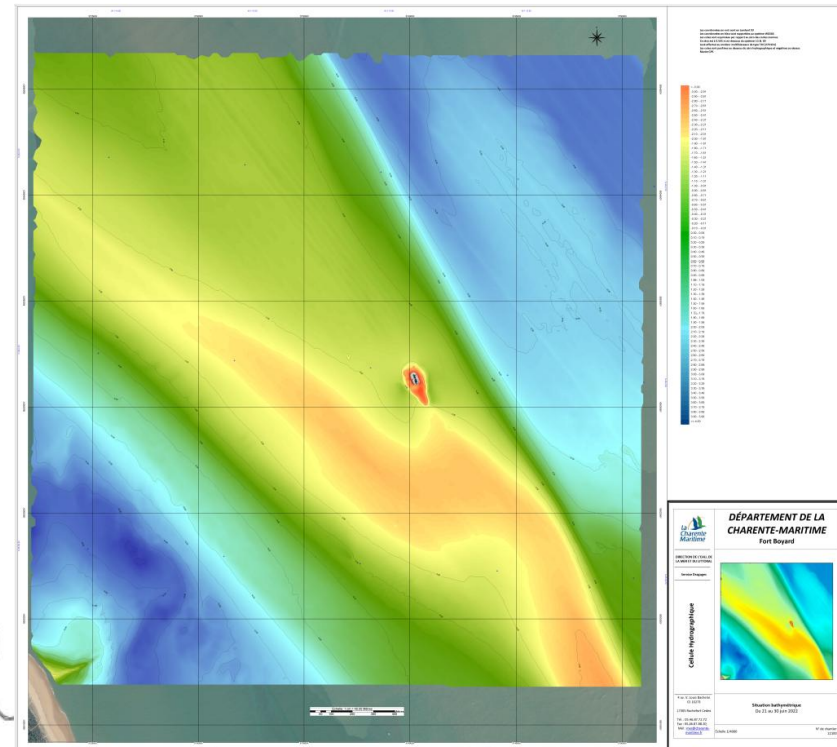
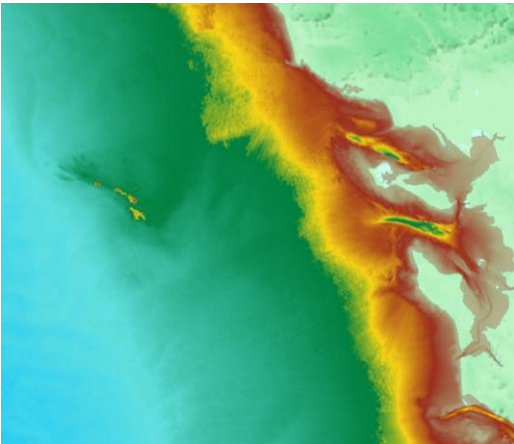
- Contexte du projet
- Instrumentation
- Présentation du modèle
- La plateforme Seamafor

Données bathymétriques disponibles

Litto-3D – SHOM - IGN



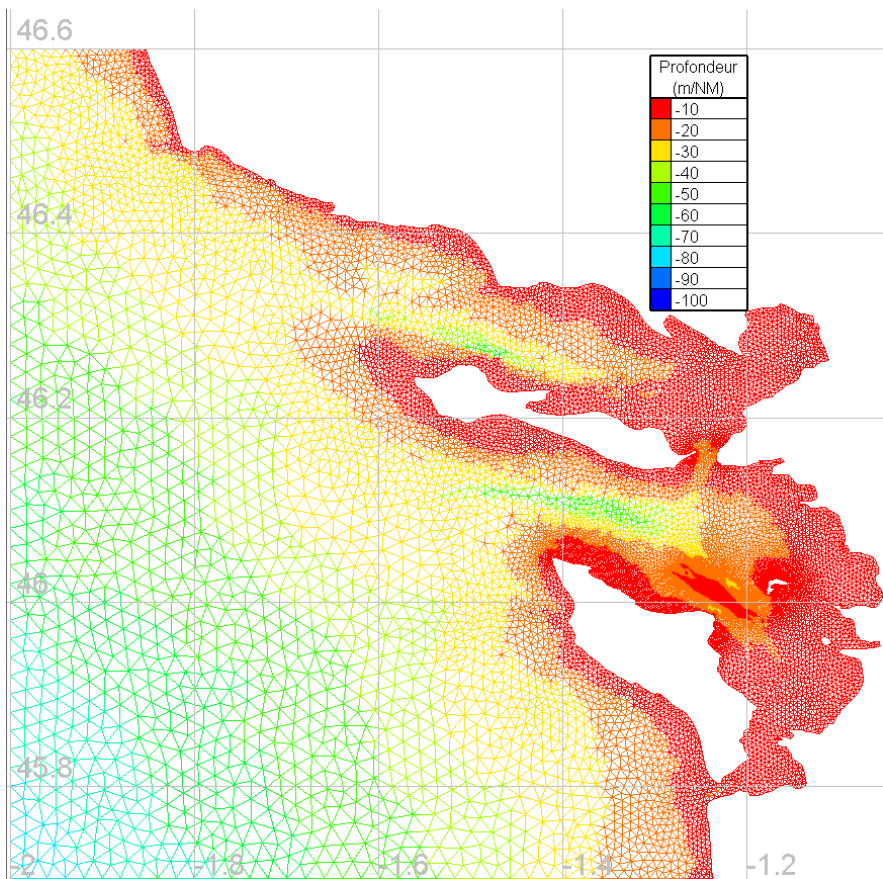
MNT HOMONIM
(SHOM)



Levé bathymétrique - juin 2022

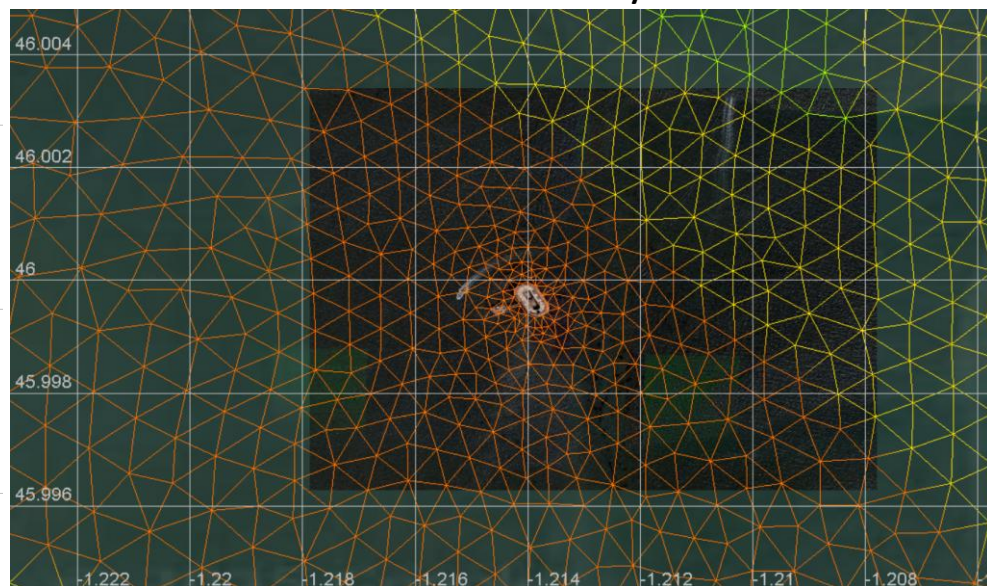
Modélisation numérique

Emprise et résolution spatiale



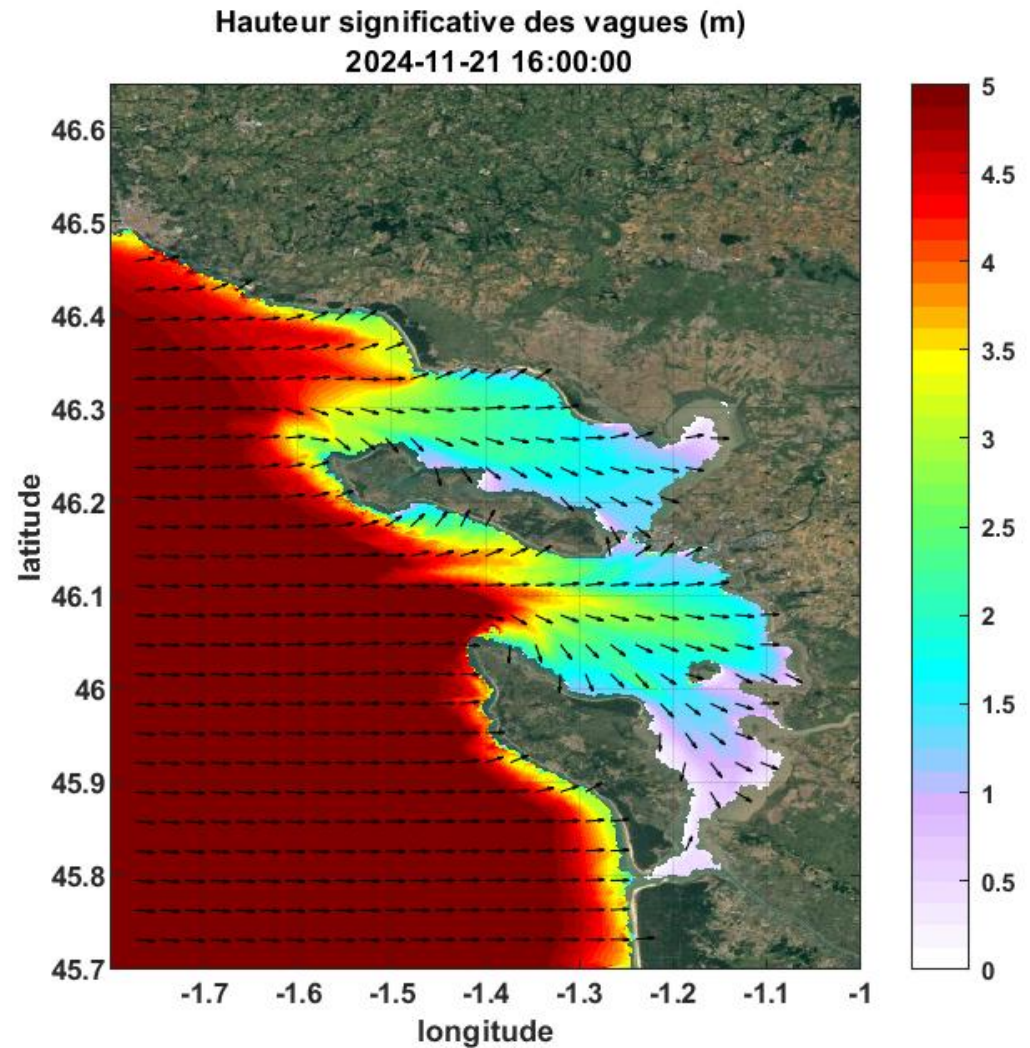
Résolution spatiale variable
~20 m autour du fort
~15 000 nœuds

Zoom sur Fort Boyard



Forçages

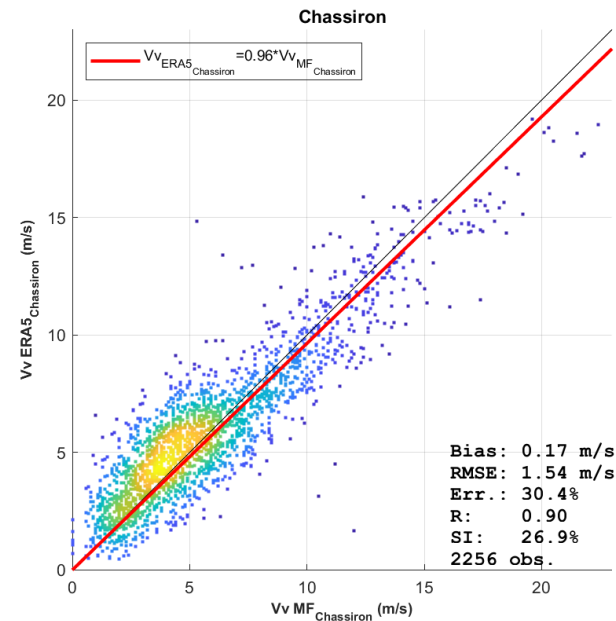
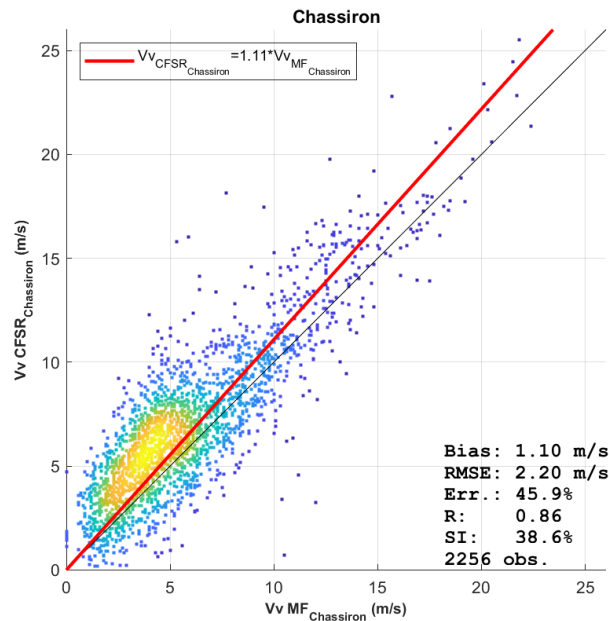
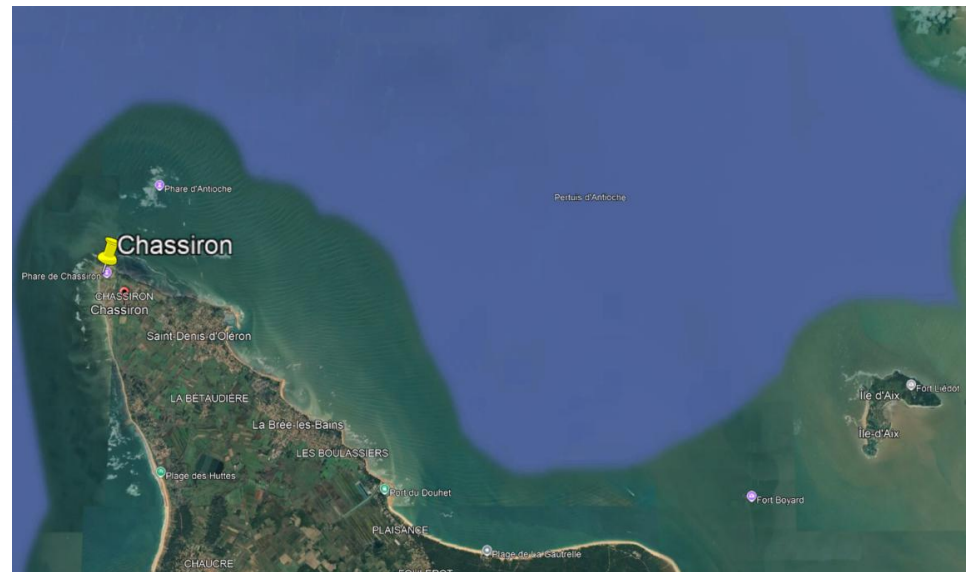
- Grilles emboîtées
- Forçage atmosphérique
- Courant 2D
- Niveau (marée)



Modélisation numérique

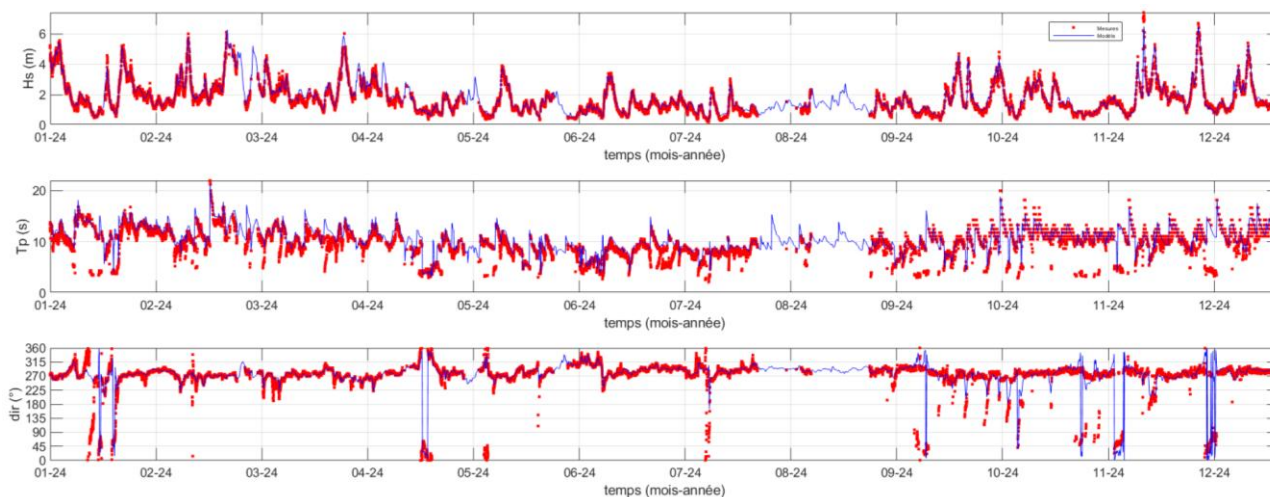
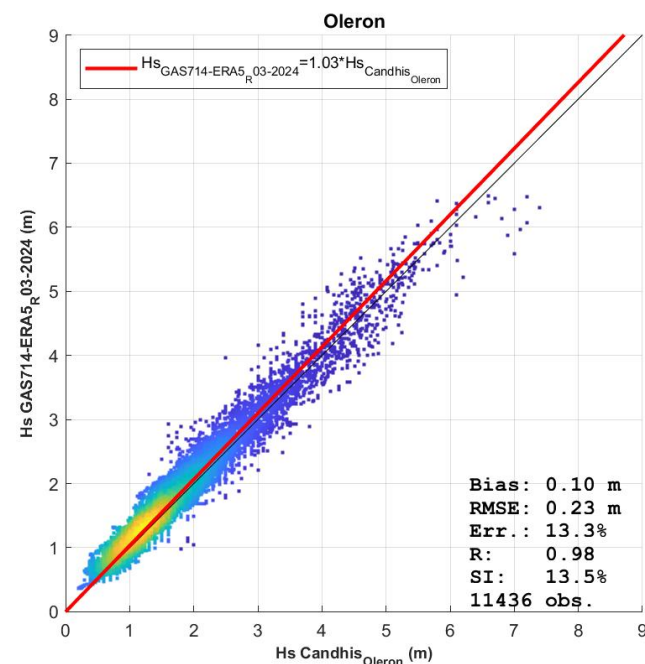
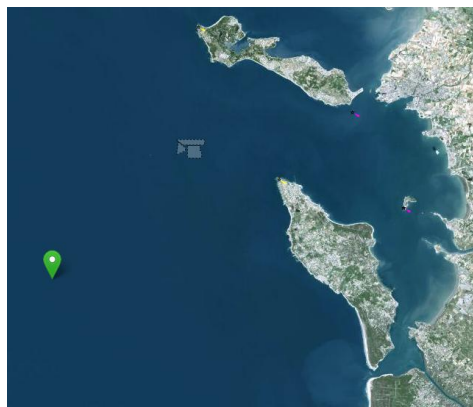
Qualification du forçage vent

Exploitation des mesures Météo
France à Chassiron

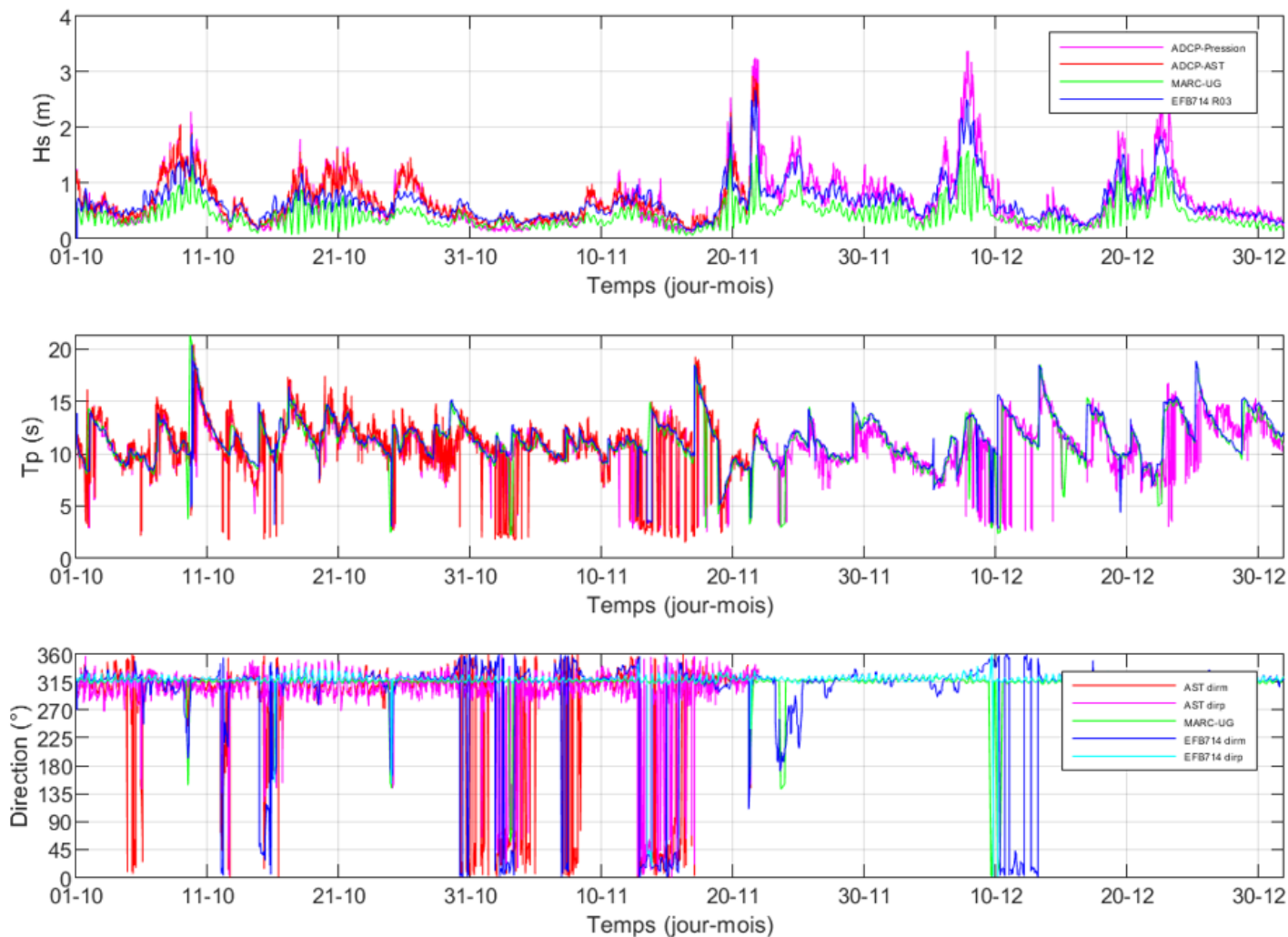


Qualification du forçage du large

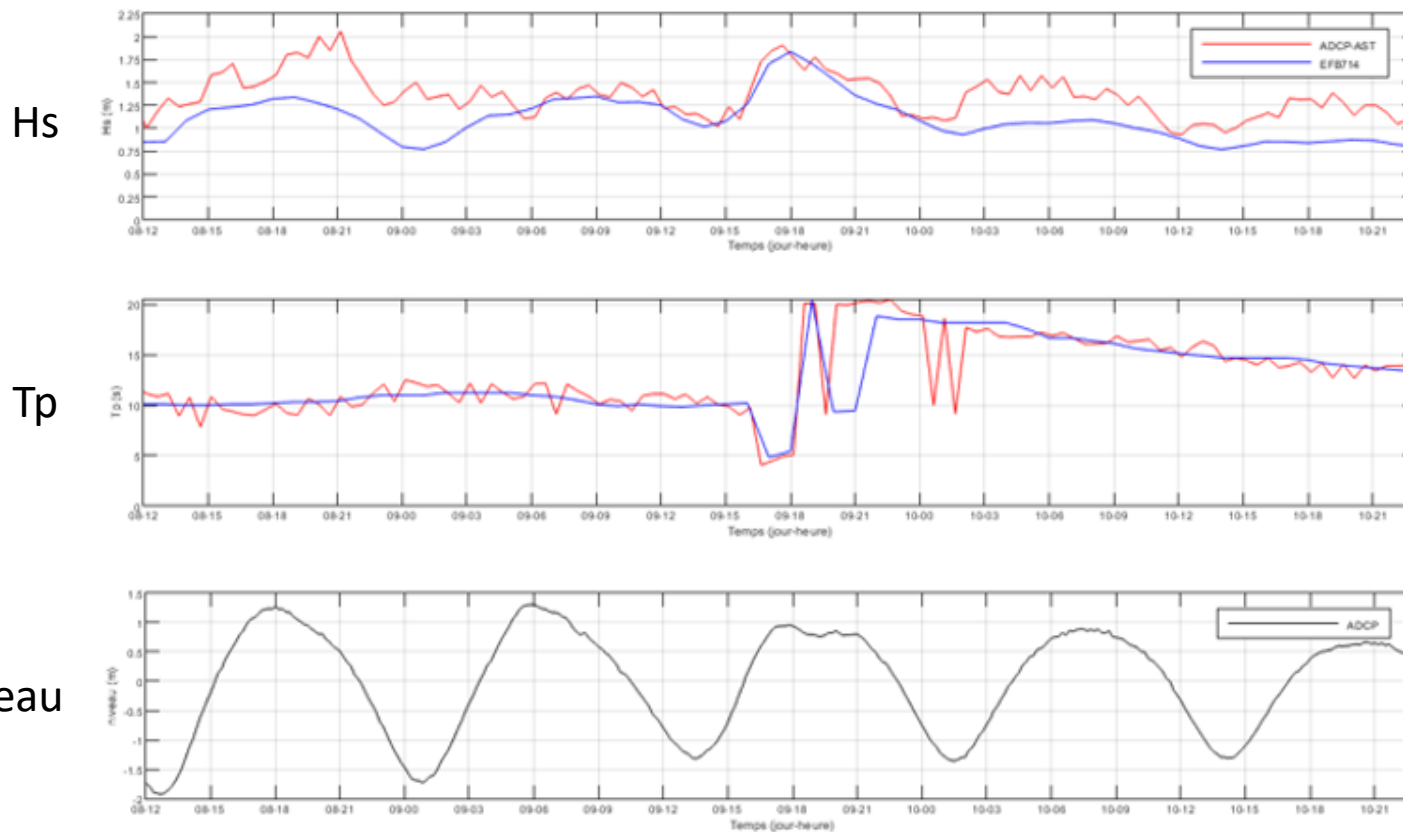
Comparaison modèle-mesures à la
bouée Candhis Oléron



Comparaison modèle – mesures à l'ADCP

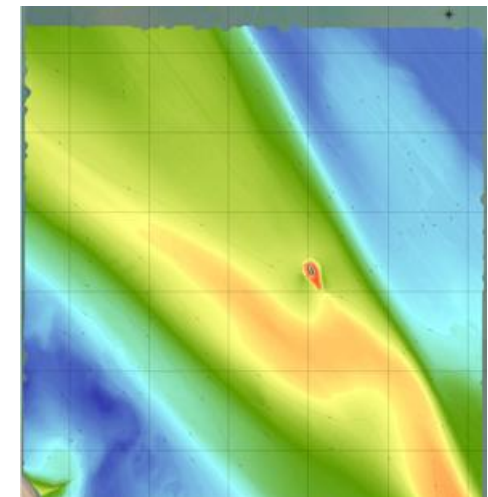
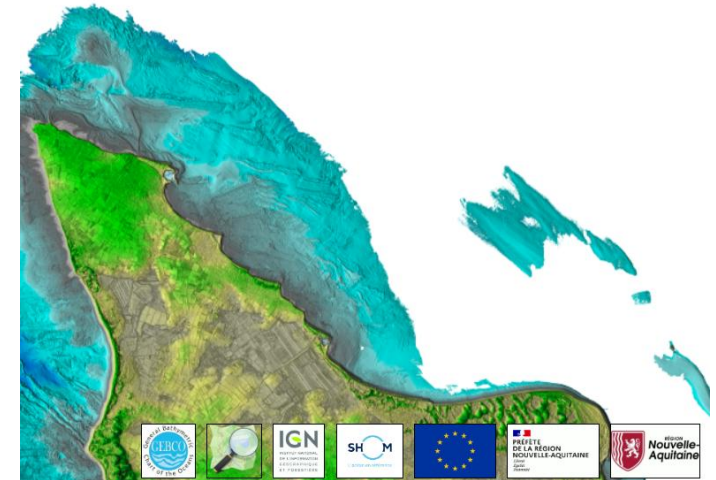
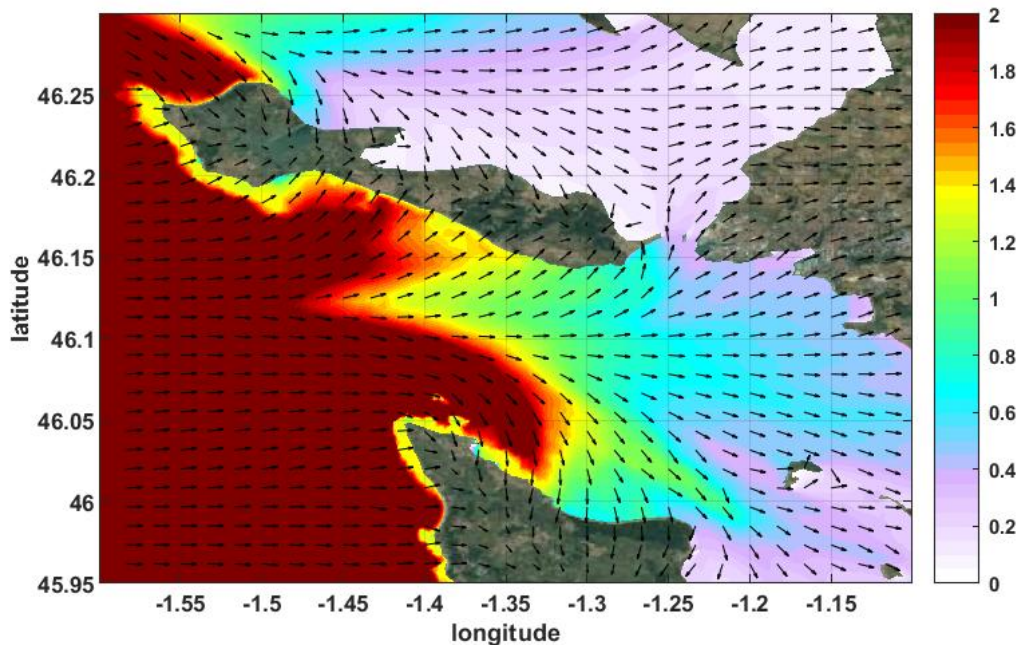


Comparaison modèle – mesures à l'ADCP



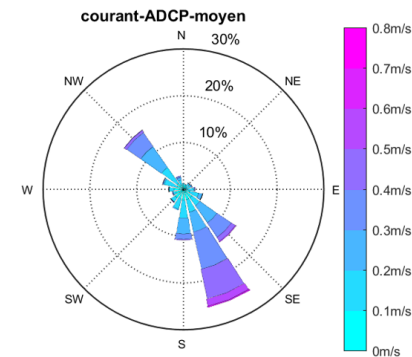
Analyse des processus

- ✓ Interactions houle - fond complexes dans le pertuis d'Antioche, notamment par la présence :
 - De hauts fonds au nord de Chassiron, à l'entrée du pertuis ;
 - La longe de Boyard, un haut fond important situé en face de l'estuaire de la Charente qui facilite la pénétration des houles du large et leur transfert vers le fort sous les effets de la réfraction bathymétrique.

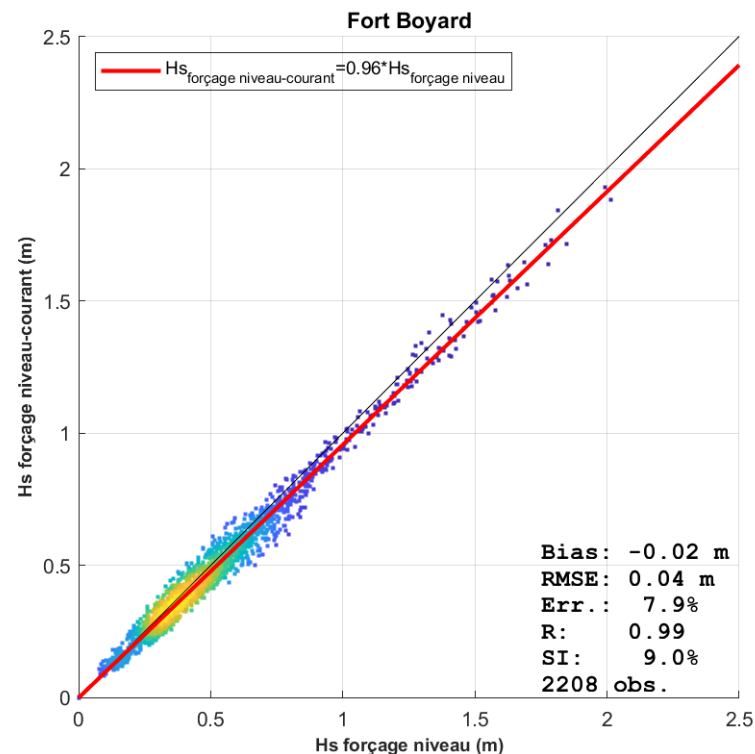


Analyse des processus

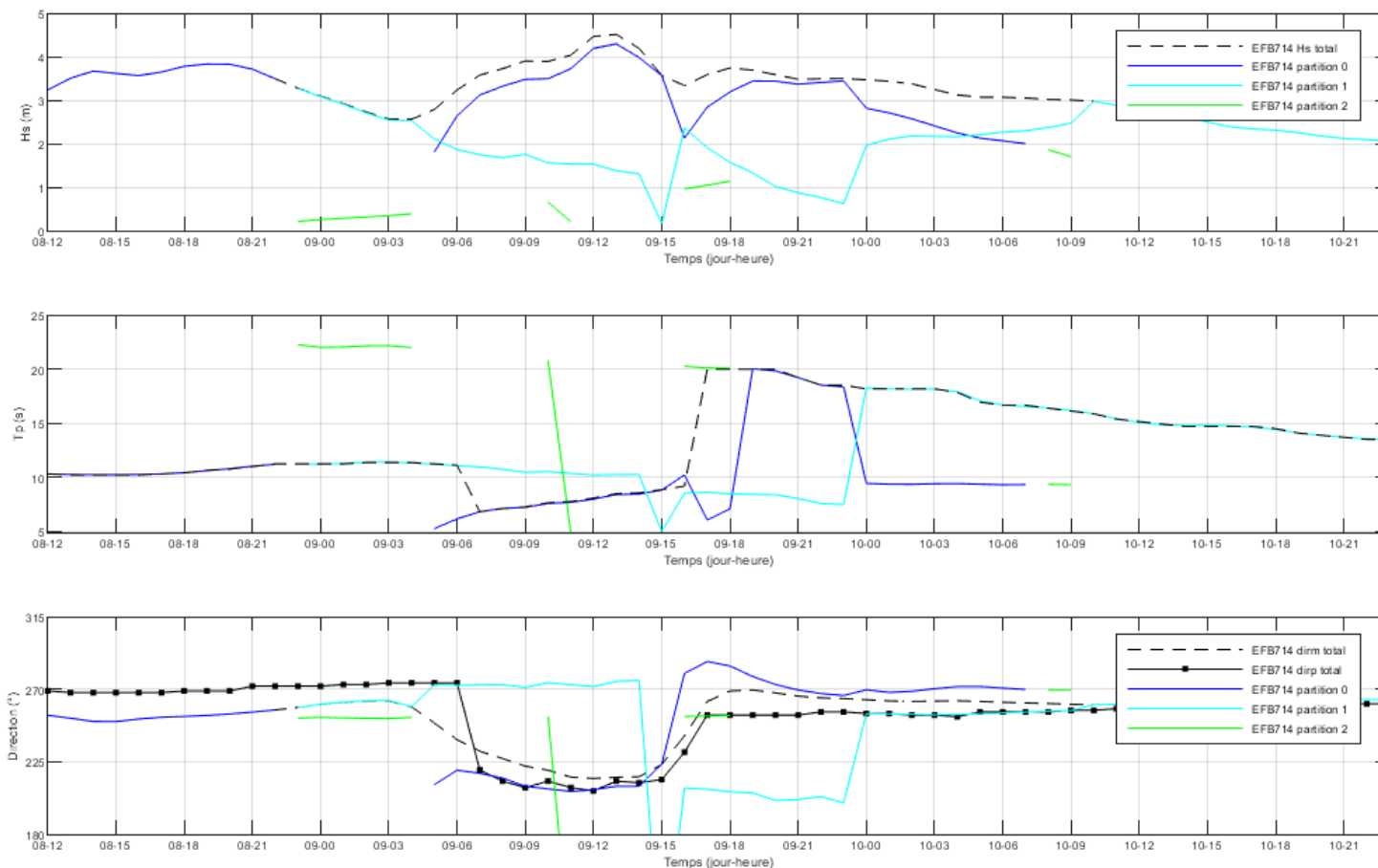
- ✓ Interactions houle - fond complexes dans le pertuis d'Antioche, notamment par la présence :
 - De hauts fonds au nord de Chassiron, à l'entrée du pertuis ;
 - La longe de Boyard, un haut fond important situé en face de l'estuaire de la Charente qui facilite la pénétration des houles du large et leur transfert vers le fort sous les effets de la réfraction bathymétrique.
- ✓ Effet de la marée (courant et niveau) sur la houle.
- ✓ Représentation des conditions de forçages (houle, vent) à l'entrée du pertuis.



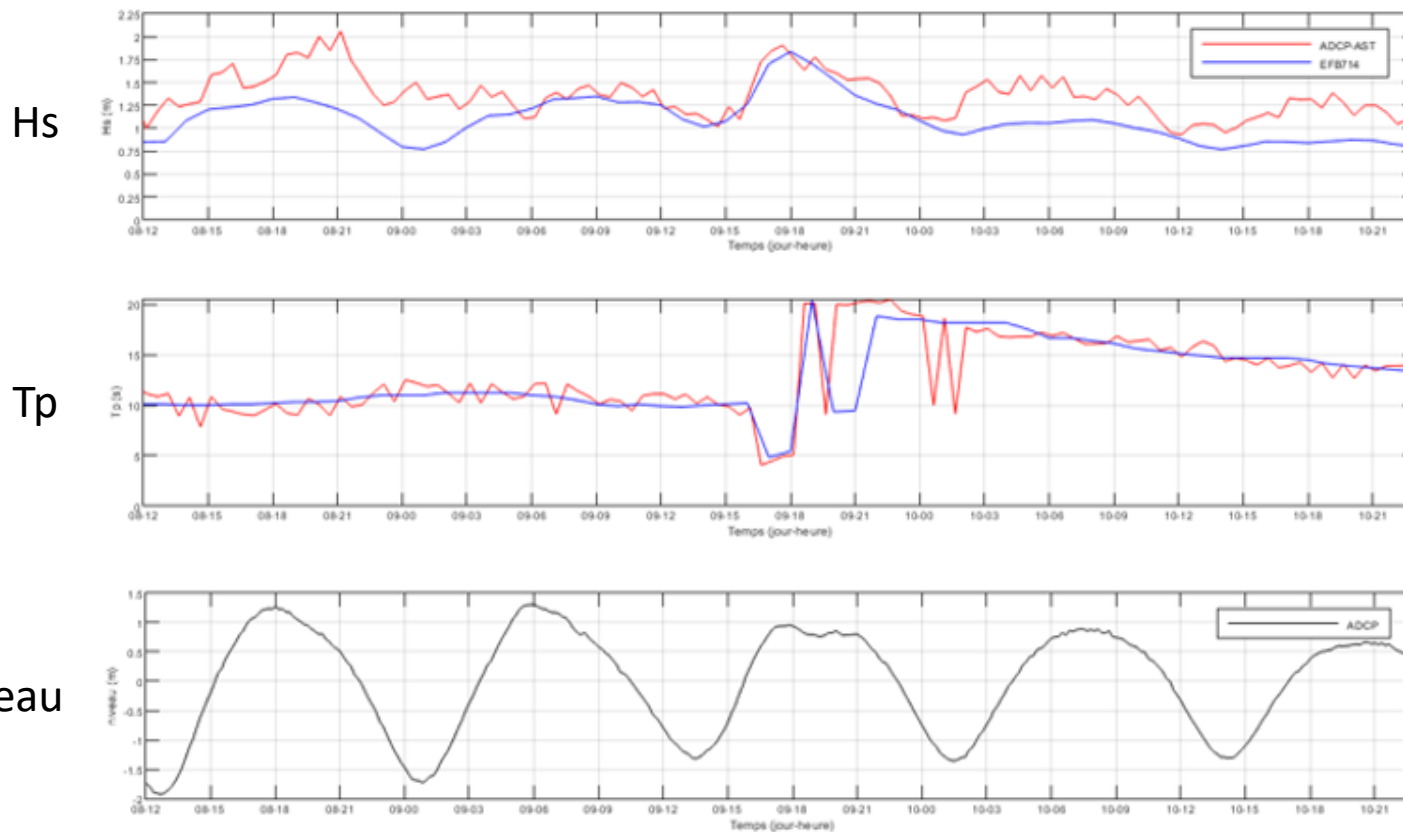
Effet du courant sur Hs



Analyses de l'état de mer total et des systèmes de vagues au large



Comparaison modèle – mesures à l'ADCP




Synthèse

- ✓ **L'intégration du modèle dans la plateforme opérationnelle doit tenir compte :**
 - Des contraintes liées à l'environnement complexe
 - Echanges océan-atmosphère
 - Effets de la bathymétrie / trait de côte => réfraction, diffraction, frottement sur le fond, déferlement bathymétrie
 - Modulation par la marée;
 - Des contraintes liées à la mise en œuvre opérationnelle
 - La résolution spatiale et temporelle résulte d'un compromis entre qualité des prévisions et rapidité.
 - Les modèles nécessitent des données fiables en vent, marée, conditions initiales et aux frontières.
 - Les flux peuvent être incomplets ou transmis avec un délai incompatible avec les besoins opérationnels.
- ✓ **Permet de disposer d'un outil opérationnel robuste pour appuyer la planification et la conduite des travaux**

Plateforme de prédiction opérationnelle des états de mer pour le chantier de protection contre la houle de Fort Boyard

- Contexte du projet
- Instrumentation
- Présentation du modèle
- La plateforme Seamafor


Fonctionnalités

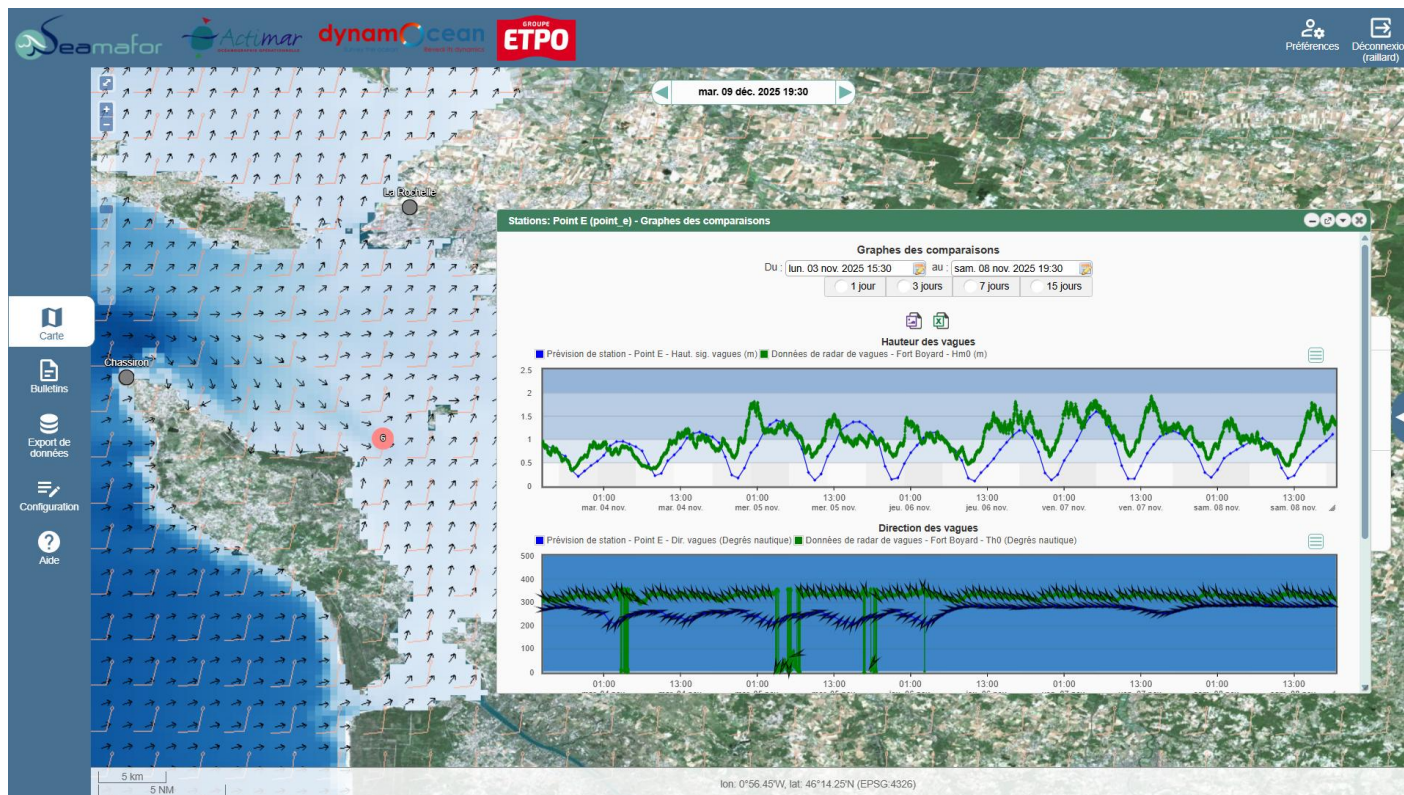
 **Tableau de bord interactif** : Consulter les prévisions et les observations en temps réel sur une carte intuitive



Prévisions des états de mer et du vent issues des modèles opérés par ACTIMAR


Fonctionnalités

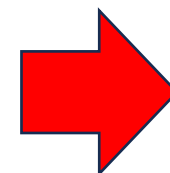
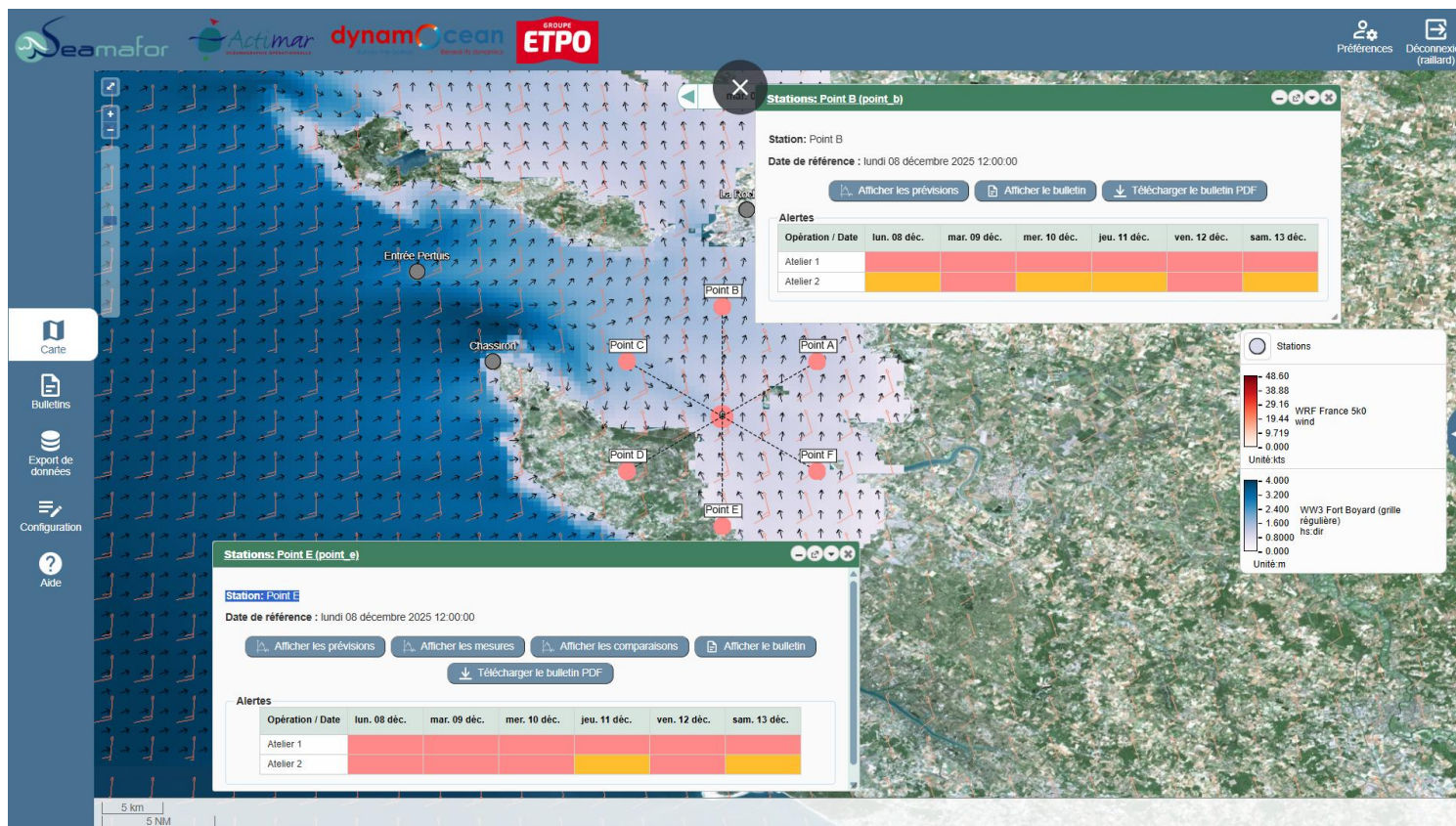
 **Tableau de bord interactif** : Consulter les prévisions et les observations en temps réel sur une carte intuitive



Superposition des mesures RADAC et des prévisions d'agitation à Fort Boyard

Fonctionnalités

 **Alertes** : Affichage en continu d'alertes personnalisées sur les différents chantiers

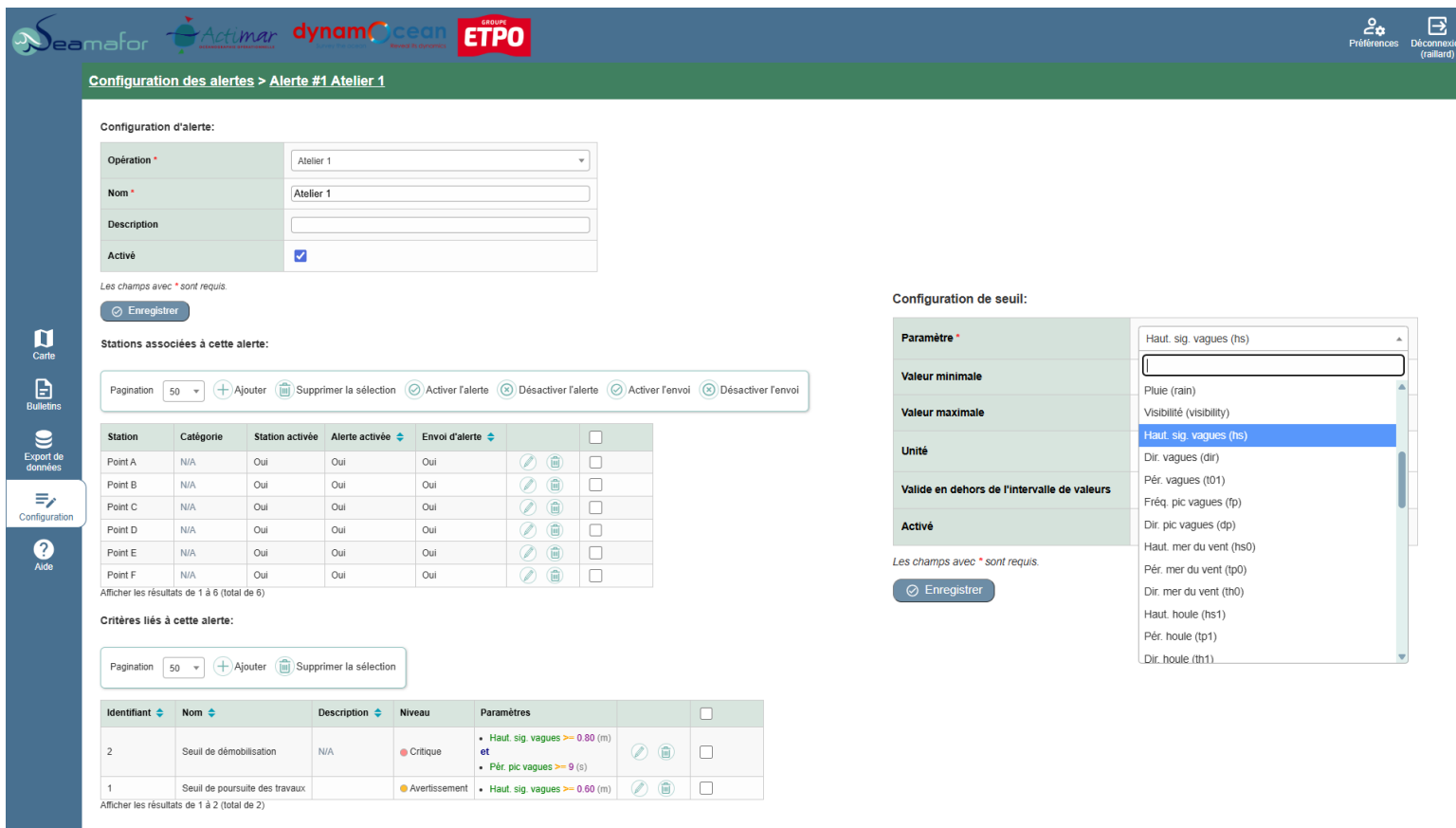


Envoi automatique de mail / sms en cas de montée des alertes

Niveau d'alertes pour les 5 prochains jours sur les deux ateliers autour de Fort Boyard

Fonctionnalités

 **Alertes** : Ajuster les seuils de déclenchement/les paramètres de surveillance



Configuration des alertes > Alerte #1 Atelier 1

Configuration d'alerte:

Opération * : Atelier 1

Nom * : Atelier 1

Description :

Activé : ☒

Les champs avec * sont requis.

Enregistrer

Stations associées à cette alerte:

Pagination : 50 | + Ajouter | Supprimer la sélection | Activer l'alerte | Désactiver l'alerte | Activer l'envoi | Désactiver l'envoi

Station	Catégorie	Station activée	Alerte activée	Envoi d'alerte		
Point A	N/A	Oui	Oui	Oui		
Point B	N/A	Oui	Oui	Oui		
Point C	N/A	Oui	Oui	Oui		
Point D	N/A	Oui	Oui	Oui		
Point E	N/A	Oui	Oui	Oui		
Point F	N/A	Oui	Oui	Oui		

Afficher les résultats de 1 à 6 (total de 6)

Critères liés à cette alerte:

Pagination : 50 | + Ajouter | Supprimer la sélection

Identifiant	Nom	Description	Niveau	Paramètres		
2	Seuil de démobilisation	N/A	Critique	<ul style="list-style-type: none"> Haut. sig. vagues ≥ 0.80 (m) et Pér. pic vagues ≥ 9 (s) 		
1	Seuil de poursuite des travaux		Avertissement	<ul style="list-style-type: none"> Haut. sig. vagues ≥ 0.60 (m) 		

Afficher les résultats de 1 à 2 (total de 2)

Configuration de seuil:

Paramètre * : Haut. sig. vagues (hs)

Valeur minimale :

Valeur maximale :

Unité :

Valide en dehors de l'intervalle de valeurs : ☐

Activé : ☐

Les champs avec * sont requis.

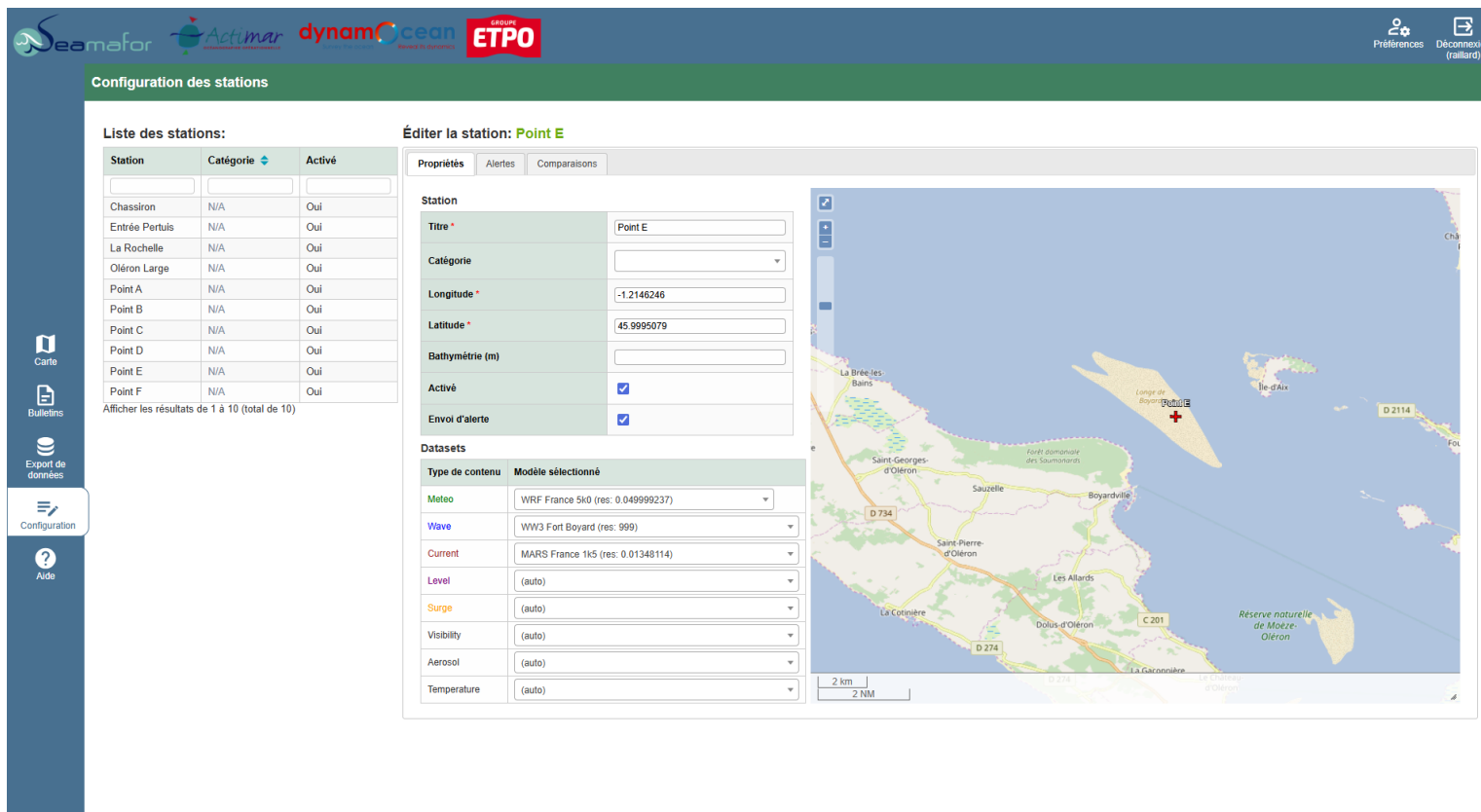
Enregistrer

Pluie (rain)
 Visibilité (visibility)
 Haut. sig. vagues (hs)
 Dir. vagues (dir)
 Pér. vagues (tp1)
 Fréq. pic vagues (fp)
 Dir. pic vagues (dp)
 Haut. mer du vent (hs0)
 Pér. mer du vent (tp0)
 Dir. mer du vent (th0)
 Haut. houle (hs1)
 Pér. houle (tp1)
 Dir. houle (th1)

Interface de définition des alertes

Fonctionnalités

 **Alertes** : Créer / Modifier le réseau des stations d'alerte



Configuration des stations

Liste des stations:

Station	Catégorie	Activé
Chassiron	N/A	Oui
Entrée Pertuis	N/A	Oui
La Rochelle	N/A	Oui
Oléron Large	N/A	Oui
Point A	N/A	Oui
Point B	N/A	Oui
Point C	N/A	Oui
Point D	N/A	Oui
Point E	N/A	Oui
Point F	N/A	Oui

Afficher les résultats de 1 à 10 (total de 10)

Éditer la station: **Point E**

Propriétés | Alertes | Comparaisons

Station

Titre * Point E

Catégorie

Longitude * -1.2146246

Latitude * 45.9995079

Bathymétrie (m)

Activé ☒


Envoi d'alerte ☒

Datasets

Type de contenu	Modèle sélectionné
Meteo	WRF France 5k0 (res: 0.049999237)
Wave	WW3 Fort Boyard (res: 999)
Current	MARS France 1k5 (res: 0.01348114)
Level	(auto)
Surge	(auto)
Visibility	(auto)
Aerosol	(auto)
Temperature	(auto)

Interface de création / modification des stations d'alerte

Fonctionnalités

 **Extraction de données** : Accéder à des séries temporelles détaillées pour analyser les tendances



Export de données vers des fichiers CSV

Base de données : Données de radar de vagues ▼

Station : Fort Boyard ▼

Période : Du : mer. 03 déc. 2025 00:00 au : mer. 10 déc. 2025 00:00

1 jour 3 jours **7 jours** 30 jours

[Télécharger](#)

Colonnes exportées :

- Identifiant de station
- Titre de station
- time (UTC)
- Hm0 (m)
- Tm02 (s)
- Tp (s)
- Tm0_1 (s)
- H1/3 (m)
- Hmax (m)
- HCM (m)
- Th0 (destination in polar degrees)
- S0bh
- Czz10
- Th010

Interface de chargement des données (prévisions, observations)

Base de données : Prévision de station ▼

Station : Point A ▼

Période : Du : jeu. 04 déc. 2025 00:00 au : jeu. 11 déc. 2025 00:00

1 jour 3 jours **7 jours** 30 jours

[Télécharger](#)

- Colonnes exportées :**
- Identifiant de station
 - Titre de station
 - Référence (UTC)
 - Prévision (UTC)
 - Vent (10m) (kts)
 - Dir. vent (10m) (destination in polar degrees)
 - Vent (50m) (kts)
 - Dir. vent (50m) (destination in polar degrees)
 - Vent (80m) (kts)
 - Dir. vent (80m) (destination in polar degrees)
 - Vent (100m) (kts)
 - Dir. vent (100m) (destination in polar degrees)
 - Rafales (kts)
 - Pression surface (hpa)
 - Pression niv. mer (hpa)
 - Temp. 2m (celsius)
 - Temp. à 80m
 - Temp. à 100m
 - Temp. à 500mb
 - Temp. à 850mb
 - Humidité rel. à 2m (%)
 - Humidité rel. à 500mb
 - Humidité rel. à 850mb
 - Pluie (mm/h)
 - Visibilité (km)
 - Haut. sig. vagues (m)
 - Dir. vagues (destination in polar degrees)
 - Pér. vagues (s)
 - Fréq. pic vagues (Hz)
 - Dir. pic vagues (destination in polar degrees)

Fonctionnalités





Autoévaluation des performances : bilan de fiabilité du système d'alerte



Comparaison des observations et des prévisions : séries temporelles

Fonctionnalités

Autoévaluation des performances : bilan de fiabilité du système d'alerte

Bulletin de vérification

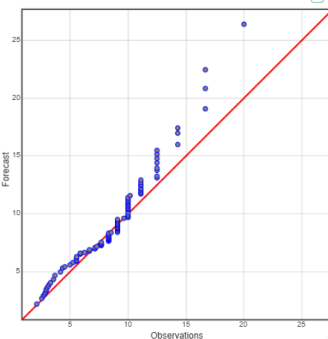
2.2.2. Comparaison statistique sur le paramètre *Pér. pic vagues*






	Différence moyenne (s)	Erreur quadratique moyenne (s)	Corrélation	Indice de dispersion
T+00H	0.63	3.43	0.61	0.40
T+24H	0.51	3.58	0.58	0.41
T+48H	0.48	3.57	0.59	0.41
T+72H	0.51	3.66	0.57	0.42
T+96H	0.39	3.63	0.57	0.42





2.2.3. Diagramme Quantile-Quantile du paramètre *Pér. pic vagues (s)* entre prévisions et mesures

2.2.3.1. Prévision à T+00H

Q-Q plot - Pér. pic vagues (s)



 Carte
  Bulletins
  Export de données
  Configuration
  Aide

Bulletin de vérification

2.1.4. Tables de contingence des alertes sur le paramètre *Haut. sig. vagues* (Atelier 1)






2.1.4.1. Prévision à T+00H

Opération: Atelier 1 - Niveau: **Avertissement** - Seuil: *Haut. sig. vagues* ≥ 0.60 (m)

		Observation		
		Oui	Non	Total
Prévision	Oui	66 alertes détectées	15 fausses alertes	81
	Non	69 alertes manquées	593 sans alertes	662
	Total	135	608	743





Opération: Atelier 1 - Niveau: **Critique** - Seuil: *Haut. sig. vagues* ≥ 0.80 (m)

		Observation		
		Oui	Non	Total
Prévision	Oui	18 alertes détectées	5 fausses alertes	23
	Non	76 alertes manquées	644 sans alertes	720
	Total	94	649	743

 Carte
  Bulletins
  Export de données
  Configuration
  Aide

Comparaisons statistiques des observations et des prévisions

En résumé

-  **Intégration** : Visualisation / analyse des bases de données du service
-  **Réactivité** : Informations mises à jour en temps réel pour une gestion proactive
-  **Transparence** : Données accessibles et partagées avec tous les acteurs
-  **Adaptabilité** : Evolution du réseau de surveillance et des alertes