



**PRÉFET  
DE LA REGION  
NORMANDIE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# **IMPACT DE LA HAUSSE DU NIVEAU DE L'OCÉAN SUR LA VIGILANCE CRUE DE LA SEINE AVAL**

10 octobre 2022

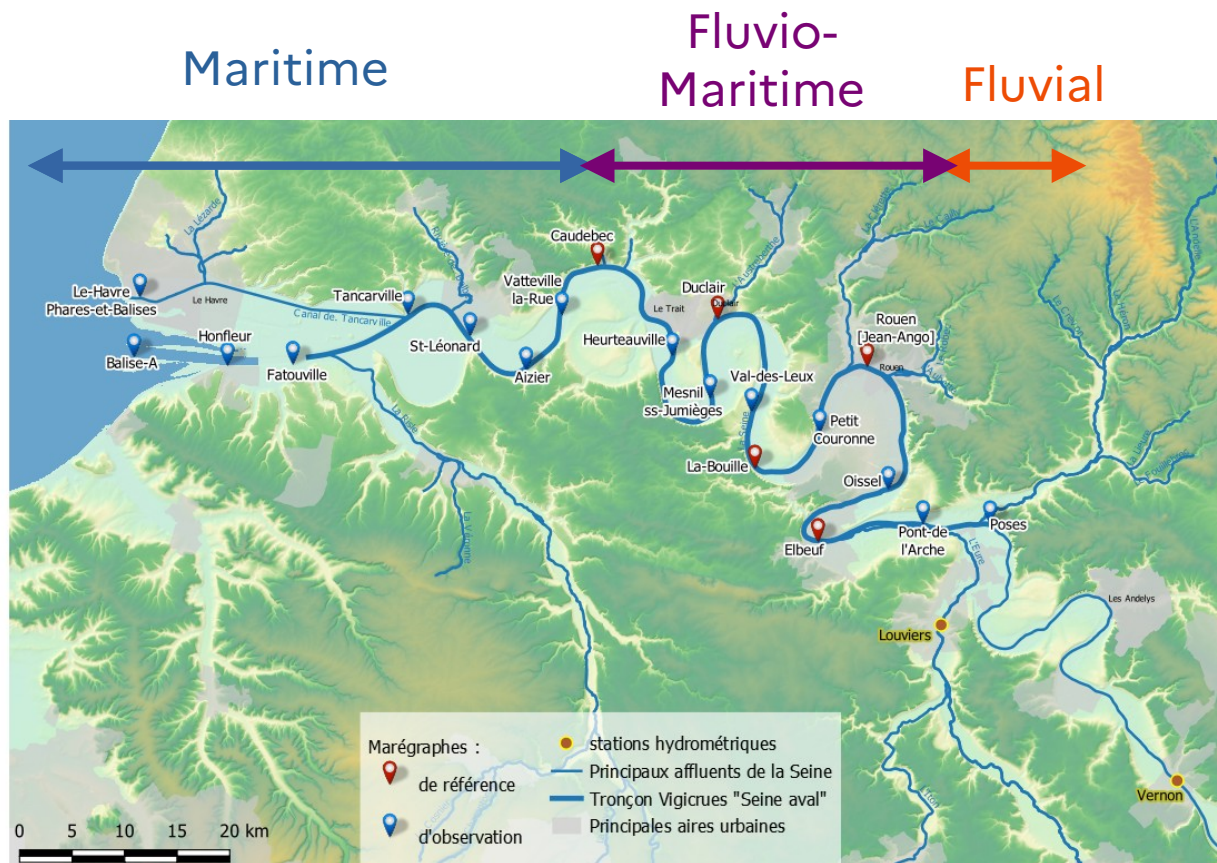
Marie Morin (TFE d'Estelle Marchand 2020)

# Introduction

- Travail de fin d'étude d'Estelle MARCHAND (ENTPE) en 2020, encadré au SPC SACN ;
- Inspiré des travaux du SPC Garonne-Adour-Dordogne : Impact du changement climatique sur la vigilance crues dans l'estuaire de l'Adour ;
- Secteur d'étude : le tronçon de vigilance « Seine-aval » ;
- Scénarios « changement climatique » issus du rapport du GIEC (2019)

# Conditions de débordement - rappels

- Débit soutenu de la Seine en amont ;
- Fort coefficient de marée ;
- Conditions météorologiques maritimes défavorables :  
 dépression atmosphérique et/ou vent d'ouest.

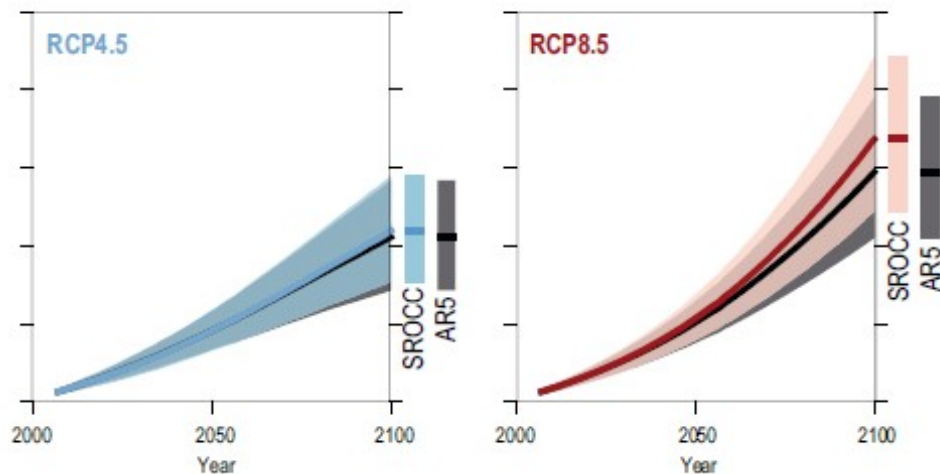


# Problématiques étudiées

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

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

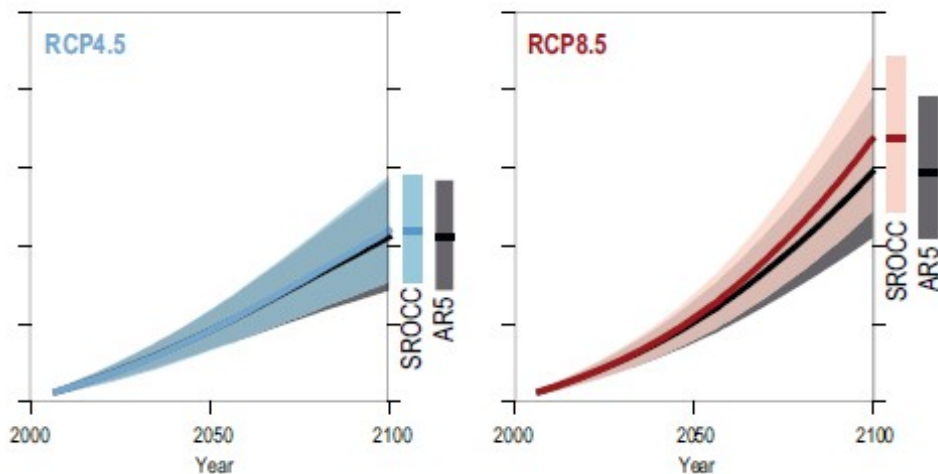
## Scénarios changement climatique étudiés



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.



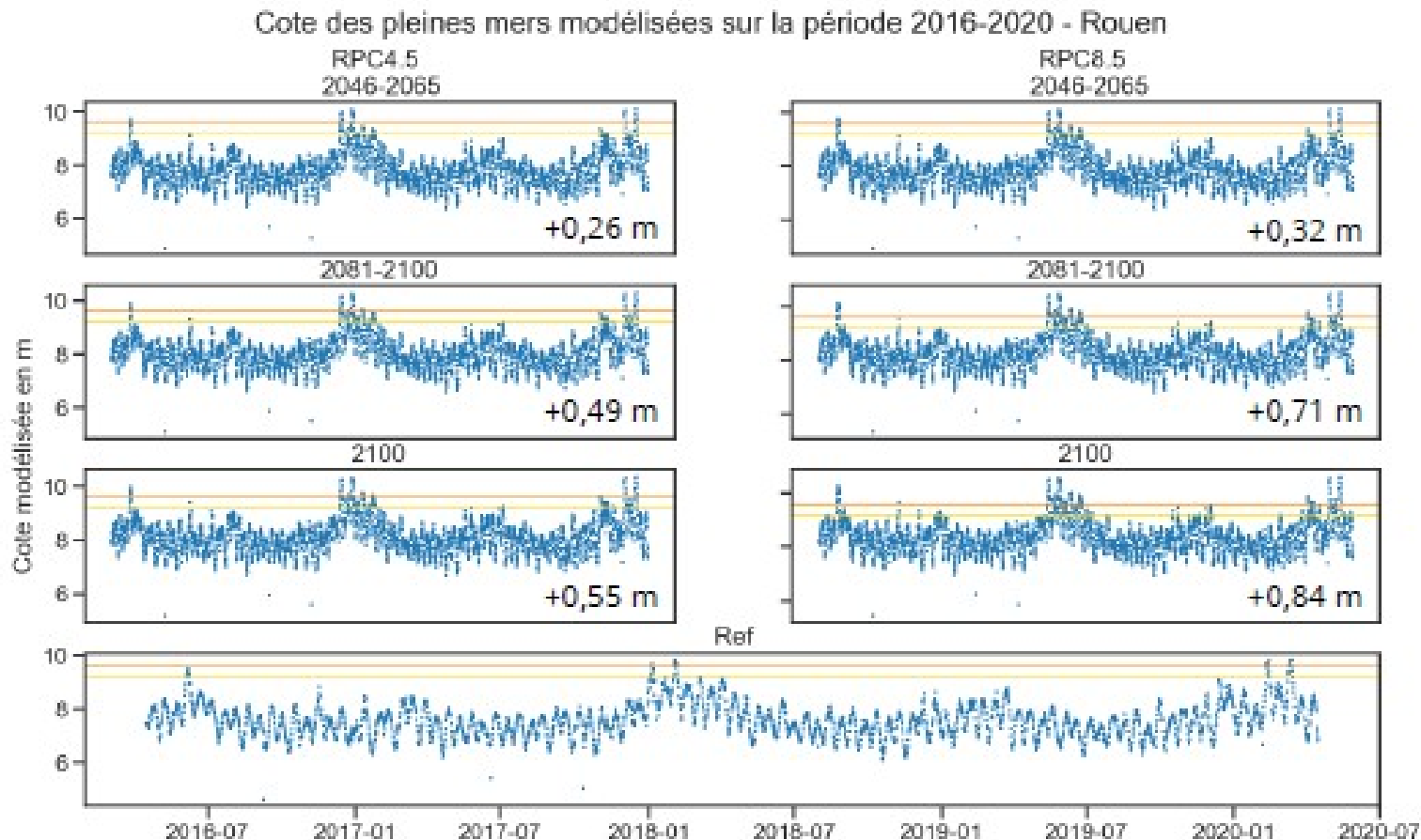
Inondations à La Bouille pendant la tempête Eleanor en janvier 2018 © Paris-normandie



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

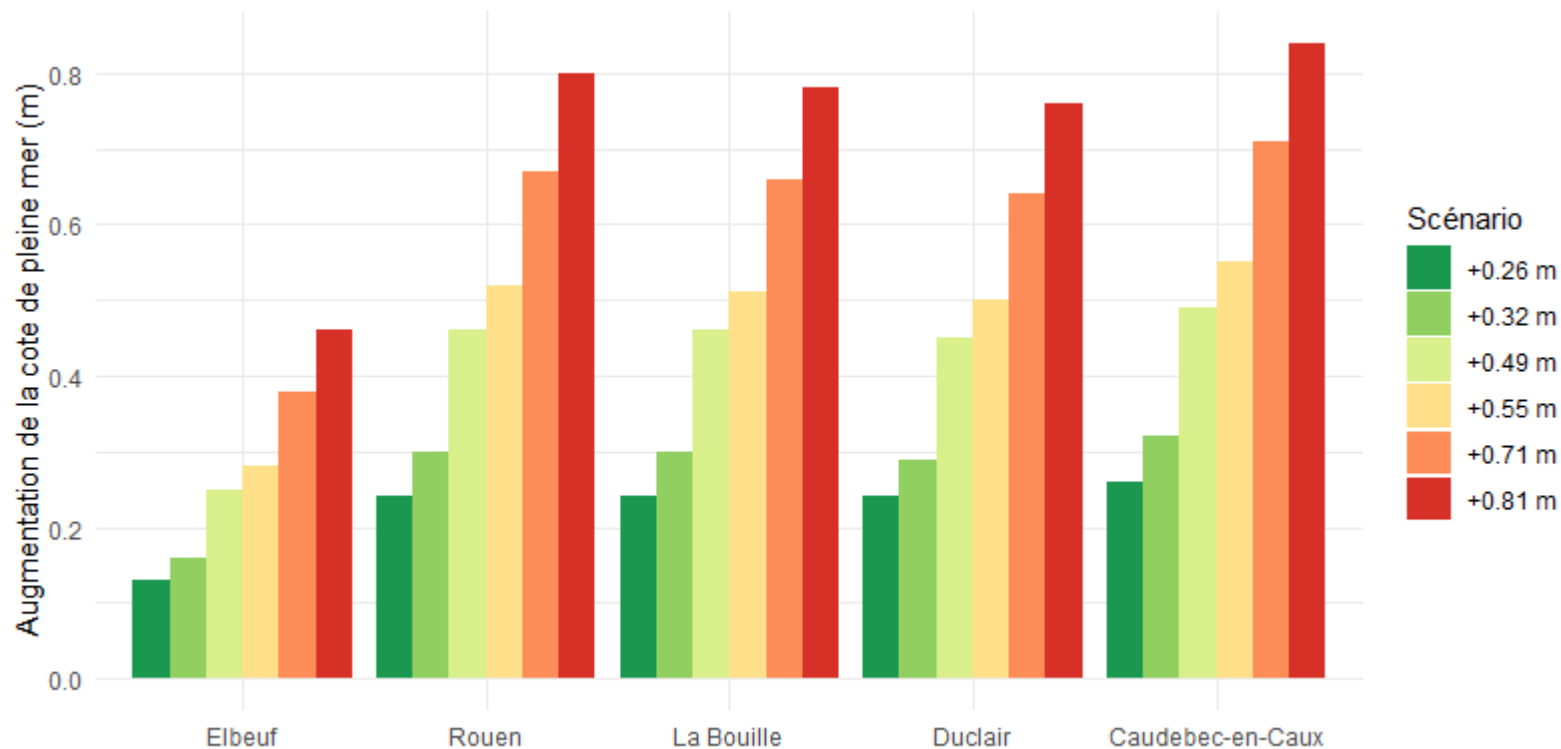
# Simulations

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





# Résultats sur les valeurs maximales de pleine mer



# Résultats sur les valeurs maximales de pleine mer

Marégraphes	Cote maximale modélisée en m CMH						
	2016-2020	+0,26 m	+0,32 m	+0,49 m	+0,55 m	+0,71 m	+0,84 m
Elbeuf	10,95 (10,99)	11,08	11,11	11,20	11,23	11,33	11,41
Rouen	9,83 (9,74)	10,07	10,13	10,29	10,35	10,50	10,63
La Bouille	9,72 (9,64)	9,96	10,02	10,18	10,23	10,38	10,50
Duclair	9,55 (9,54)	9,79	9,84	10	10,05	10,19	10,31
Caudebec-en-Caux	9,15 (9,19)	9,41	9,47	9,64	9,70	9,86	9,99

# Résultats sur les valeurs maximales de pleine mer

Marépgraphe	Cote maximale modélisée en m CMH						
	2016-2020	+0,26 m	+0,32 m	+0,49 m	+0,55 m	+0,71 m	+0,84 m
Elbeuf	10,95 (10,99)	11,08	11,11	11,20	11,23	11,33	11,41
Rouen	9,83 (9,74)	10,07	10,13	10,29	10,35	10,50	10,63
La Bouille	9,72 (9,64)	9,96	10,02	10,18	10,23	10,38	10,50
Duclair	9,55 (9,54)	9,79	9,84	10	10,05	10,19	10,31
Caudebec-en-Caux	9,15 (9,19)	9,41	9,47	9,64	9,70	9,86	9,99

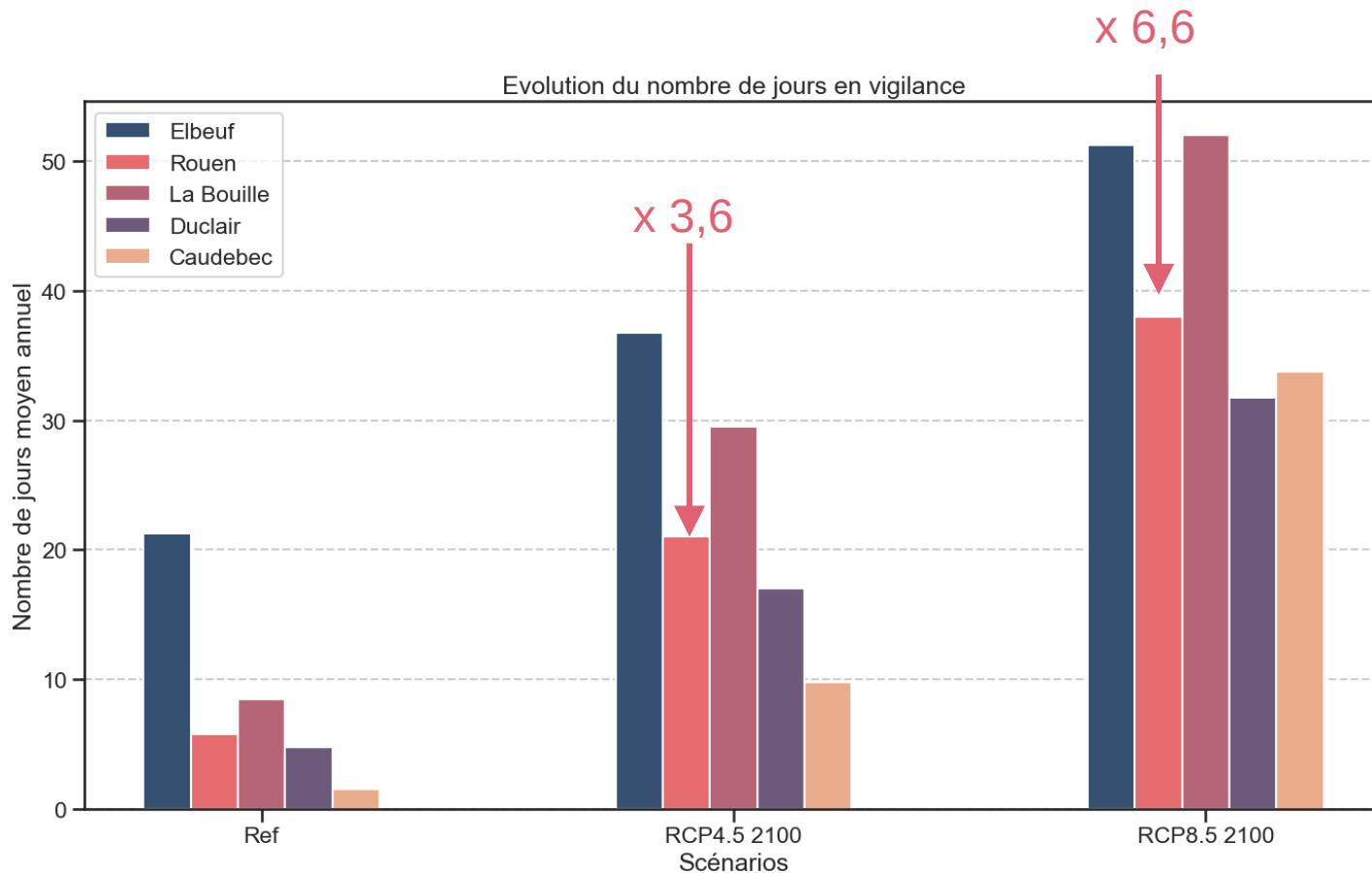
*RPC 4.5 2100*

*RPC 8.5 2100*

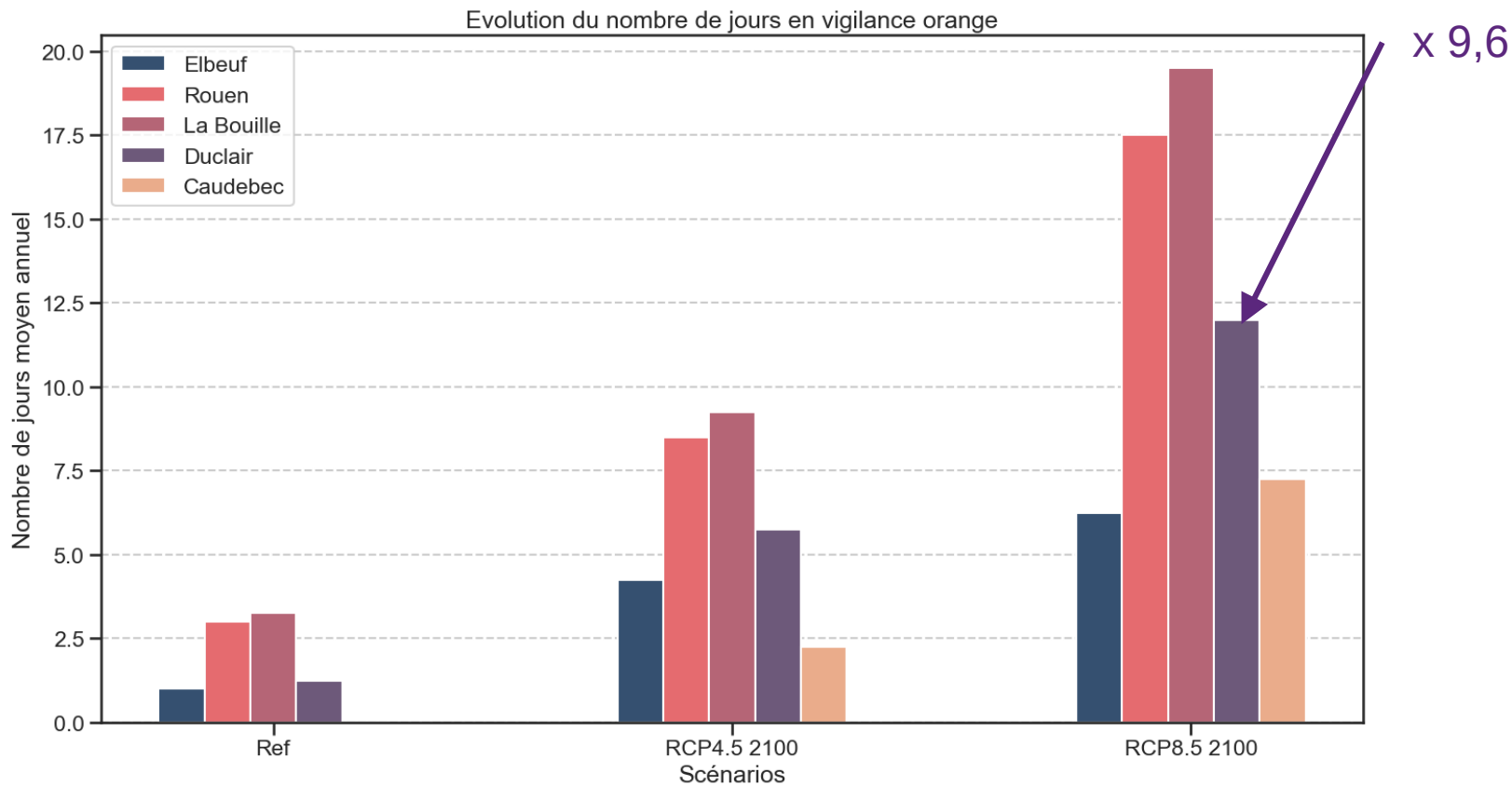
## Indicateurs calculés

- ❖ 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



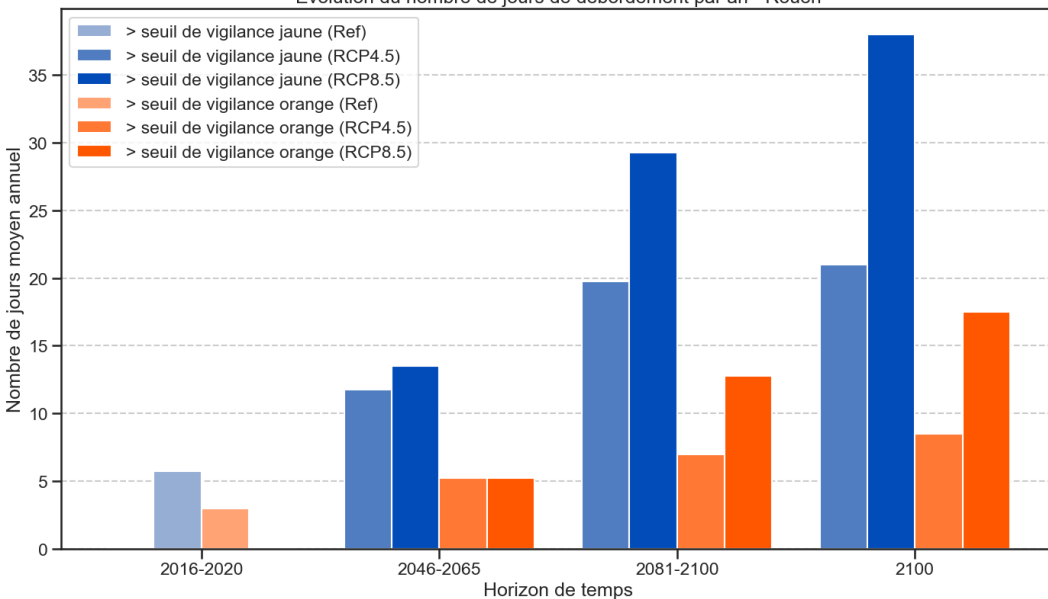
# Nombre de jours en vigilance orange



# Evolution du nombre de jours en vigilance

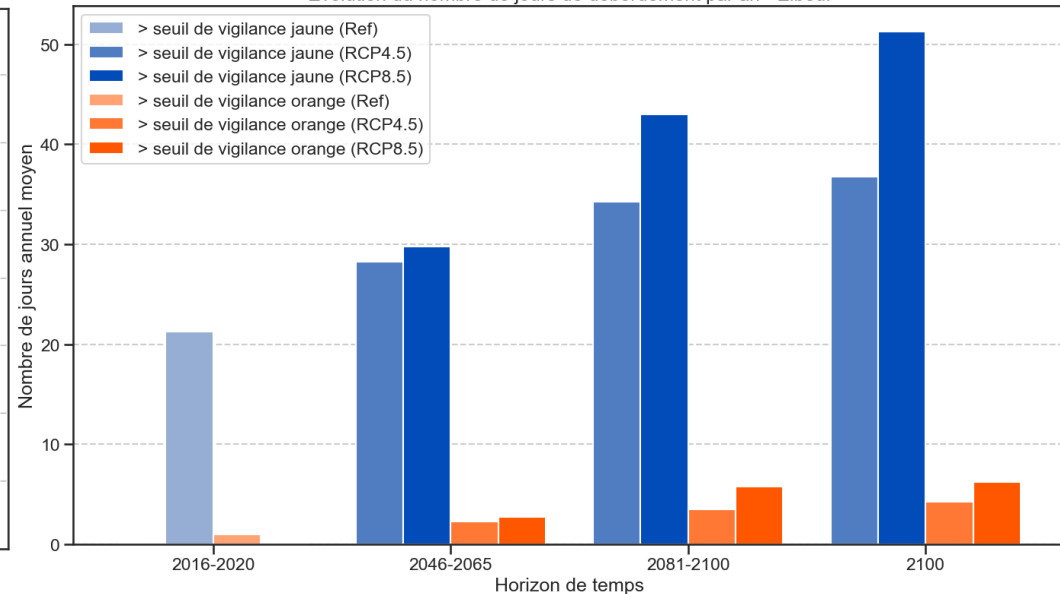
## Rouen

Evolution du nombre de jours de débordement par an - Rouen



## Elbeuf

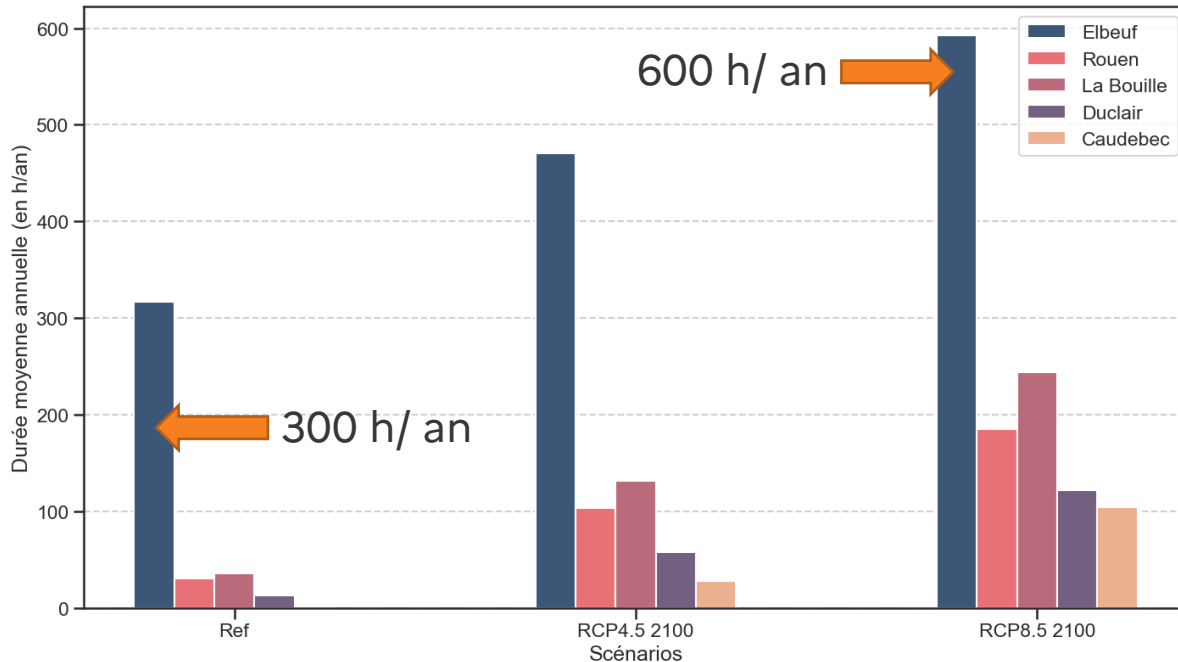
Evolution du nombre de jours de débordement par an - Elbeuf



## Durée de submersion

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

### Durée moyenne par an



### 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

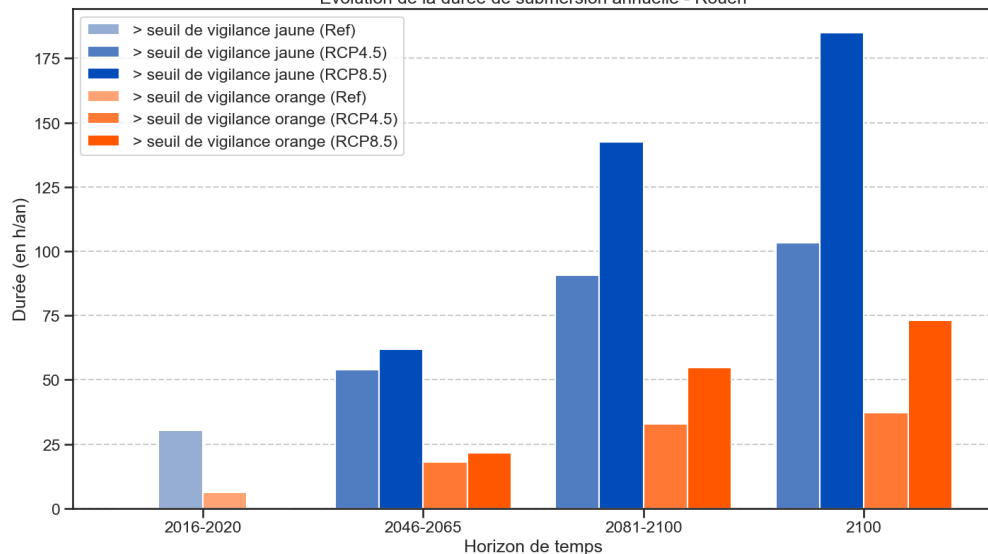
x5



# Durée de submersion

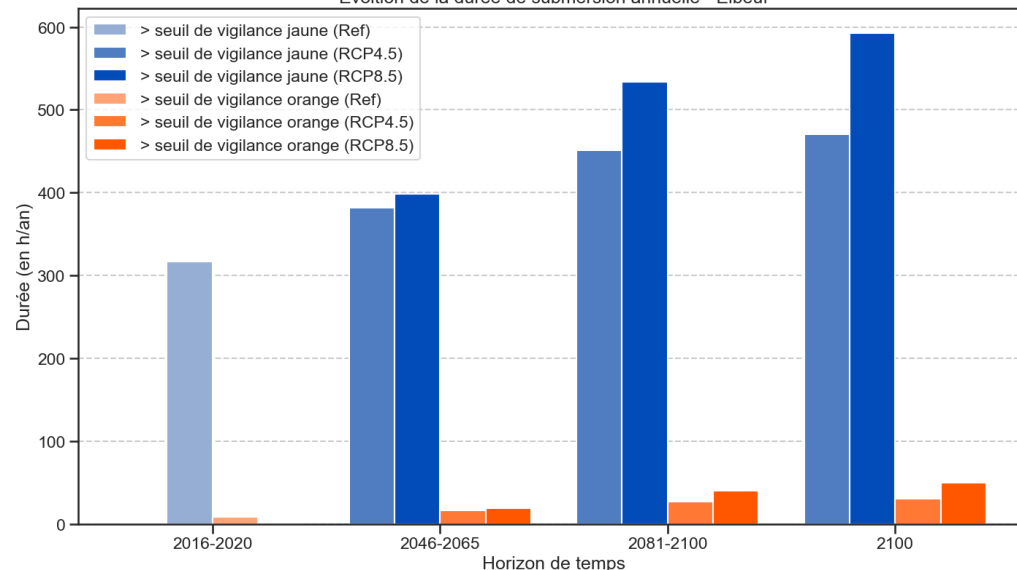
## Rouen

Evolution de la durée de submersion annuelle - Rouen



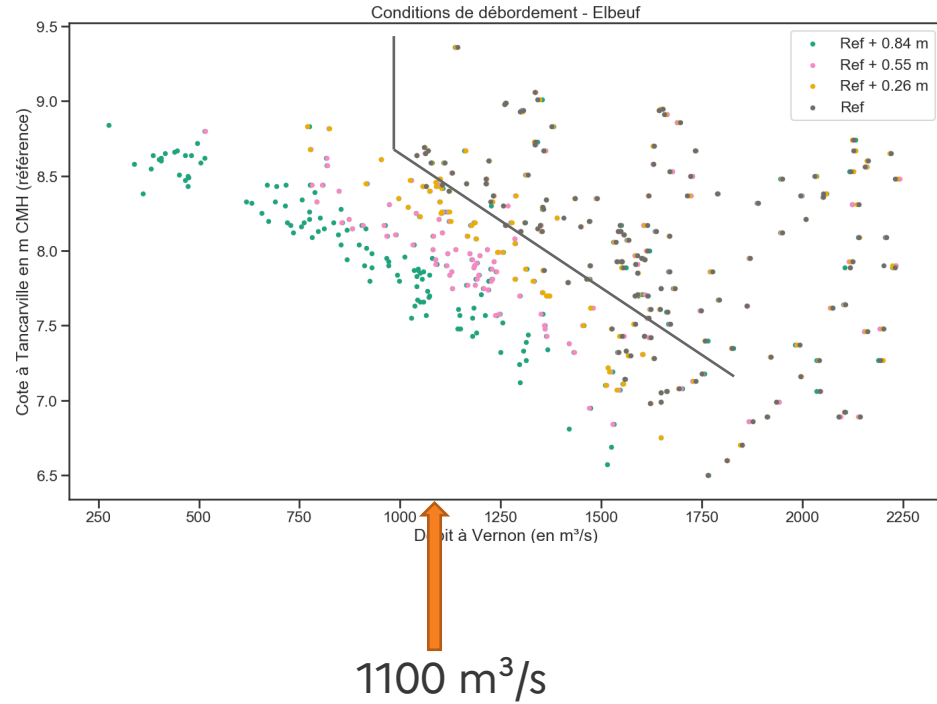
## Elbeuf

Evolution de la durée de submersion annuelle - Elbeuf



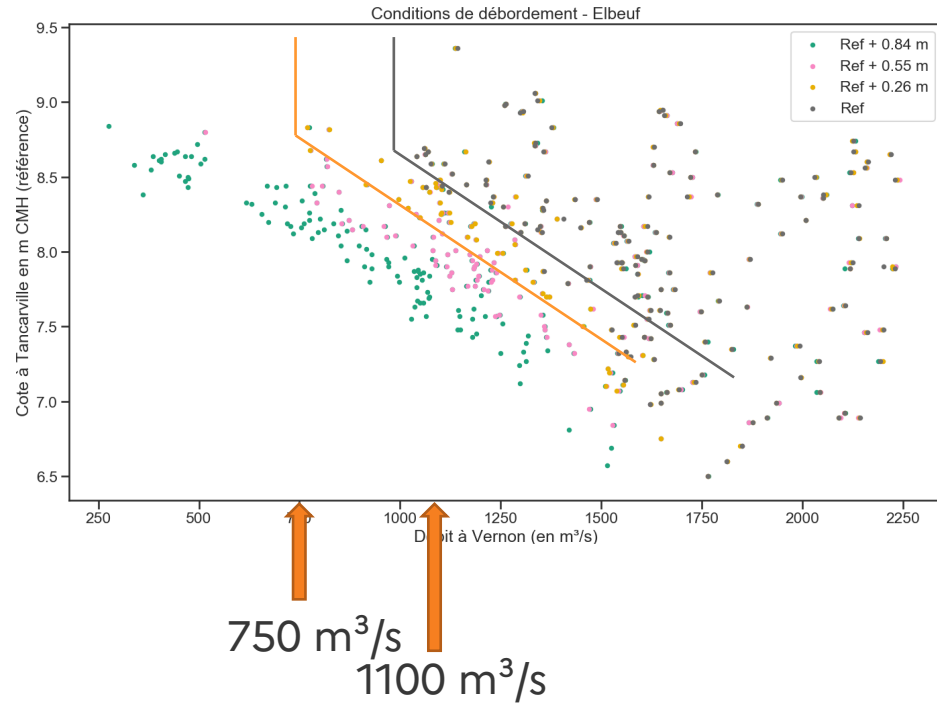
# Evolution des conditions de débordements

## Elbeuf



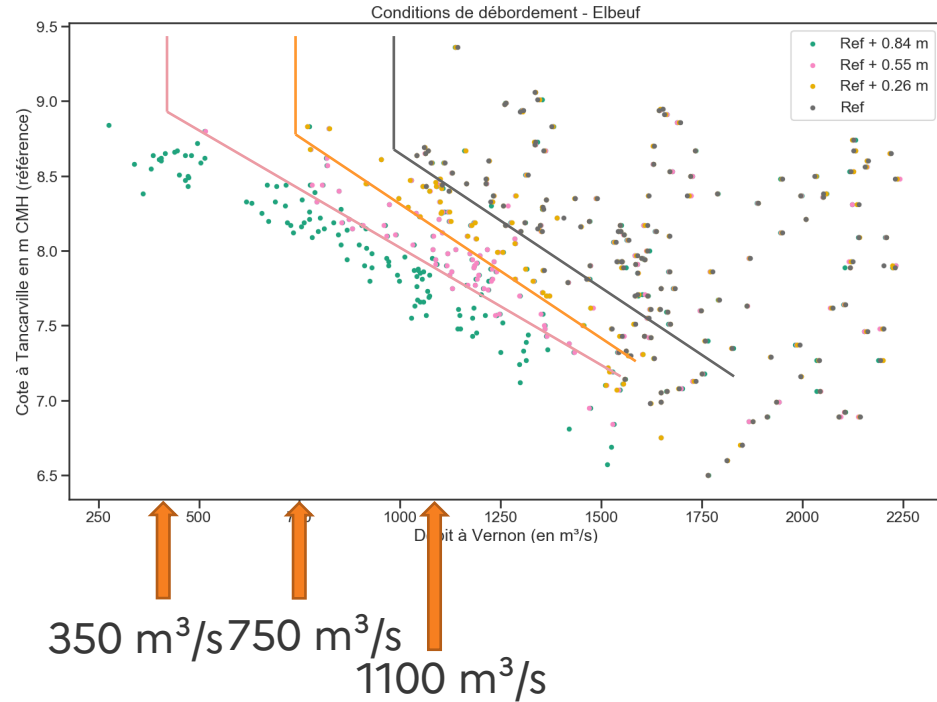
# Evolution des conditions de débordements

## Elbeuf



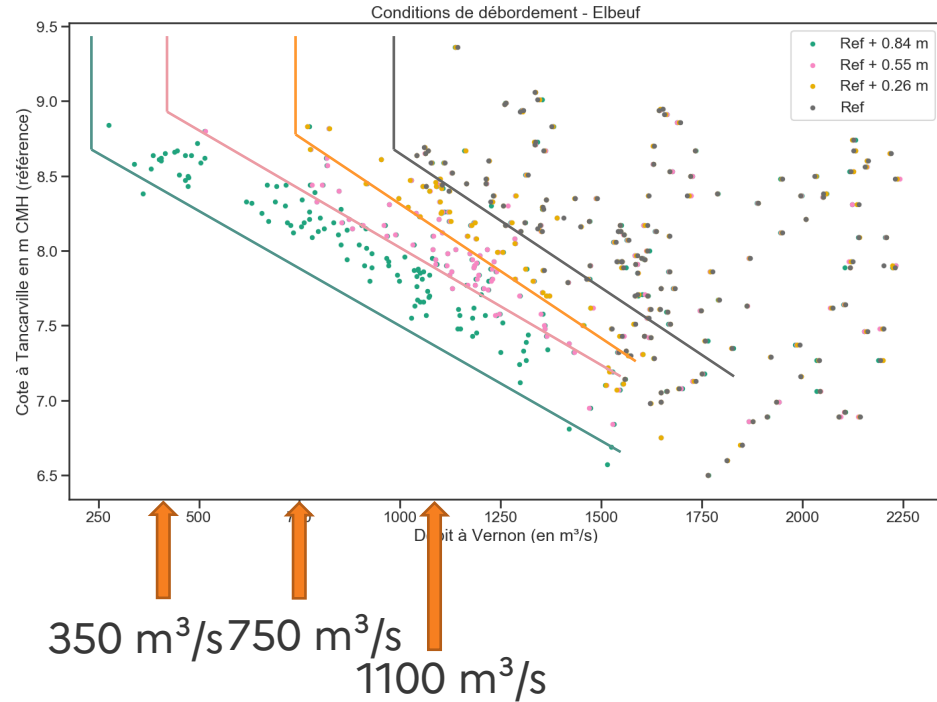
# Evolution des conditions de débordements

## Elbeuf



# Evolution des conditions de débordements

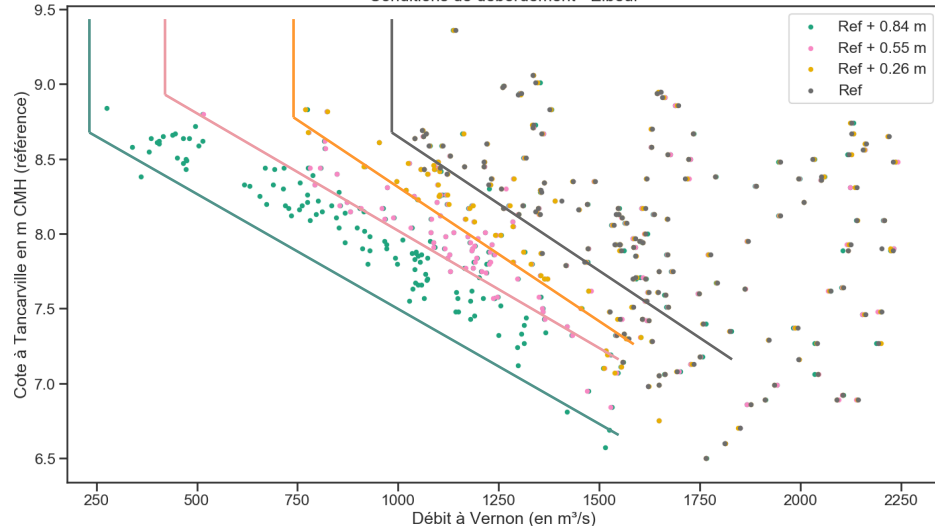
## Elbeuf



# Evolution des conditions de débordements

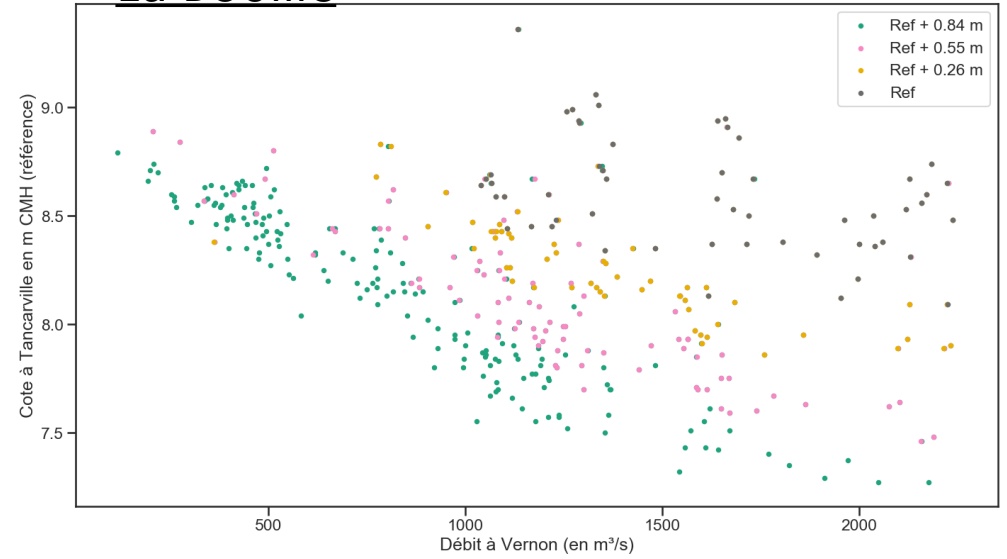
## Elbeuf

Conditions de débordement - Elbeuf



## La Bouille

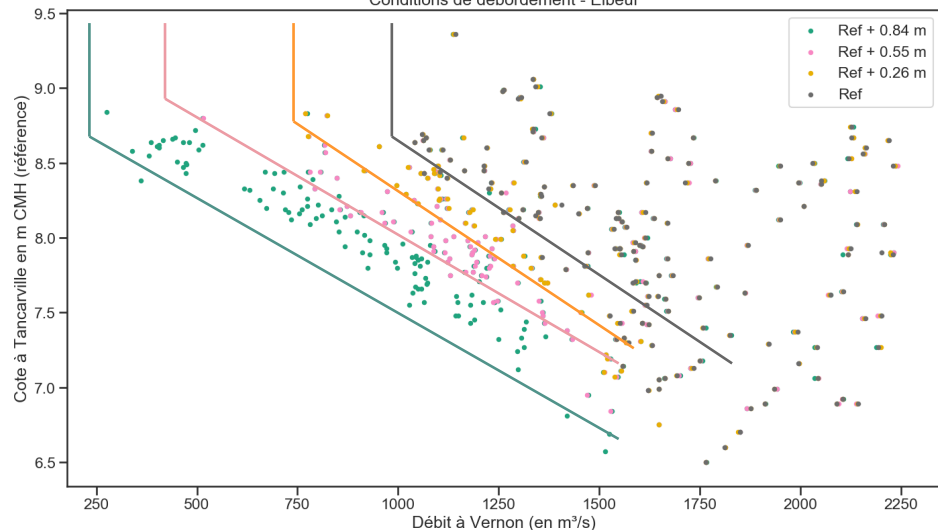
Conditions de débordement - La Bouille



# Evolution des conditions de débordements

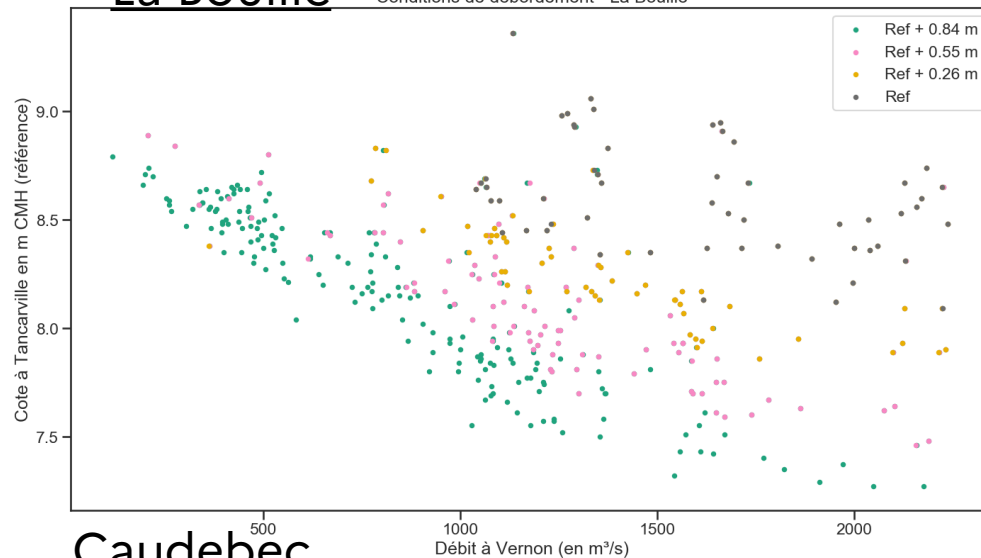
## Elbeuf

Conditions de débordement - Elbeuf



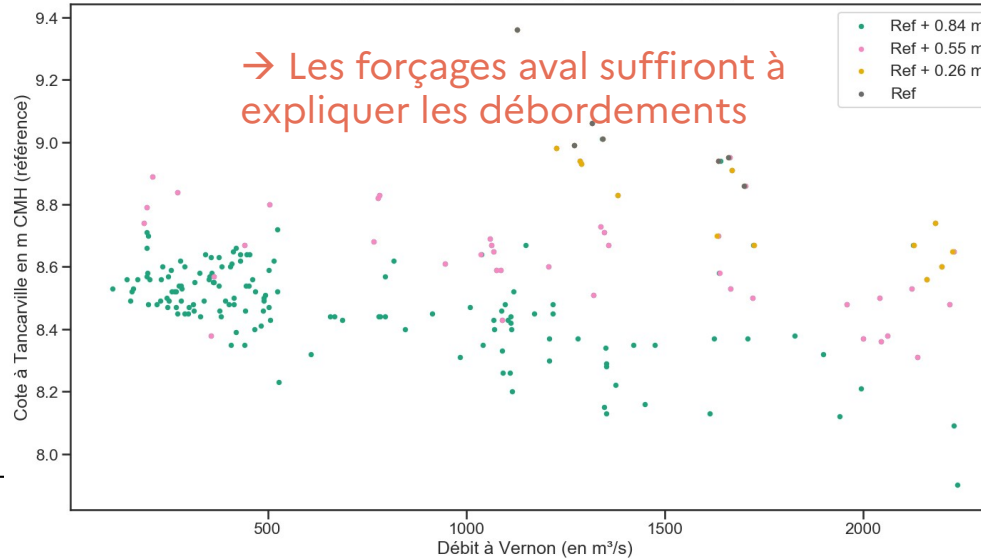
## La Bouille

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 ;

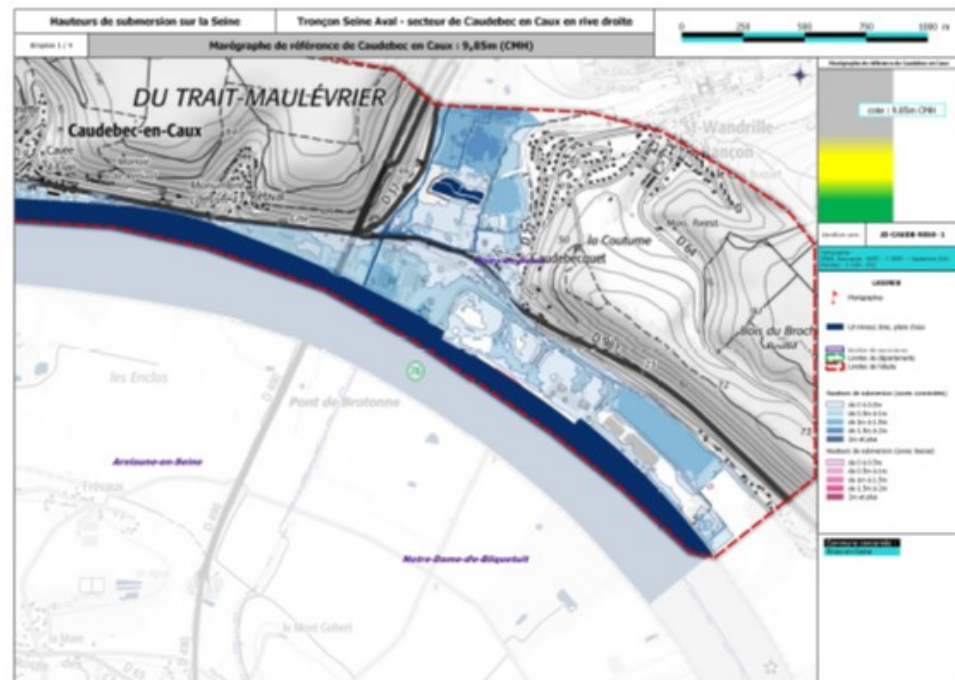
**Aléa moyen** : hauteur d'eau comprise entre 50 cm et 1 m ;

**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

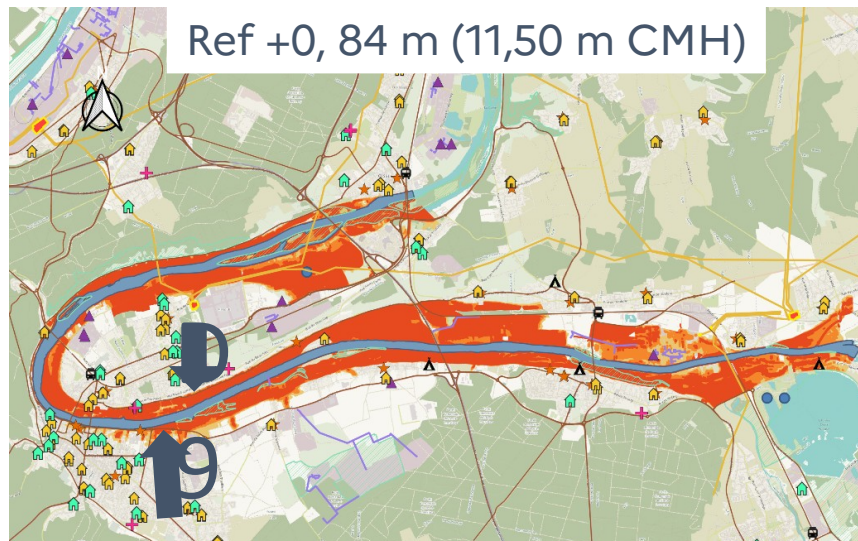
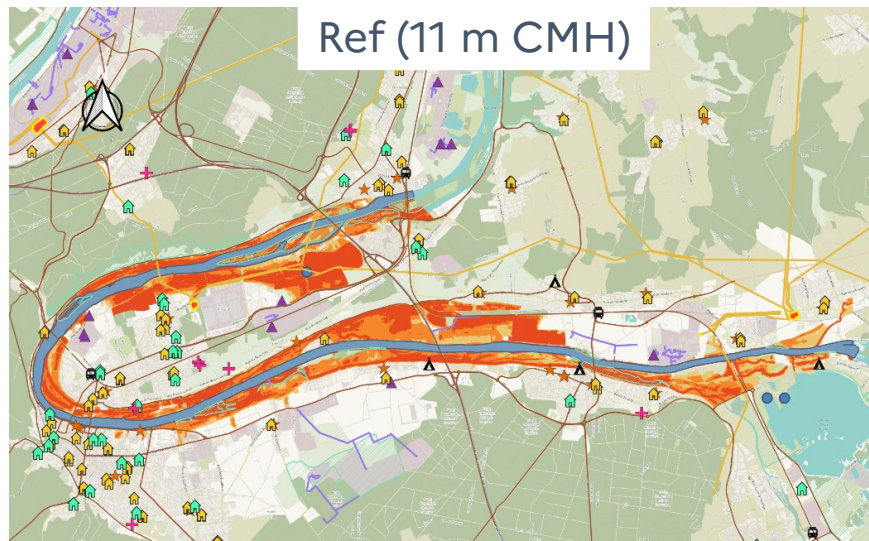
❖ Peu d'évolution de l'enveloppe des surfaces inondées ;



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

- ❖ 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.



- 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)

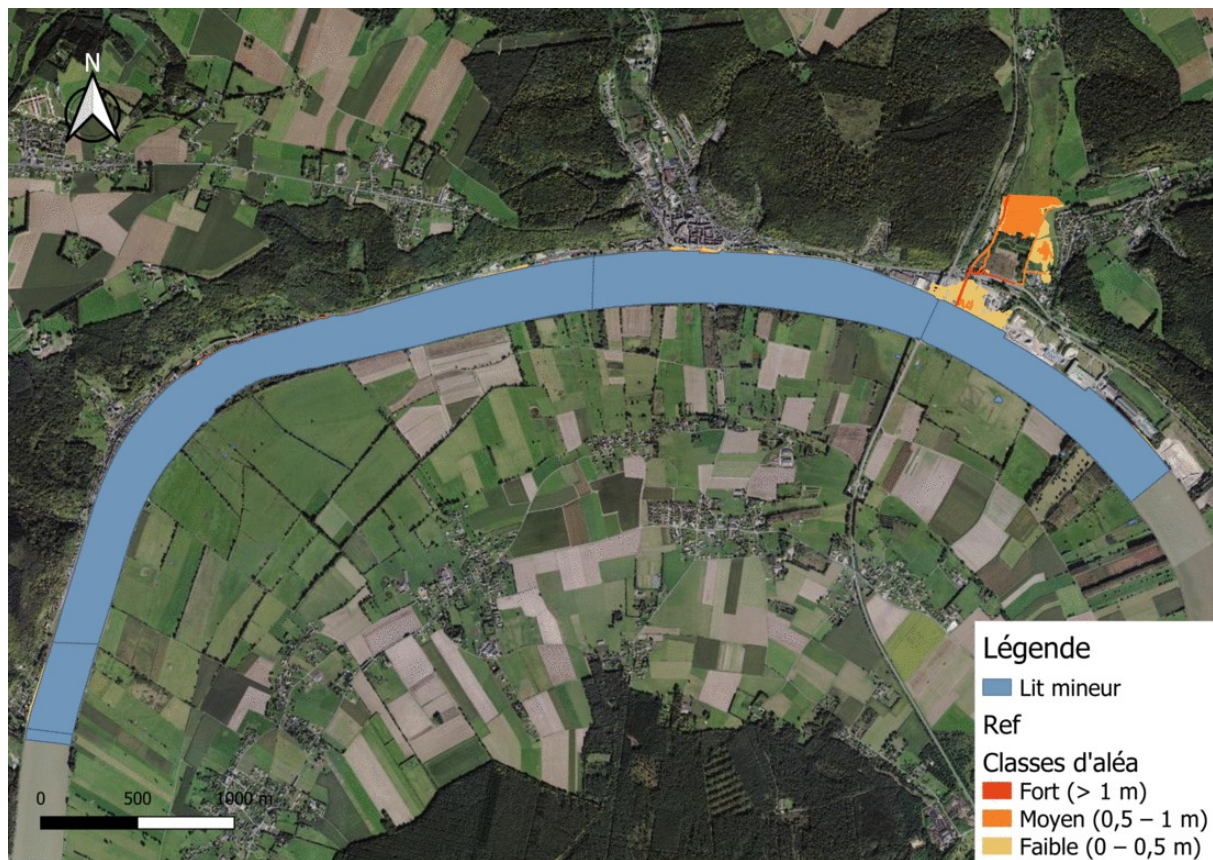
Enjeux impactés à Elbeuf pour la cote maximale atteinte pendant les événements de 2018, avec ou sans changement climatique



# Secteur de Caudebec-en-Caux

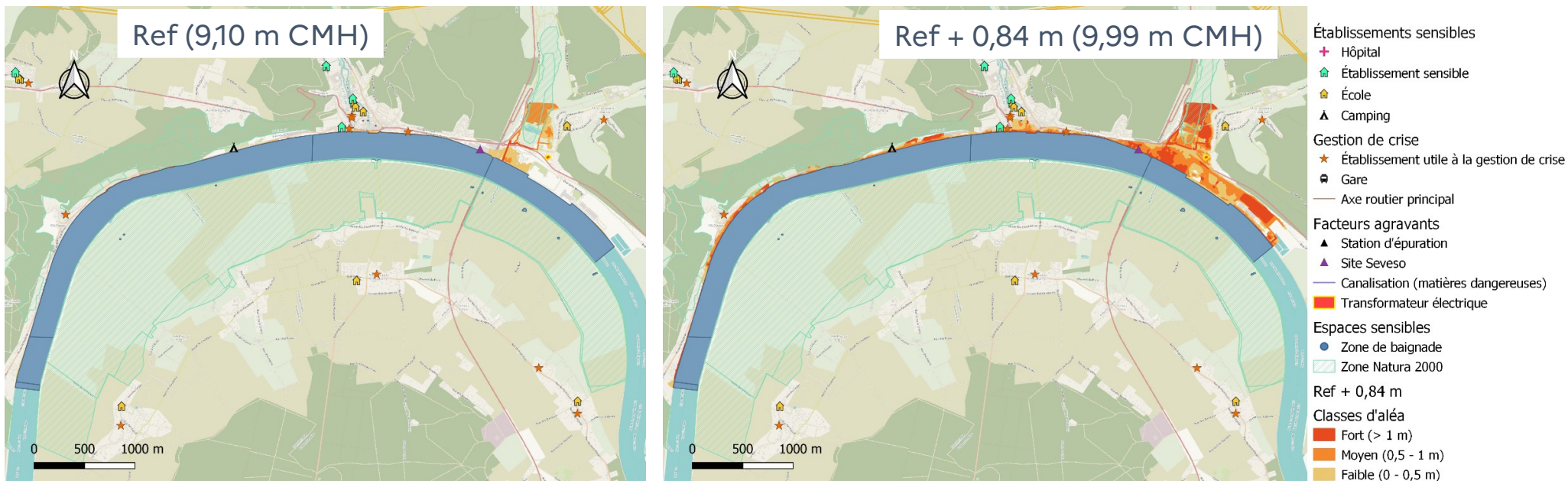
- ❖ Secteur actuellement plutôt épargné par les inondations ;
- ❖ Augmentation des surfaces inondées (x 4/5) ;
- ❖ Augmentation des hauteurs d'eau atteintes.

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)