

# Impact de la hausse du niveau de l'océan sur la vigilance crue dans les estuaires de l'Adour et de la Seine

Estelle MARCHAND<sup>1</sup>, Marie MORIN<sup>1</sup>, Laurent DIEVAL<sup>2</sup> et Yan LACAZE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Service de prévision des crues Seine aval-Côtiers Normands

<sup>2</sup> Service de prévision des crues Gironde Adour Dordogne

# La vigilance crues

# Vigilance

## Prévision :

- ⊙ Deux bulletins quotidiens (10h et 16h)
- ⊙ Caractérisation du risque dans les 24h par tronçon hydrographique
- ⊙ En crise : publication et actualisation des bulletins autant que nécessaire
- ⊙ Prévision au droit des stations hydrométriques

## Niveaux de vigilance :

- ⊙ **Vert** : pas de vigilance particulière requise
- ⊙ **Jaune** : premiers débordements et dommages localisés ou montée rapide
- ⊙ **Orange** : risque de crue génératrice de débordements importants
- ⊙ **Rouge** : risque de crue majeure

## Pour qui :

- ⊙ Les services de gestions de crise : préfecture, DDT(M), ...
- ⊙ Le public via le site : <https://www.vigicrues.gouv.fr/>

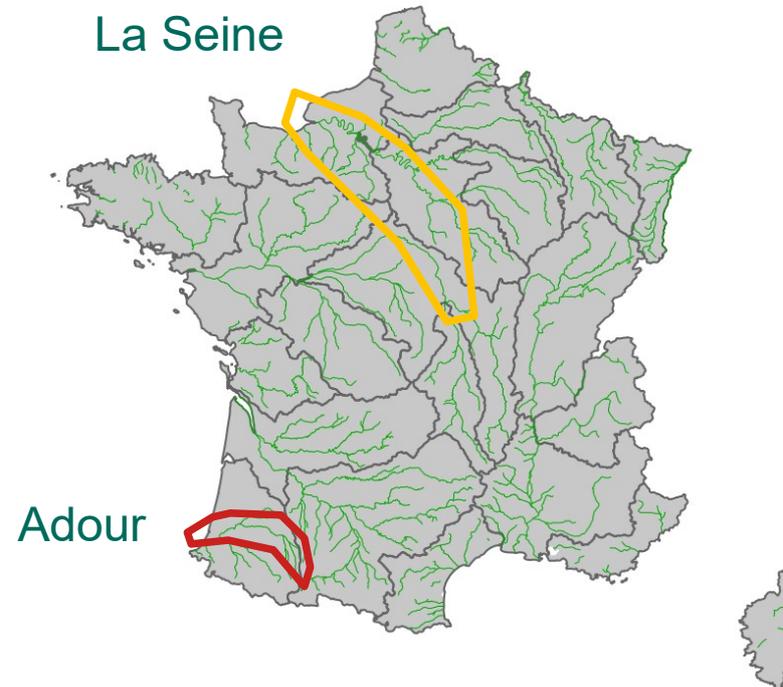


# Les secteurs d'étude

# Deux estuaires

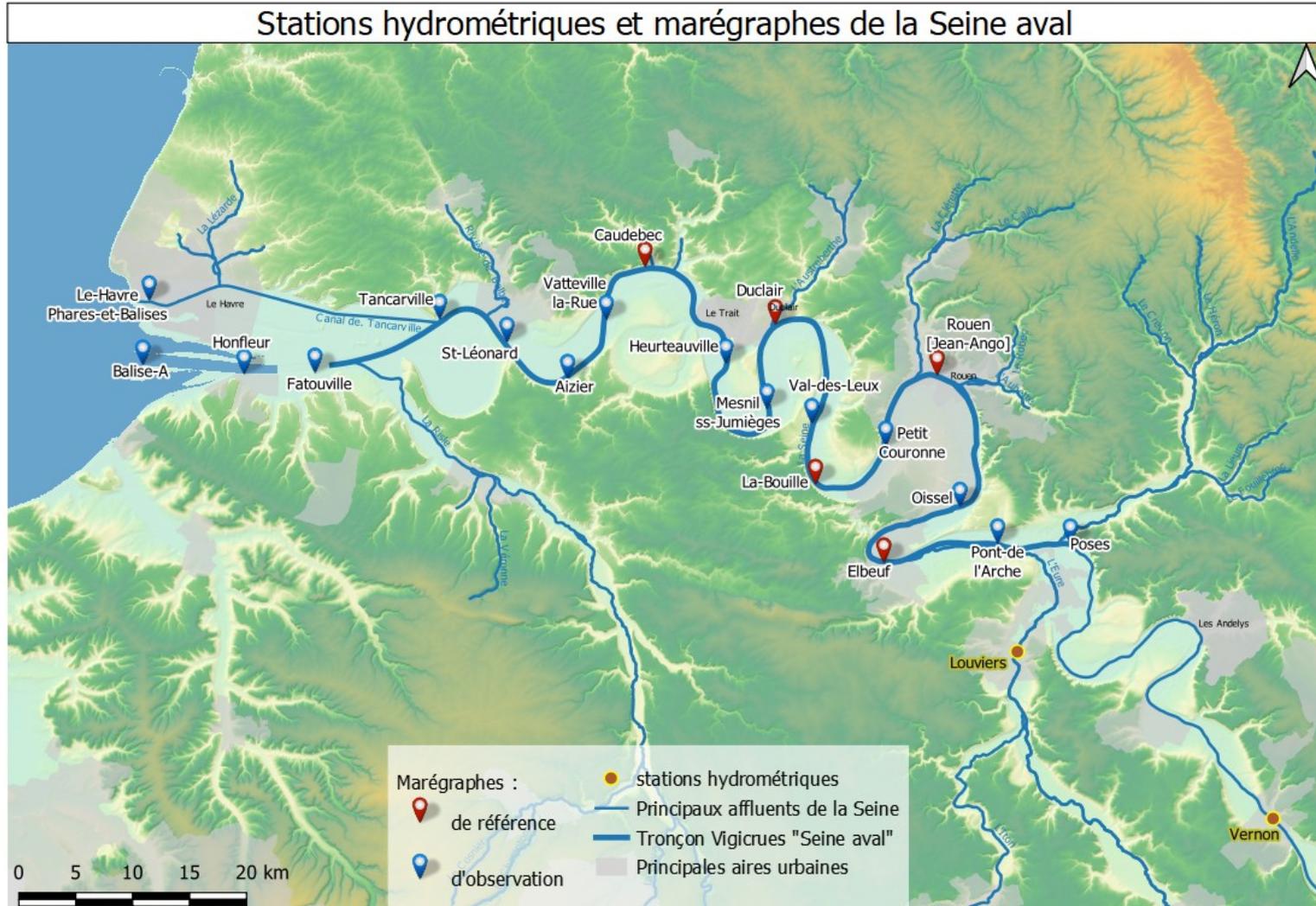
Impact du changement climatique sur deux secteurs :

- Cas d'un estuaire de moyenne taille : La Seine
- Cas d'un petit estuaire : l'Adour

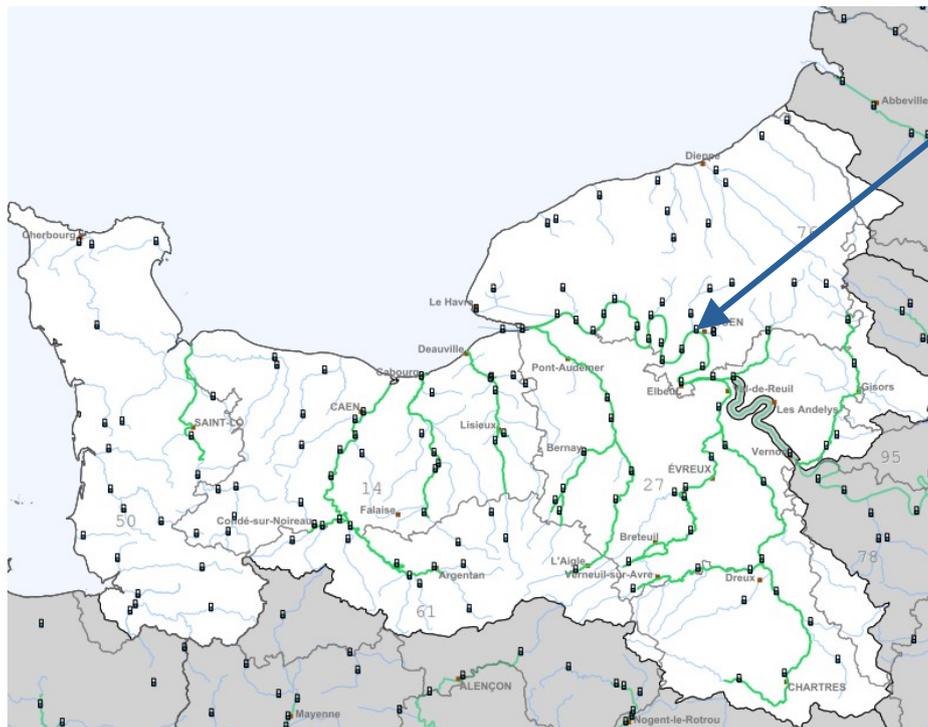


# L'estuaire de la Seine

# Cas de l'estuaire de la Seine



# Vigilance sur la Seine aval



## Station Rouen [Jean-Ango] (Seine)

### Commentaires à la station

[Recevoir des avertissements](#)



**Information :** Marégraphe du Grand Port Maritime de Rouen. La valeur de la hauteur d'eau est indiquée en m CMH (Cote Marine du Havre). Le zéro hydrographique des Cartes Marines du Havre est situé à 4,38 m au-dessous du zéro IGN 69.

**Prévision :** Pas de commentaire.

Graphique Zone inondable Observation Prévision Info station

### Rouen [Jean-Ango] (Seine) - Hauteurs - 07/12/2021 10:51

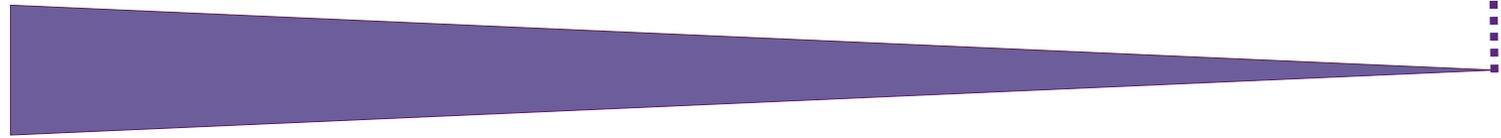
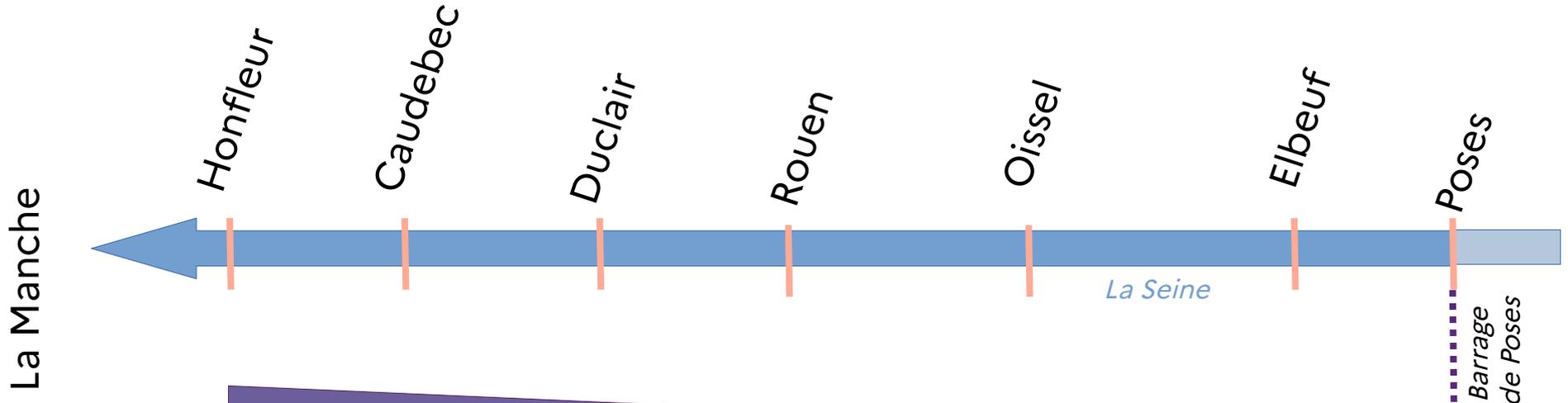
Afficher les données sur : 1 jour 3 jours 7 jours 14 jours 30 jours Zoom init.



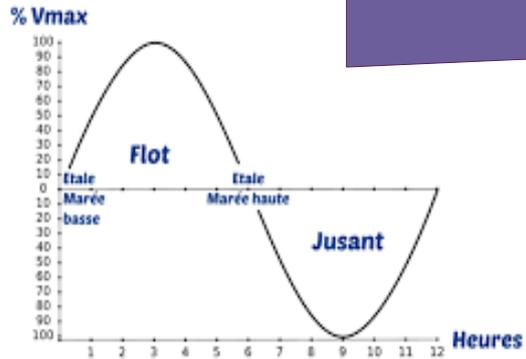
### Légende

— Rouen [Jean-Ango] (Seine)    - - - Crue de janvier 1910 - 10.05 m    - - - Crue de décembre 1999 - 9.91 m    - - - Crue du 13 février 2020 - 9.74 m

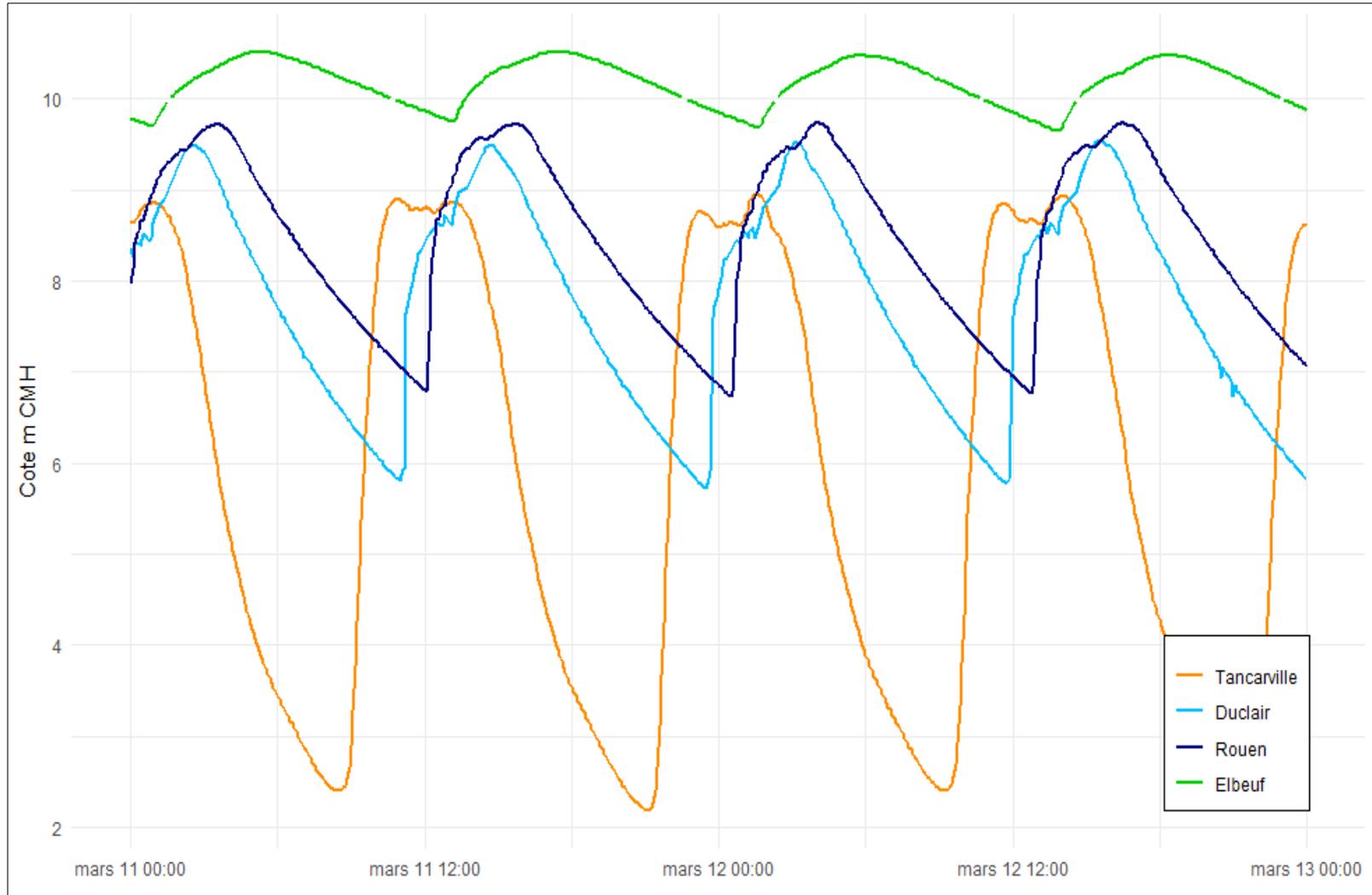
# Les marées



Marnage



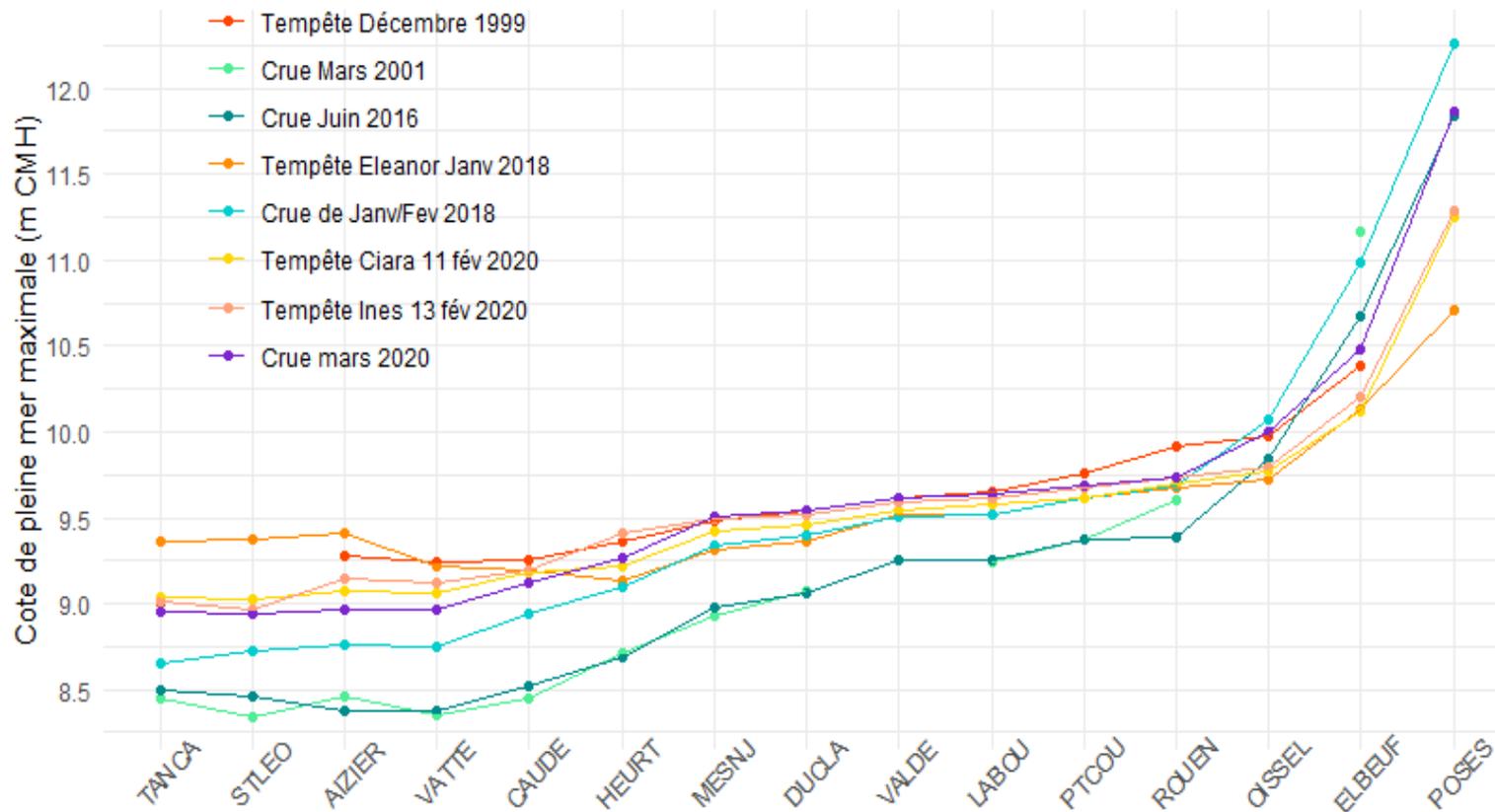
# La forme des marégrammes



Cotes mesurées en mars 2020

SPC SACN

# Fonctionnement fluvio-maritime et débordements

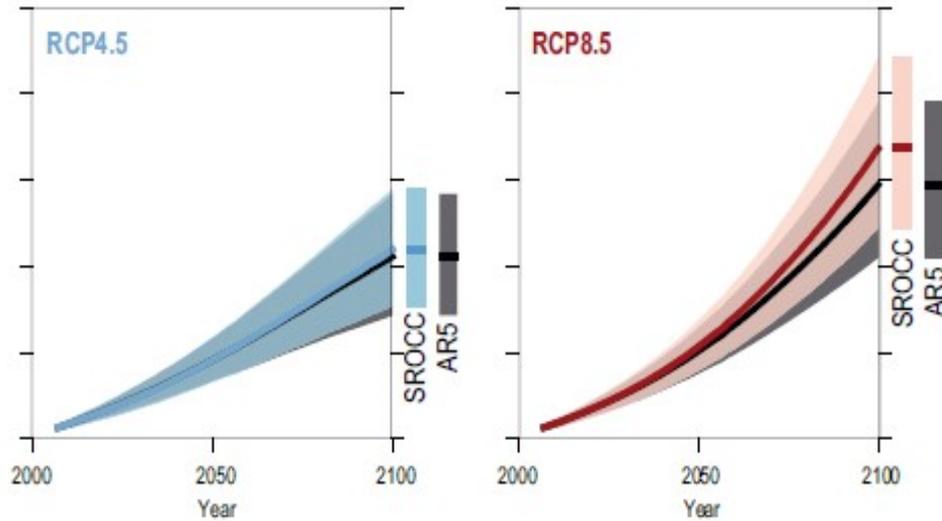


## Problématiques étudiées

Quelles seront les conséquences opérationnelles de la hausse du niveau marin ?

Quel sera l'impact sur les surfaces inondées et les enjeux du territoire ?

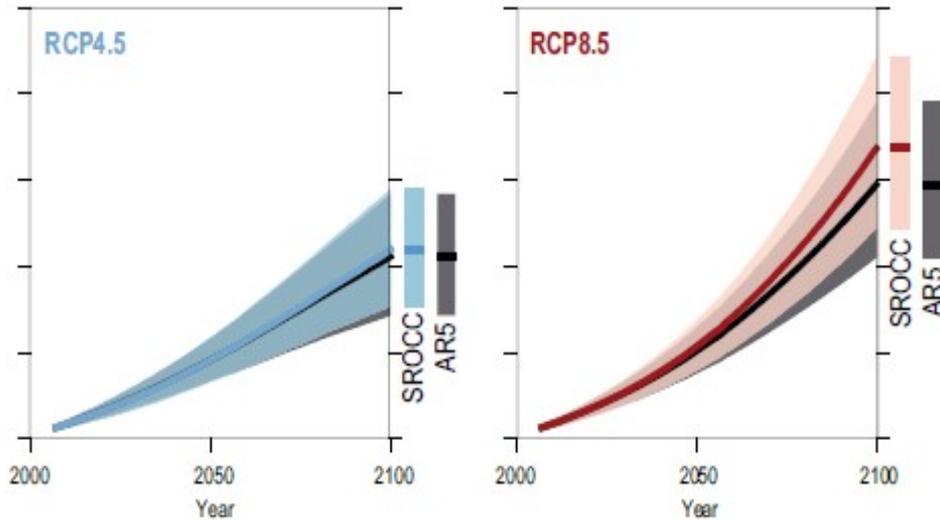
# Scénarios changement climatique étudiés



Horizon de temps	Hausse moyenne du niveau marin (en m)	
	RCP4.5	RCP8.5
2046-2065	0,26	0,32
2081-2100	0,49	0,71
2100	0,55	0,84

Source : GIEC, 2019

# Scénarios changement climatique étudiés



Horizon de temps	Hausse moyenne du niveau marin (en m)	
	RCP4.5	RCP8.5
2046-2065	0,26	0,32
2081-2100	0,49	0,71
2100	0,55	0,84

Source : GIEC, 2019

# Hypothèses

## Données :

- ❖ Débit observé de la Seine à Vernon ;
- ❖ Débit observé de l'Eure à Louviers ;
- ❖ Cote observée aux 17 marégraphes en m CMH ;

## Hypothèses :

- ❖ Forçages amont et aval suffisants pour expliquer le signal sur le linéaire de la Seine sur ce tronçon ;
- ❖ Pas de modification des cycles des marées ni des conditions météorologiques ;
- ❖ Pas de modification du régime hydrologique du BV de la Seine
- ❖ Translation du forçage aval (Tancarville) uniquement.



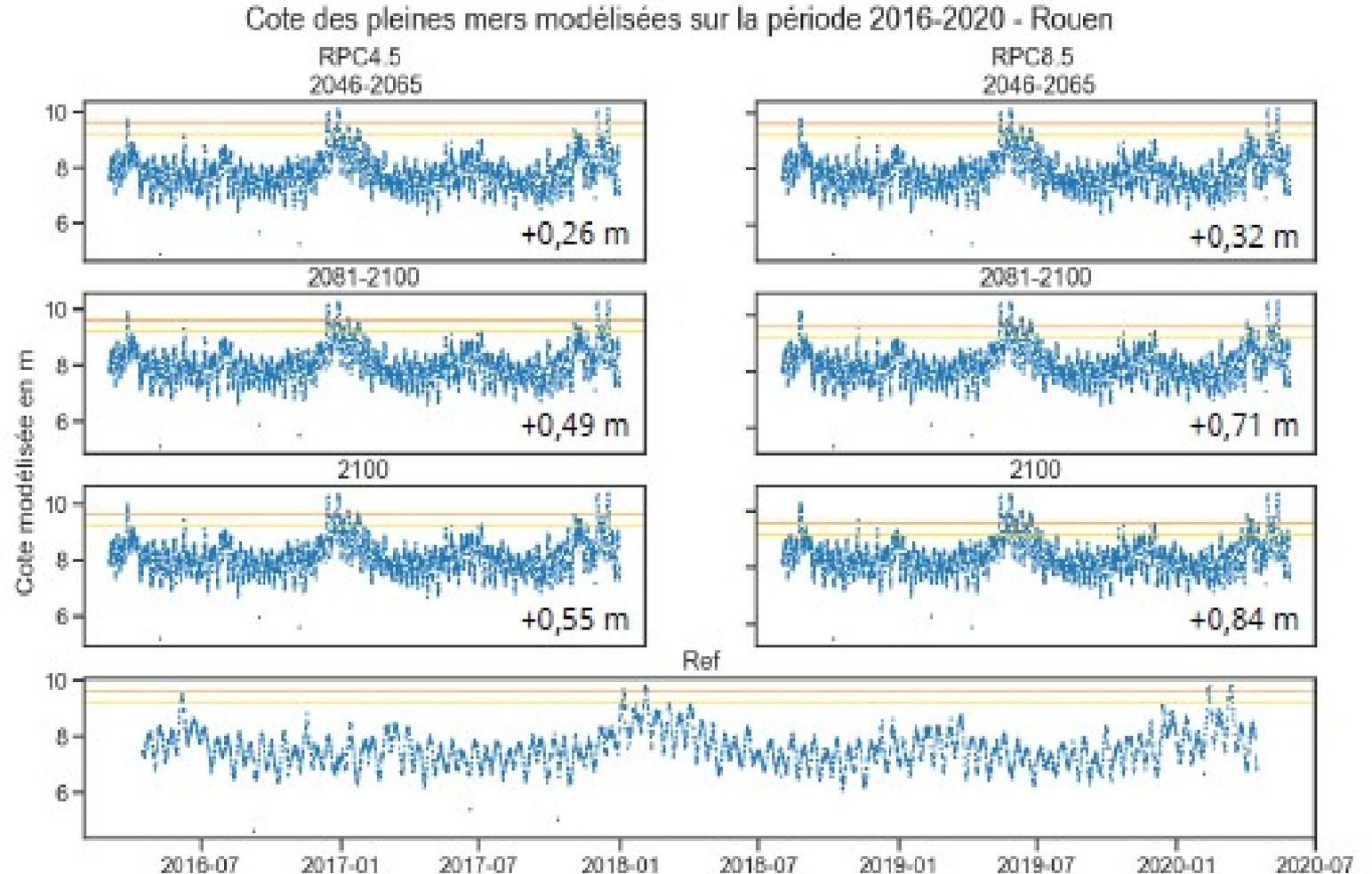
Inondations à La Bouille pendant la tempête Eleanor en janvier 2018 © Paris-normandie



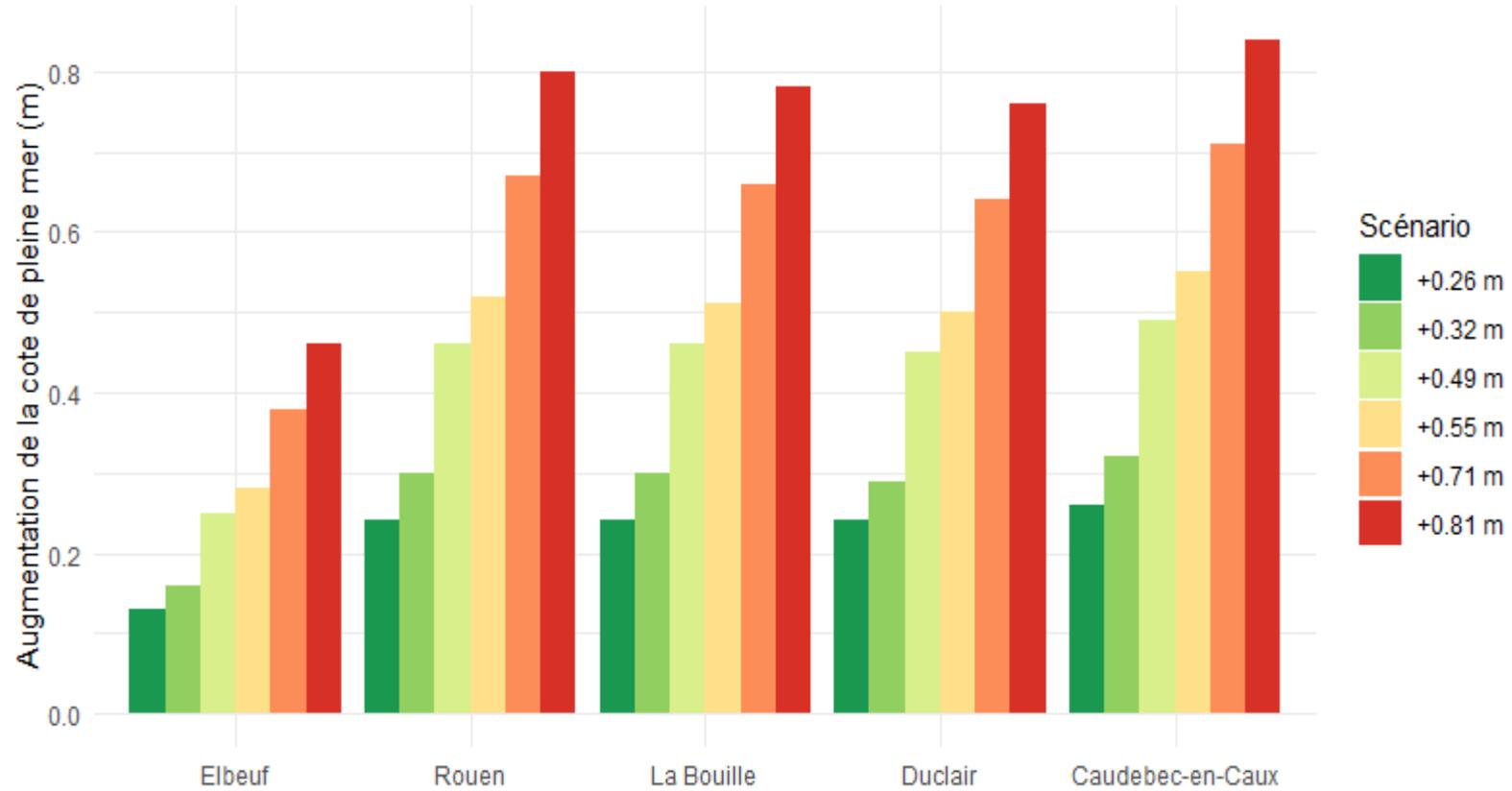
Inondations dans la boucle d'Elbeuf pendant la crue de janvier/ février 2018 © L'Elbeuvien

# Simulations

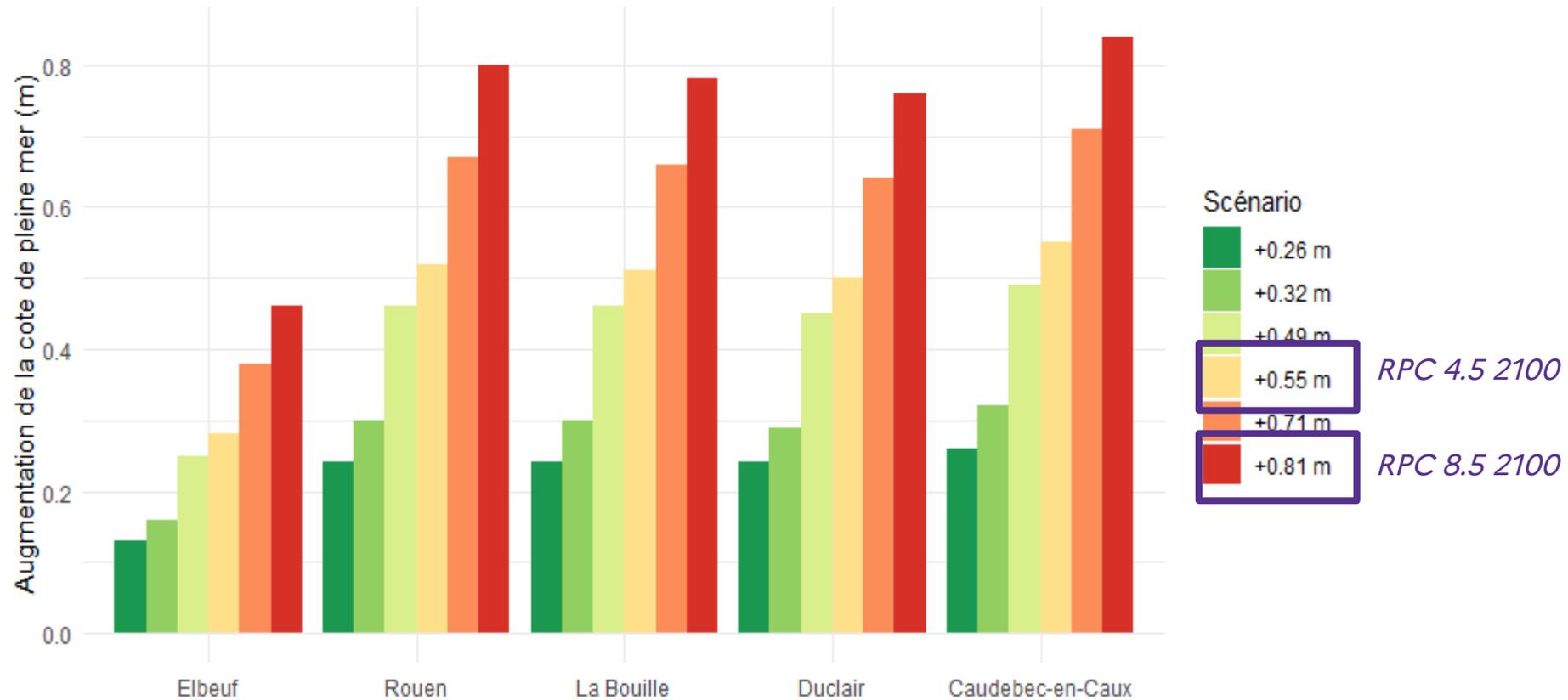
- Rejeu du modèle hydraulique 1D Mascaret du SPC sur 4 ans
- Translation de la contrainte aval



# Résultats sur les valeurs maximales de pleine mer Horizon 2100



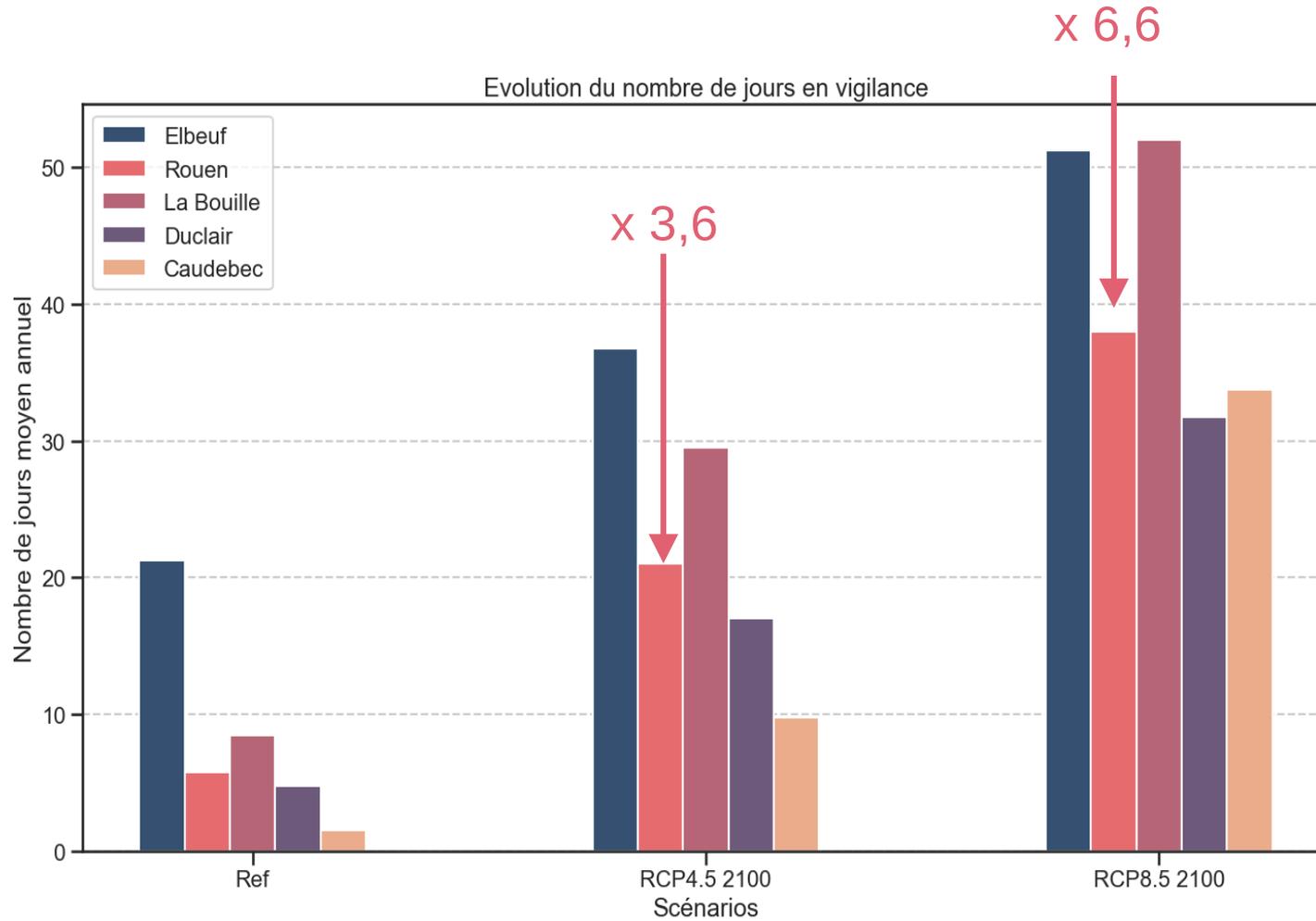
# Résultats sur les valeurs maximales de pleine mer Horizon 2100



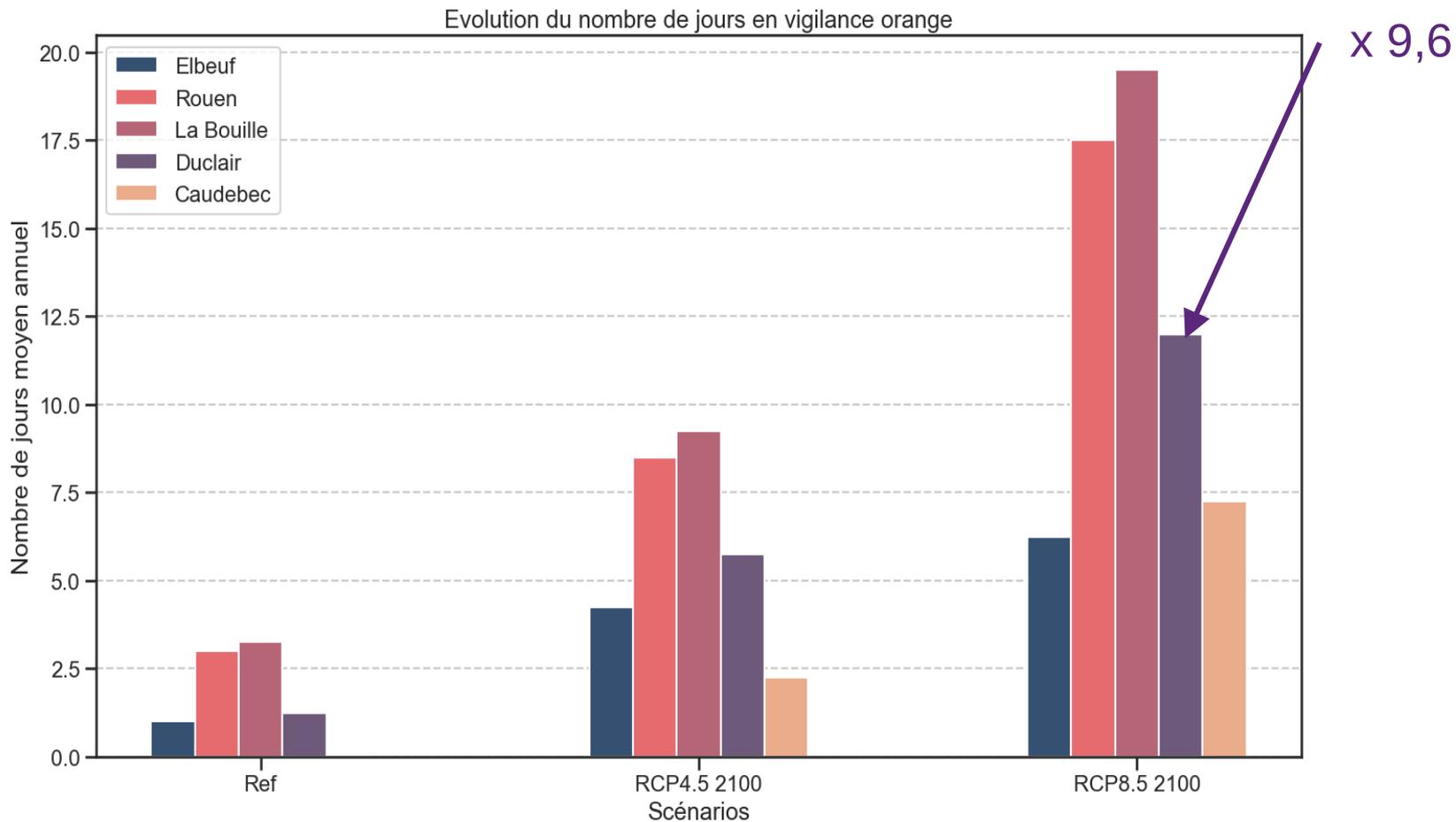
## Indicateurs calculés

- ❖ Nombre de jours en vigilance moyen par an ;
- ❖ Durée de submersion moyenne par an ;
- ❖ Conditions de débordement.

# Nombre de jours en vigilance au moins jaune

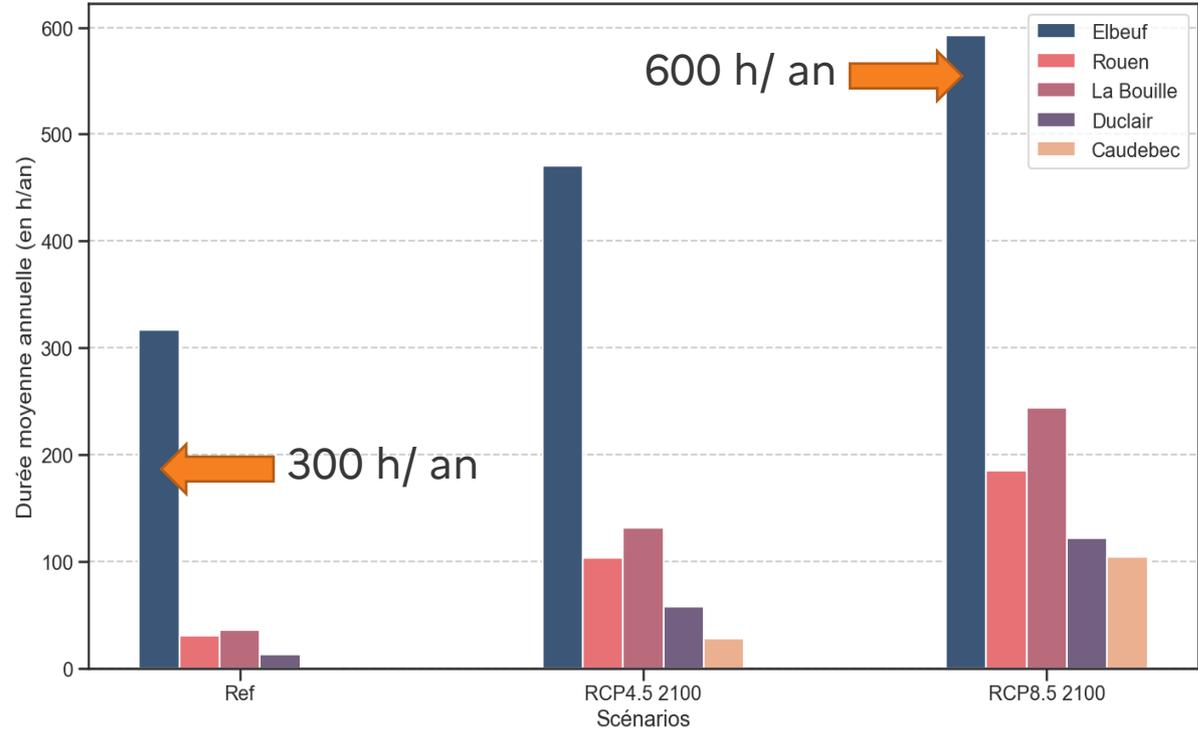


# Nombre de jours en vigilance orange



# Durée de submersion

## Durée moyenne par an



- + Conditionne les volumes débordant lors de chaque pleine mer
- + durée « théorique » pour laquelle le niveau jaune de vigilance est dépassé

## Durée moyenne de débordement par pleine mer

Temps de débordement par pleine mer (en h)	Elbeuf	Rouen	La Bouille	Duclair	Caudebec-en-Caux
Modélisation 2016-2020	14,9	5,2	4,3	2,7	0,6
RCP4,5 2100 (+0,55 m)	12,8	4,9	4,5	3,4	2,9
RCP8,5 2100 (+0,84 m)	11,6	4,9	4,7	3,8	3,1

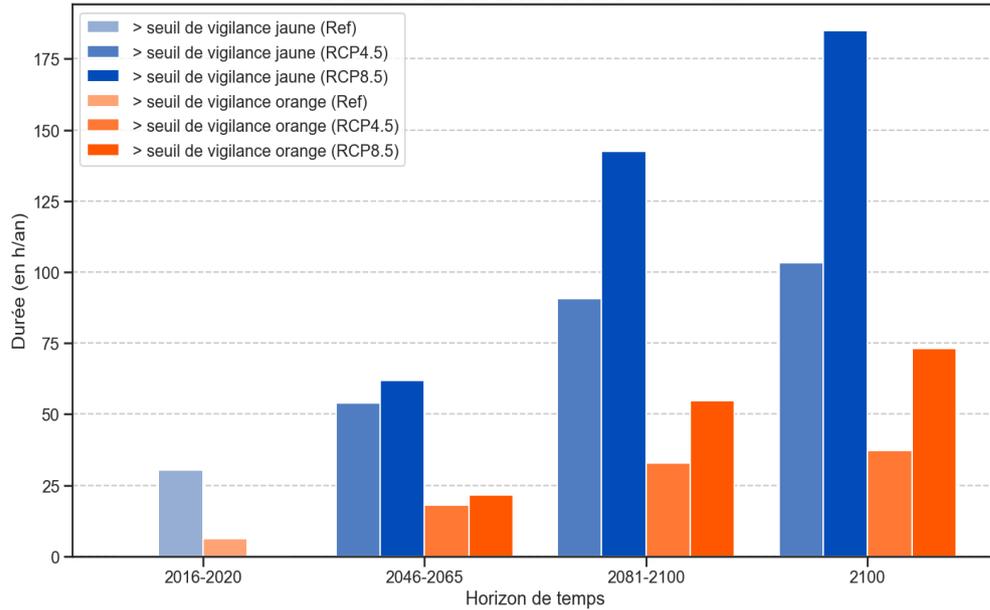
x5



# Durée de submersion

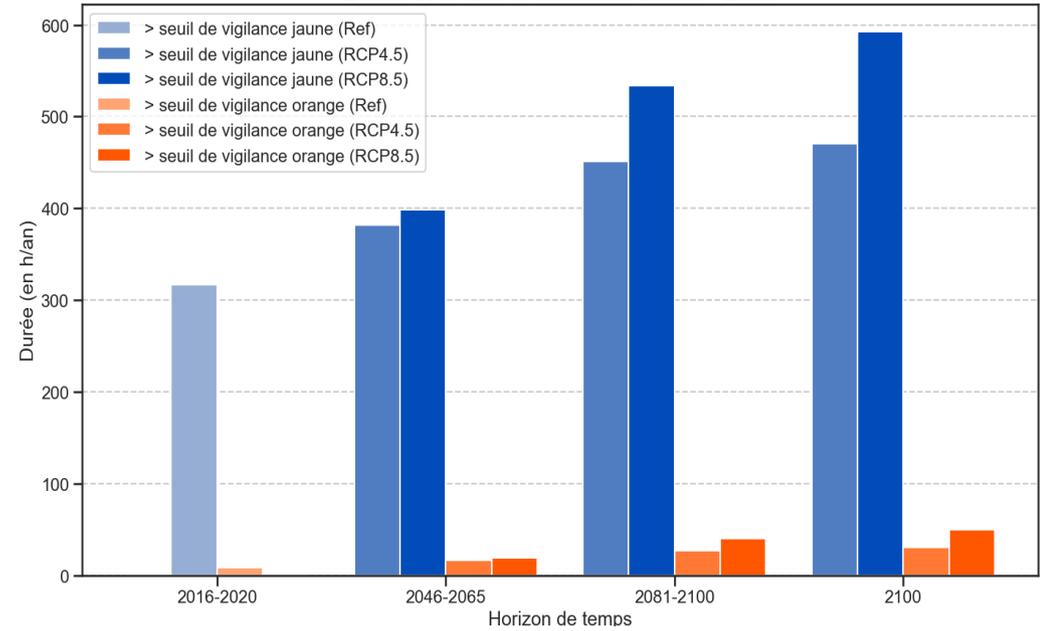
## Rouen

Evolution de la durée de submersion annuelle - Rouen



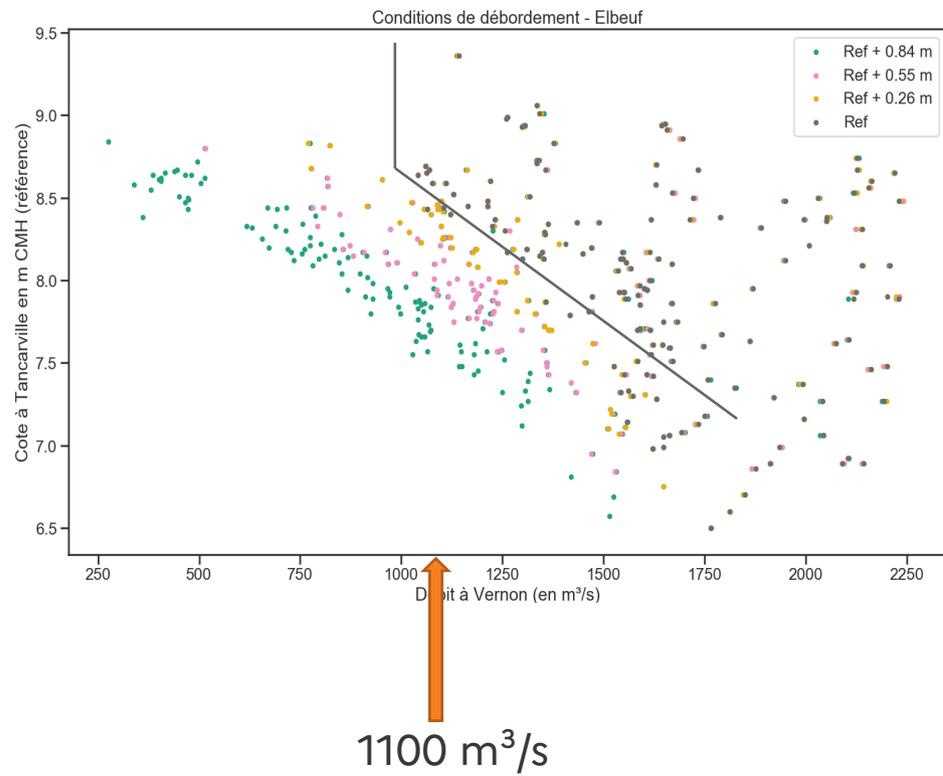
## Elbeuf

Evolution de la durée de submersion annuelle - Elbeuf



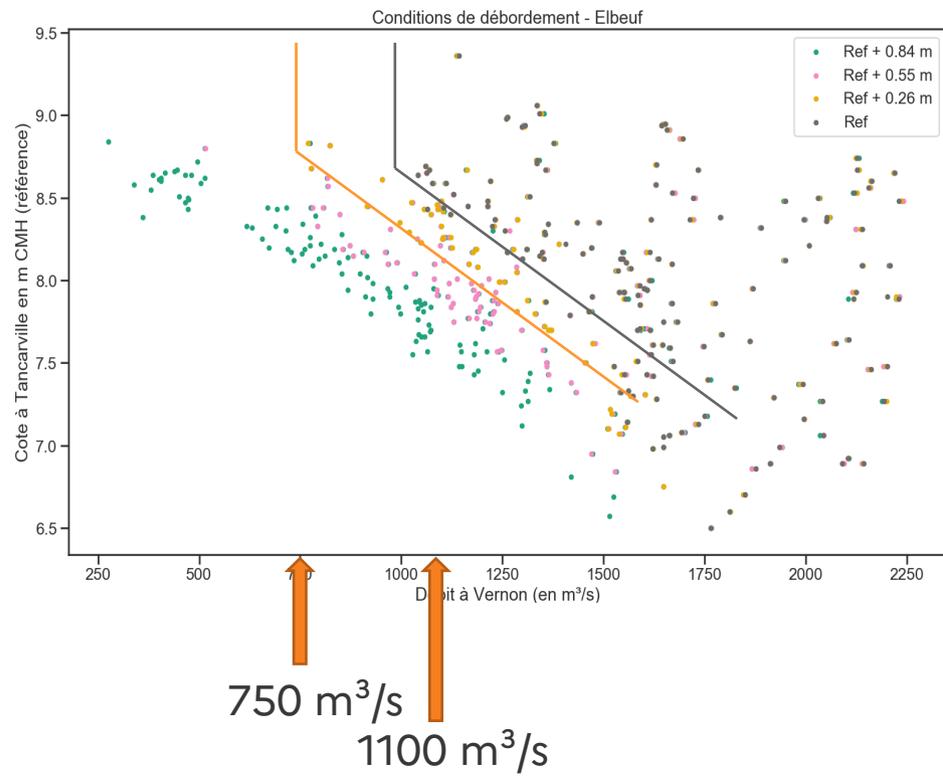
# Evolution des conditions de débordements

## Elbeuf



# Evolution des conditions de débordements

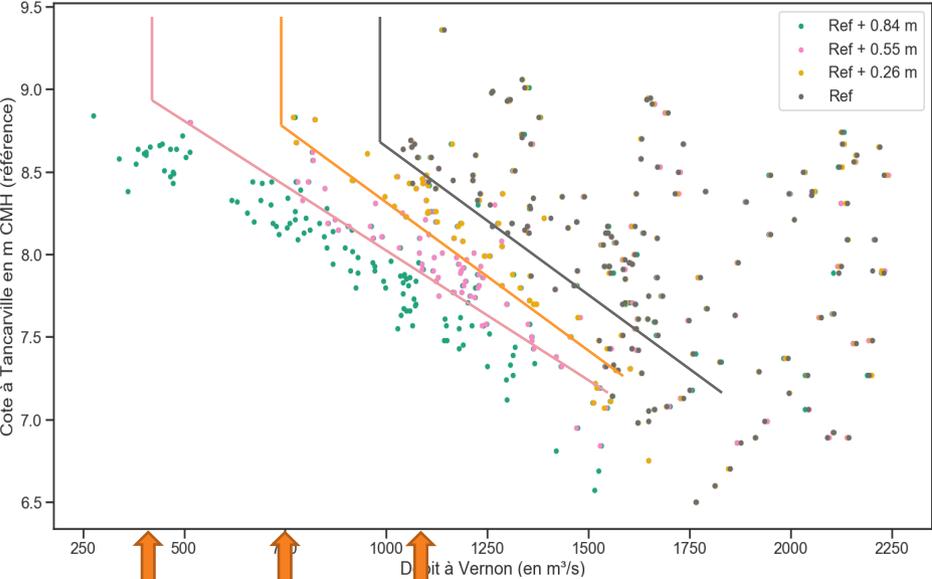
## Elbeuf



# Evolution des conditions de débordements

## Elbeuf

Conditions de débordement - Elbeuf

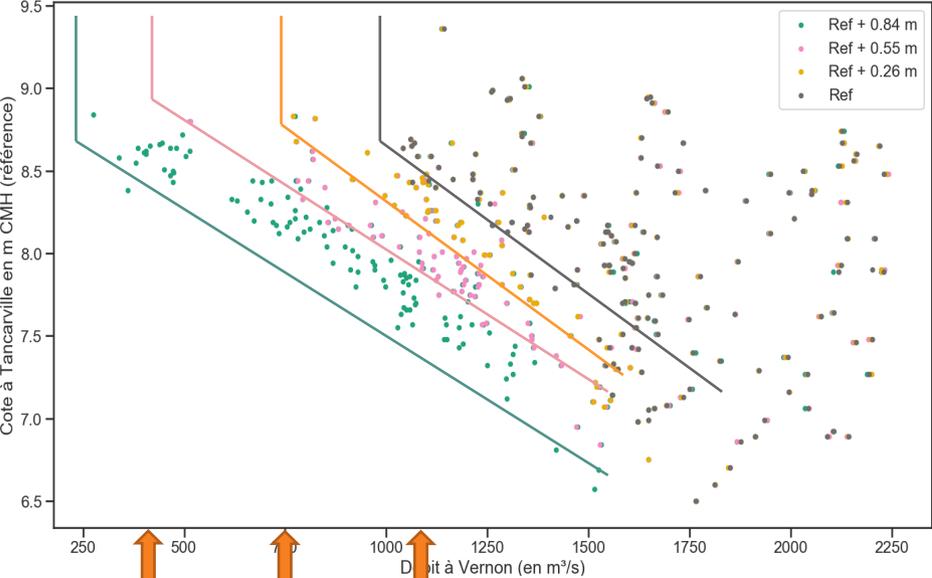


350 m<sup>3</sup>/s  
750 m<sup>3</sup>/s  
1100 m<sup>3</sup>/s

# Evolution des conditions de débordements

## Elbeuf

Conditions de débordement - Elbeuf

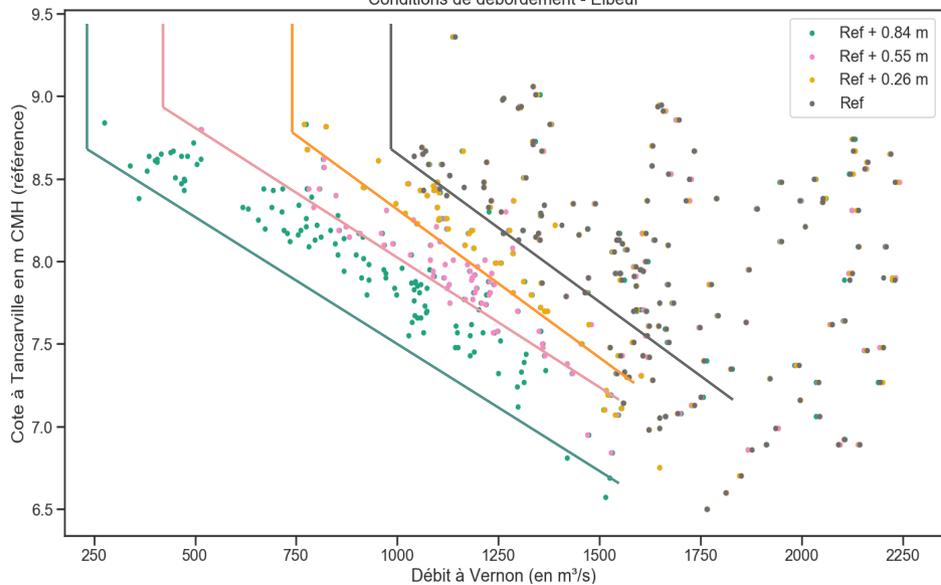


350 m<sup>3</sup>/s  
750 m<sup>3</sup>/s  
1100 m<sup>3</sup>/s

# Evolution des conditions de débordements

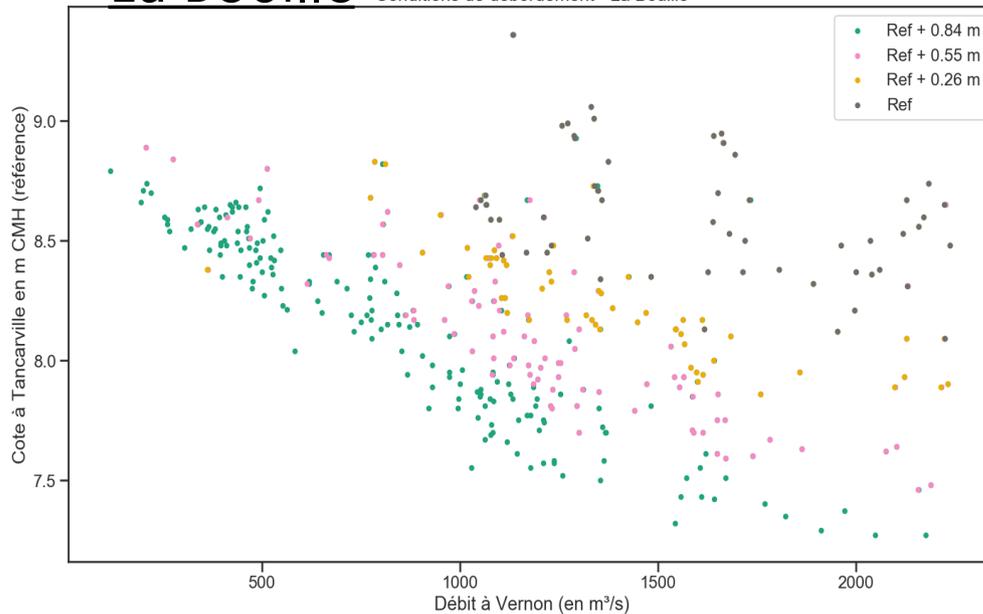
## Elbeuf

Conditions de débordement - Elbeuf



## La Bouille

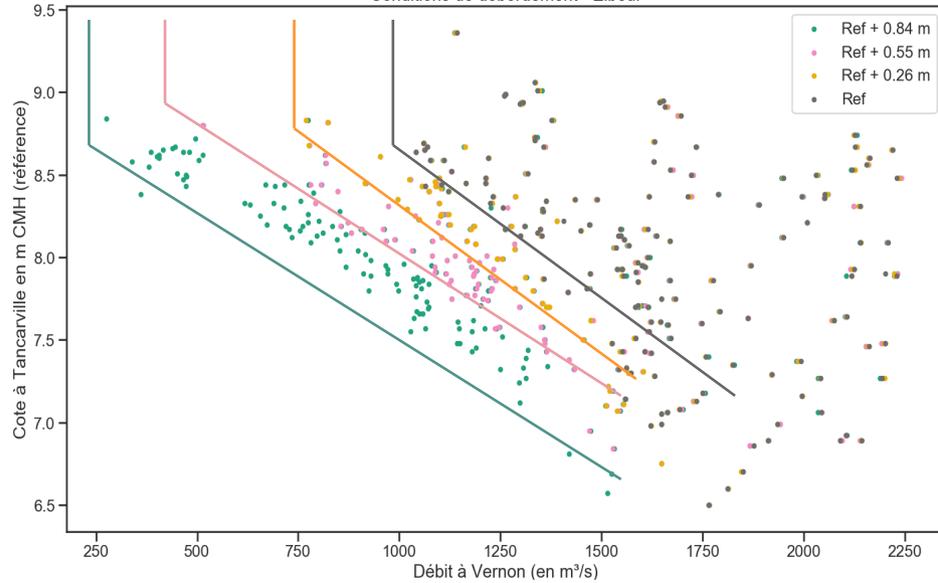
Conditions de débordement - La Bouille



# Evolution des conditions de débordements

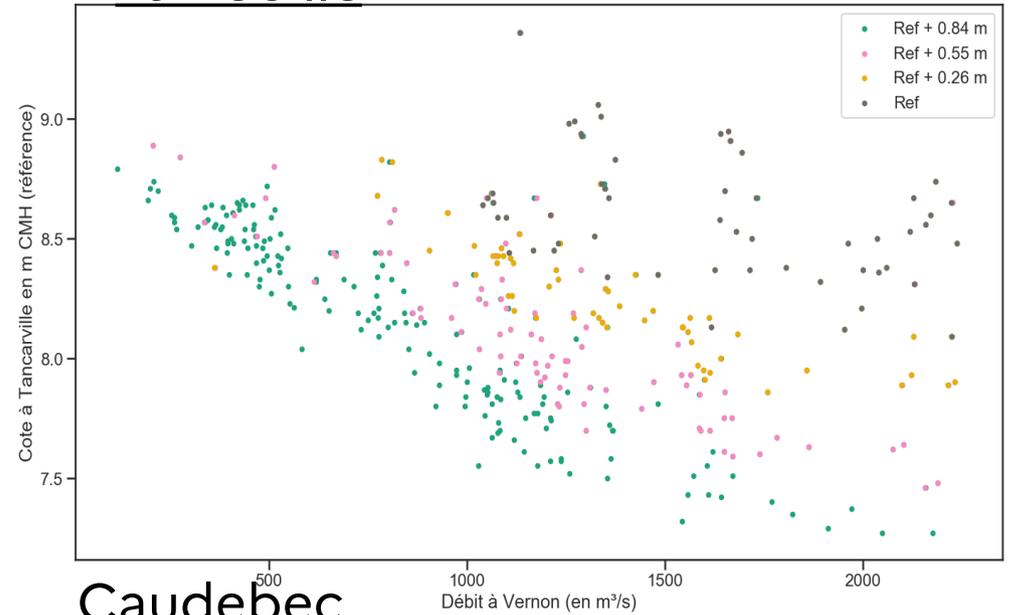
## Elbeuf

Conditions de débordement - Elbeuf



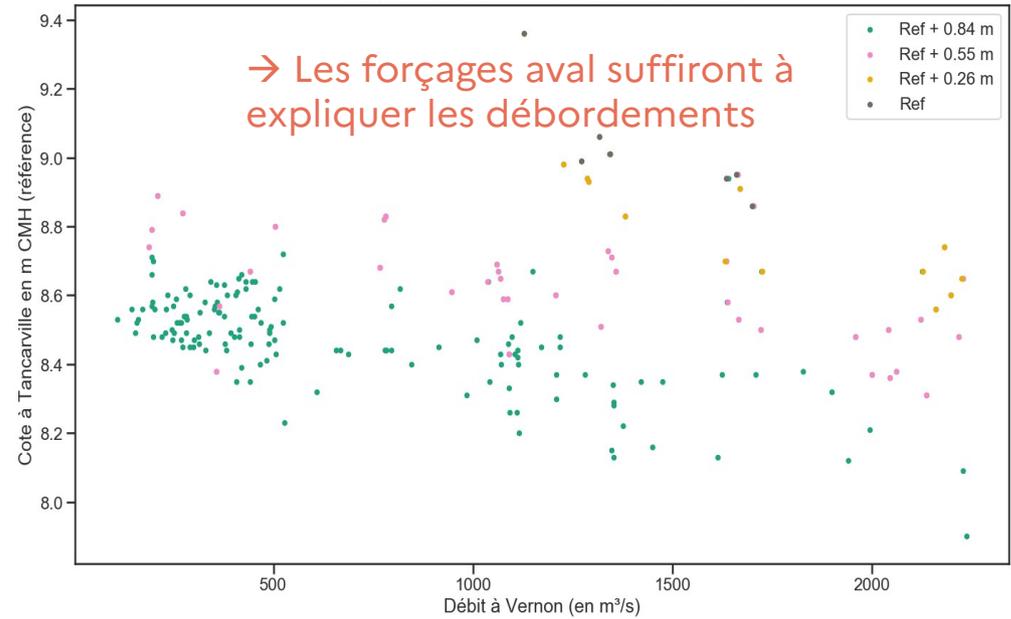
## La Bouille

Conditions de débordement - La Bouille



## Caudebec

Conditions de débordement - Caudebec-en-Caux



# Impacts sur le territoire



# Méthodologie

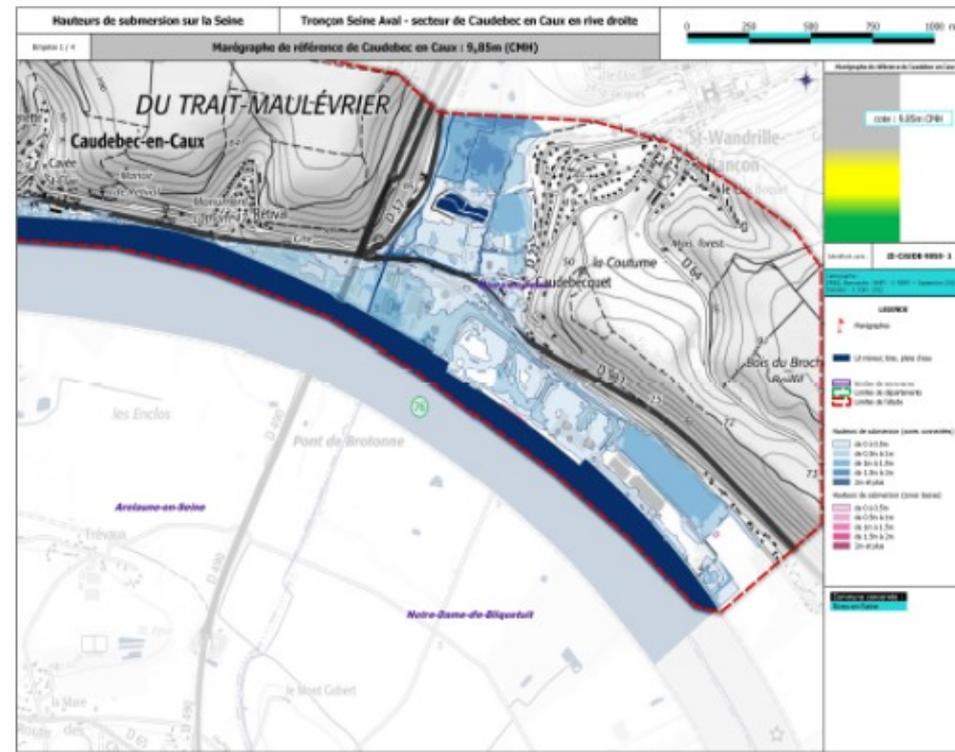
## 1. Évaluation des surfaces inondées

**Aléa faible** : hauteur d'eau inférieure à 50 cm ;  
**Aléa moyen** : hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m ;  
**Aléa fort** : hauteur d'eau supérieure à 1 m.

## 2. Estimation des populations et emplois impactés

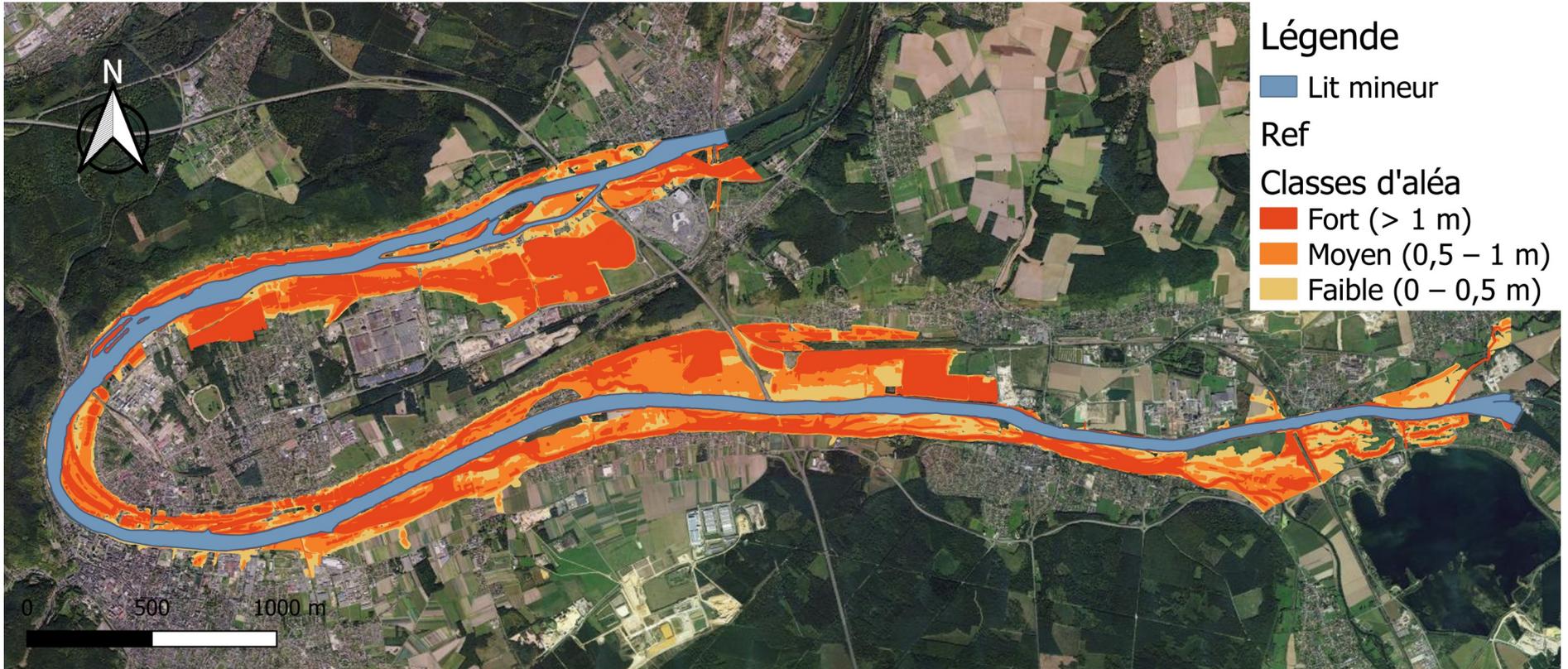
Semis de points de population ou d'emplois du Cerema

## 3. Croisement avec les autres enjeux du territoire



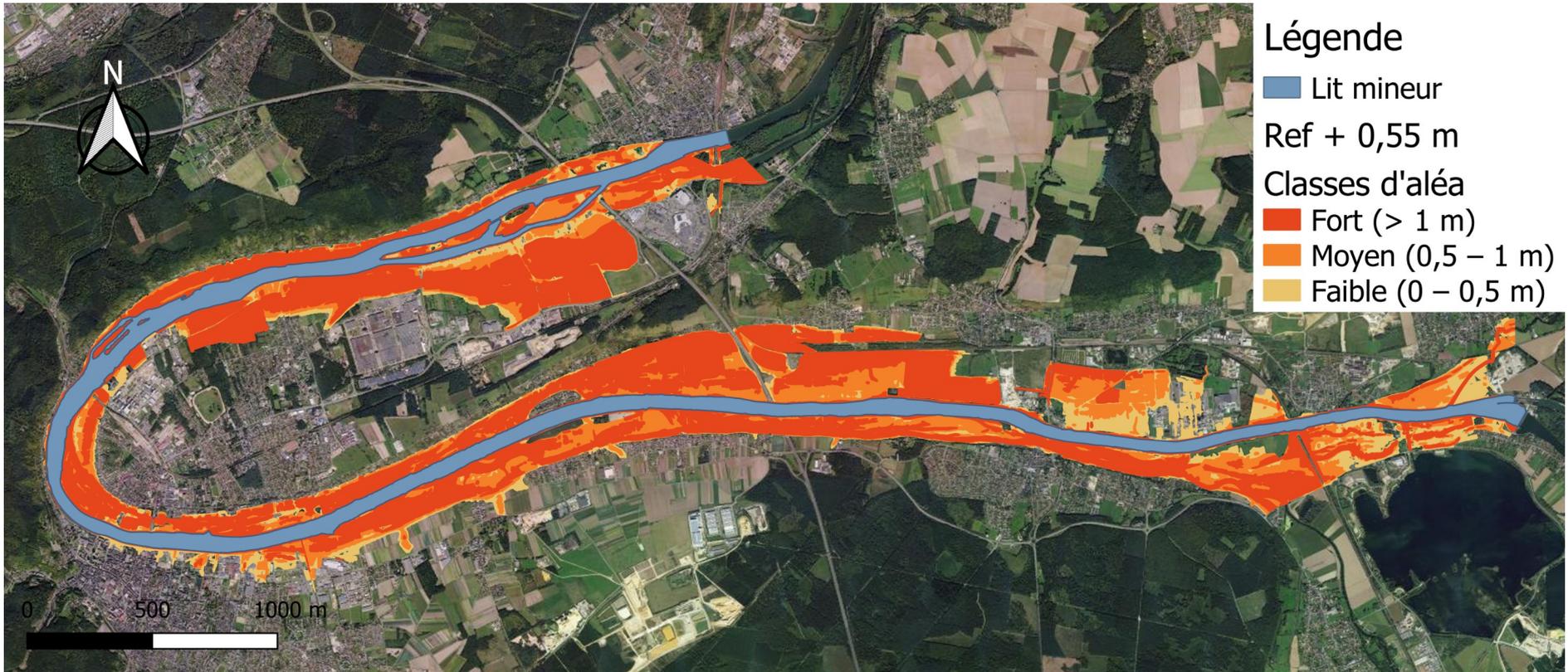
- Établissements sensibles ;
- Bâtiments et infrastructures de gestion de crise ;
- Facteurs aggravant ;
- Espaces sensibles.

# Boucle d'Elbeuf



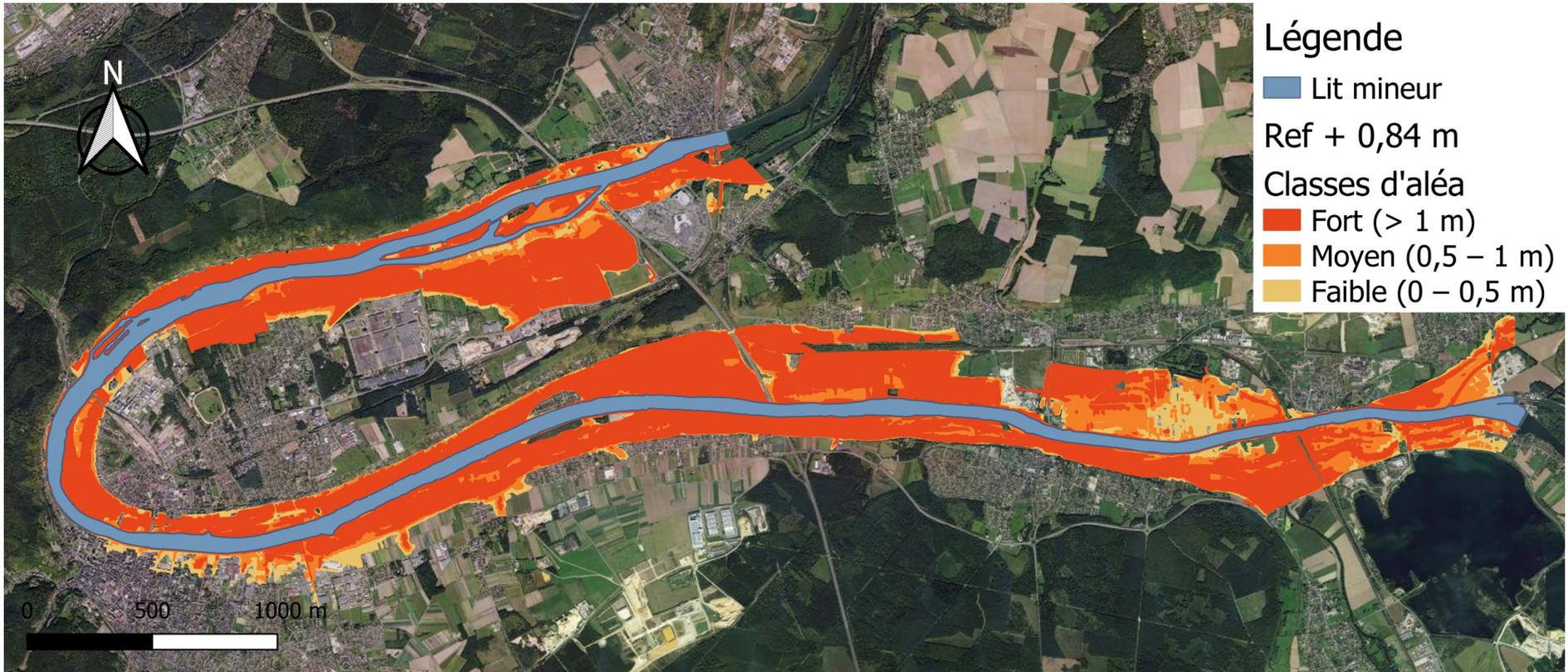
Surfaces inondées à Elbeuf en fonction de la classe d'aléa pour la cote maximale atteinte pendant les événements de janvier/ février 2018, avec ou sans les effets du changement climatique

# Boucle d'Elbeuf



Surfaces inondées à Elbeuf en fonction de la classe d'aléa pour la cote maximale atteinte pendant les événements de janvier/ février 2018, avec ou sans les effets du changement climatique

# Boucle d'Elbeuf



- ❖ Peu d'évolution de l'enveloppe des surfaces inondées ;
- ❖ Evolution en termes de hauteurs d'eau atteintes.

# Boucle d'Elbeuf

- ❖ 1,5 à 2 fois plus de personnes impactées, notamment en zone d'aléa fort ;
- ❖ Forte augmentation des emplois impactés mais surtout en zone d'aléa faible ;
- ❖ Hauteurs d'eau plus importantes au niveau des axes routiers.

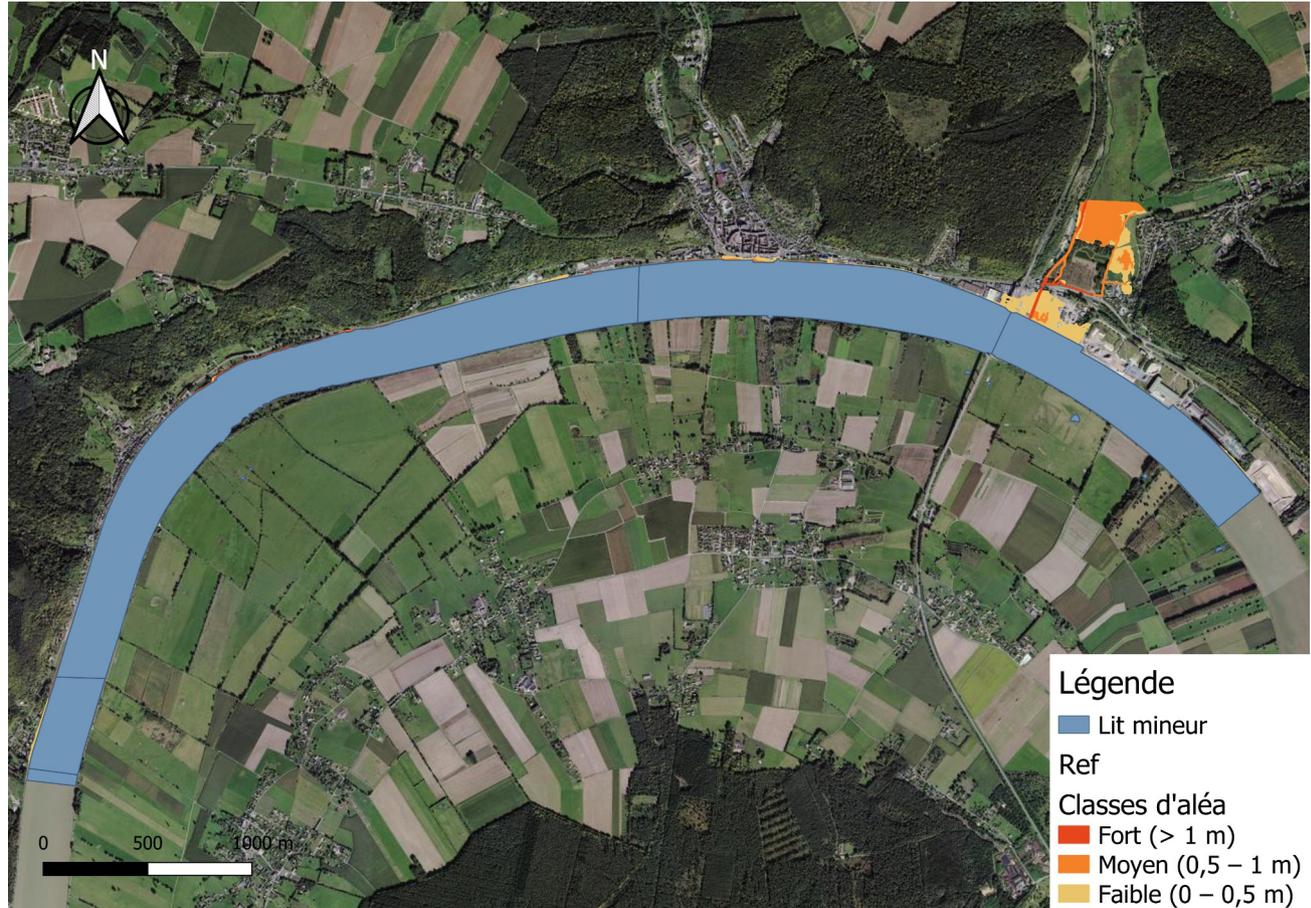
Ref (11 m CMH)

Ref +0, 84 m (11,50 m CMH)

- Établissements sensibles
  - + Hôpital
  - 🏠 Établissement sensible
  - 🏫 École
  - 🏕️ Camping
- Gestion de crise
  - ★ Établissement utile à la gestion de crise
  - 🚉 Gare
  - Axe routier principal
- Facteurs aggravants
  - ▲ Station d'épuration
  - ▲ Site Seveso
  - Canalisation (matières dangereuses)
  - 🔌 Transformateur électrique
- Espaces sensibles
  - Zone de baignade
  - 🌿 Zone Natura 2000
- Ref + 0,84 m
- Classes d'aléa
  - 🔴 Fort (> 1 m)
  - 🟠 Moyen (0,5 - 1 m)
  - 🟡 Faible (0 - 0,5 m)

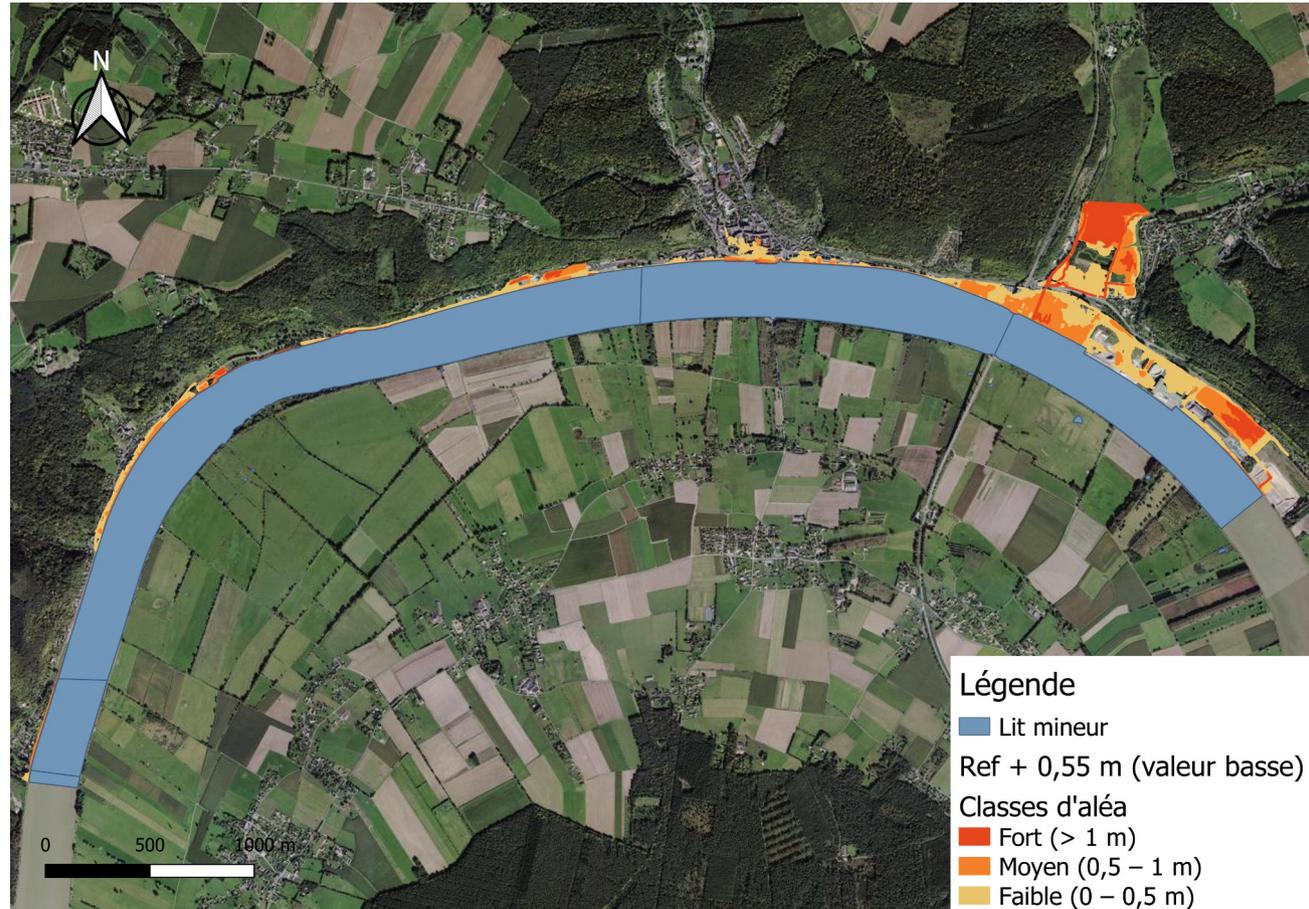
Enjeux impactés à Elbeuf pour la cote maximale atteinte pendant les événements de 2018, avec ou sans changement climatique

# Secteur de Caudebec-en-Caux



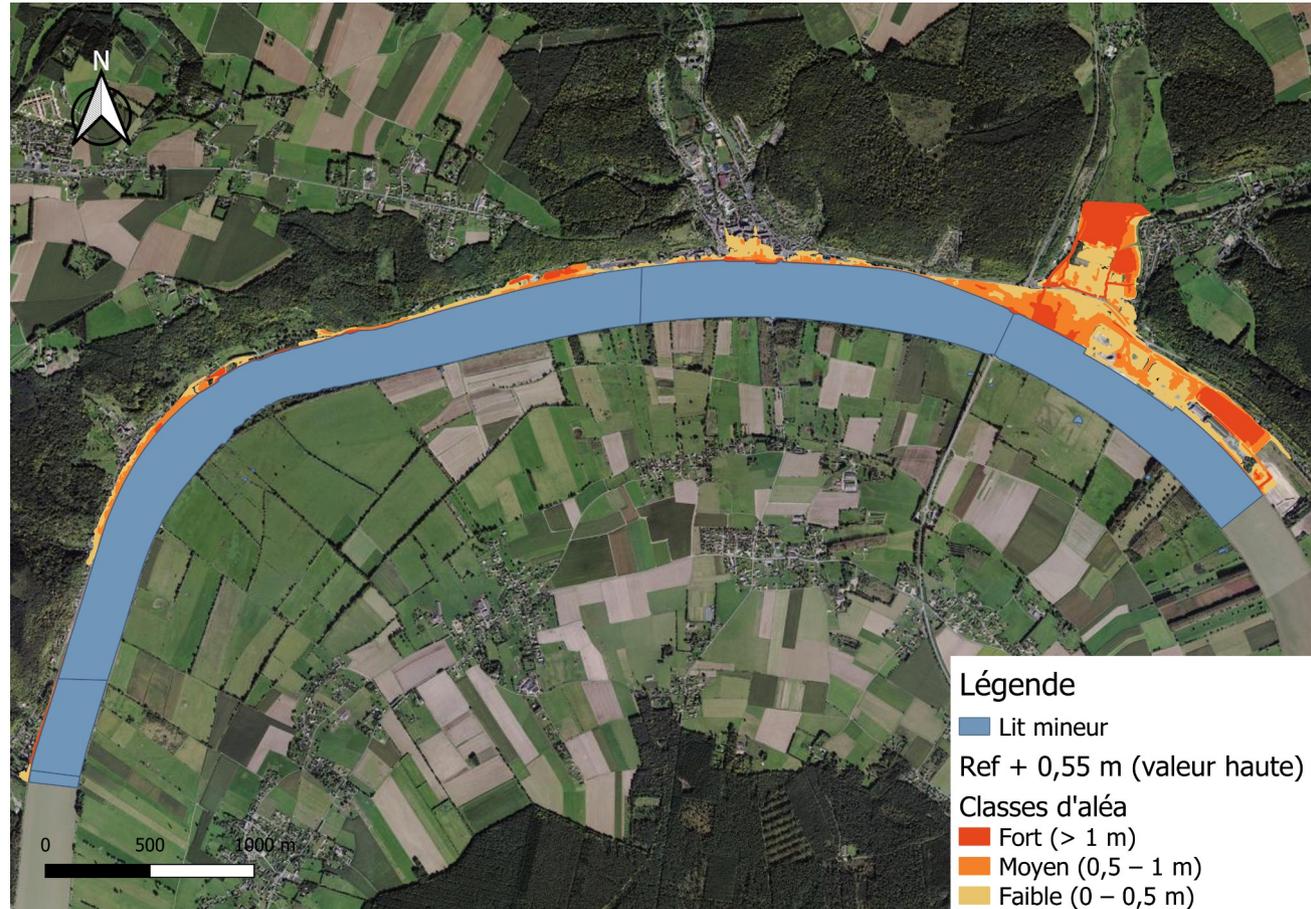
Surfaces inondées à Caudebec en fonction de la classe d'aléa pour la cote maximale atteinte pendant les événements de janvier 2018, avec ou sans les effets du changement climatique

# Secteur de Caudebec-en-Caux



Surfaces inondées à Caudebec en fonction de la classe d'aléa pour la cote maximale atteinte pendant les événements de janvier 2018, avec ou sans les effets du changement climatique

# Secteur de Caudebec-en-Caux

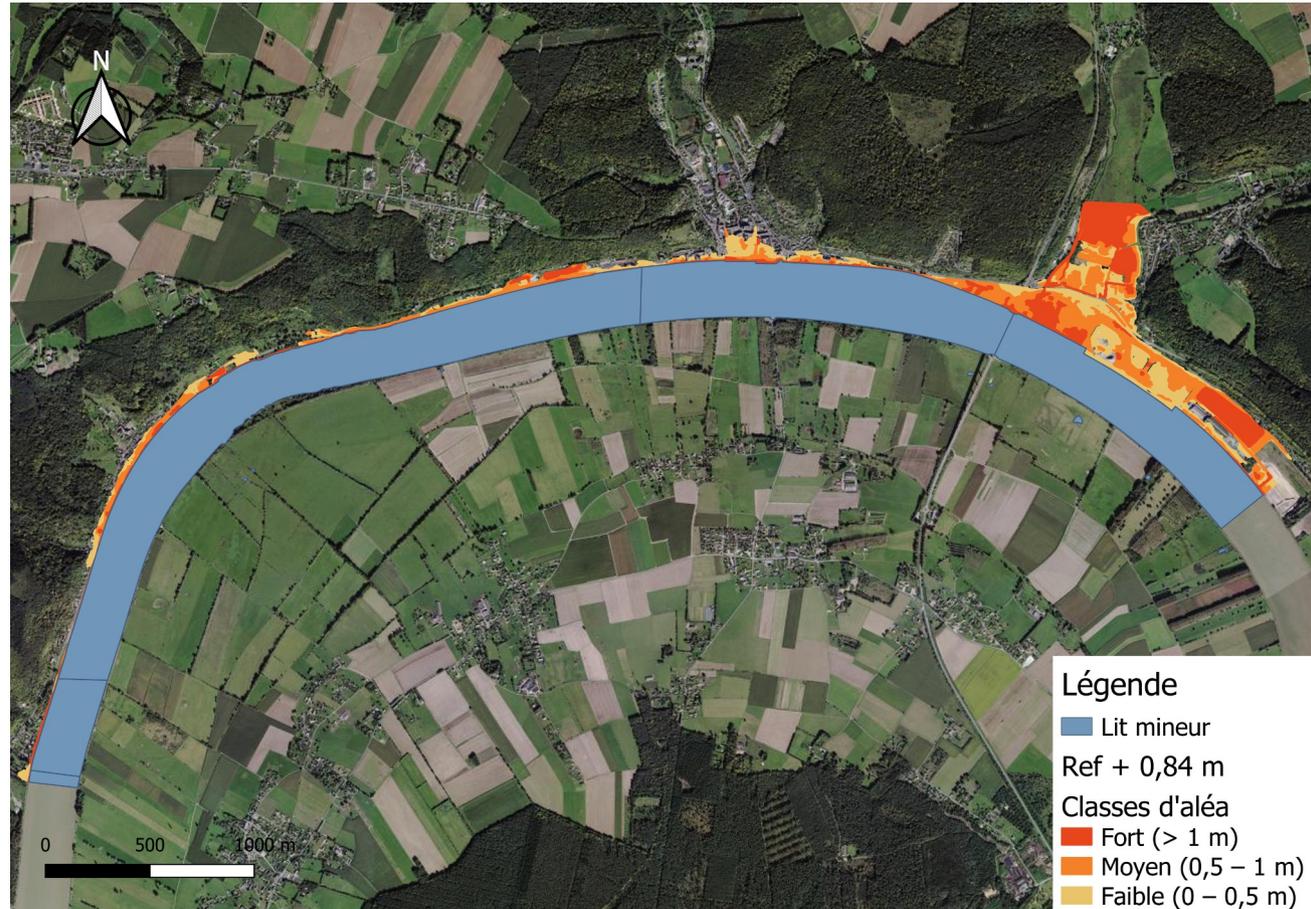


Surfaces inondées à Caudebec en fonction de la classe d'aléa pour la cote maximale atteinte pendant les événements de janvier 2018, avec ou sans les effets du changement climatique

# Secteur de Caudebec-en-Caux

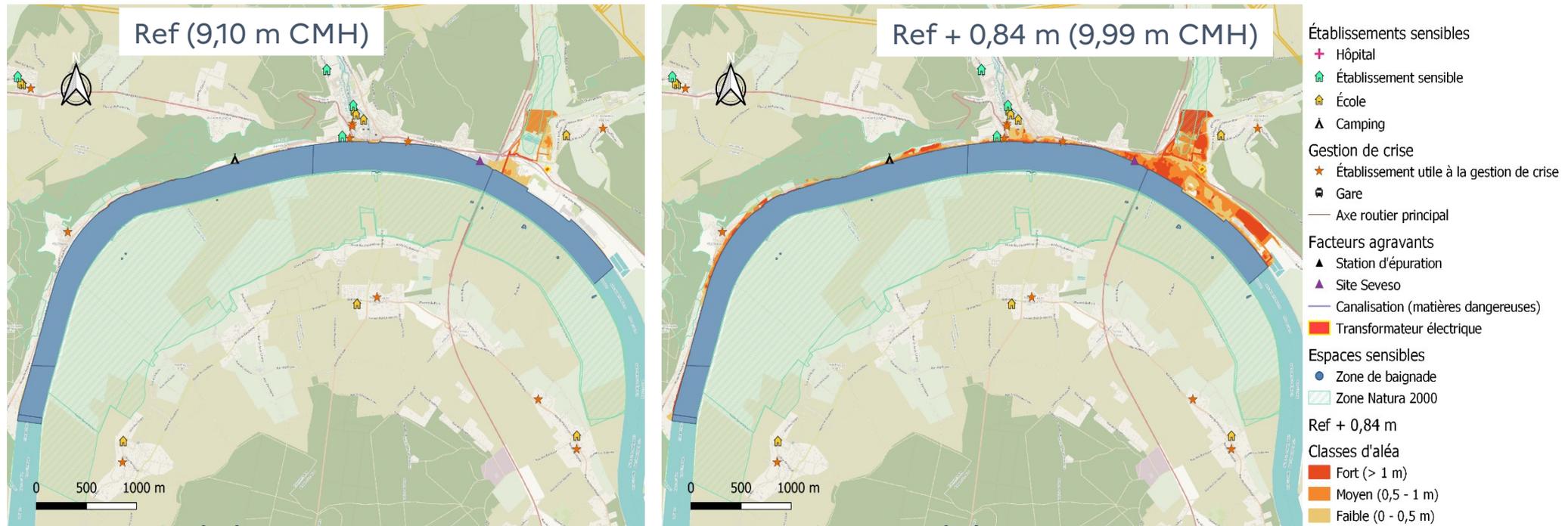
- ❖ Secteur actuellement plutôt épargné par les inondations ;
- ❖ Augmentation des surfaces inondées (x 4/5) ;
- ❖ Augmentation des hauteurs d'eau atteintes.

Surfaces inondées à Caudebec en fonction de la classe d'aléa pour la cote maximale atteinte pendant les événements de janvier 2018, avec ou sans les effets du changement climatique



# Secteur de Caudebec-en-Caux

- ❖ Aucune personne ou emploi concerné en situation de référence ;
- ❖ Plus de 270 personnes avec le changement climatique ;
- ❖ Augmentation des emplois touchés en zone d'aléa faible et moyen.



Enjeux impactés à Caudebec pour la cote maximale atteinte pendant les événements de 2018, avec ou sans changement climatique

# Pour conclure

Une influence du changement climatique tout au long de l'estuaire...

- ❖ Augmentation de la fréquence de passage en vigilance ;
- ❖ Allongement des durées de submersion ;
- ❖ Évolution des conditions de débordement.

... qui va avoir des impacts sur les enjeux du territoire

- ❖ Augmentation des surfaces inondées et/ou des hauteurs d'eau atteintes ;
- ❖ Augmentation du nombre de personnes et d'emplois touchés ;
- ❖ Axes principaux coupés → paralysie du fonctionnement du territoire et complexification de la gestion de crise.

... croissante d'amont en aval ...

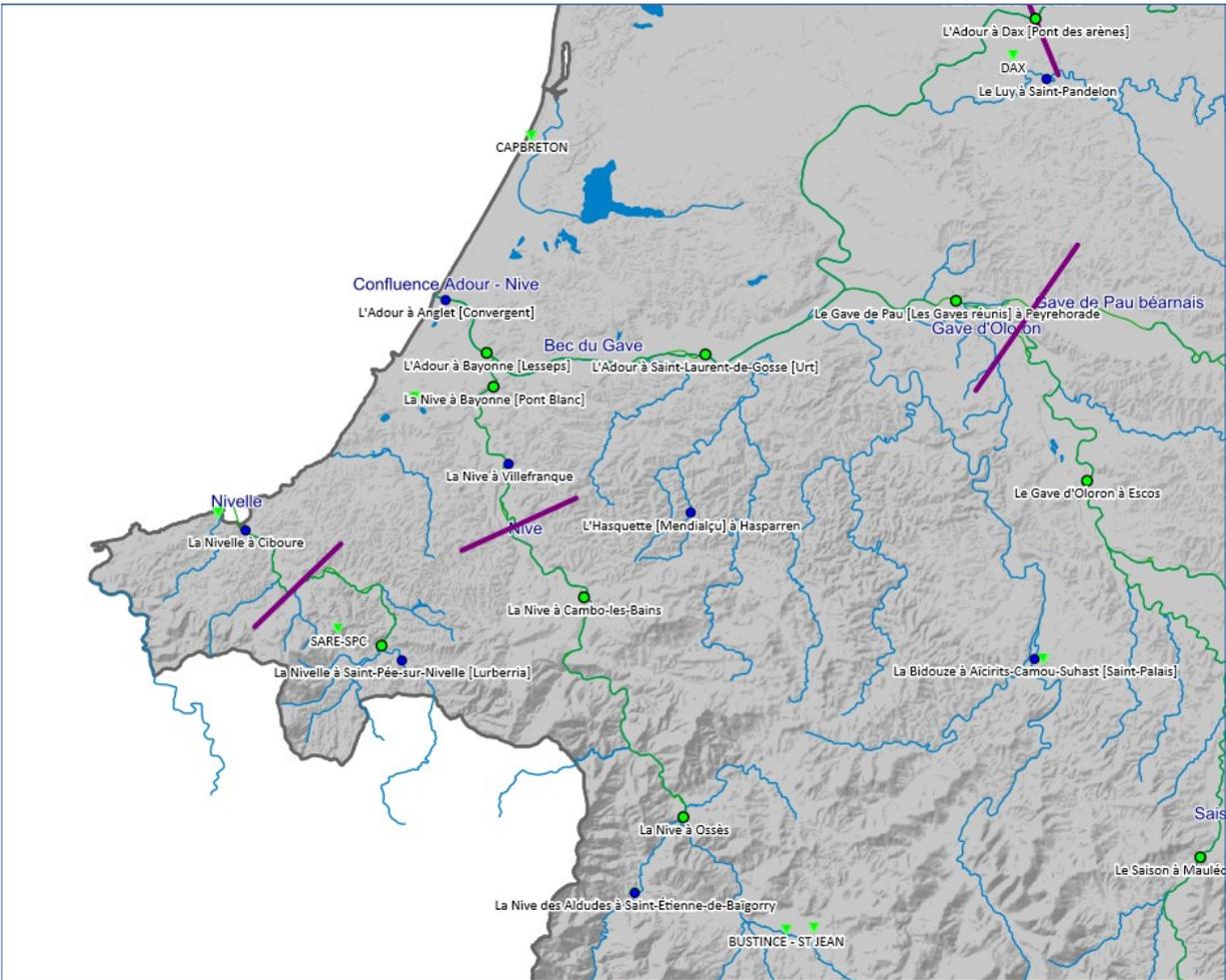
Marégraphe	Nombre de jours en vigilance
Elbeuf	x 2
Rouen et La Bouille	x 6
Duclair	x 10
Caudebec	x 20

Impact du changement climatique pour une élévation de 84 cm du niveau marin (RCP 8,5 2100)

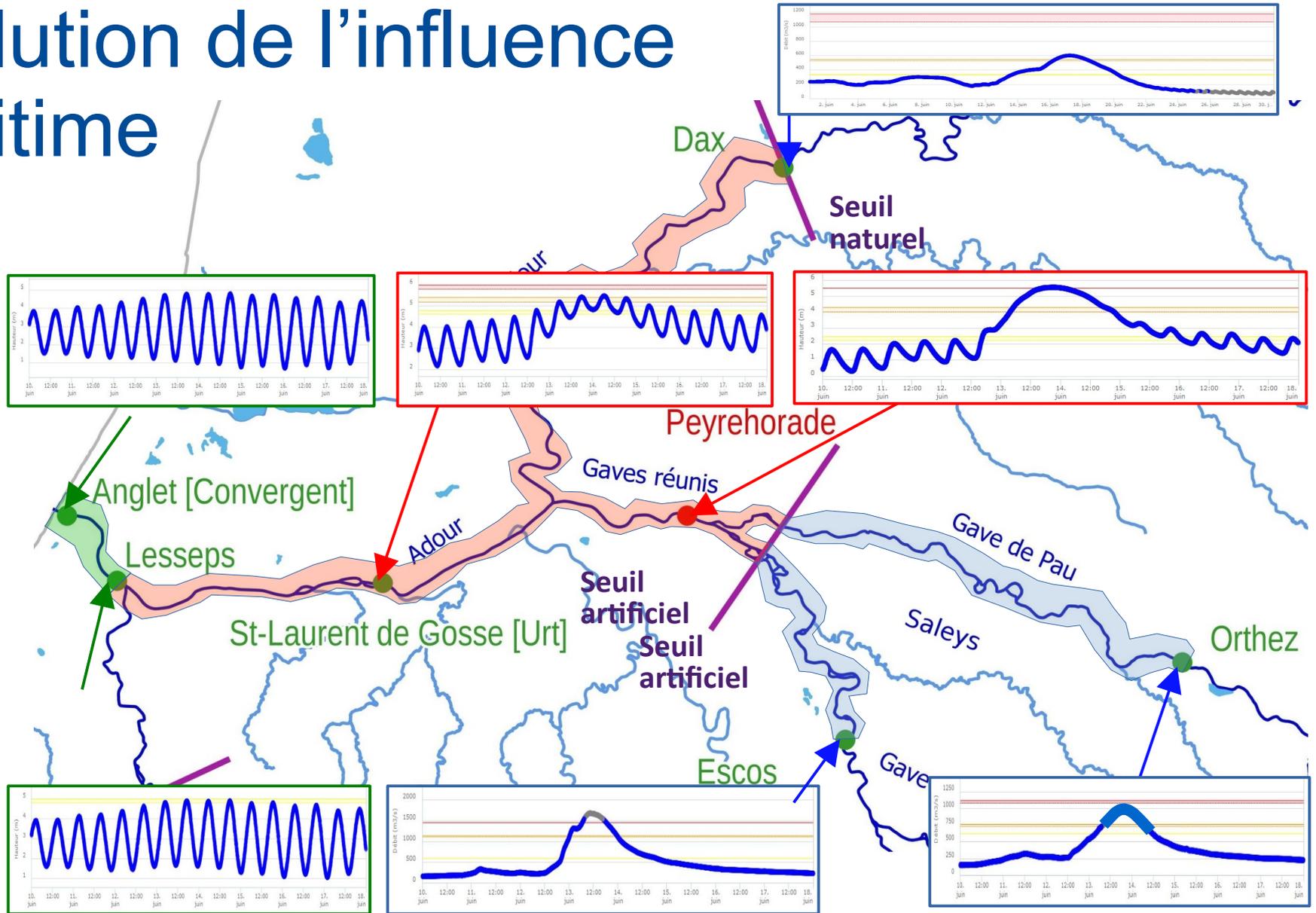
# L'estuaire de l'Adour

# Présentation du secteur d'étude : l'Adour maritime

# Adour maritime



# Evolution de l'influence maritime



# Hypothèses et modèle

# Hypothèses

## La marée :

- ⊙ Les cycles de marée et leur forme ne sont pas modifiés
- ⊙ On fixe trois hausses de niveau moyen de l'océan : +30 cm, +60 cm et 1,0 m

## Chroniques :

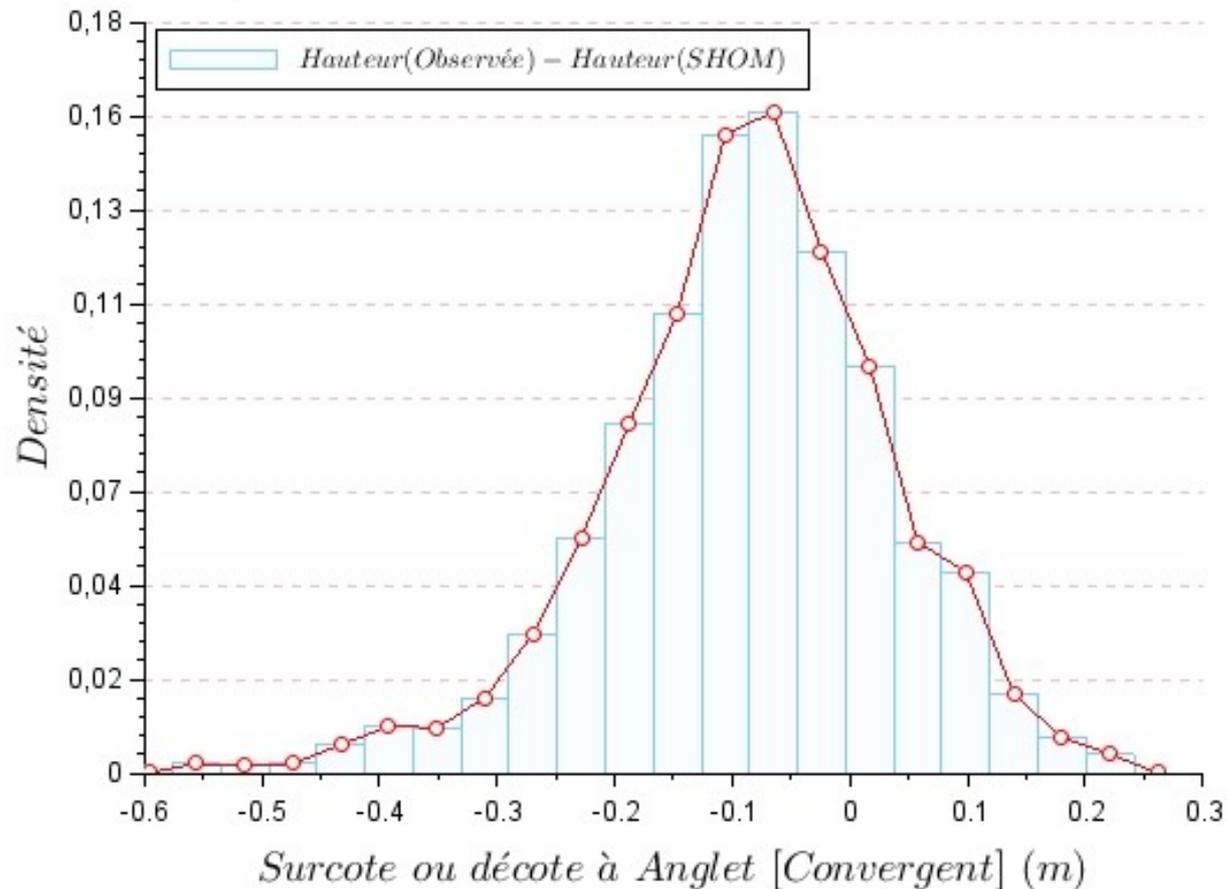
- ⊙ 1<sup>er</sup> décembre 2012 au 31 janvier 2016
- ⊙ Pas d'événement extrêmes : crues de périodes de retour de 2 à 30 ans
- ⊙ Diversité des événements (fortes marées, surcotes, crue fluviales)

## Forçages :

- ⊙ Débits observés
- ⊙ Hauteur observée + 3 hauteurs translatées
- ⊙ Hauteur prédite par le SHOM + 3 hauteurs translatées

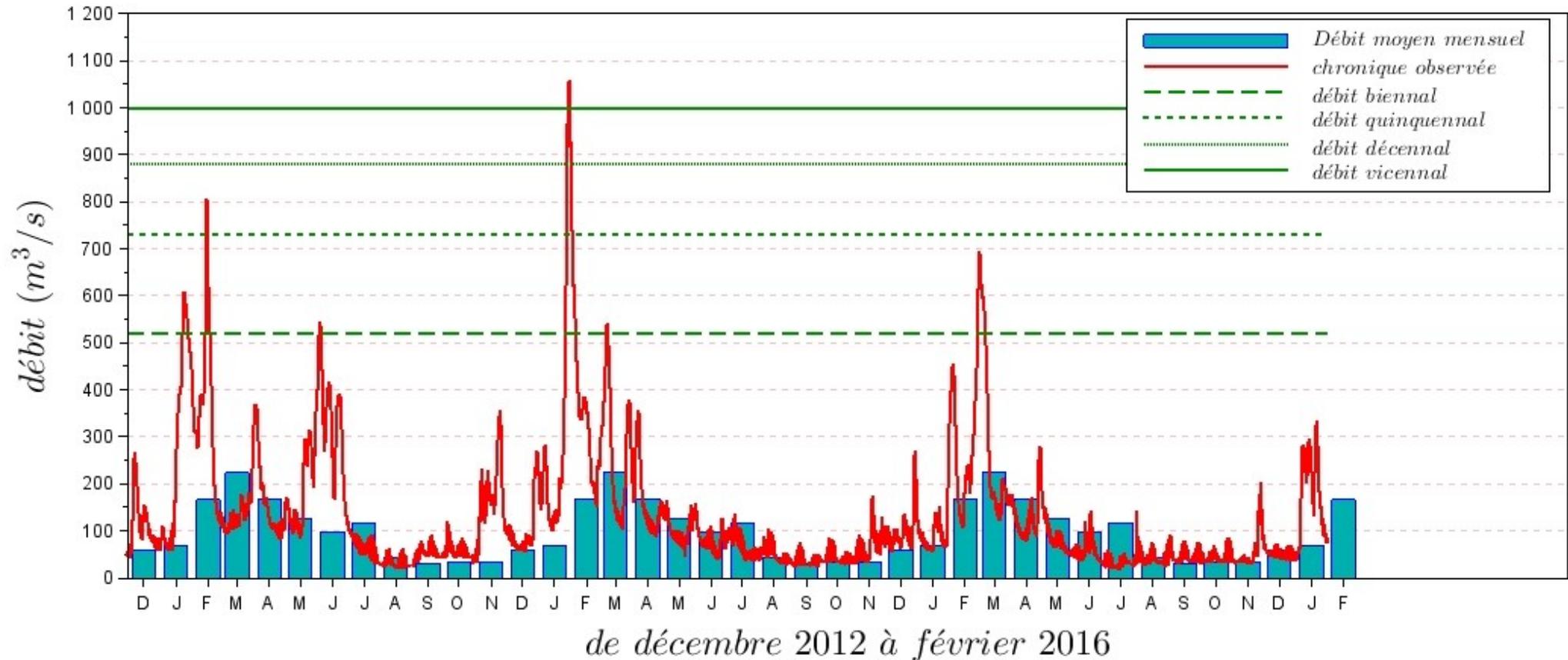
# Hypothèses : chroniques observées

*Distribution de la hauteur de surcote  
(période 01/12/2012 – 31/01/2016)*

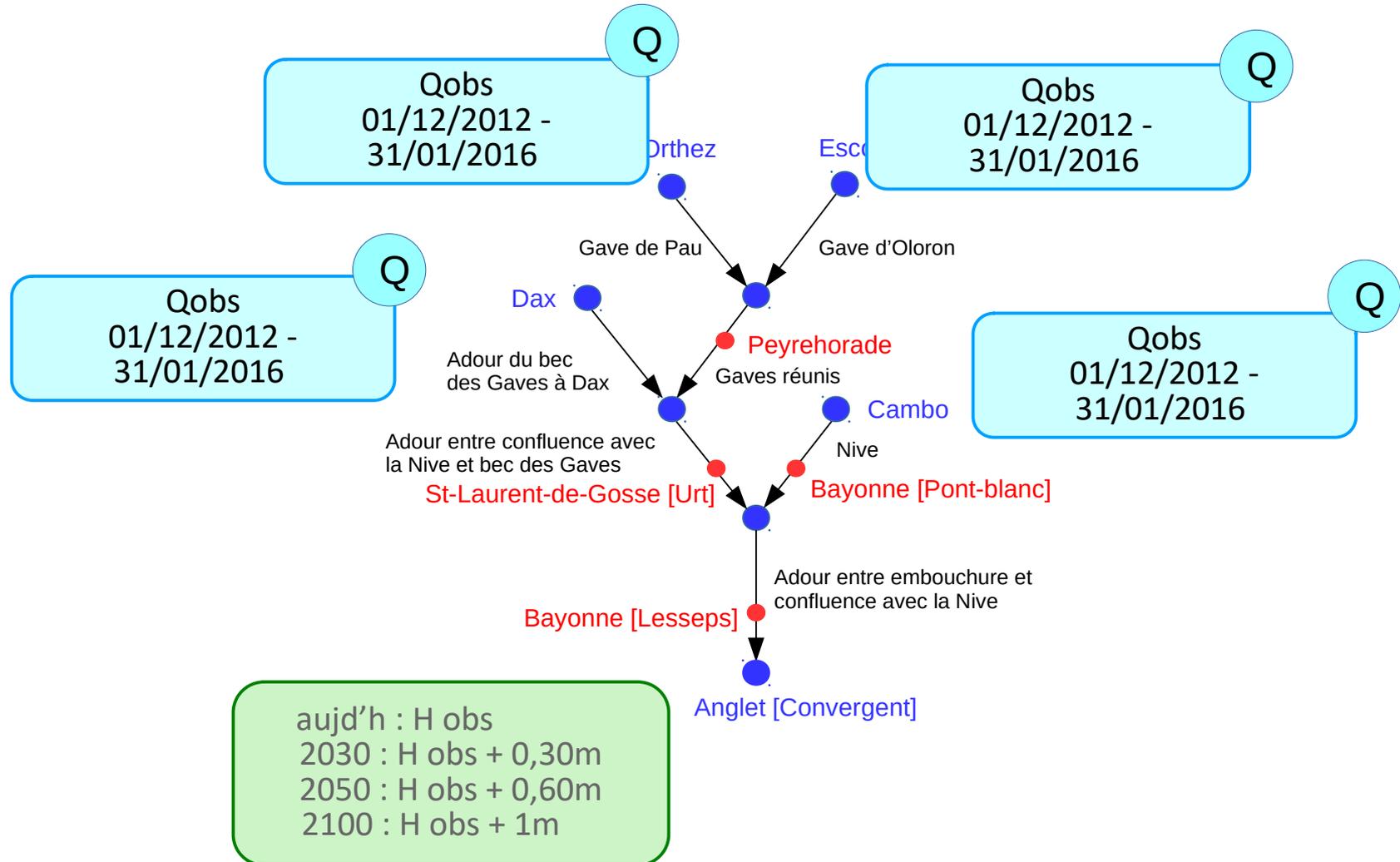


# Hypothèses : chroniques observées

## *Chronique des débits observés à DAX*



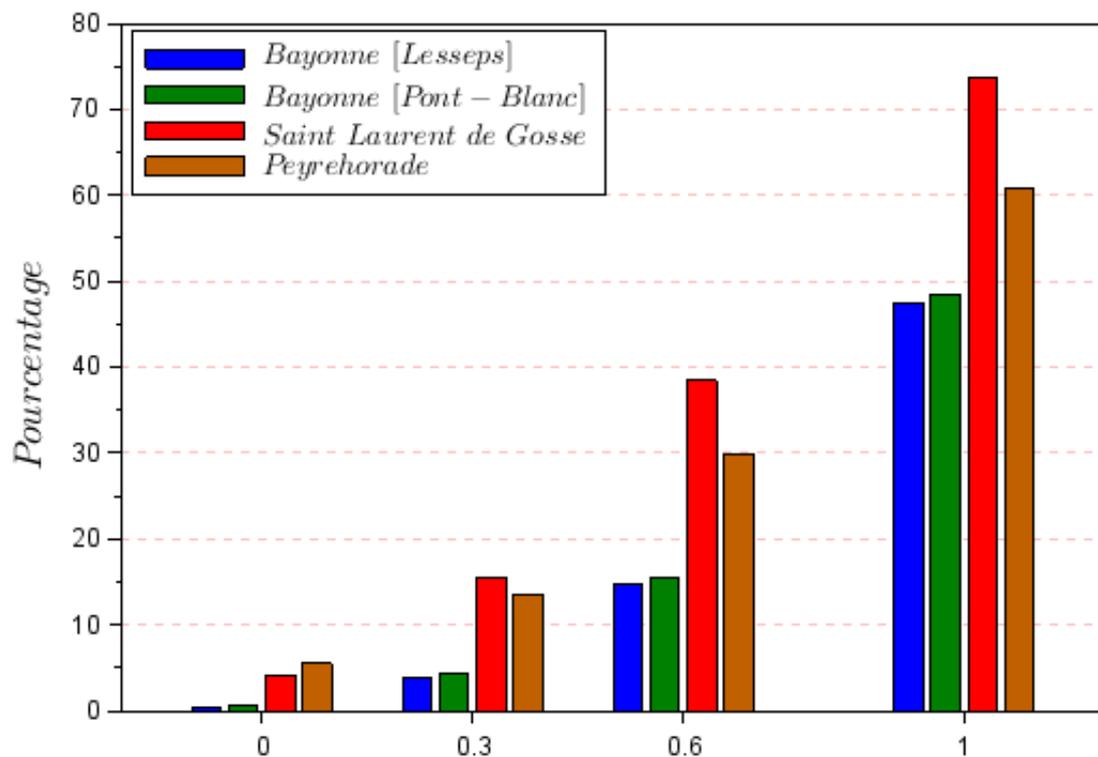
# Modèle : Mascaret 1D



# Conséquences sur les submersions

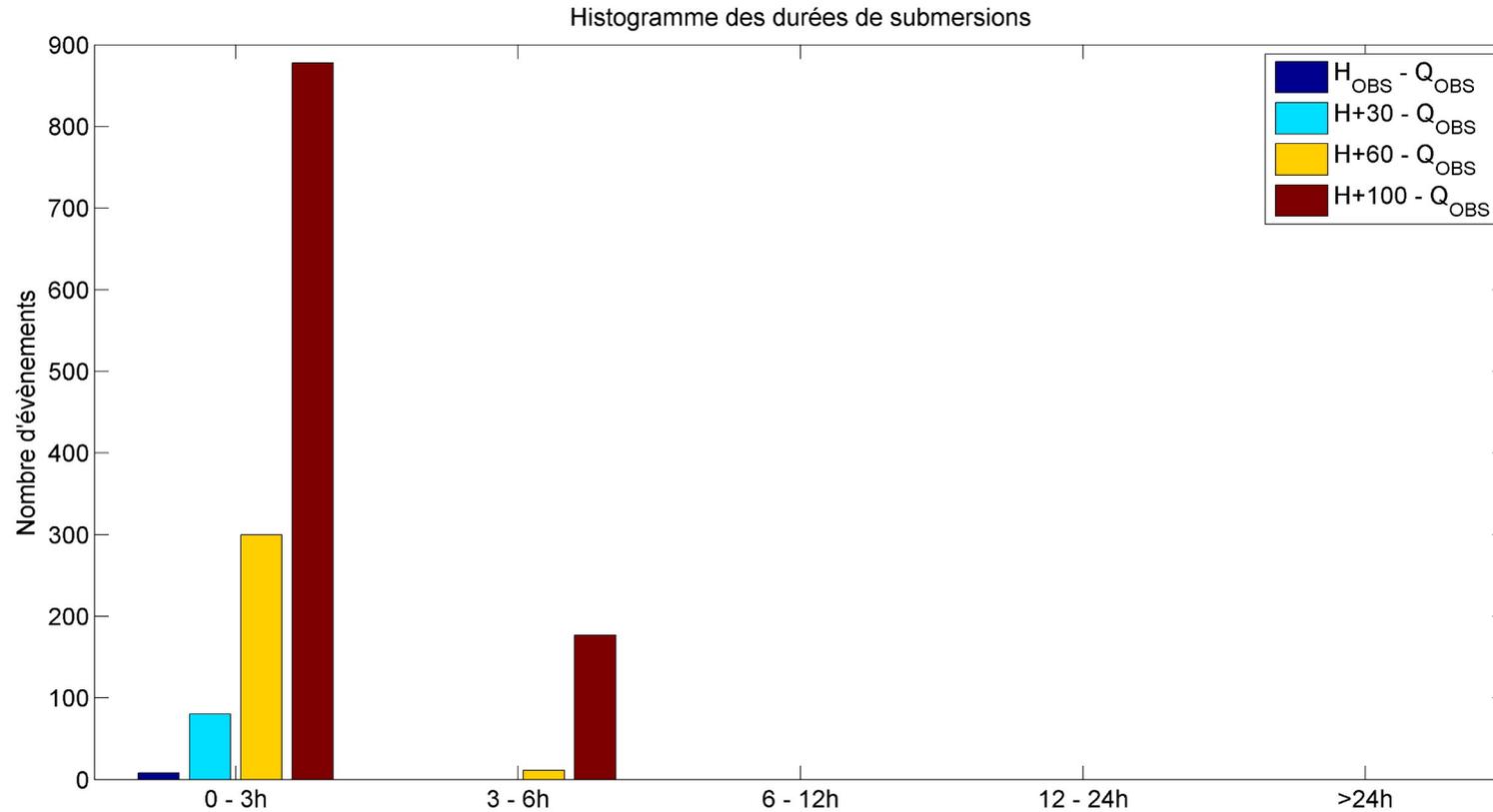
# Conséquences pour la vigilance

*Taux de pleines mers débordantes  
(période 01/12/2012 – 31/01/2016)*



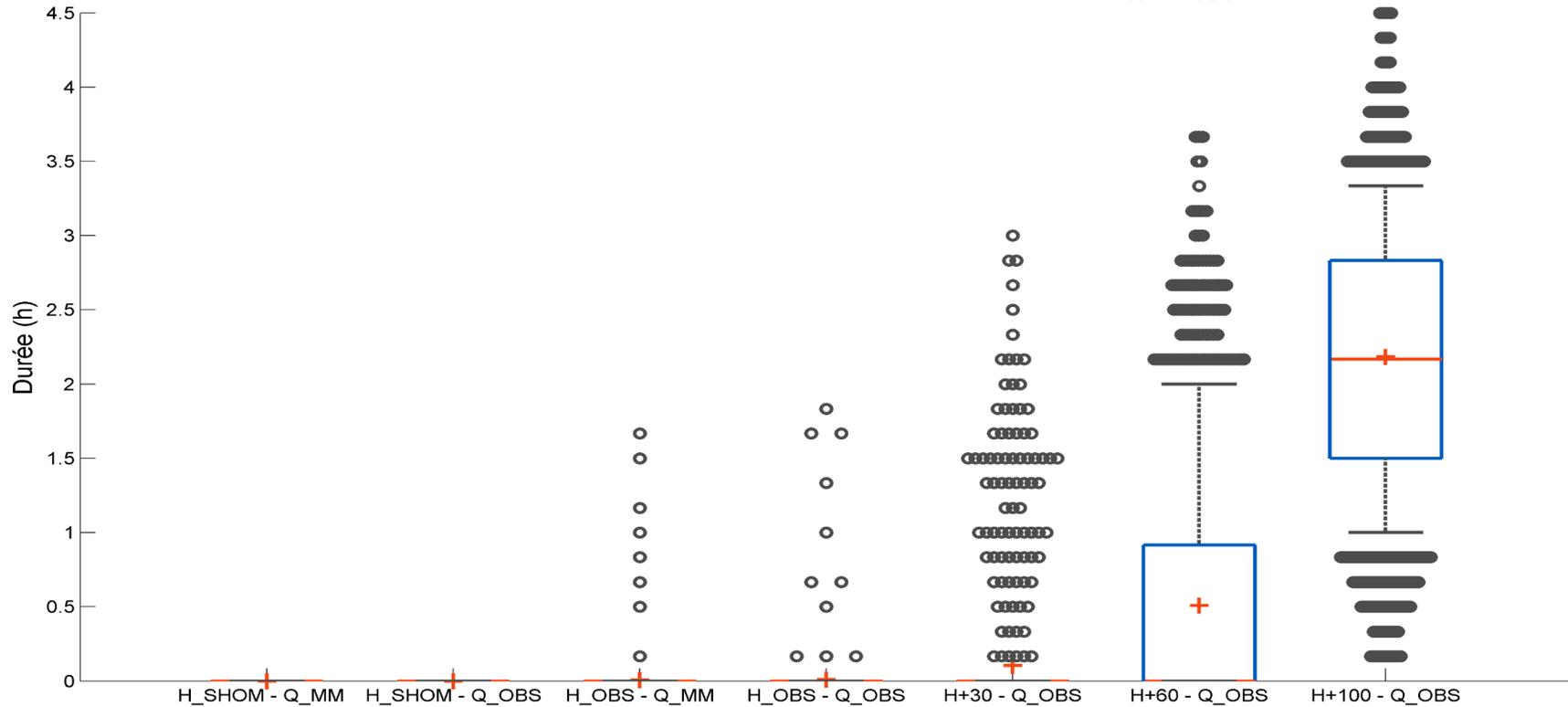
*Augmentation du niveau moyen de la mer à Anglet [Convergent] (m)*

# Durée de submersion : Bayonne Lesseps

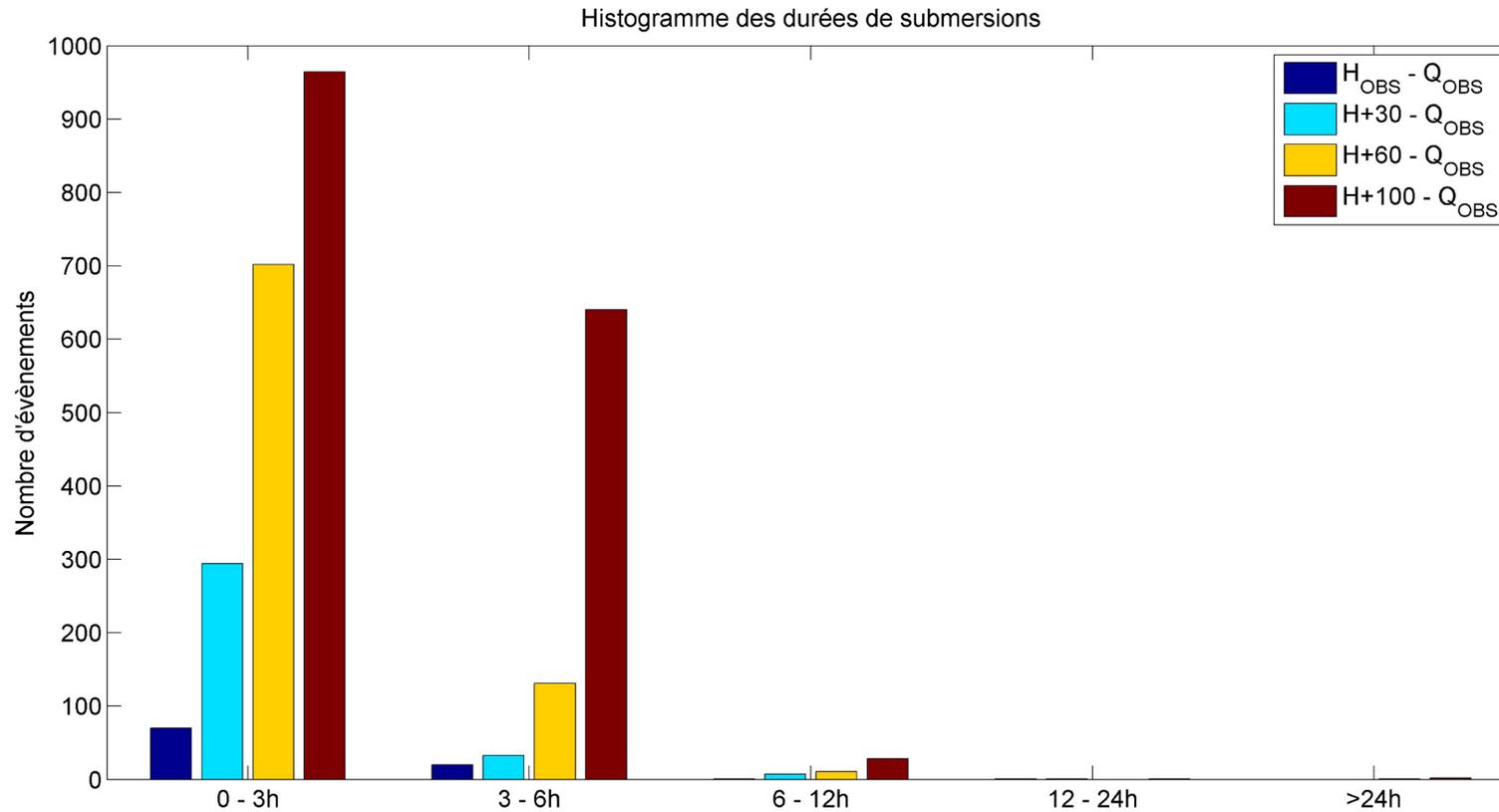


# Durée de submersion : Bayonne Lesseps

Lesseps : Distribution des durées de submersion au dessus du seuil  
Jaune en heures (uniquement marées débordantes pour  $H_{+100} - Q_{OBS}$ )

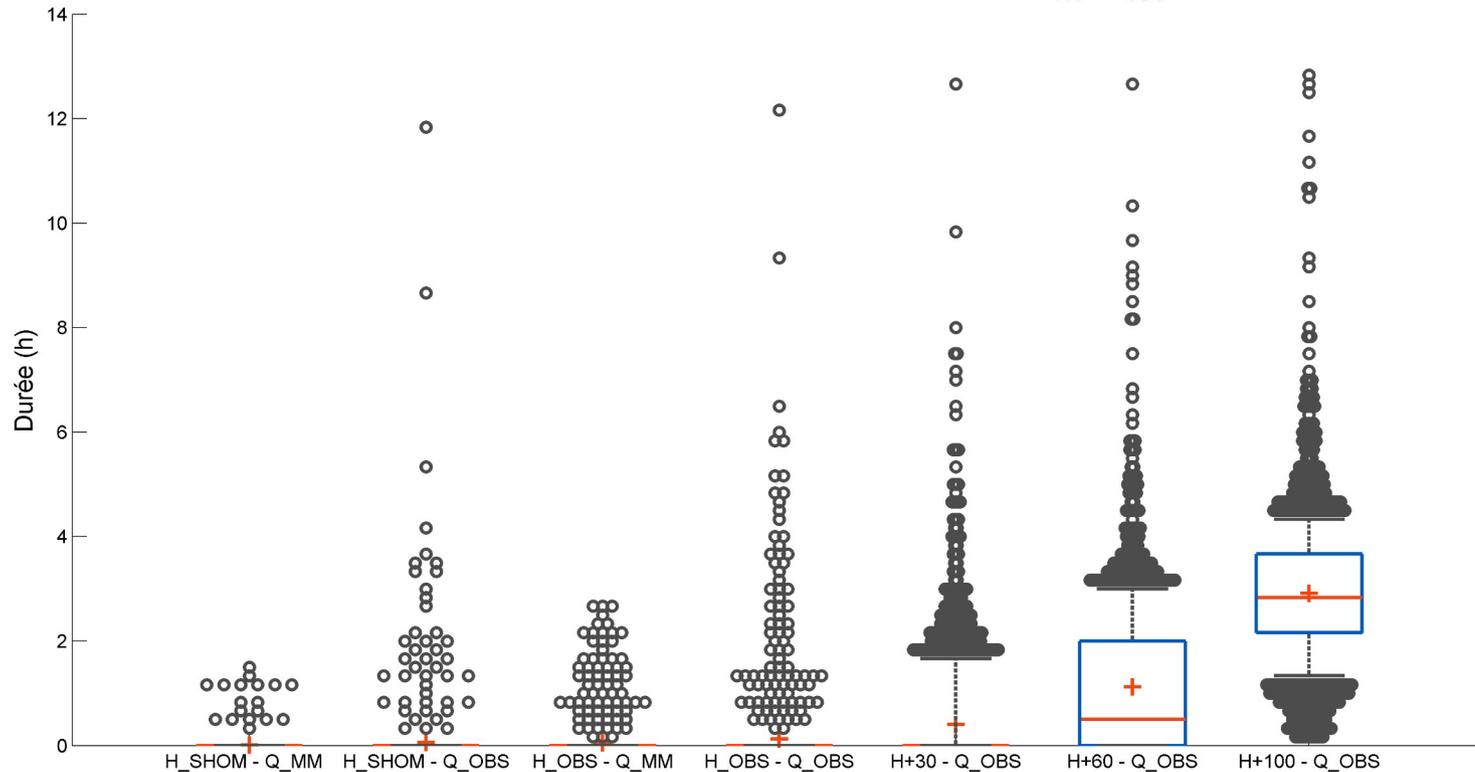


# Durée de submersion : Saint Laurent de Gosse

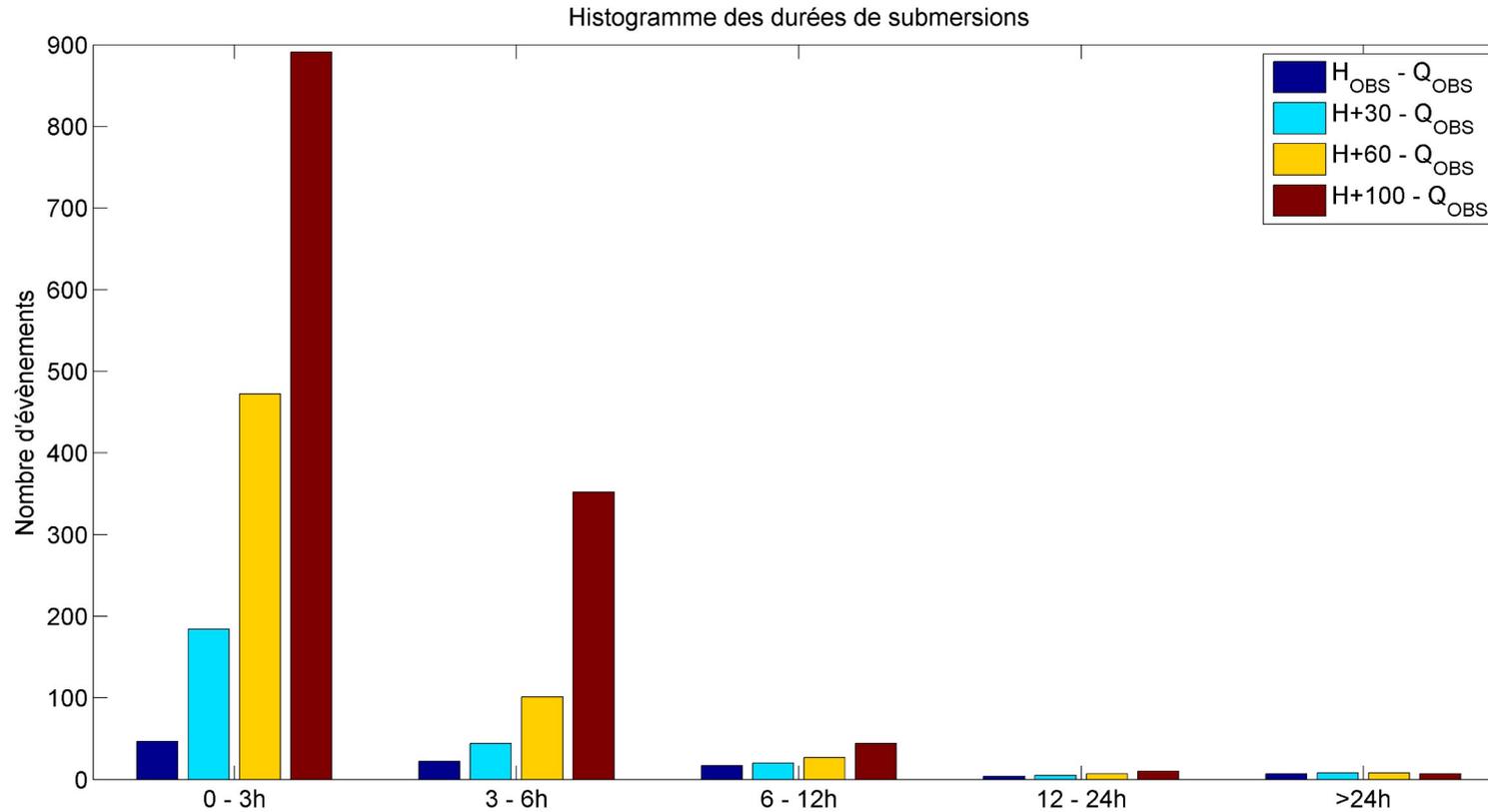


# Durée de submersion : Saint Laurent de Gosse

Urt : Distribution des durées de submersion au dessus du seuil  
Jaune en heures (uniquement marées débordantes pour  $H_{+100} - Q_{OBS}$ )

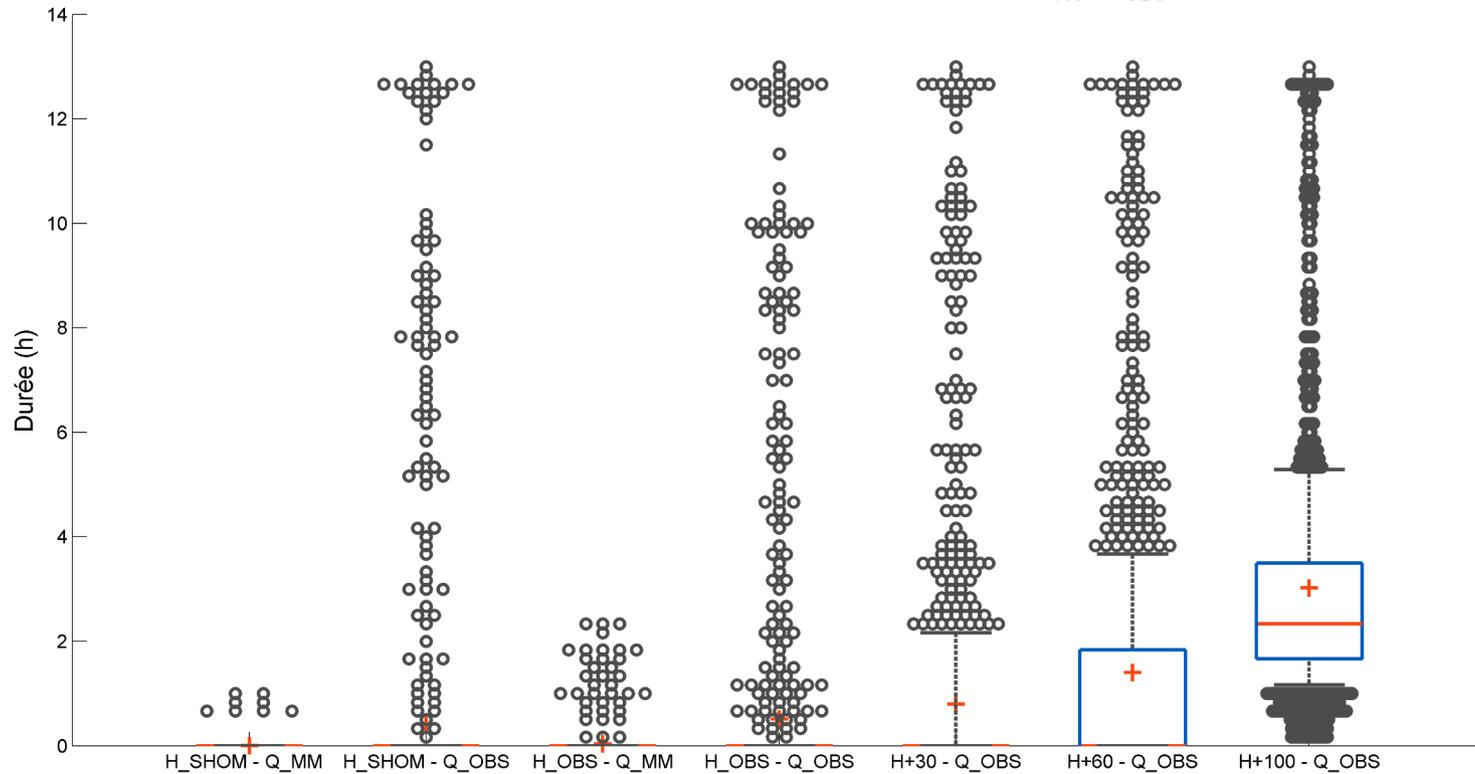


# Durée de submersion : Peyrehorade



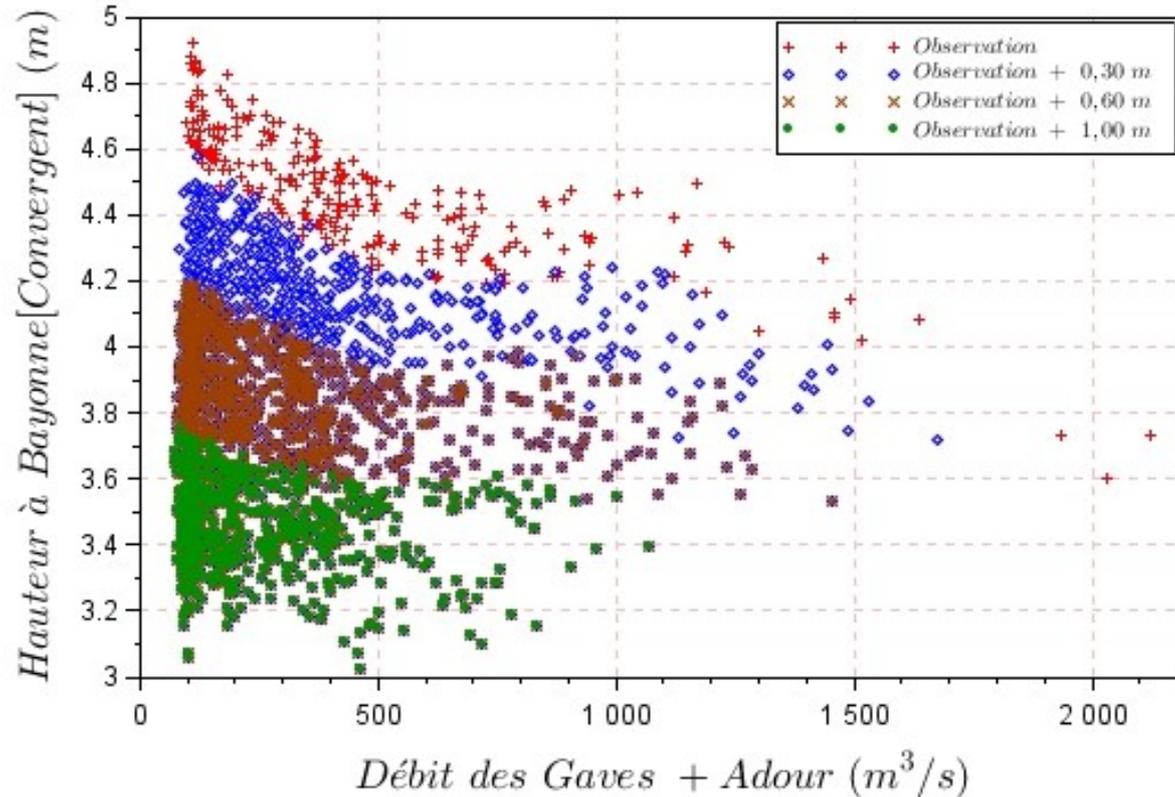
# Durée de submersion : Peyrehorade

Peyrehorade : Distribution des durées de submersion au dessus du seuil  
Jaune en heures (uniquement marées débordantes pour  $H_{+100} - Q_{OBS}$ )



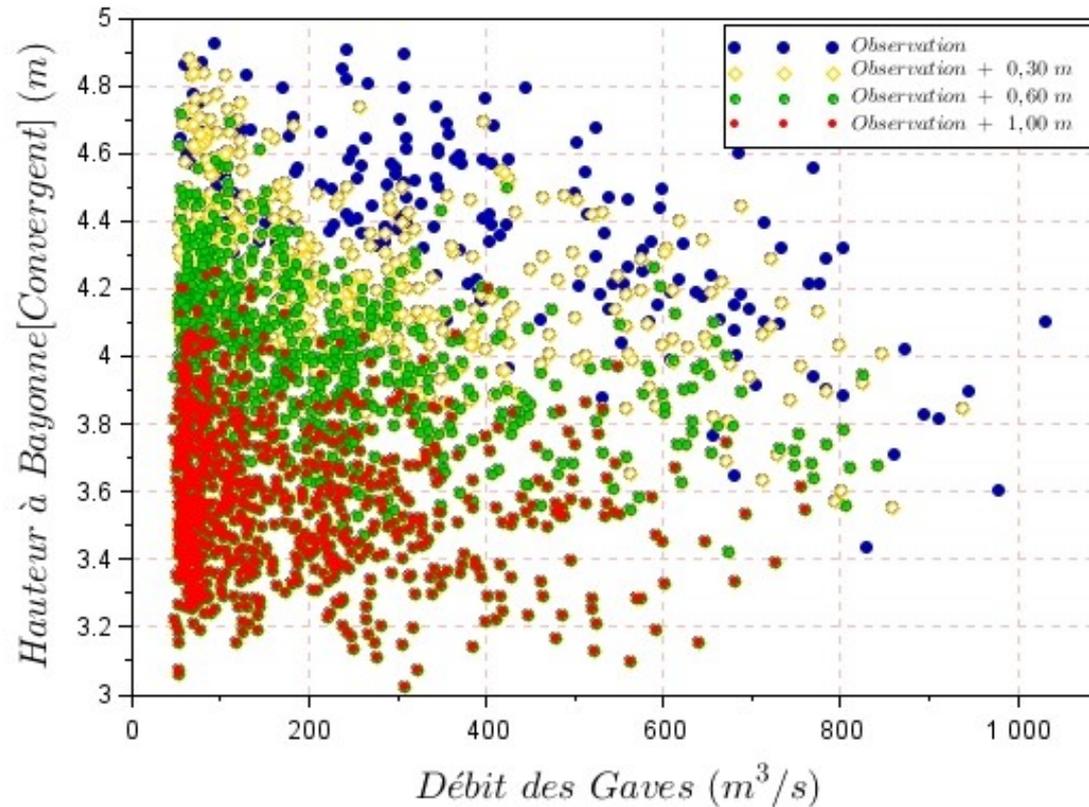
# Condition de non débordement : Saint Laurent de Gosse

(période 01/12/2012 – 31/01/2016)

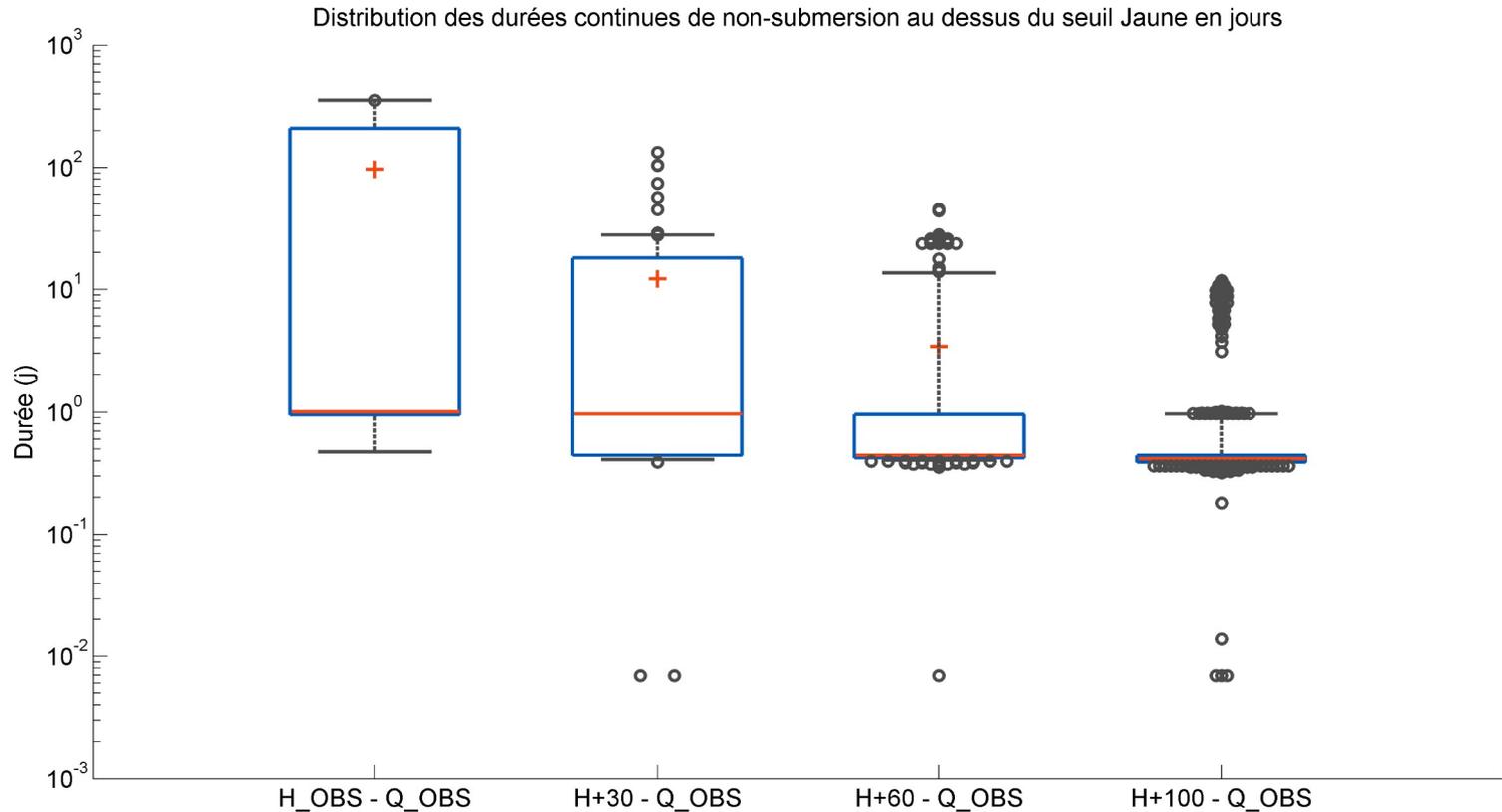


# Condition de non débordement : Peyrehorade

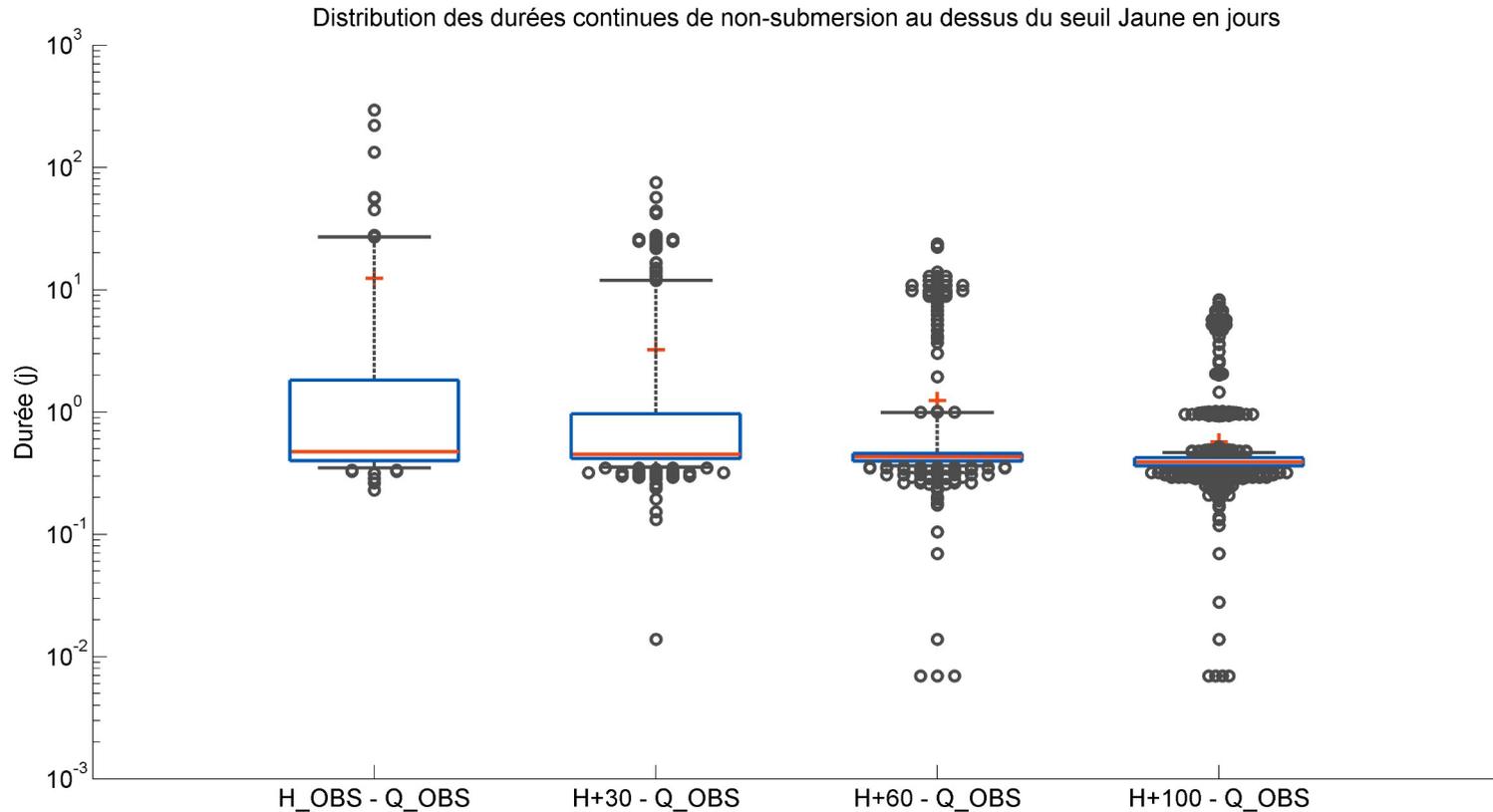
(période 01/12/2012 – 31/01/2016)



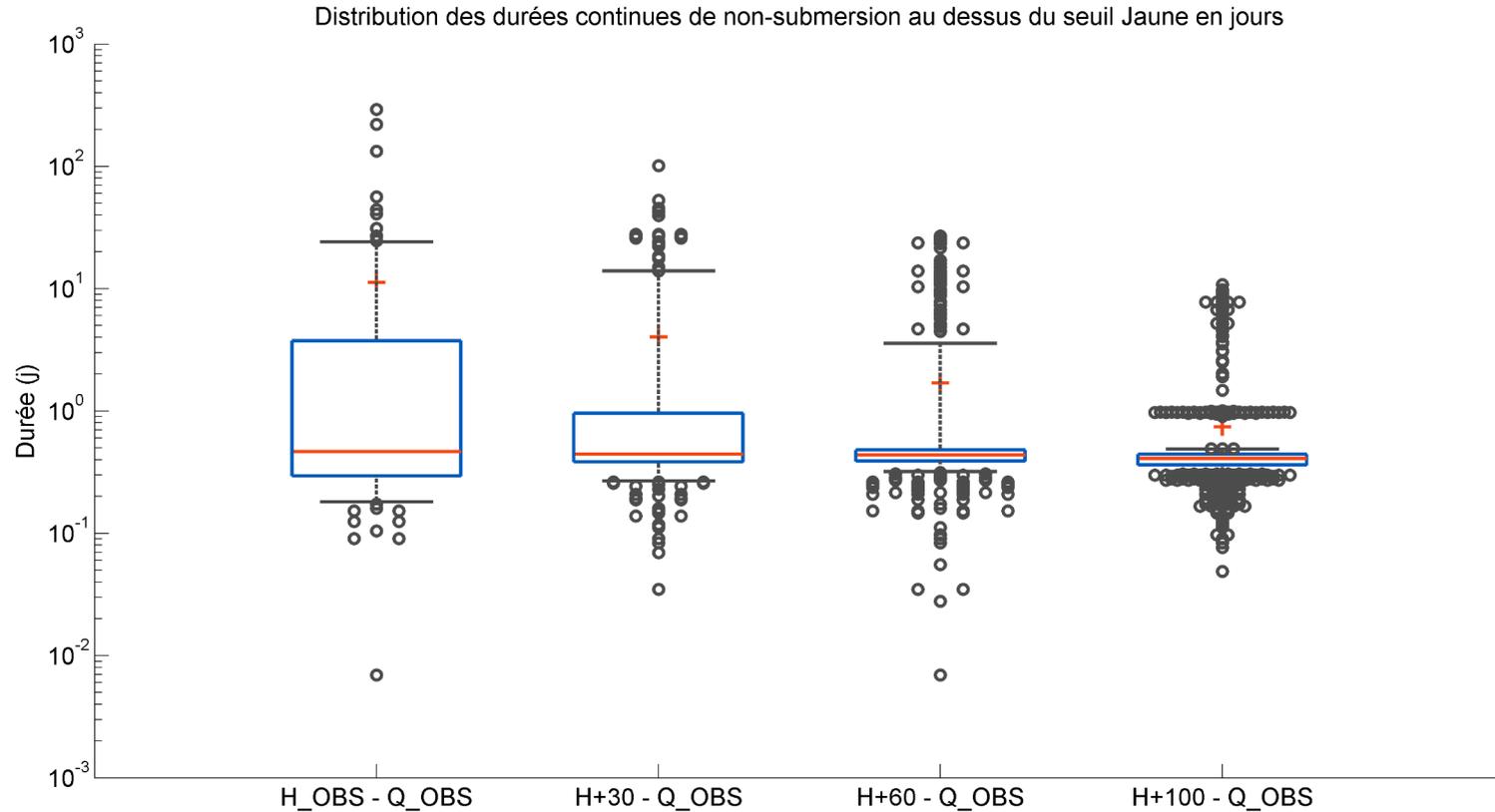
# Répét entre deux submersions : Bayonne Lesseps



# Répit entre deux submersions : Saint Laurent de Gosse

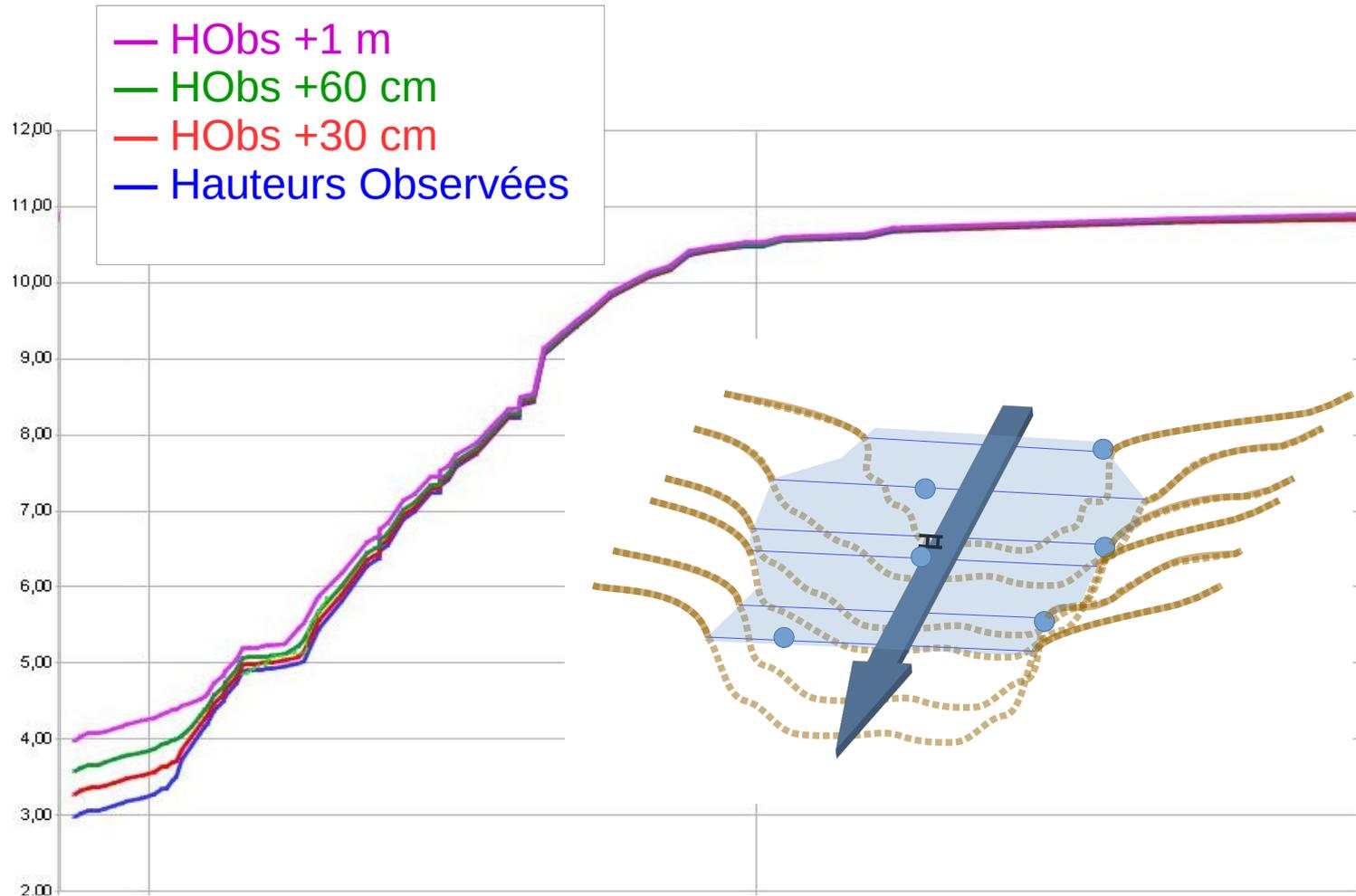


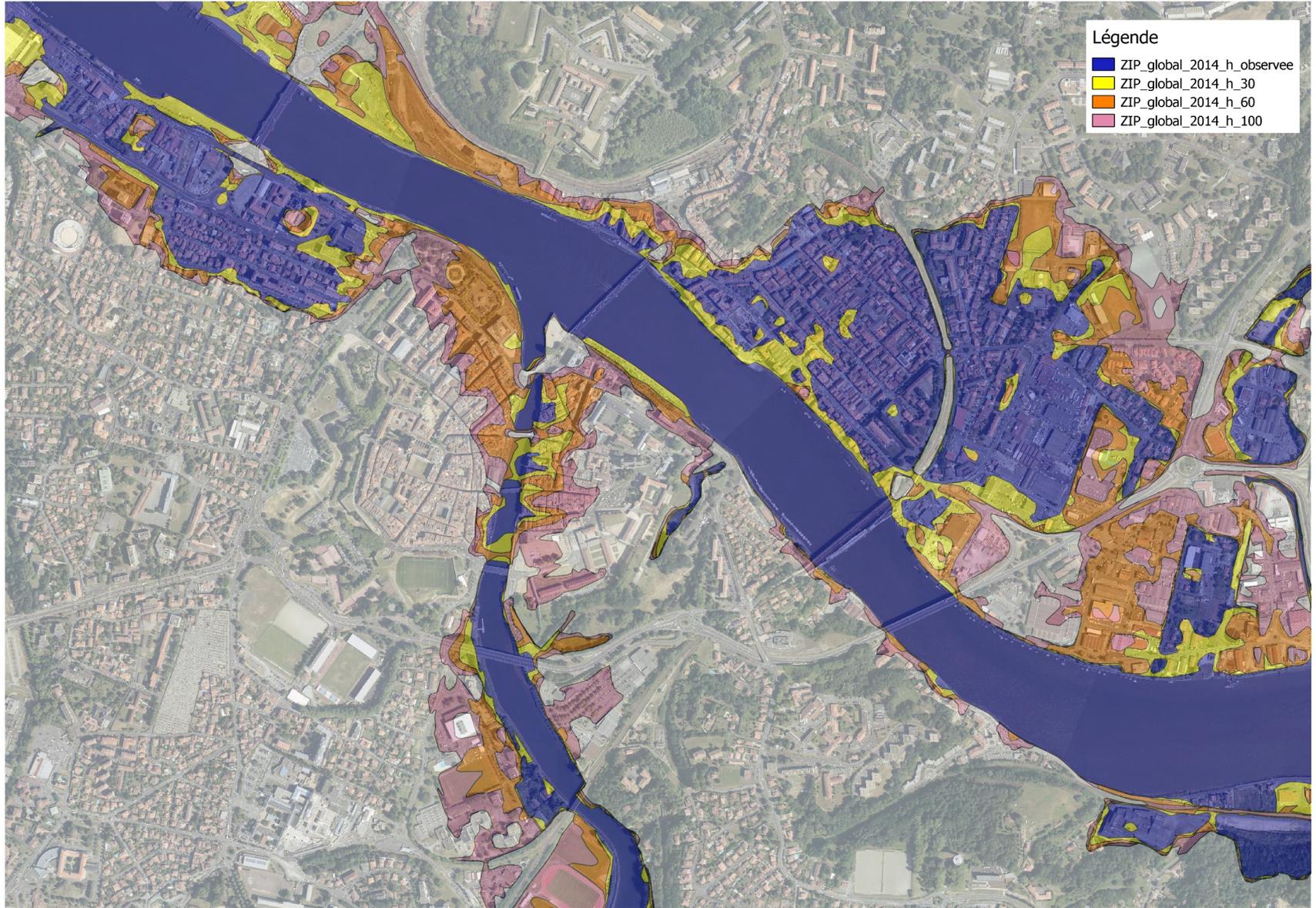
# Répét entre deux submersions : Peyrehorade

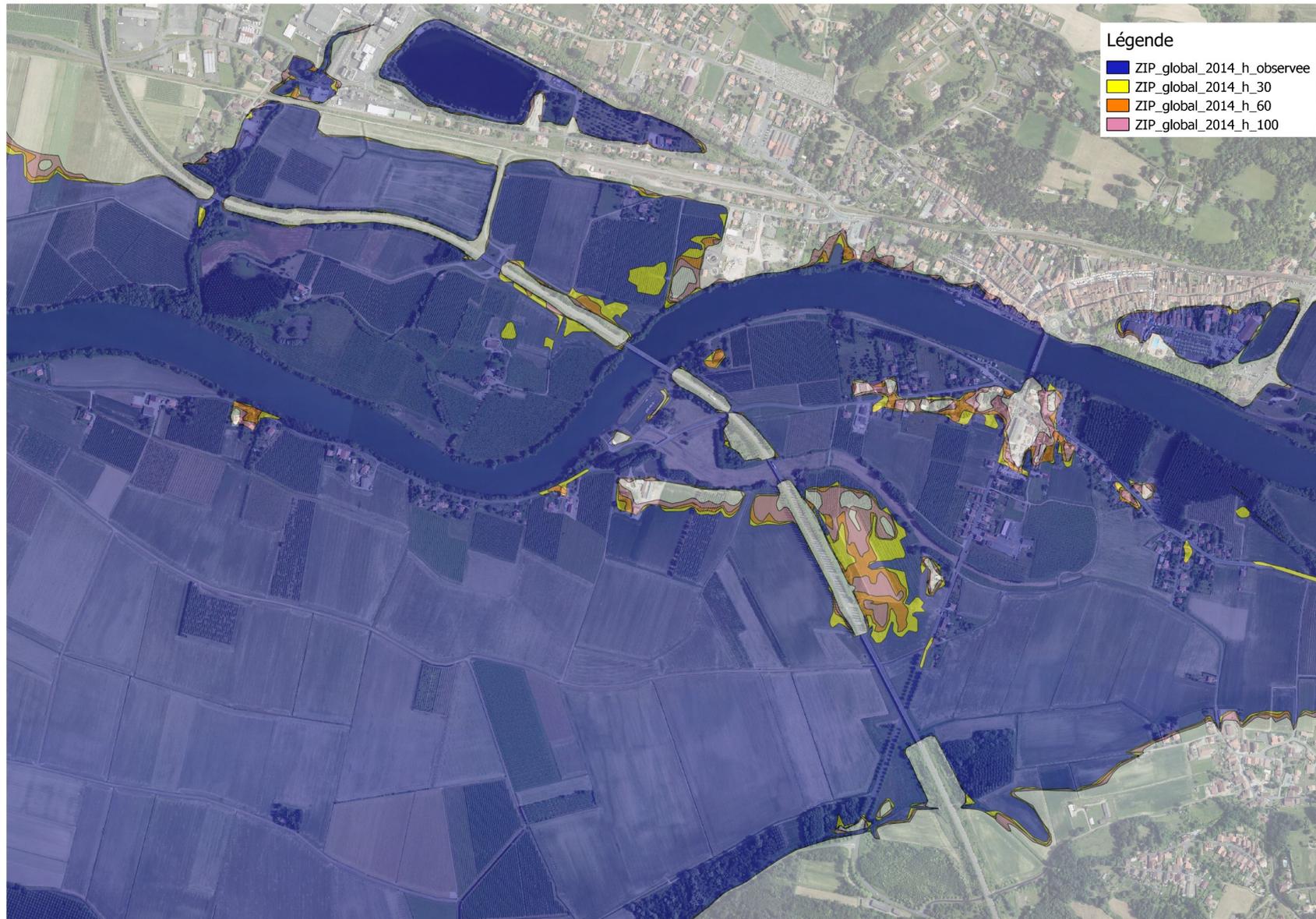


# Conséquences en termes de zones inondables

# Méthode pour construire les ZIP



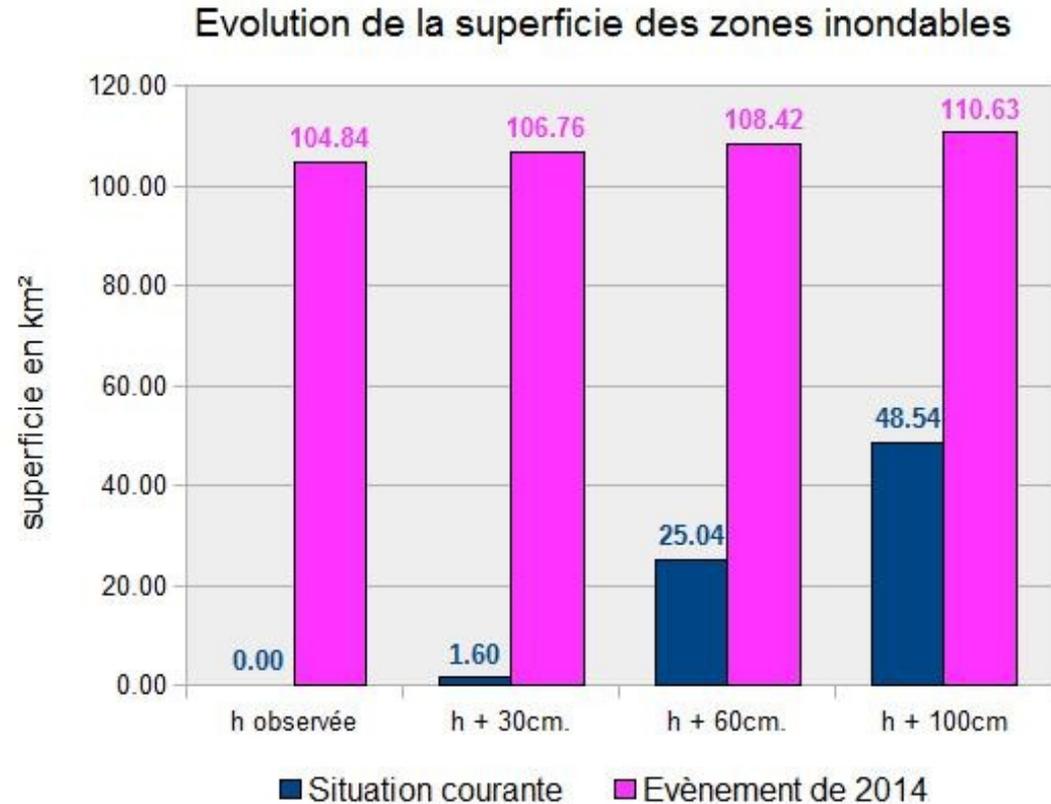




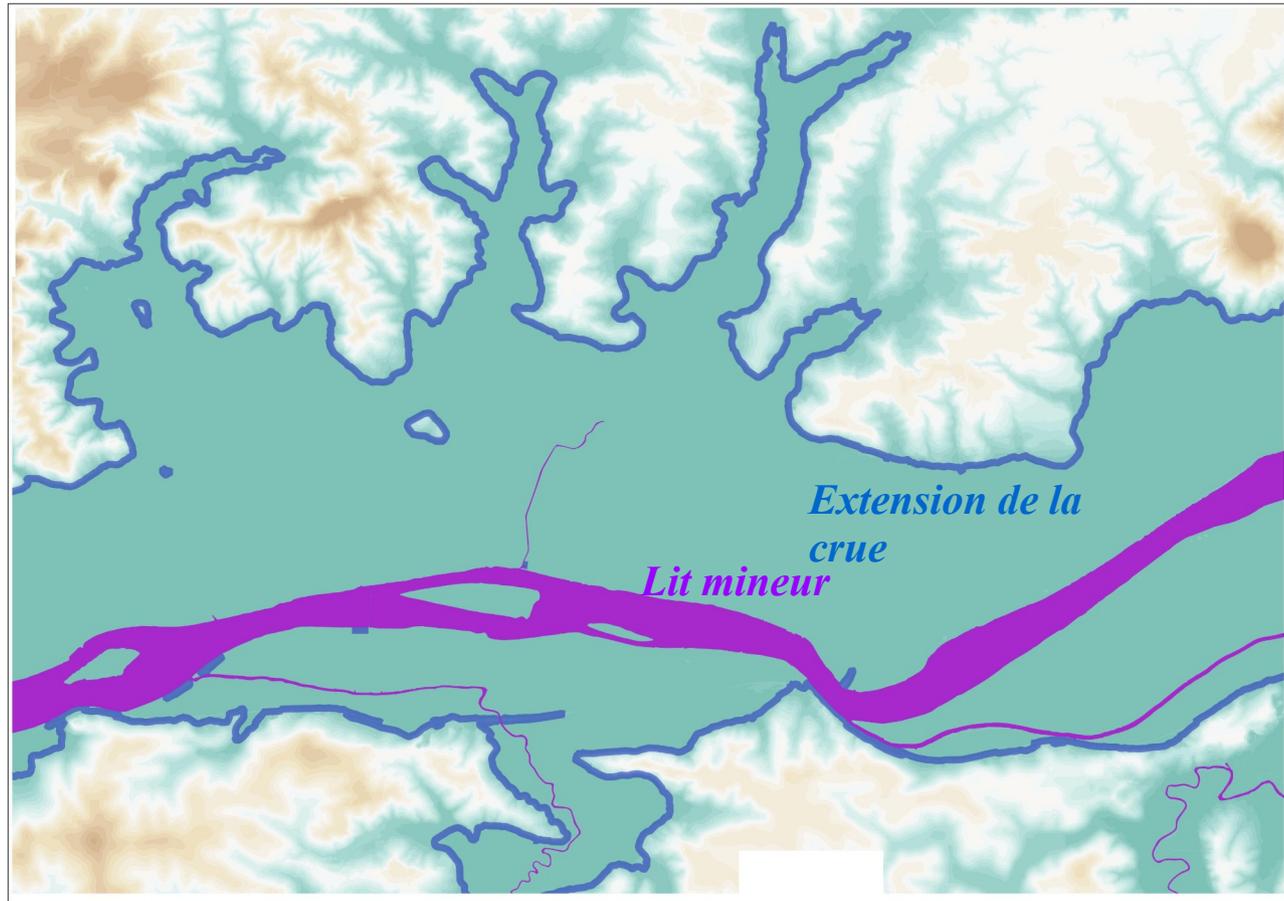
# Zones inondables

Deux scénarios étudiés :

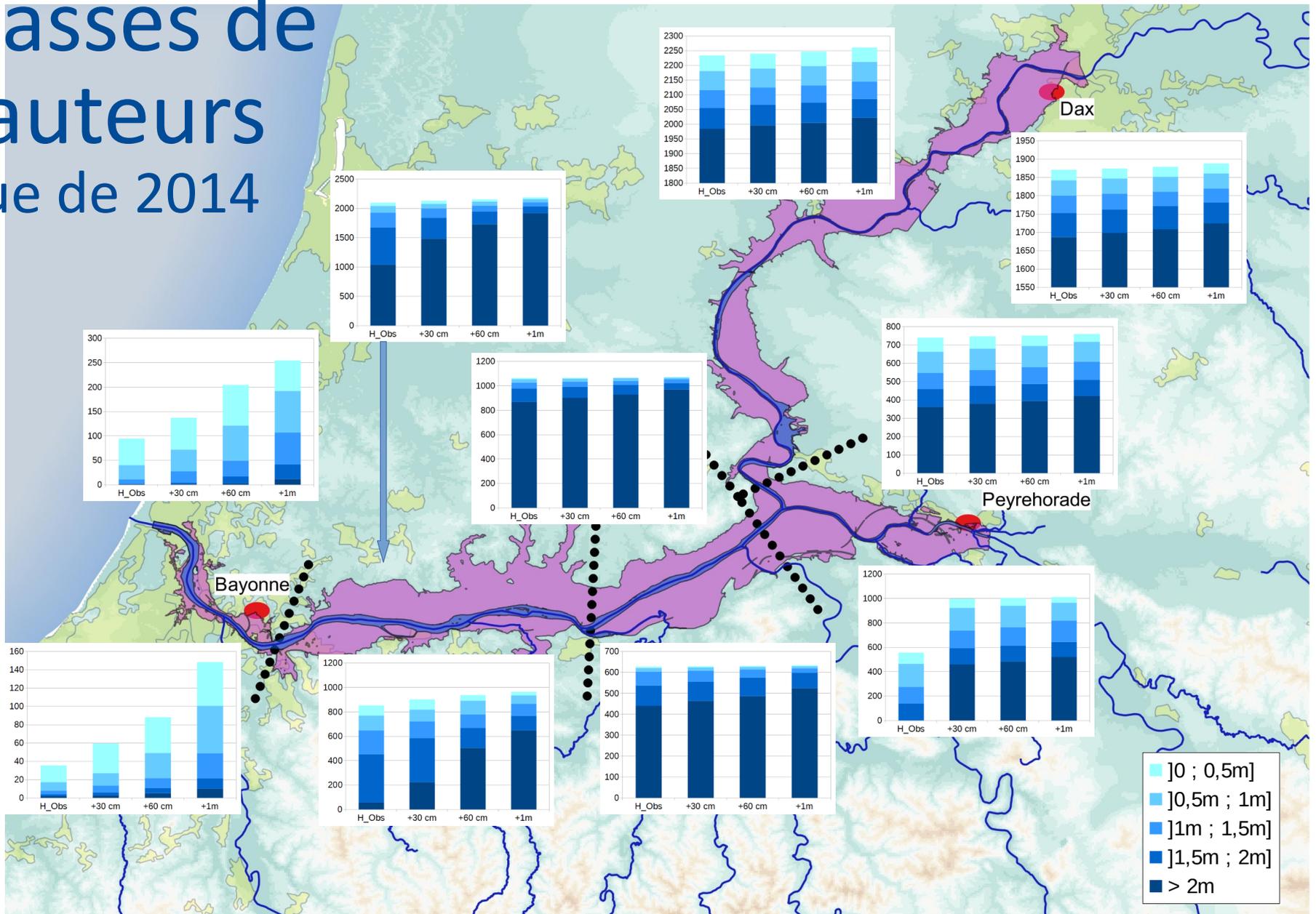
- Crue de 2014
- Grande marée classiques ~plein bord



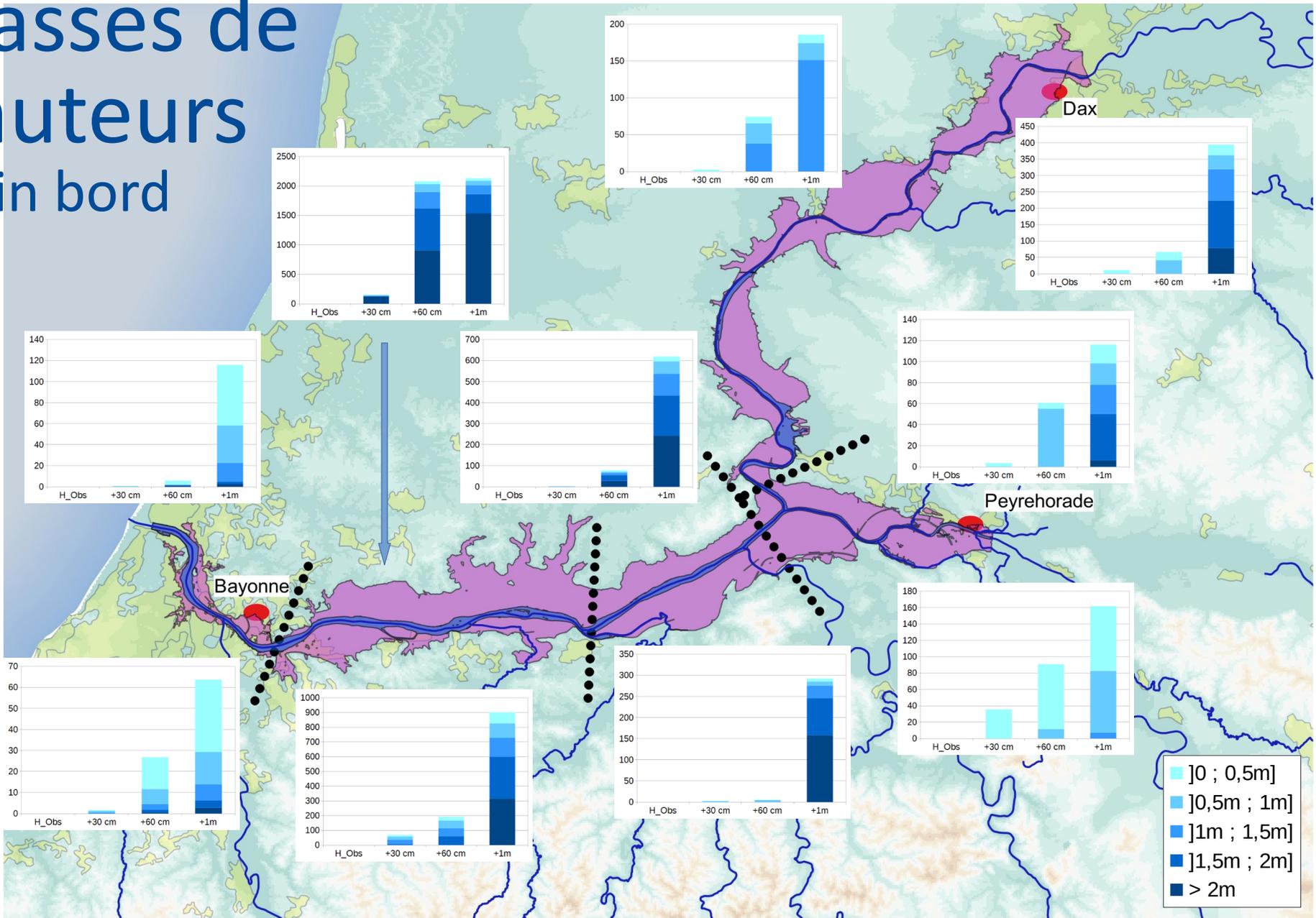
# Zones inondables : crue de 2014



# Classes de hauteurs crue de 2014

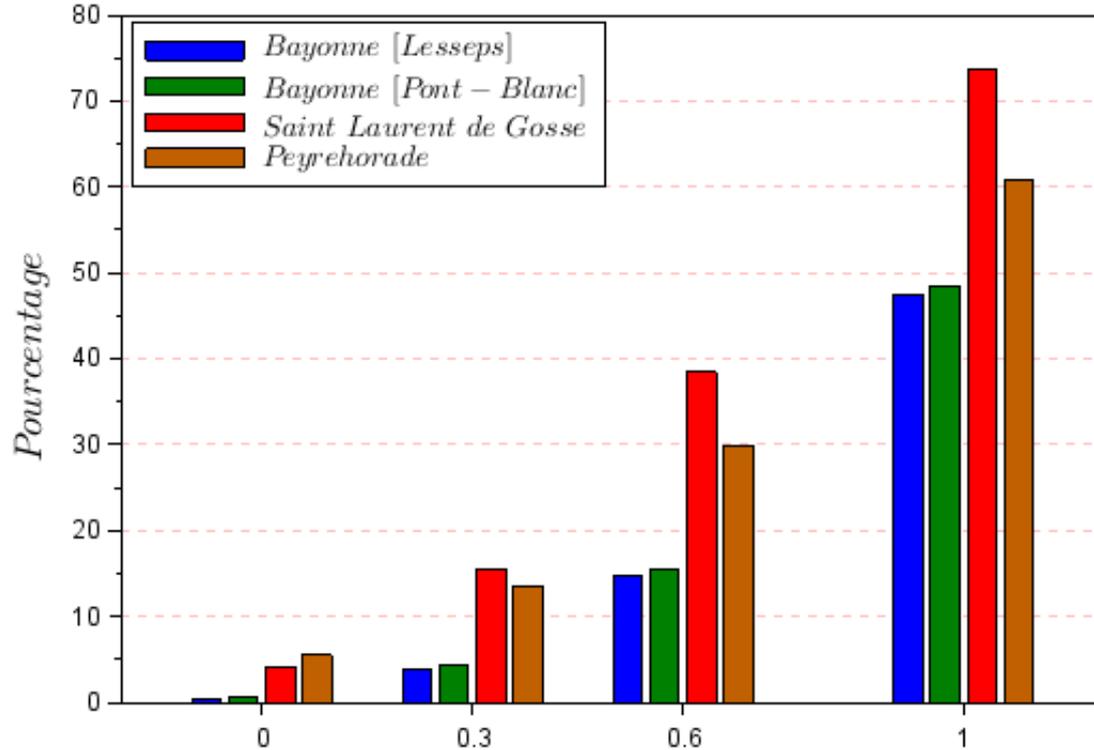


# Classes de hauteurs plein bord

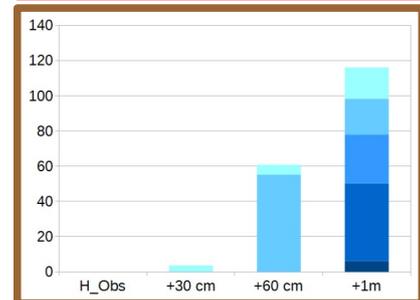
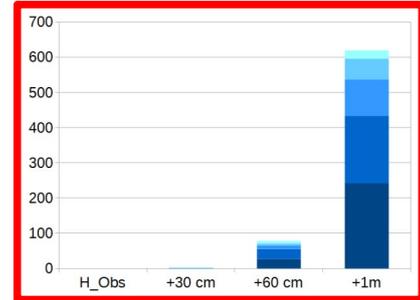
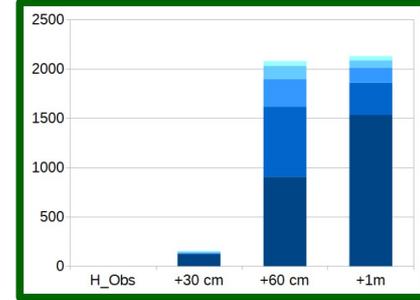
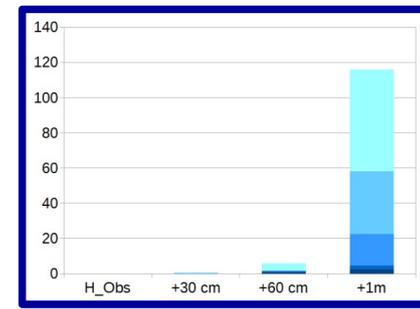


# Conclusion

## Taux de pleines mers débordantes (période 01/12/2012 – 31/01/2016)



Augmentation du niveau moyen de la mer à Anglet [Convergent] (m)



**Merci de votre attention**

Journées

REFMAR

 .shom.fr

Réseaux marégraphiques français