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

SHOM

VIGICRUES

FILTRAGE DES SIGNAUX DES MAREGRAPHES EN ESTUAIRE

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN

PARTENAIRE SCIENCE COMES TO TOWN

MARINE NATIONALE 400 ANS

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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux

Objectifs principales :

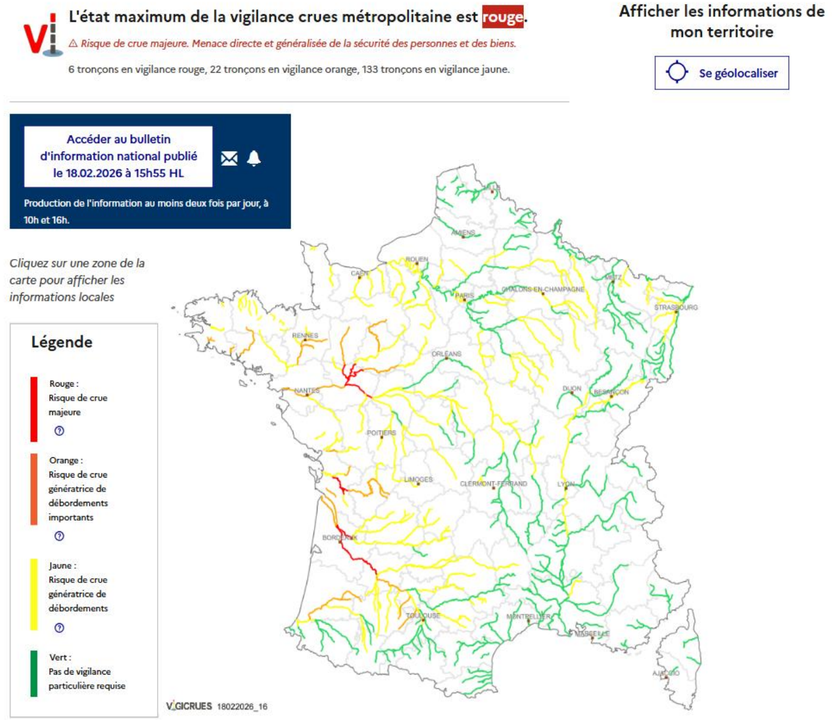
- Mesurer et mise en base des hauteurs des cours d'eau,
- Analyser, qualifier et valider les hauteurs d'eau mesurées,
- Prévoir les hauteurs et des débits des cours d'eau sur un horizon de 24 heures,
- Assurer une vigilance par code couleur (calqué sur le modèle de Météo-France),
- Diffusion des bulletins de situation avec prévisions et incertitudes.

Moyens déployés :

- Réseau de mesures hydrométriques,
- Modèles hydrologiques/ et hydrauliques (1D et 2D),
- Modèles statistiques : relations linéaires, abaques, modèles d'apprentissage.

Enjeu clé:

- Améliorer la représentativité des mesures de hauteurs d'eau en milieu estuarien.



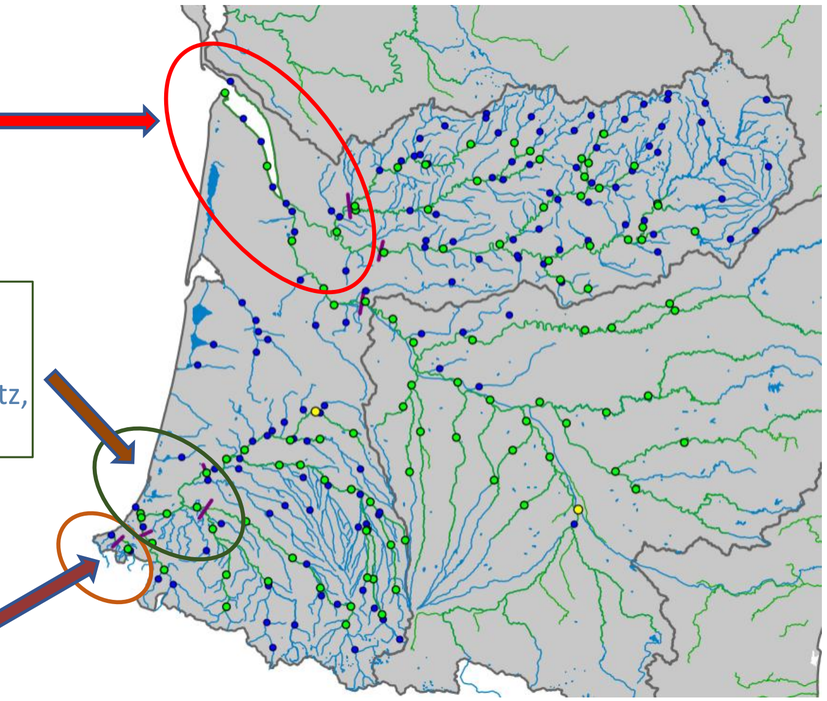
Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux

Estuaire de la Gironde :
Les enjeux sont principalement sur
- Métropole de Bordeaux,
- Le Blayais,
- Libourne.

Estuaire de l'Adour :
Les enjeux sont principalement sur
- L'agglomération de Bayonne-Anglet-Biarritz,
- Peyrehorade (Landes).

Estuaire de la Nivelle :
Les enjeux sont principalement sur
- L'agglomération de Saint-Jean de Luz, Ciboure et Socoa.



Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux : matériels

Radars :

- Véga C21,
- Véga C22,
- Végapuls C21,
- Paratronic radar NRV.

Bulle à bulle :

- limnair.





Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

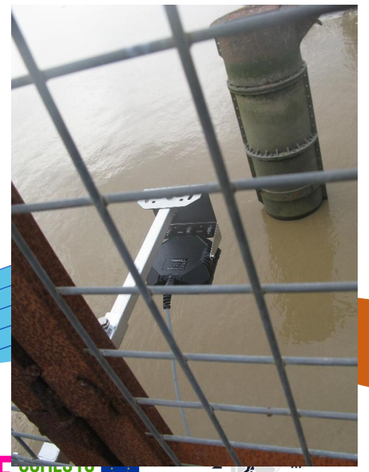






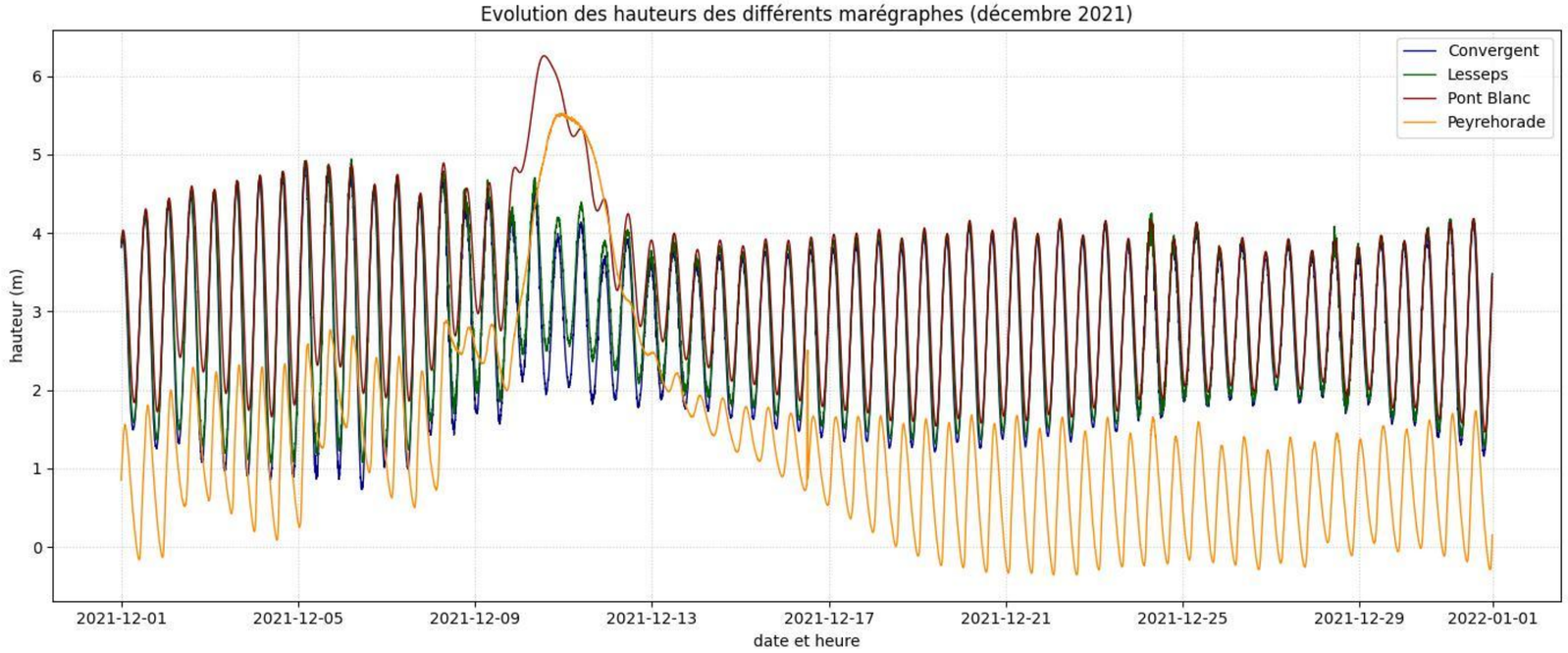






Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux : formes des marées

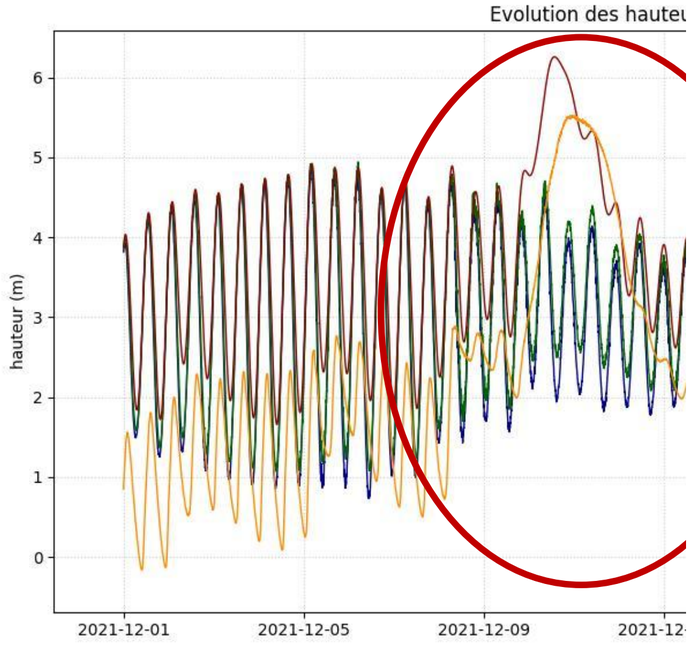


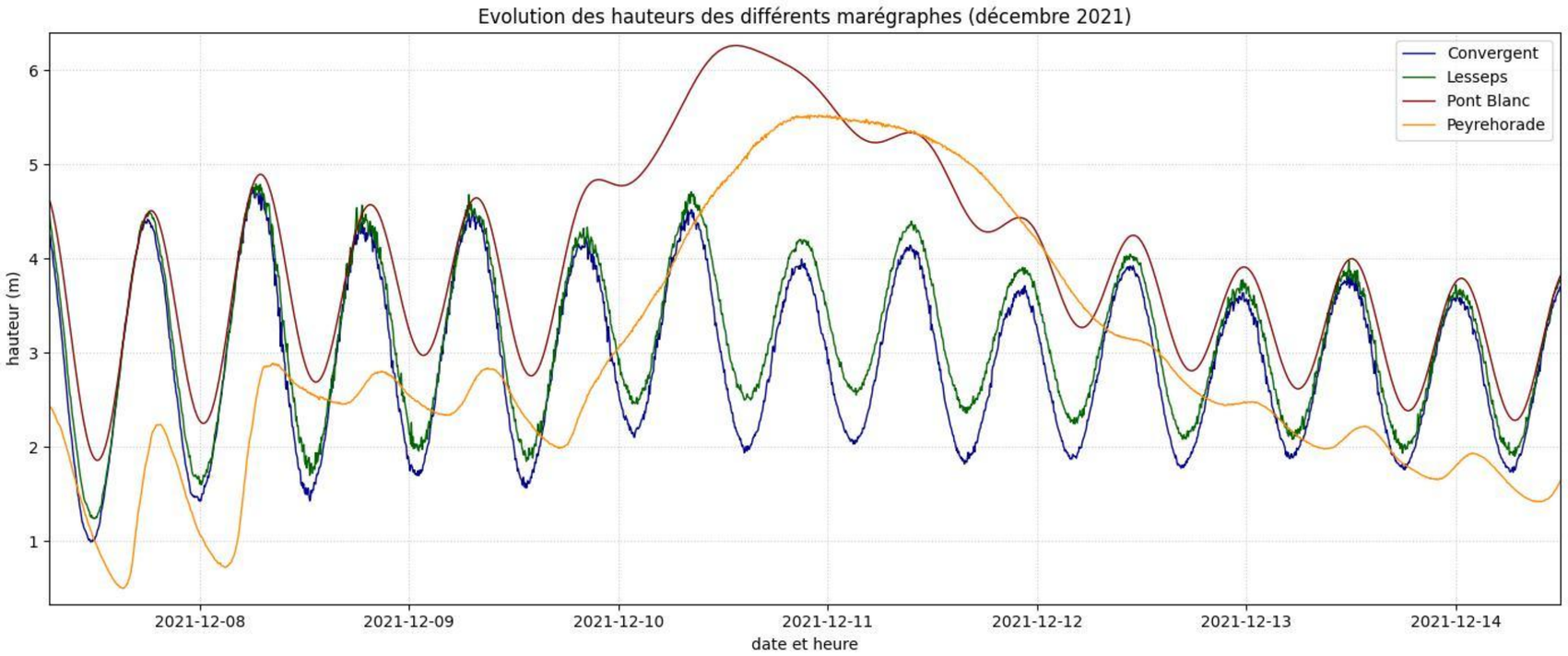
MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux : formes des marées



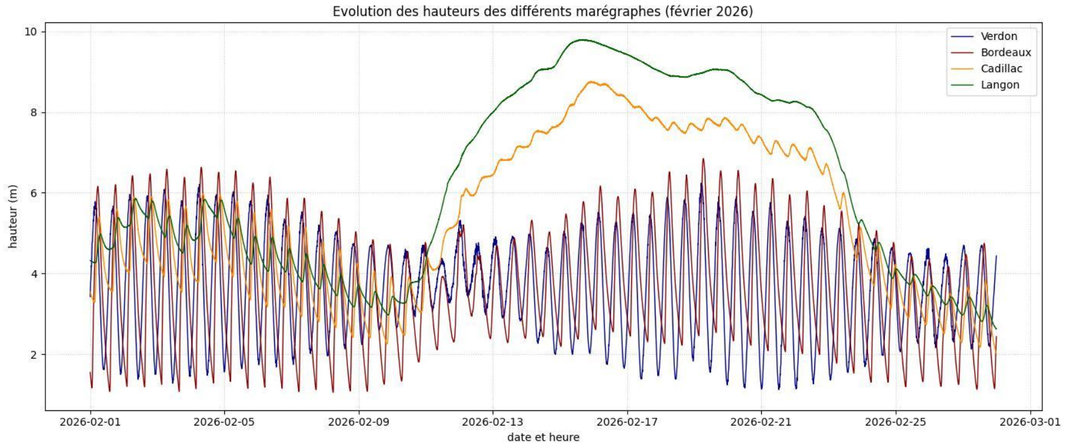


MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux : formes des marées

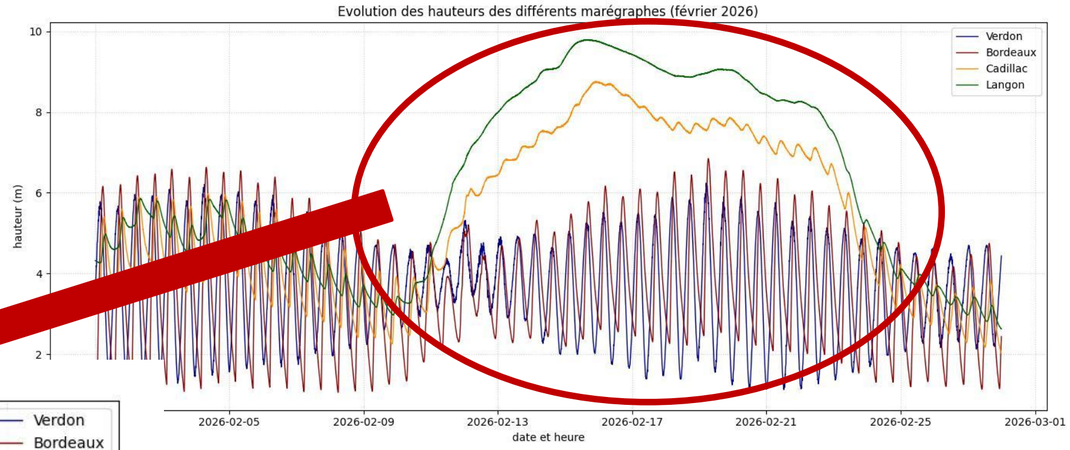


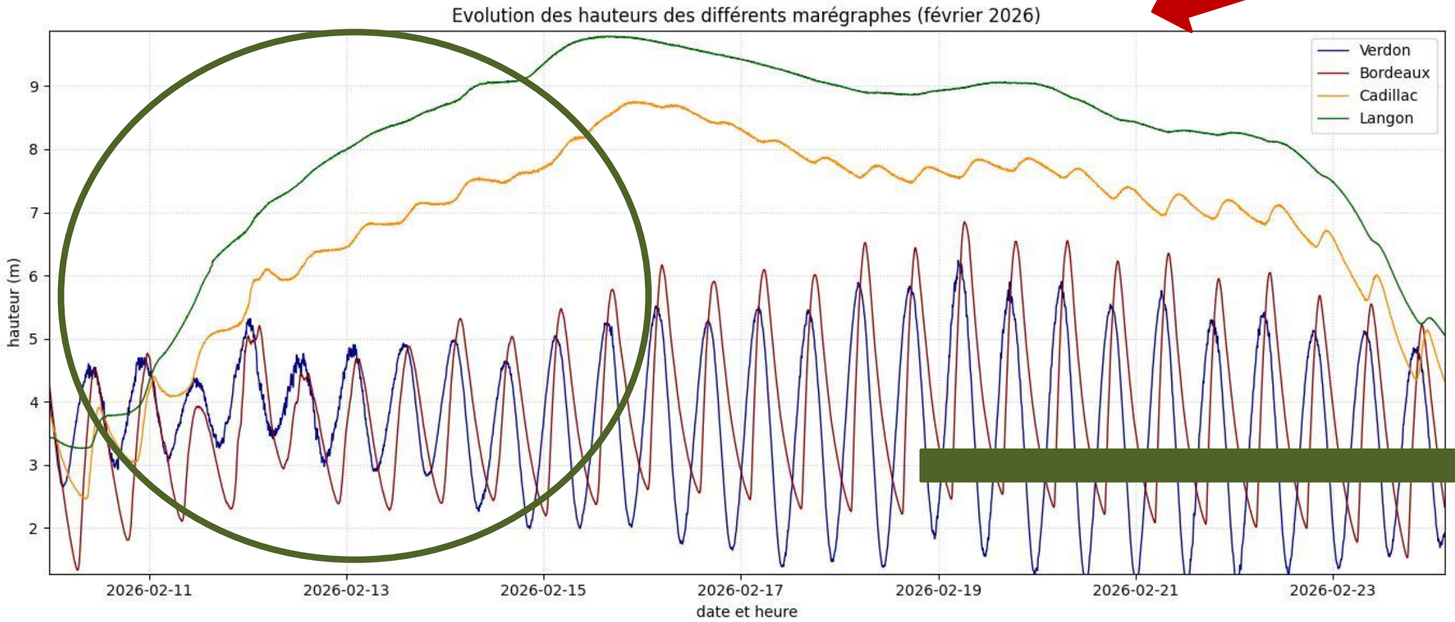
MINISTÈRES
TRANSITION ÉCOLOGIQUE
AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
TRANSPORTS
VILLE ET LOGEMENT
Liberté
Égalité
Fraternité

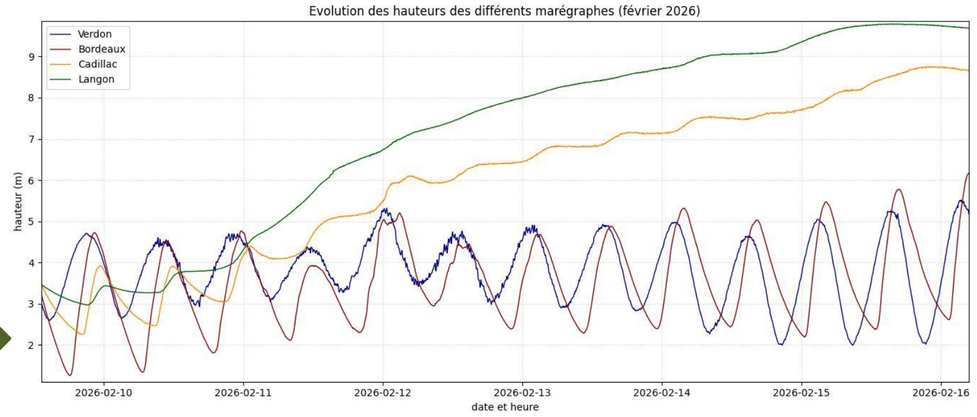
SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Contextes et enjeux : formes des marées







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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Pourquoi développer une bibliothèque pour traiter les données d'eau en estuaire ?

Constats :

- Les outils nationaux au sein du réseau Vigicrue n'existent pas pour les traitements des données en estuaire (sauf un semblant de recherche des pleines mers),
- Pas de routine de recherche des valeurs aberrantes, filtrages, reconstruction,
- La qualification des données mesurées est une analyse visuelle des graphiques,
- Traitement des longues séries temporelles est chronophage.

Bibliothèque version 0.0.0 (nom en cours de réflexion : UtilsMarees, traitement_signal, …)

- Fonctions de filtrage développées en Python 3 (3.11),
- Documentation de description des différentes fonctions,
- Exemples de programme en Python de l'utilisation des différentes fonctions.

➔ A développer une interface graphique ou intégrer la bibliothèque dans Octave.

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Présentation des différents filtrages

Types de filtrage :

- Naïfs : seuil et gradient,
- Statistiques : écart aux statistiques locales et par clustering non supervisé,
- Fréquentiels : FFT, ButterWorth et ondelettes,
- Avec a priori.

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

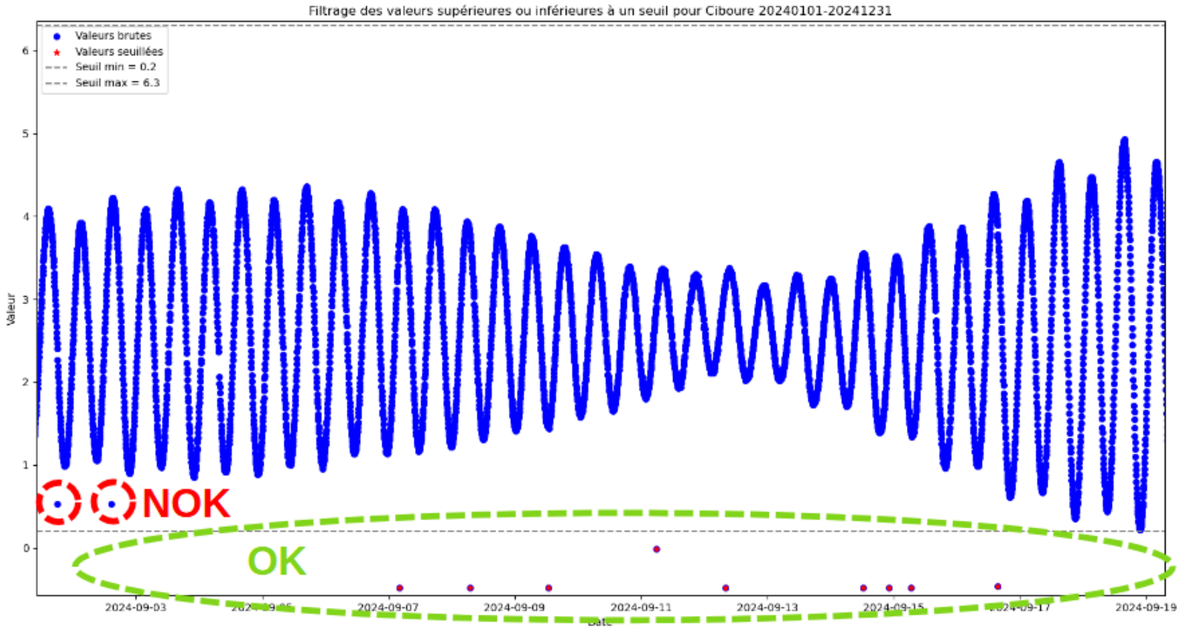
Filtrage naïf

Filtrage sur critère de seuil :

- principe : On définit un seuil bas et un seuil haut. Toute valeur située en dehors de cet intervalle (inférieure au seuil bas ou supérieure au seuil haut) est considérée comme aberrante.

- Filtrage grossier,
- Difficulté à fixer le seuil,
- Seuils fixes pour l'ensemble de la chronique,
- Valeurs récurrentes erronées hors gabarit aisément détectées (représentent parfois plus de 30% des erreurs pour certains capteurs).

- fonctionne en temps réel,
- POD ≈ 0,3 et FAR = 0 dans certaines conditions (avec POD qui représente la probabilité de détection et FAR le taux de fausse détection).



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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Filtrage naïf

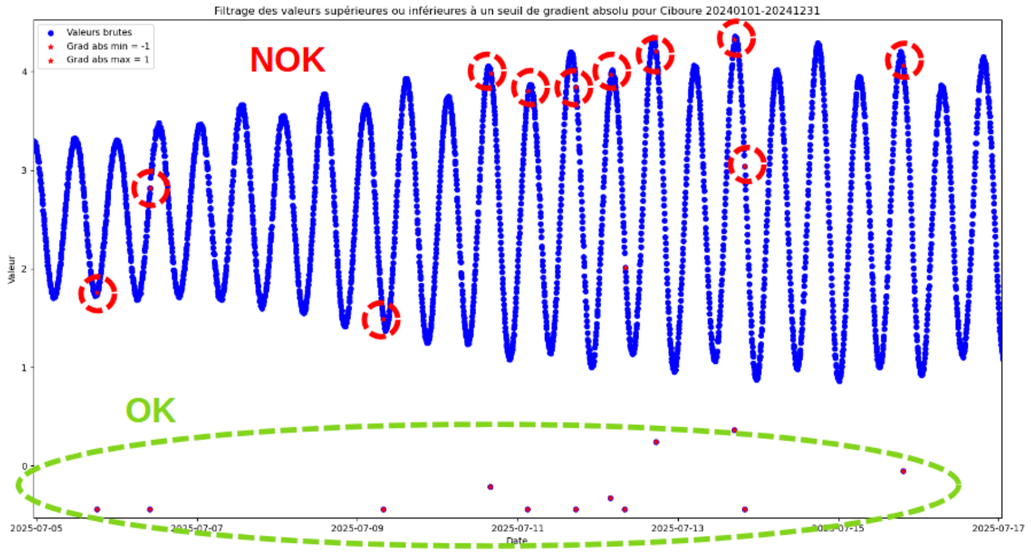
Filtrage sur critère de gradient :

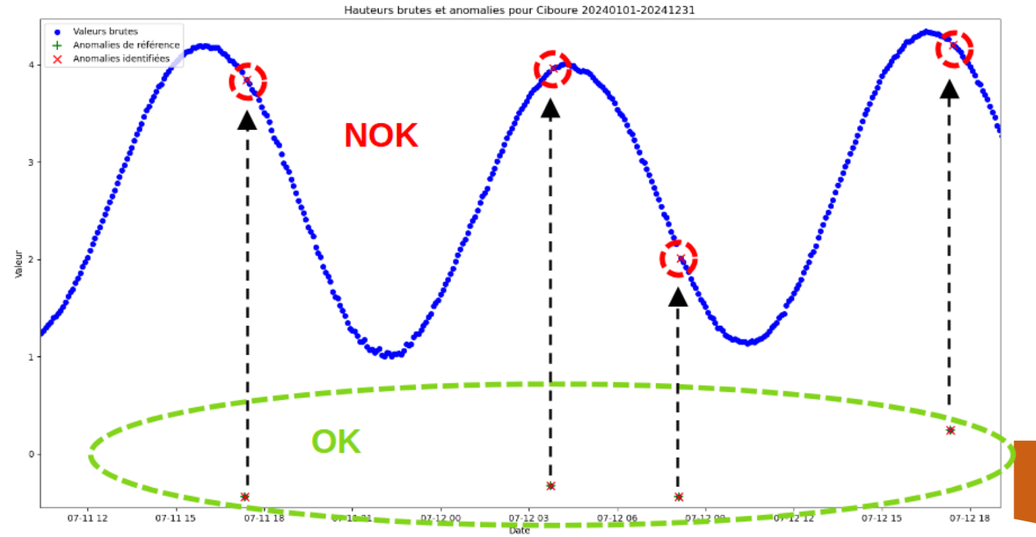
- principe : On calcule le gradient par différences finies. Un seuil de variation est fixé.

- Difficulté à fixer le seuil,
- Seuils fixes pour l'ensemble de la chronique,
- Mauvaises détections systémiques :

  - détecte les premières valeurs aberrantes,
  - ne détecte pas les plateaux,
  - POD ≈ FAR ≈ 0,5.

- fonctionne en temps réel,
- hausses et baisses physiquement invraisemblables détectées.





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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

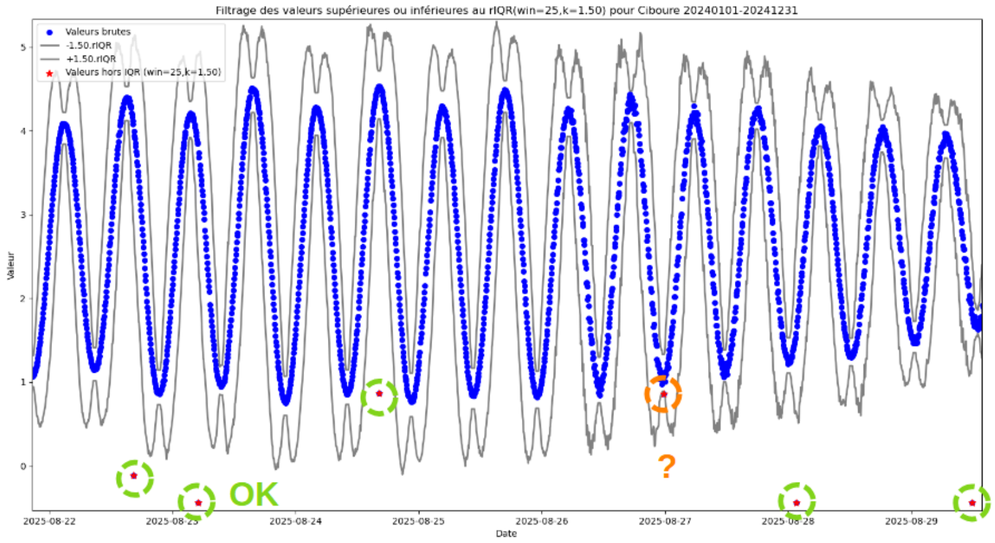
Filtrage statistique

Filtrage sur critère d'écart aux statistiques locales :

- principe : cette méthode consiste à identifier et filtrer les valeurs aberrantes en comparant chaque point de données aux statistiques locales (calculées dans un voisinage restreint autour du point).

- Difficulté à fixer les tailles de fenêtre pour un signal « périodique » (quel sens à une moyenne locale sur le jusant ?),
- Resserrement du gabarit autour des pleines et basses mers ex : un seuil interquartile peut-être pertinent aux PM/BM mais ni au flot, ni au jusant),
- Petites fenêtres impliquent des instabilités statistiques,
- Grandes fenêtres donnent un manque de représentativité du signal local,

- POD ≈ 0,5 et FAR ≈ 0,2,
- Ne fonctionne pas en temps réel (30 minutes à une heure de délai).



Méthodes proches :

- IQR : anomalie si au-delà de k-écart interquartiles (Q3-Q1),
- Z-score : anomalie si z au-delà d'un seuil (z = (val-meanLoc)/stdLoc),
- MAD : anomalie si Médian Abs Déviation au-delà d'un seuil (écart médian local).

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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Filtrage statistique

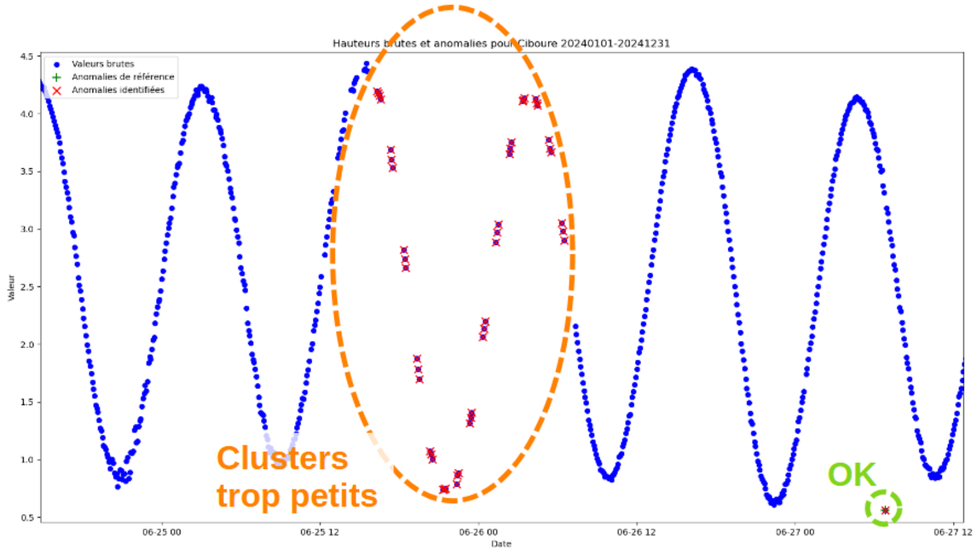
Filtrage par clustering non supervisé : DBSCAN :

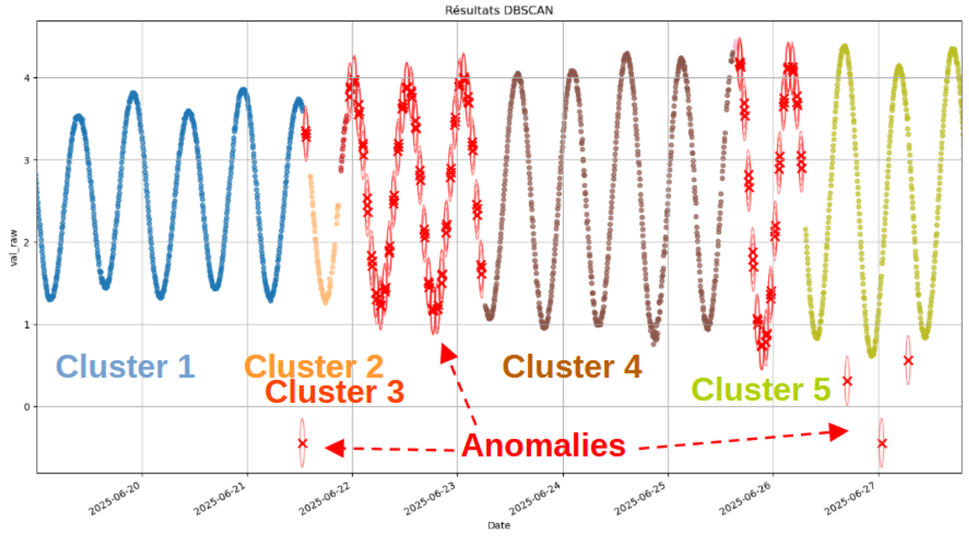
- principe : Détecter des outliers et segmenter des données en groupes sans avoir à spécifier le nombre de cluster à l'avance.

- Difficulté à fixer les tailles de fenêtre pour un signal, en particulier si normalisation de la chronique en hauteur ET en temps,
- Crée des cluster de valeurs aberrantes si blocs de données erronées,
- Classement cluster petits comme anomalies.

- Adaptation locale,
- Identification de clusters (sous-séries complètes ou quasi-complètes).

- POD ≈ 0,5 et FAR ≈ 0,7,
- Ne fonctionne pas en temps réel (30 minutes à une heure de délai).





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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Filtrage fréquentiel

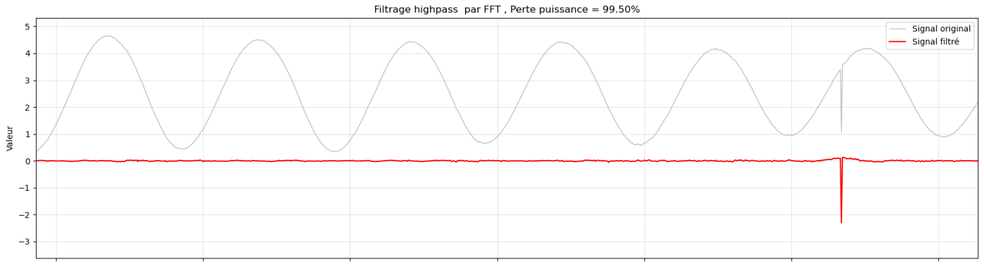
Filtrage fréquentiel FFT, filtres linéaires :

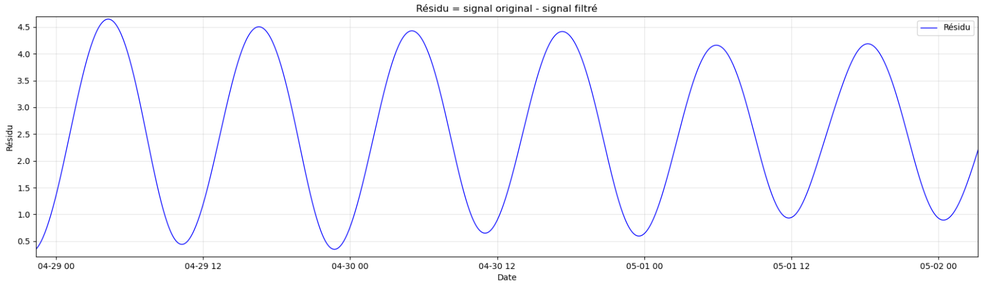
- Difficulté à fixer les seuils en fréquences (que ce soit passe-bas ou passe-haut),

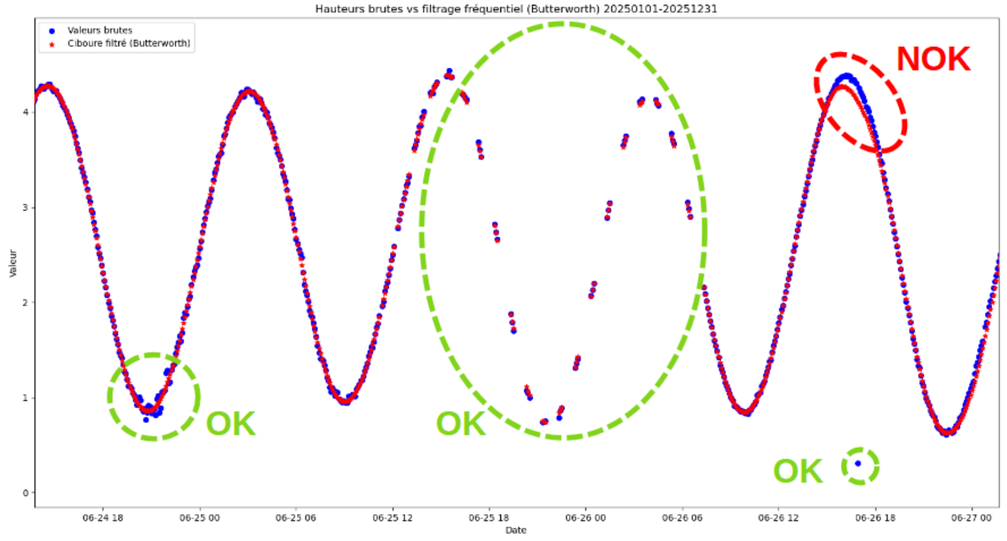
- Choix possible des HF / BF,
- FFT : plus simple de faire un passe-haut sur les HF puis de récupérer les résidus,
- Butterworth : robuste aux NaN et moins d'instabilité,

- Différentiation signal/bruit,,
- Différentiation possible signal marée / surcotes ?

- POD ≈ 0,5 et FAR ≈ 0,2,
- Ne fonctionne pas en temps réel,







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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Filtrage avec a priori

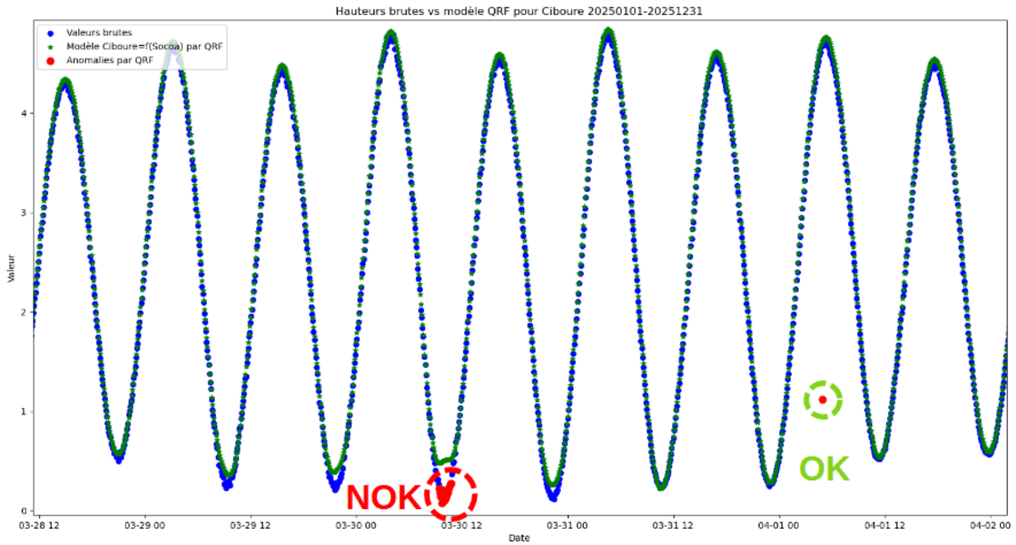
Filtrage part écart à un modèle simple appris sur la chronique observée :

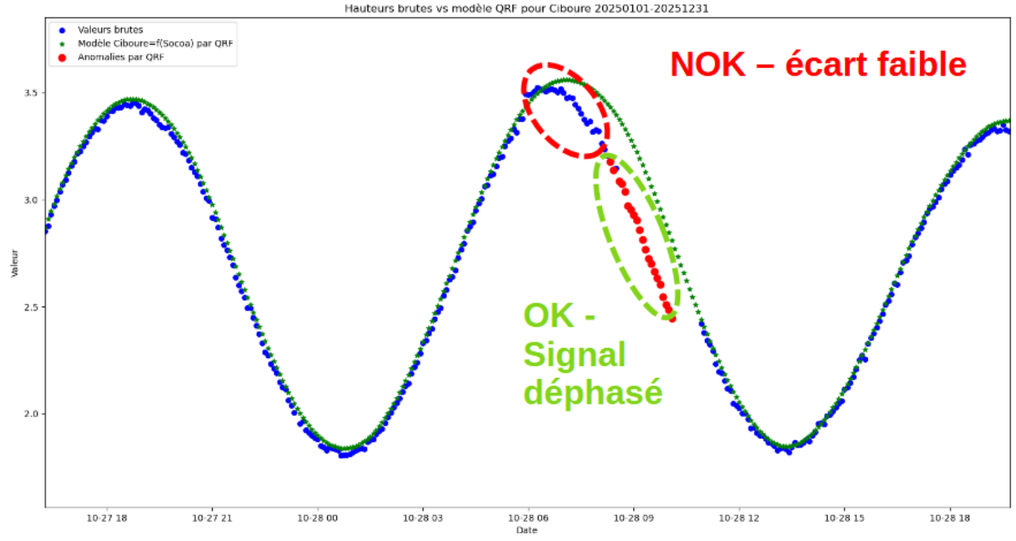
- principe : Combine des connaissances préexistantes (modèles statistiques, lois physiques, …) avec des observations bruités pour estimer un signal.

- Modèle potentiellement dégradé si données d'apprentissage sont trop dégradées,
- problème si modèle trop frustre.

- Seuil métrique aisé à fixer,
- Sensible au déphasage de signal,

- POD ≈ 0,7 et FAR ≈ 0,3,
- Ne fonctionne pas en temps réel,





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

SHOM

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

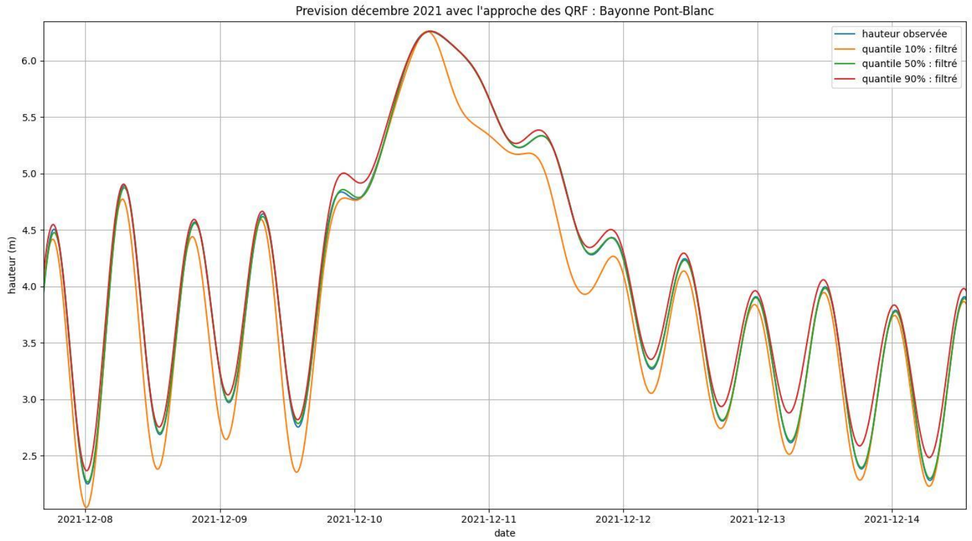
Reconstruction du signal

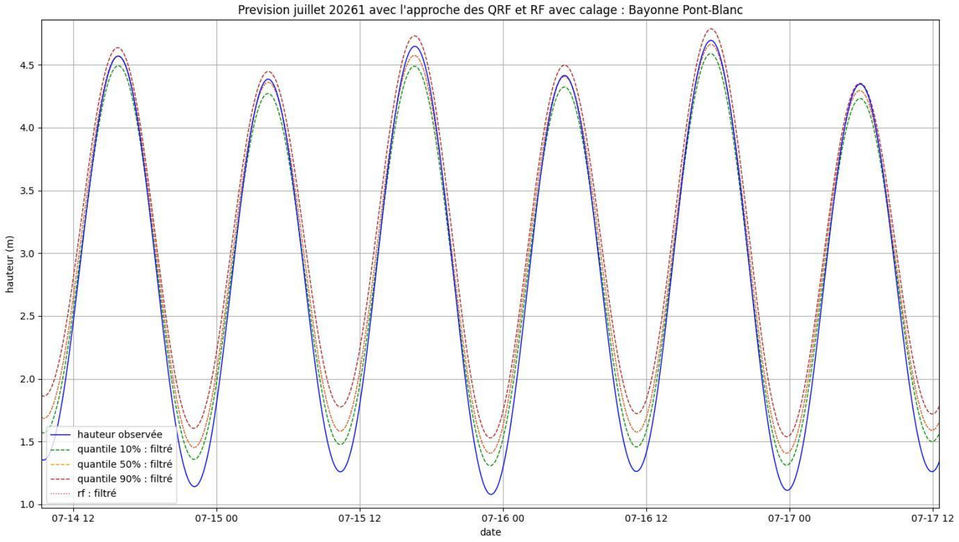
Reconstruction par Forêts Aléatoires de Quantiles – QRF :

- principe : Cette approche permet de prédire toutes valeurs cibles avec sa distribution (médiane, quartiles, percentiles extrêmes, …).

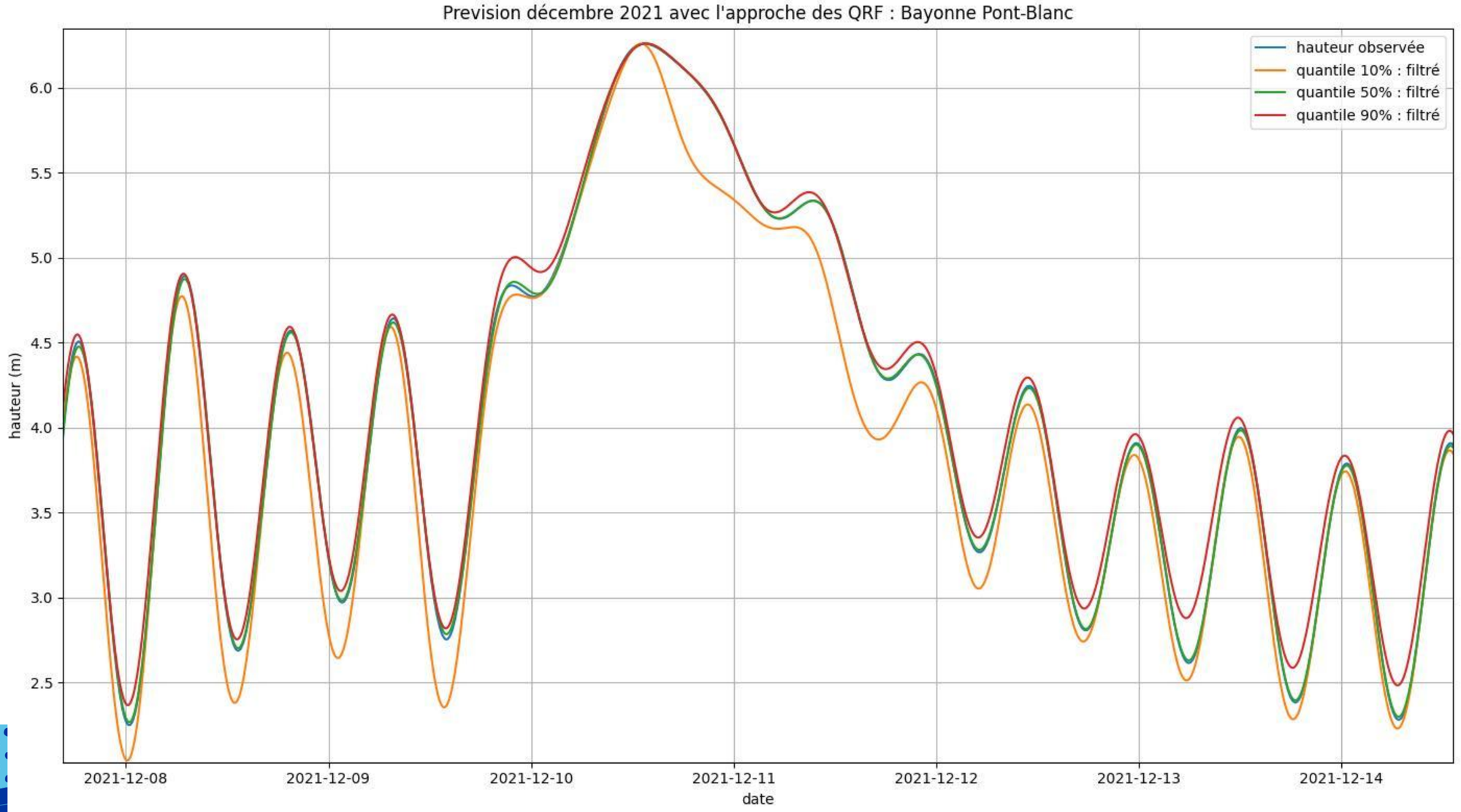
- Construire un modèle QRF sur des données d'observations de référence,
- Problème de taille du modèle (ex : 12GB) si très grande quantité de données
- Disposer d'un ensemble de données qui a vu l'ensemble des événements.

- Très rapide à mettre en œuvre pour réaliser des prédictions,
- Permet d'obtenir les quantiles sur la prédiction.

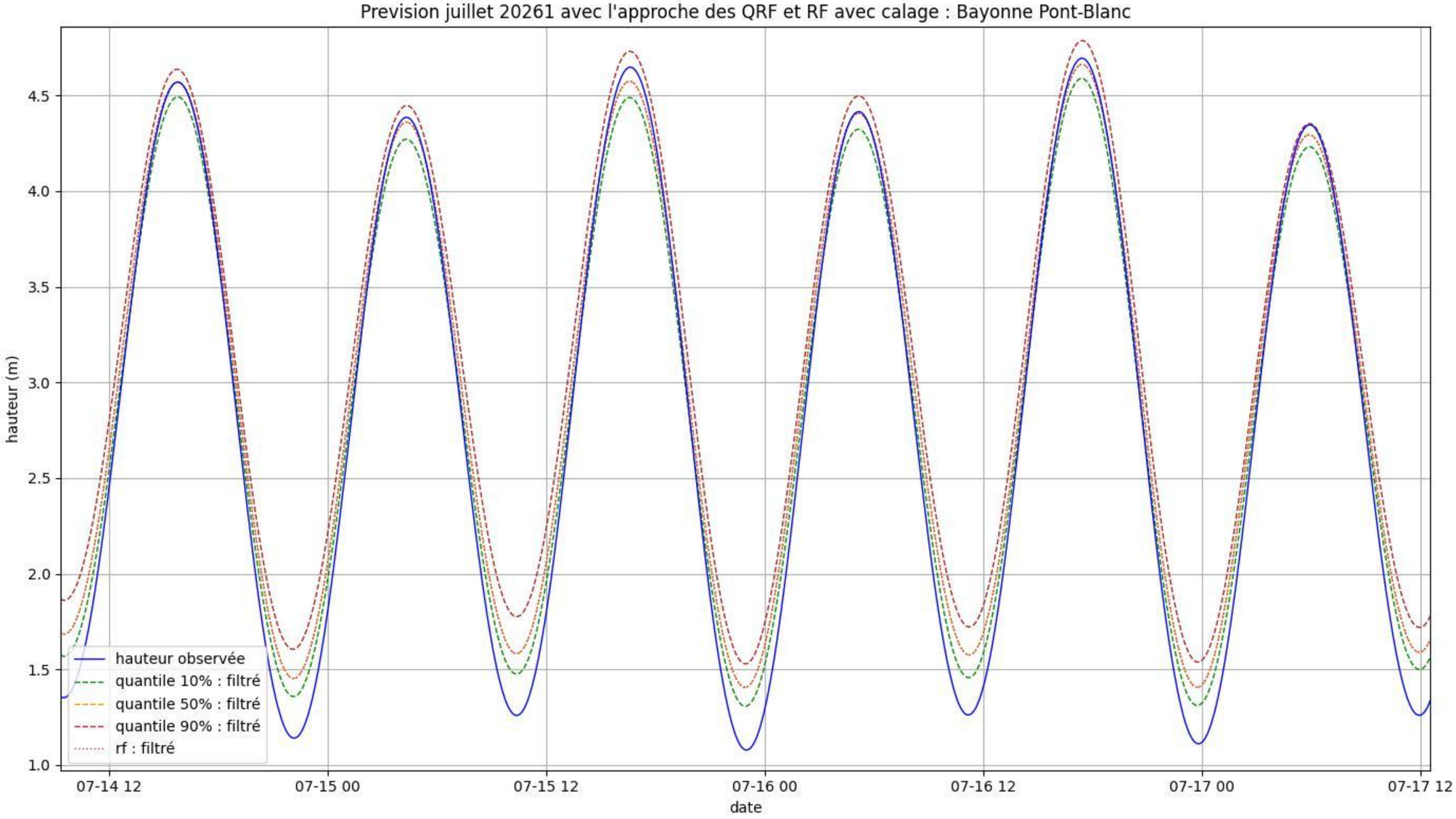




Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne



Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne



Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Conclusions et perspectives

- Affiner/ajuster pour chaque station (marégraphe) une séquence de filtrage optimisée,

- Travailler avec l'hydrométrie pour converger sur les pratiques,

- Exploiter les signaux de référence produits pour améliorer les modèles hydrauliques et statistiques → ultime boucle de détection d'erreur par écart au modèle affiné,
- Détendre les contraintes sur les filtres (seuils, écarts) et intégration par logique floue → amélioration robustesse et perfs (POD, FAR) par une approche multicritères,
- Exploiter les signaux de références produits pour entraîner des réseaux de neurones → apprentissage supervisé visant à détecter les anomalie,

- Travail sur le rapport signal/bruit, marée/surcote pour enrichir la donnée d'information événementielles,
- Disposer d'un modèle prédictif pour détecter les anomalies en temps réel.

Laurent DIEVAL et Romain GALLEN
Service de Prévision des Crues – Gironde – Adour – Dordogne

Merci de votre attention