



**PRÉFET
DE LA RÉGION
BRETAGNE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Journées
REFMAR
 .shom.fr
Réseaux marégraphiques français

ZONES D'INONDATION POTENTIELLE (ZIP) EN ESTUAIRE

Service Prévision des Crues de la Vilaine et des Côtiers Bretons

Service Prévision des Crues Seine Aval et Côtiers Normands

 **VIGICRUES**

Sommaire

1. Les cartes de zones d'inondation potentielle (ZIP)

- a. Cas général
- b. Spécificités des estuaires
- c. Contraintes opérationnelles

2. Le cas de l'Odet à Quimper

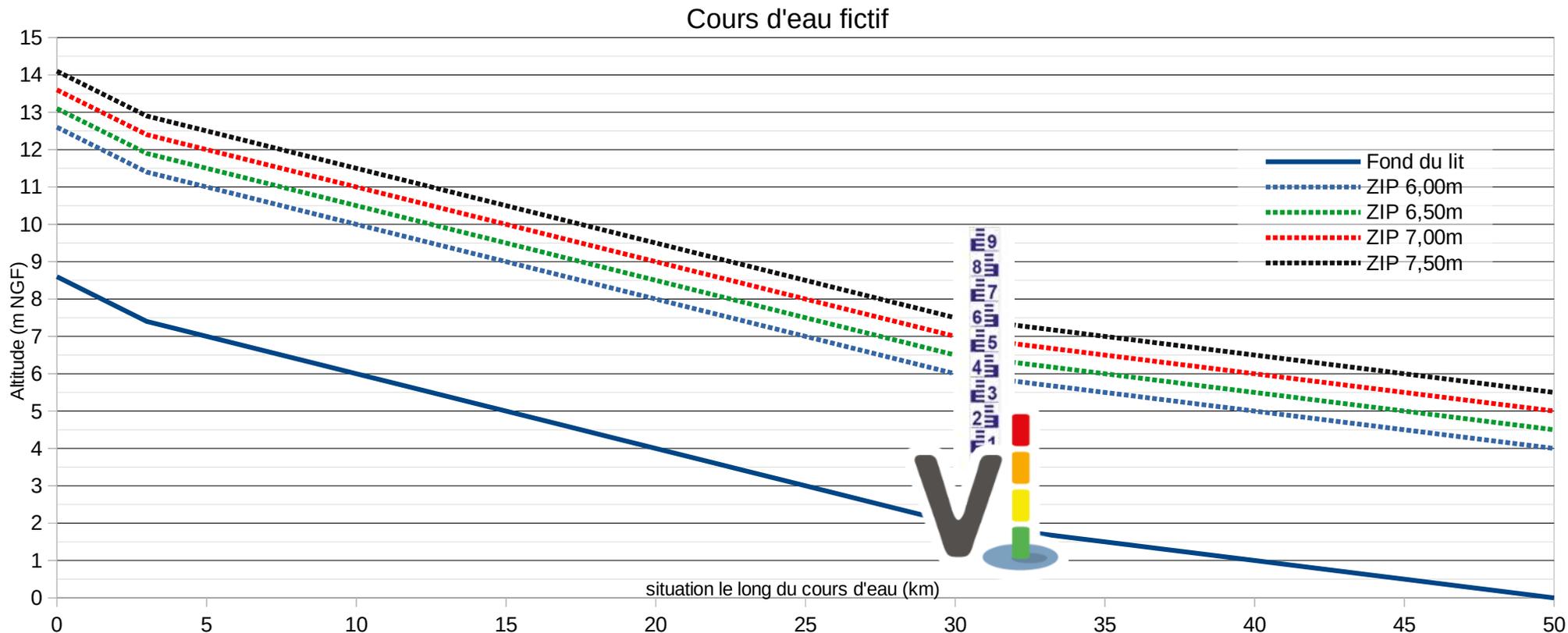
3. Le cas du val de Port Jérôme en estuaire de Seine : l'influence du ressuyage et de la tenue de plein sur les cartes produites

4. Questionnement sur la caractérisation du forçage maritime et des niveaux d'eau en estuaire en matière de période de retour (*« pas de côté »*)

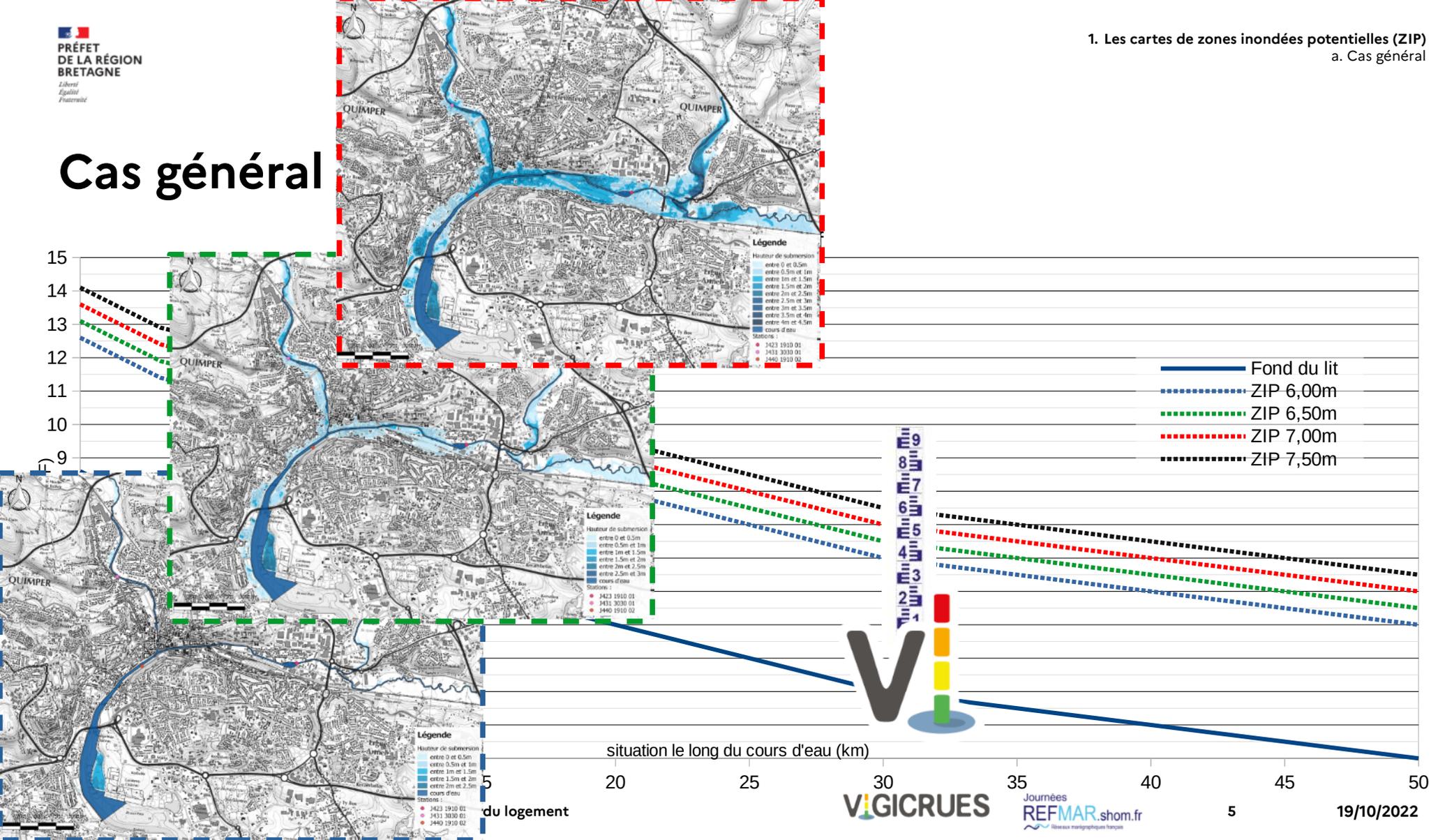
5. Conclusion

1. Les cartes de zones inondées potentielles (ZIP)

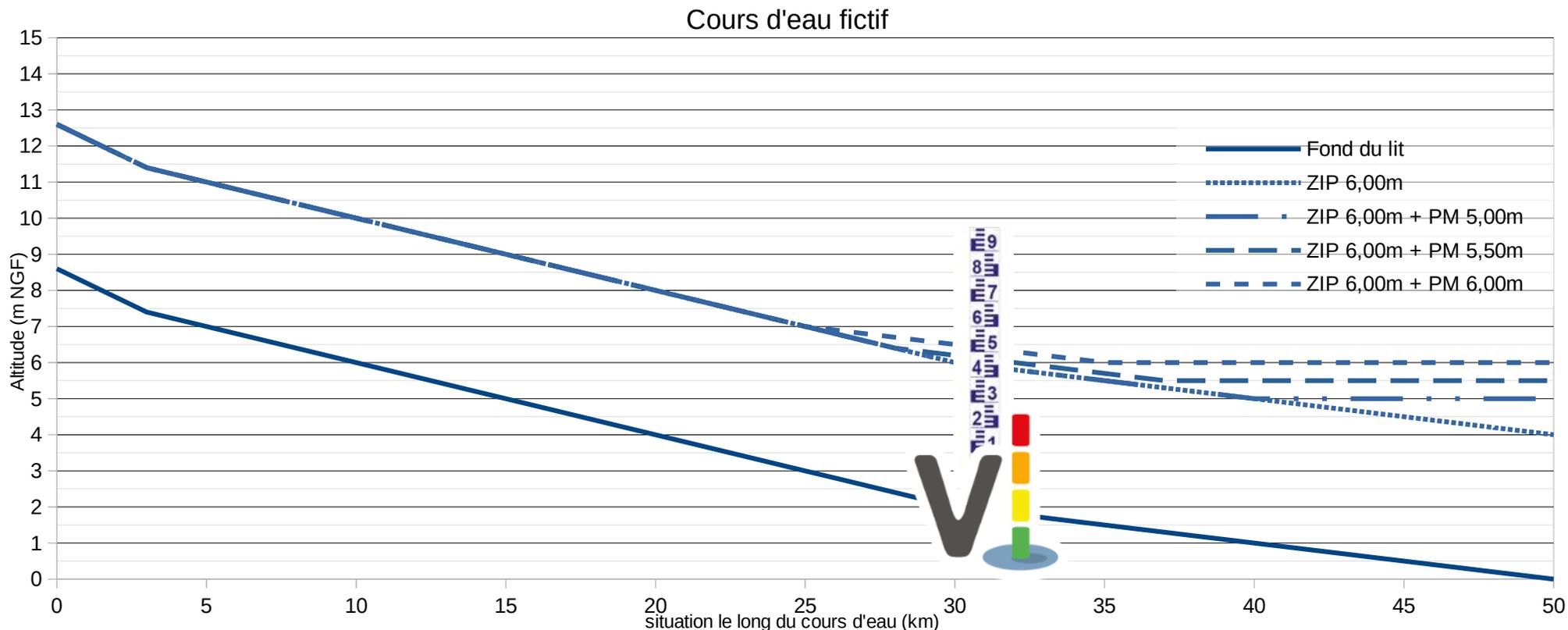
Cas général des ZIP



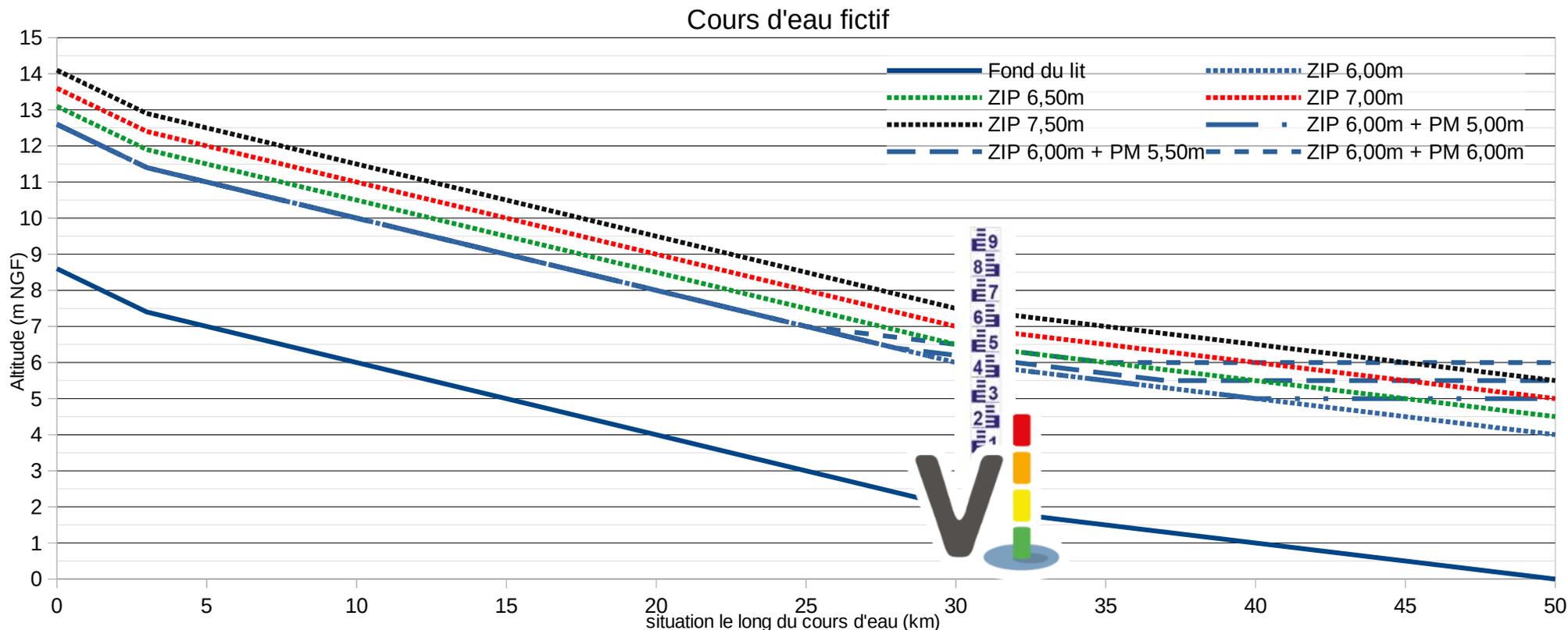
Cas général



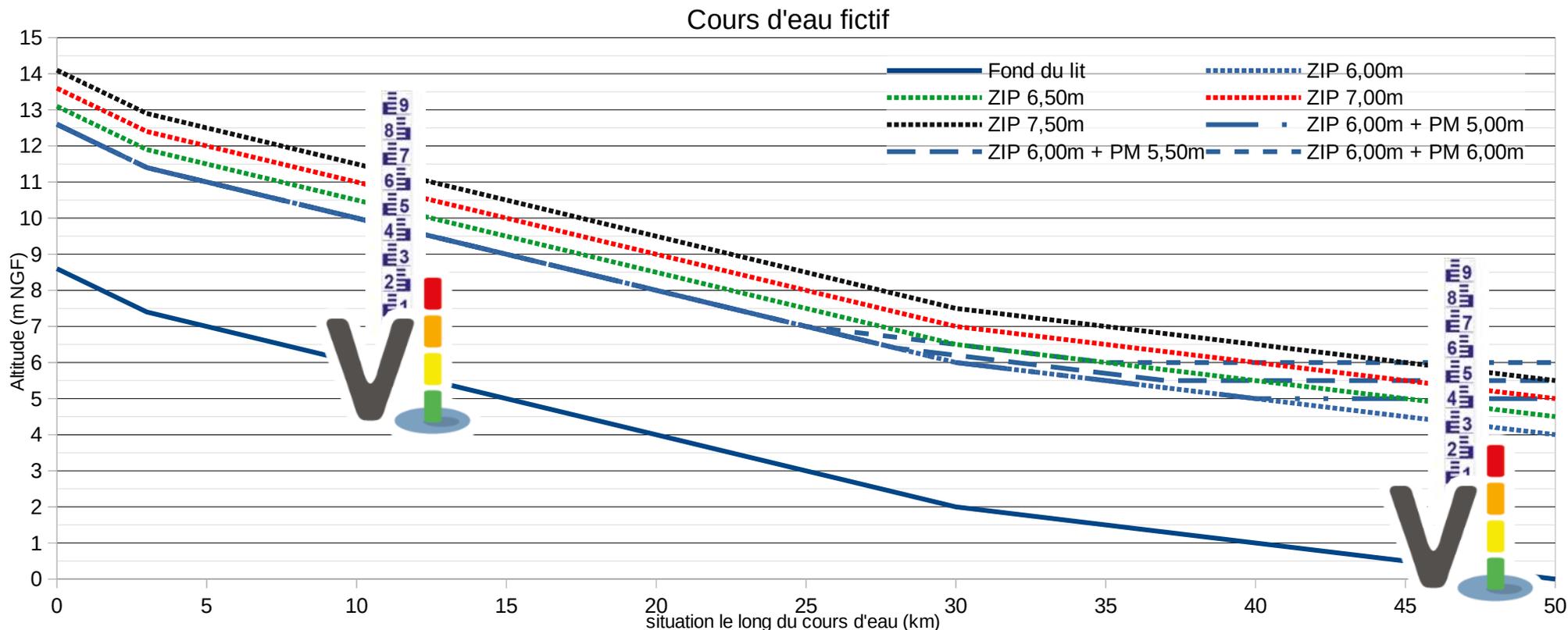
Spécificités des estuaires



Spécificités des estuaires



Spécificités des estuaires

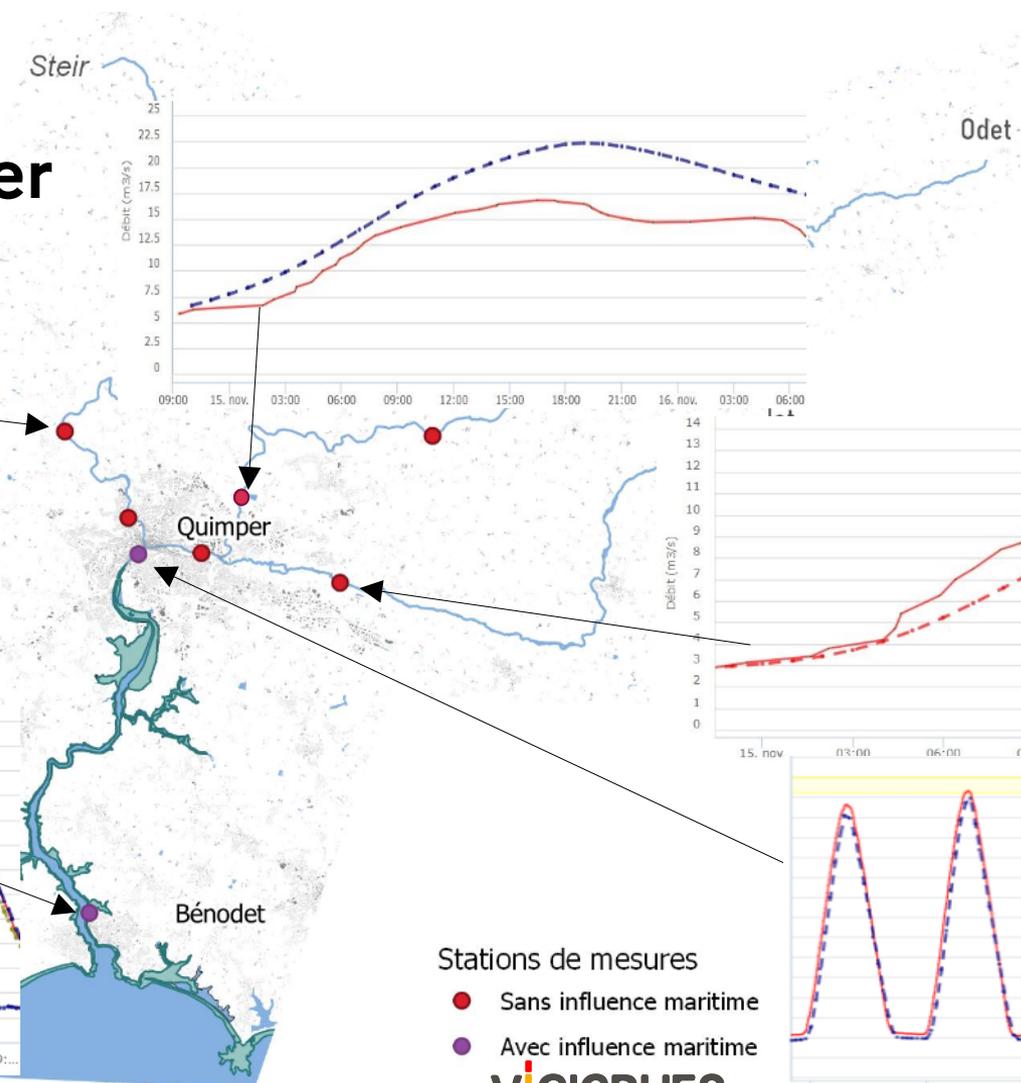
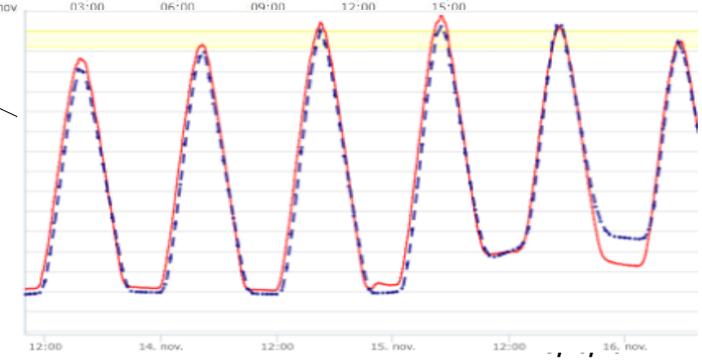
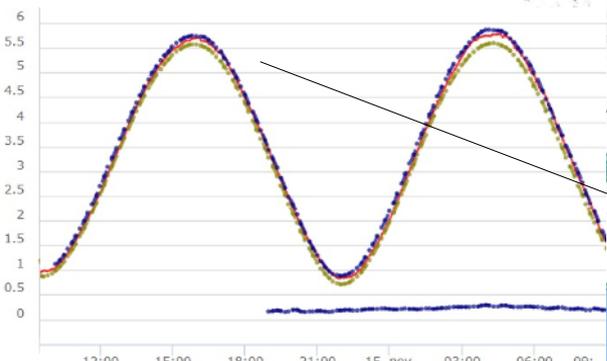
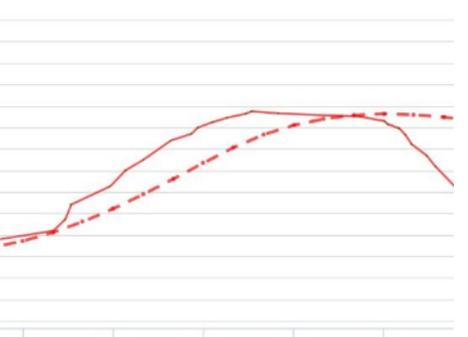
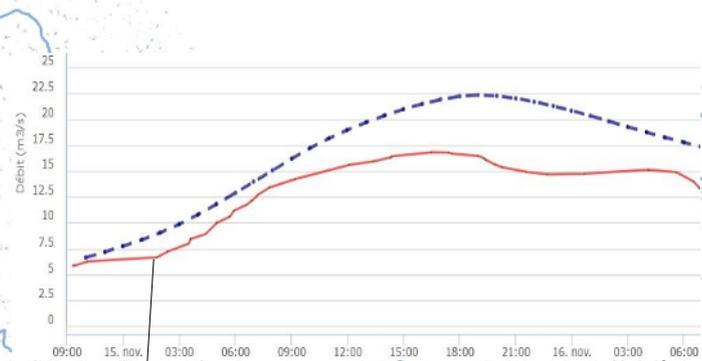
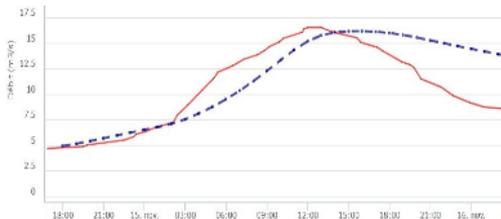


Contraintes opérationnelles

- ✓ Pas de modélisation cartographique temps réel (contrainte de temps)
 - => jeu de cartes établi à froid
 - => exploitable par des spécialistes de la gestion de crise, non spécialistes fluvial/maritime
- ✓ Des marnages parfois importants, d'origine fluviale comme maritime
 - => un catalogue exhaustif qui croîtrait exponentiellement

2. Le cas de l'Odét à Quimper

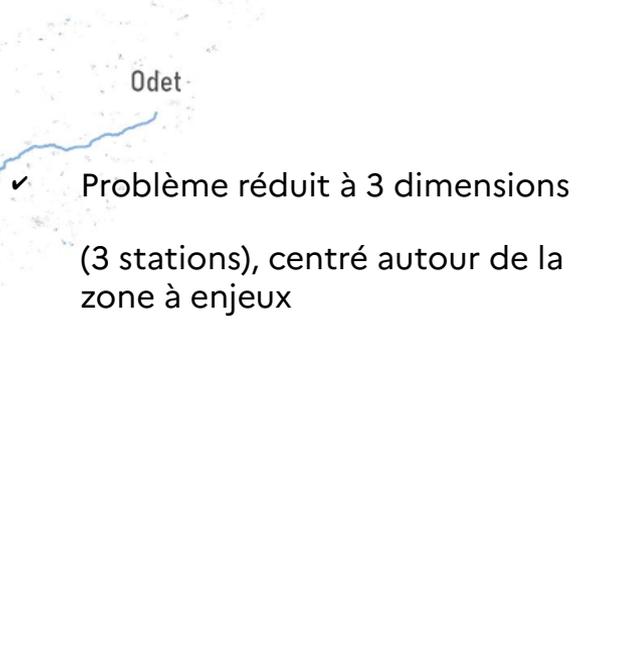
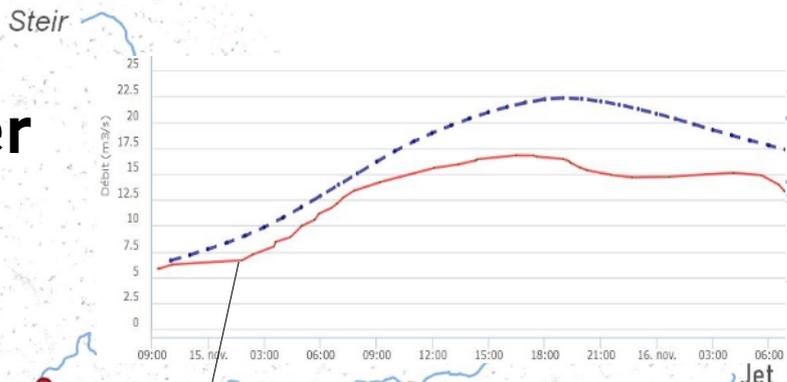
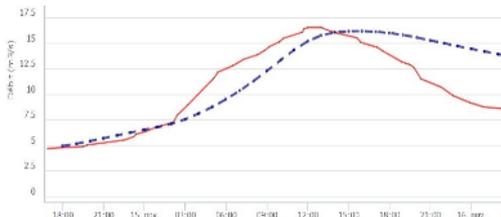
L'Odet à Quimper



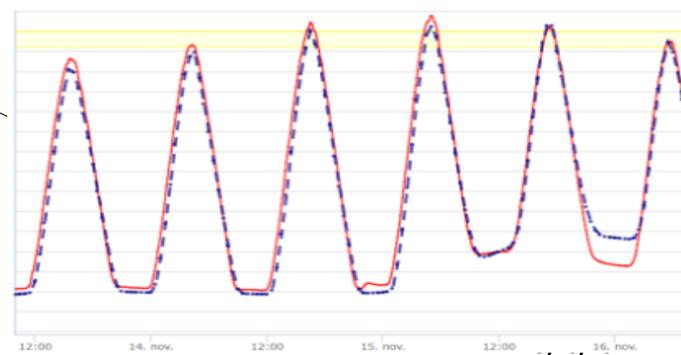
Stations de mesures
● Sans influence maritime
● Avec influence maritime
VIGICRUES

Direction régionale de l'environnement

L'Odet à Quimper



✓ Problème réduit à 3 dimensions
(3 stations), centré autour de la zone à enjeux

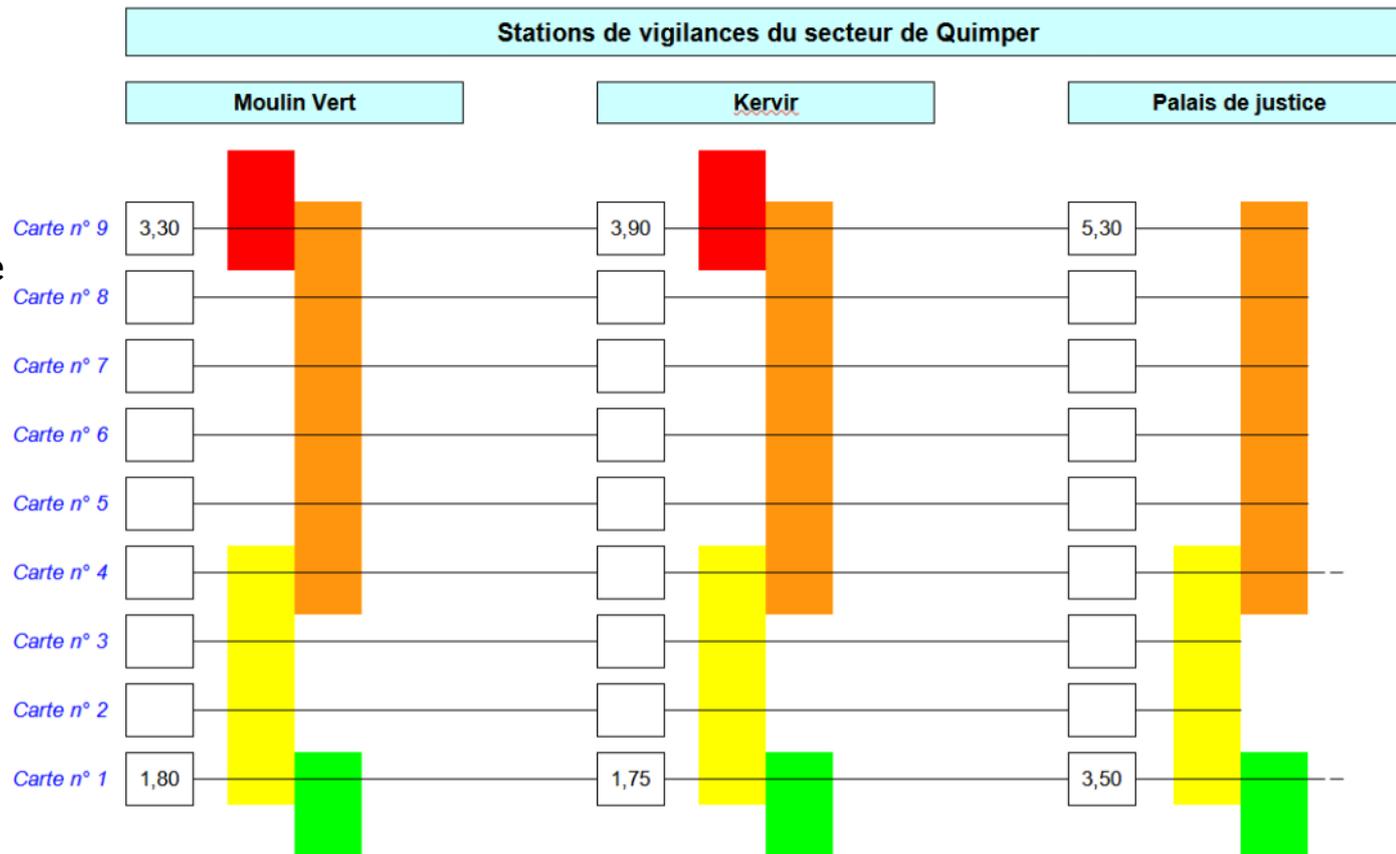


- Stations de mesures
- Sans influence maritime
 - Avec influence maritime

L'Odet à Quimper

- Représentation d'hypothèses fluviales et maritime de niveau de gravité identiques
- Concomitance pleine mer et pic de crue
=> majoration de l'emprise inondée

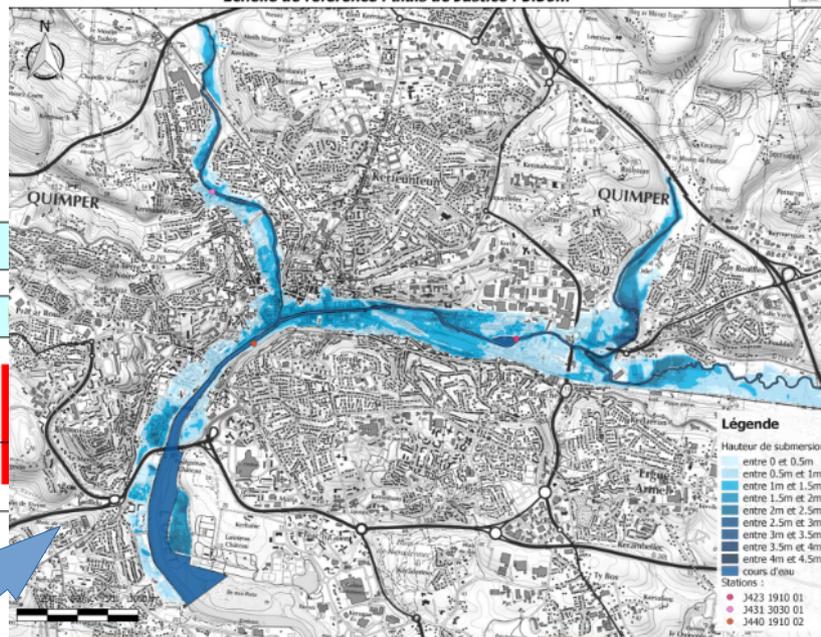
- ✓ Majore les fausses alertes
- ✓ Minore les alertes manquées
- ✓ Plus simple d'utilisation



L'Odet à Quimper

Echelle de référence Palais de Justice : 5.30m

2. Le cas de l'Odet à Quimper



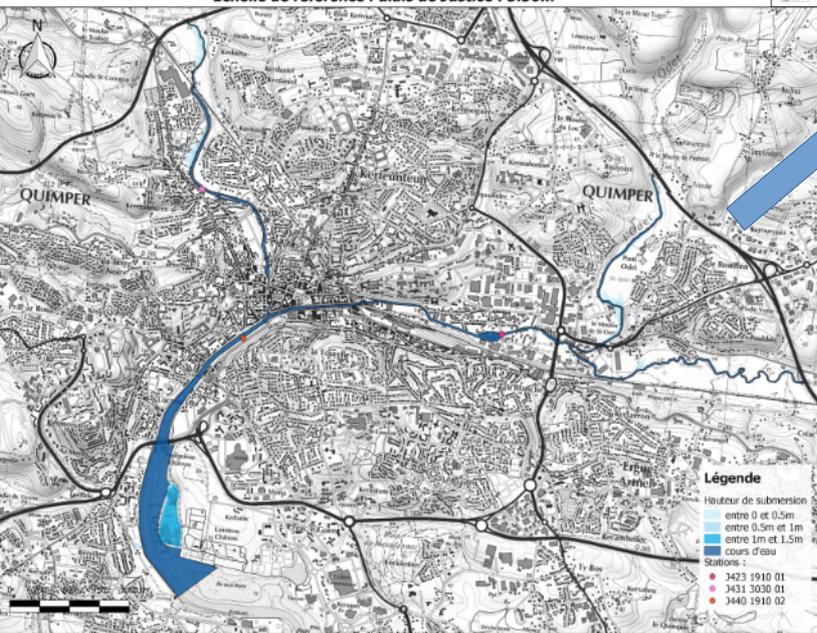
Carte n° 9

3,30

Palais de Justice

5,30

Echelle de référence Palais de Justice : 3.50m



1,80

1,75

3,50

3. Le cas du val de Port Jérôme sur l'estuaire de Seine : l'influence du ressuyage et de la tenue de plein sur les cartographies produites



Les difficultés méthodologiques liées au fonctionnement estuarien du tronçon

- Il n'y a pas toujours de relation univoque entre la cote maximale atteinte lors de la pleine mer et les zones inondées ;
- Il s'agit d'associer à la cote maximale atteinte la notion de volume débordant/entrant : lié à la durée des débordements et de la tenue de plein, conditionnée par la topographie berge/murette, et les exutoires libres ;
- Intervient la question du drainage/ressuyage de la zone inondée à la BM suivante (les volumes sont susceptibles de se cumuler).

→ test sur le val de Port Jérôme sur l'estuaire de Seine

Des prévisions des cotes maximales des 3 à 4 prochaines PM sur les 16 marégraphes de Seine de Poses à Tancarville



Données de cotes marines (cote marine du Havre (CMH)) (m CMH = m IGN69 + 4,378)

Des prévisions des cotes maximales des 3 à 4 prochaines PM sur les 16 marégraphes de Seine de Poses à Tancarville

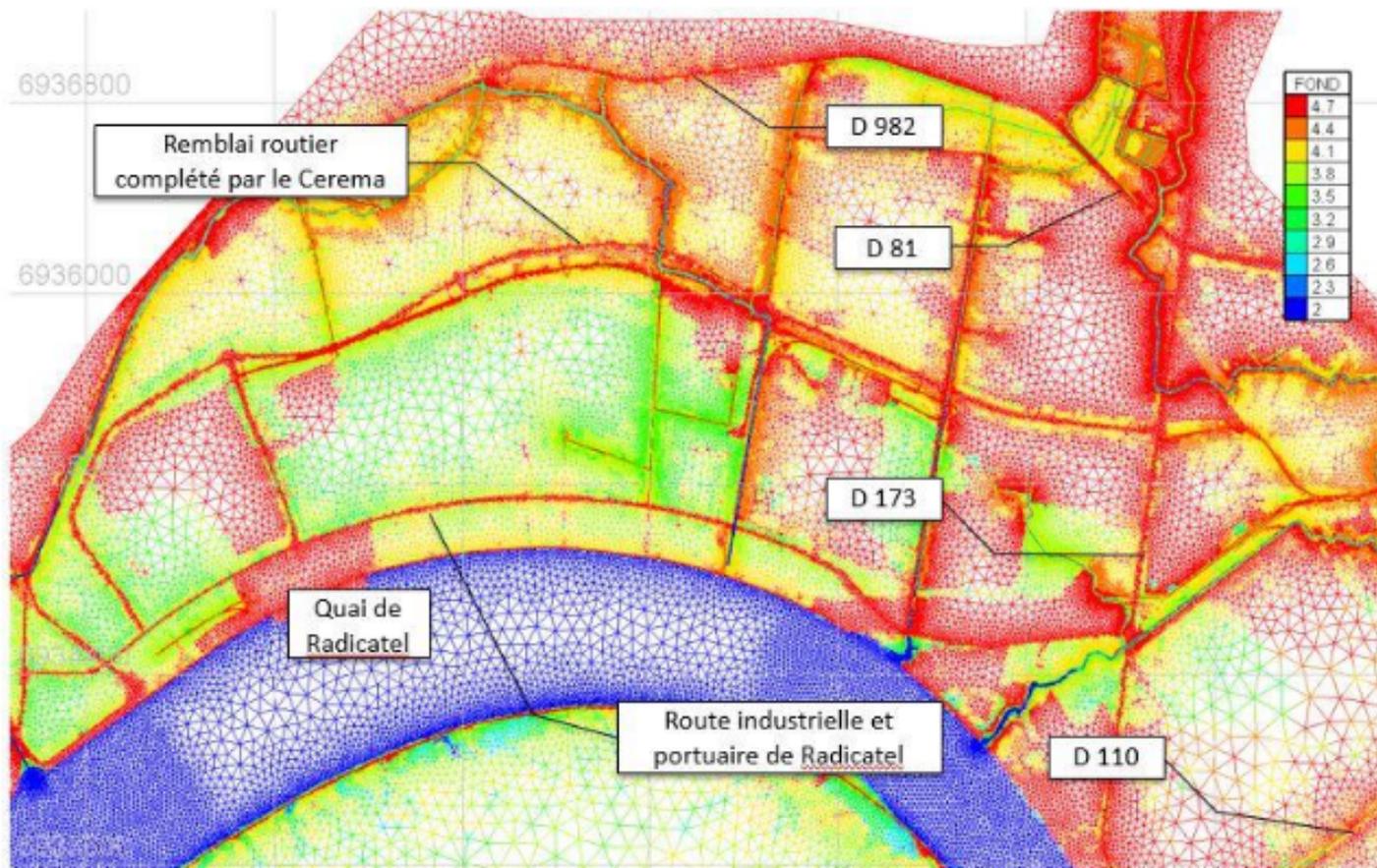


Données de cotes marines (cote marine du Havre (CMH)) (m CMH = m IGN69 + 4,378)

Des zones d'inondation potentielle construites via le déploiement d'un modèle hydraulique 2D

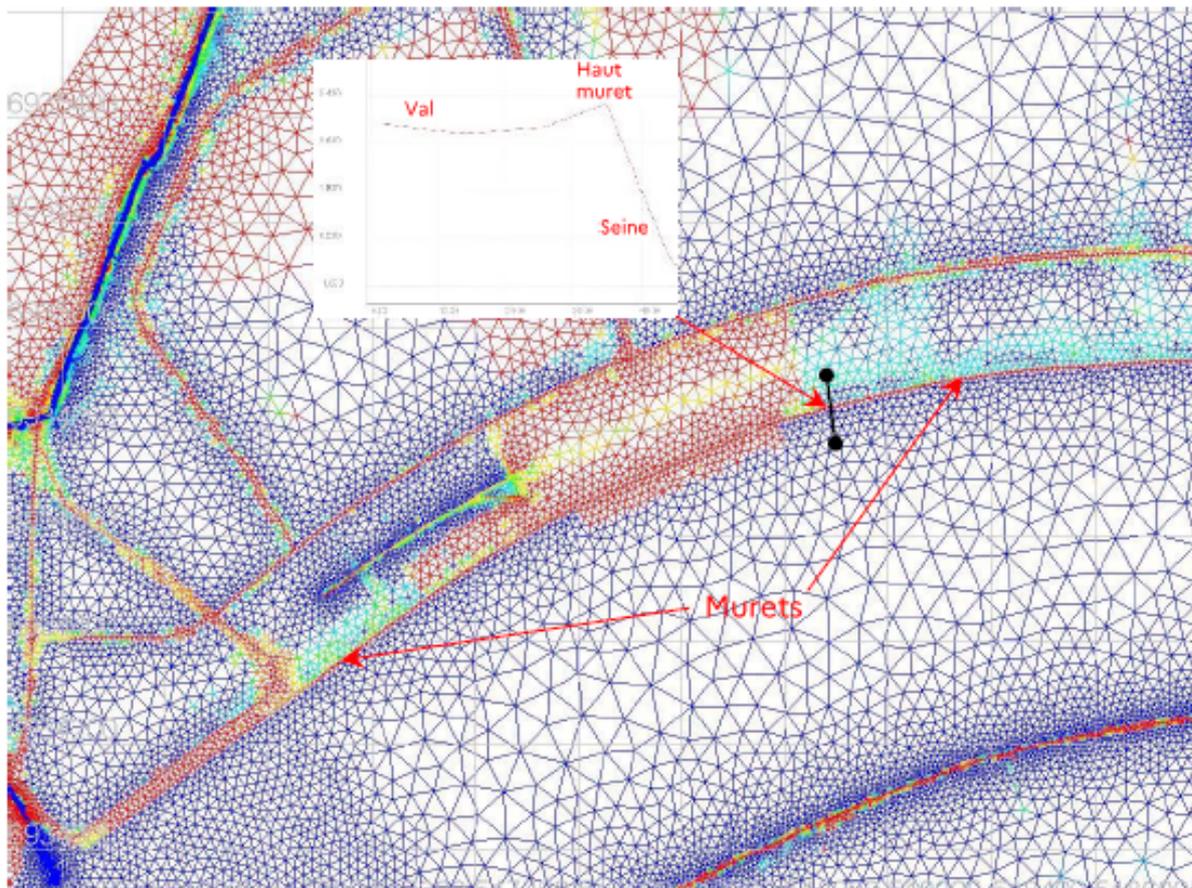
- Une prestation réalisée par le CEREMA ;
- Une modélisation en régime transitoire ;
- Modèle hydraulique 2D (sous le logiciel Telemac)
 - permet de représenter la topographie berge/murette qui conditionne les volumes débordés ;
 - permet de représenter une dynamique d'inondation en lit majeur difficilement appréhendable *a priori* (un modèle 1D suppose pour sa construction une compréhension « *a priori* » du fonctionnement hydraulique de la zone inondée) ;
- Suppose de bien représenter les éléments de topographie qui conditionnent la mobilisation du lit majeur et la répartition des écoulements en lit majeur ;
- Résultat : une donnée modélisée (hauteur, vitesse, durée) par maille. Disponible à chaque pas de temps, ou le maximum observé sur la durée modélisée à des instants différents.

La construction du modèle : une représentation de l'ensemble des remblais d'infrastructure en lit majeur



Un relevé complémentaire pour intégrer le remblai routier non présent sur le MNT initial (2012)

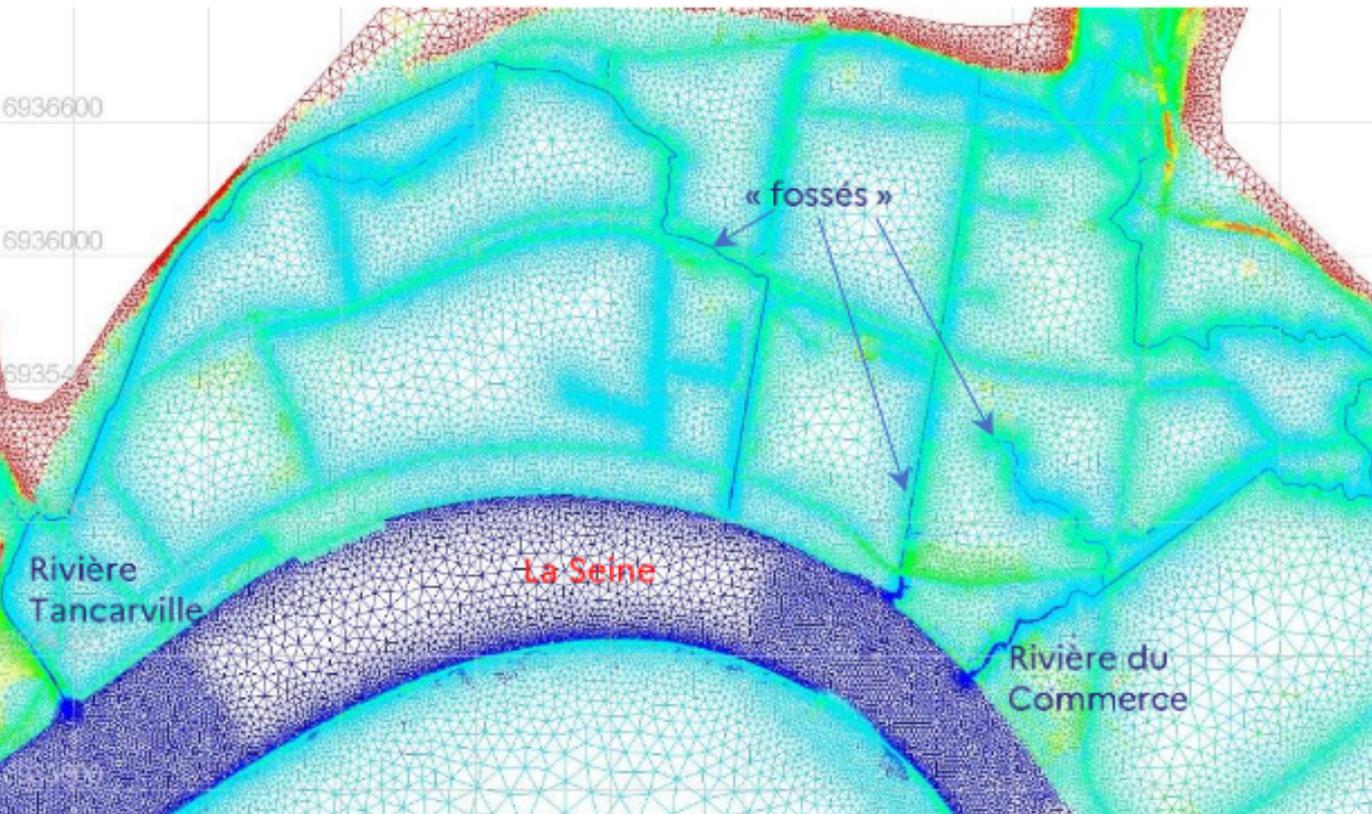
La prise en compte du fichier « murette » du GIP SA pour les représenter (cotes affectées à chaque maille)



Application des cotes des points du fichier murette sur les points du maillage

+ vérification d'un échantillon de cotes

La prise en compte des fossés principaux et de leurs clapets et des exutoires libres sur la partie la plus urbanisée du val

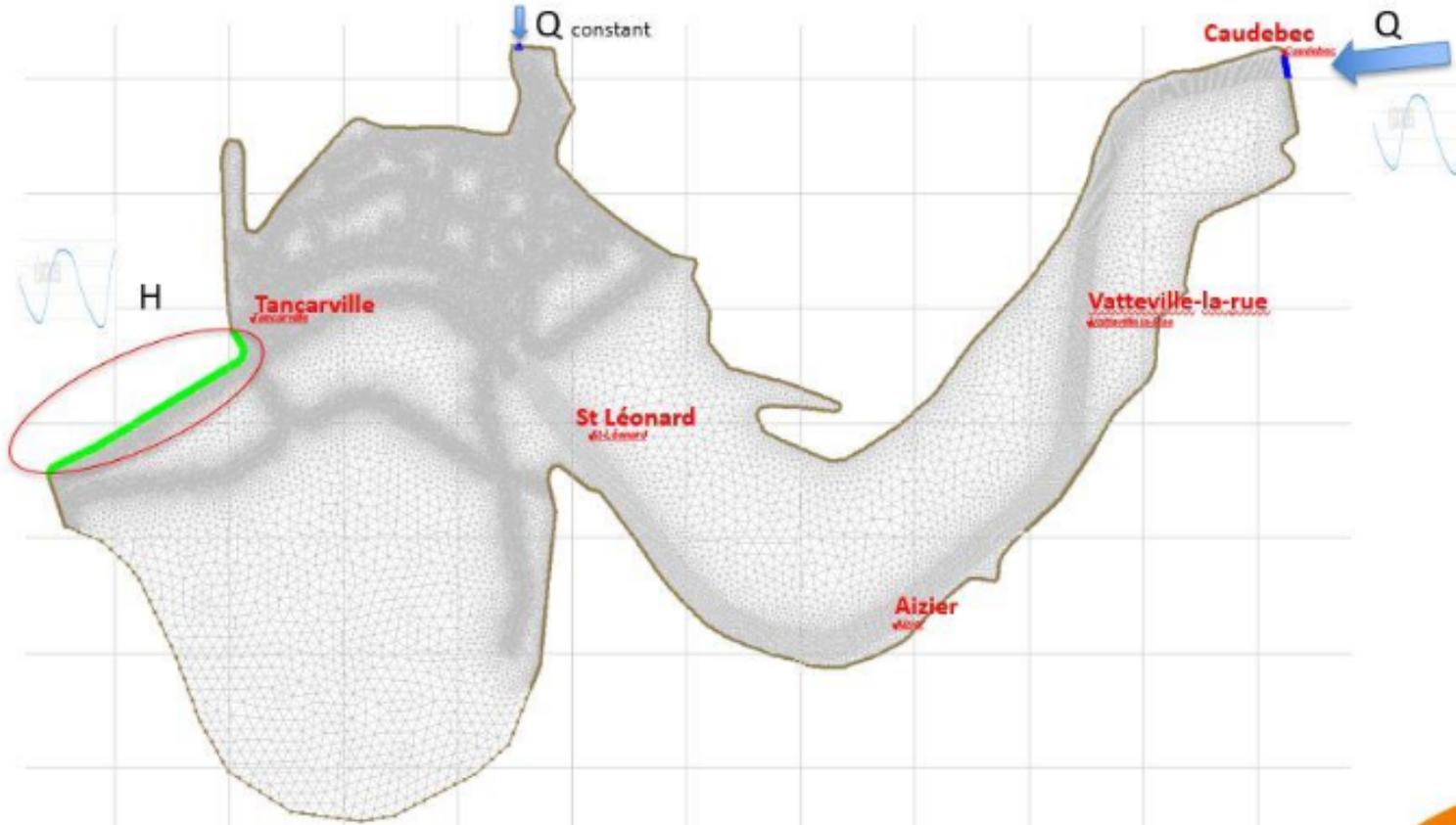


Surcreusement de 0,5 m à 1 m, du ruisseau de Tancarville + Le Commerce + maille de 1,5 à 2m.
Surcreusement de 0,5 m à 1 m des fossés.

[pour assurer la continuité bathy en lien avec la densité de points du MNT + situation potentiellement en eau des fossés/ruisseaux lors du relevé]

Sur la partie amont : multitude d'exutoires munis de clapets drainant un réseau de fossés, non intégrés au modèle (→ surestimation de la zone inondée pour 2 cycles de marée).

Les forçages amont / aval modélisés

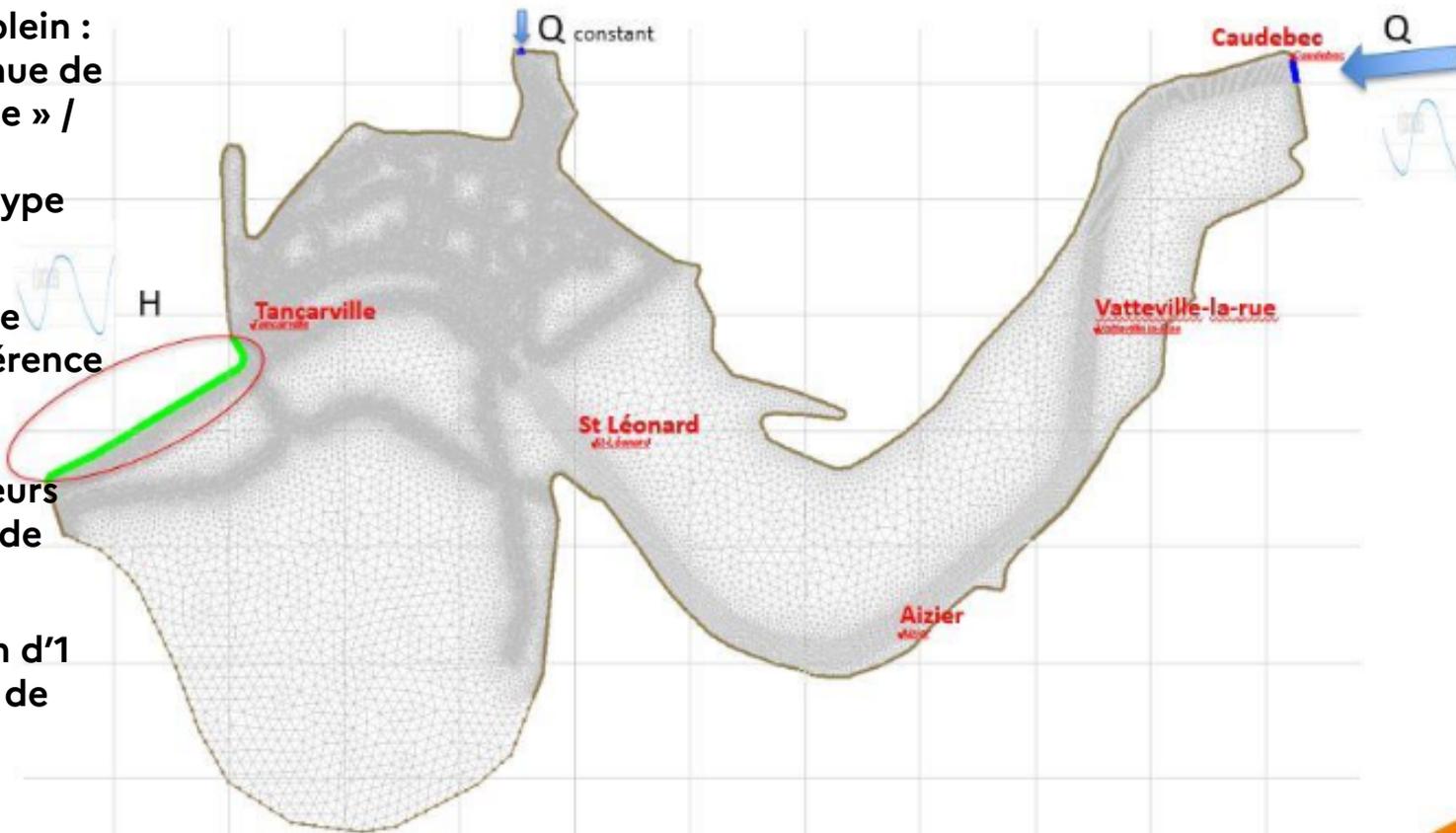


Les forçages amont / aval modélisés

Étude de distribution
des tenues de plein :
2 scénarios (tenue de
plein « moyenne » /
tenue plein
« longue », de type
février 2020) ;

Un marégramme
« type » de référence
pour chaque
situation, avec
différentes valeurs
de la cote max de
PM ;

La modélisation d'1
cycle / 2 cycles de
marée

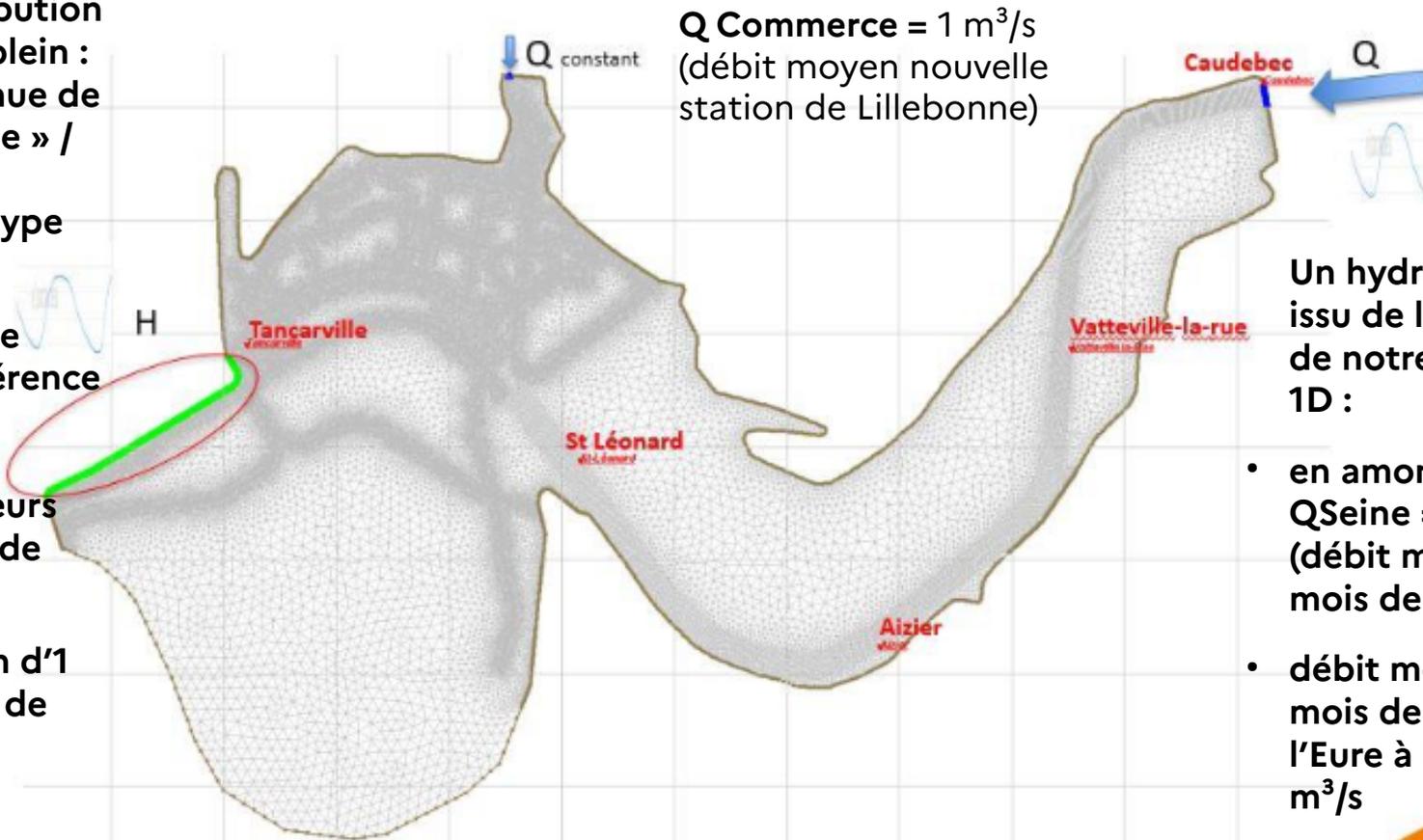


Les forçages amont / aval modélisés

Étude de distribution
des tenues de plein :
2 scénarios (tenue de
plein « moyenne » /
tenue plein
« longue », de type
février 2020) ;

Un marégramme
« type » de référence
pour chaque
situation, avec
différentes valeurs
de la cote max de
PM ;

La modélisation d'1
cycle / 2 cycles de
marée



Un hydrogramme
issu de l'utilisation
de notre modèle
1D :

- en amont de Poses
 $Q_{\text{Seine}} = 830 \text{ m}^3/\text{s}$
(débit moyen du
mois de février) ;
- débit moyen du
mois de février de
l'Eure à Louviers : 20
m³/s

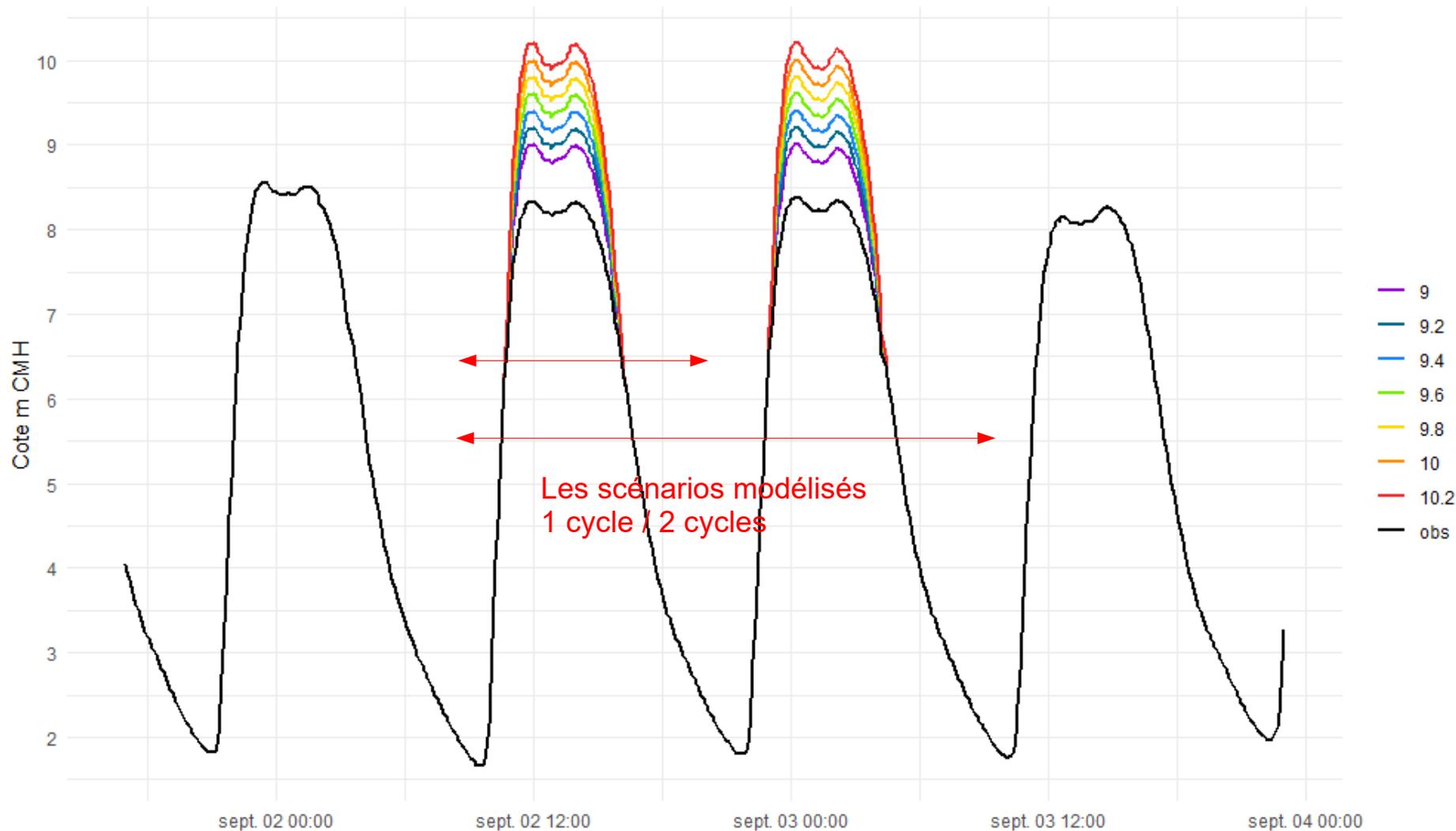
La tenue de plein au marégraphe de Tancarville

Définition prise : durée pendant laquelle 95 % de la cote maximale mesurée pendant la PM est dépassée (sur la chronique [2007-2020])

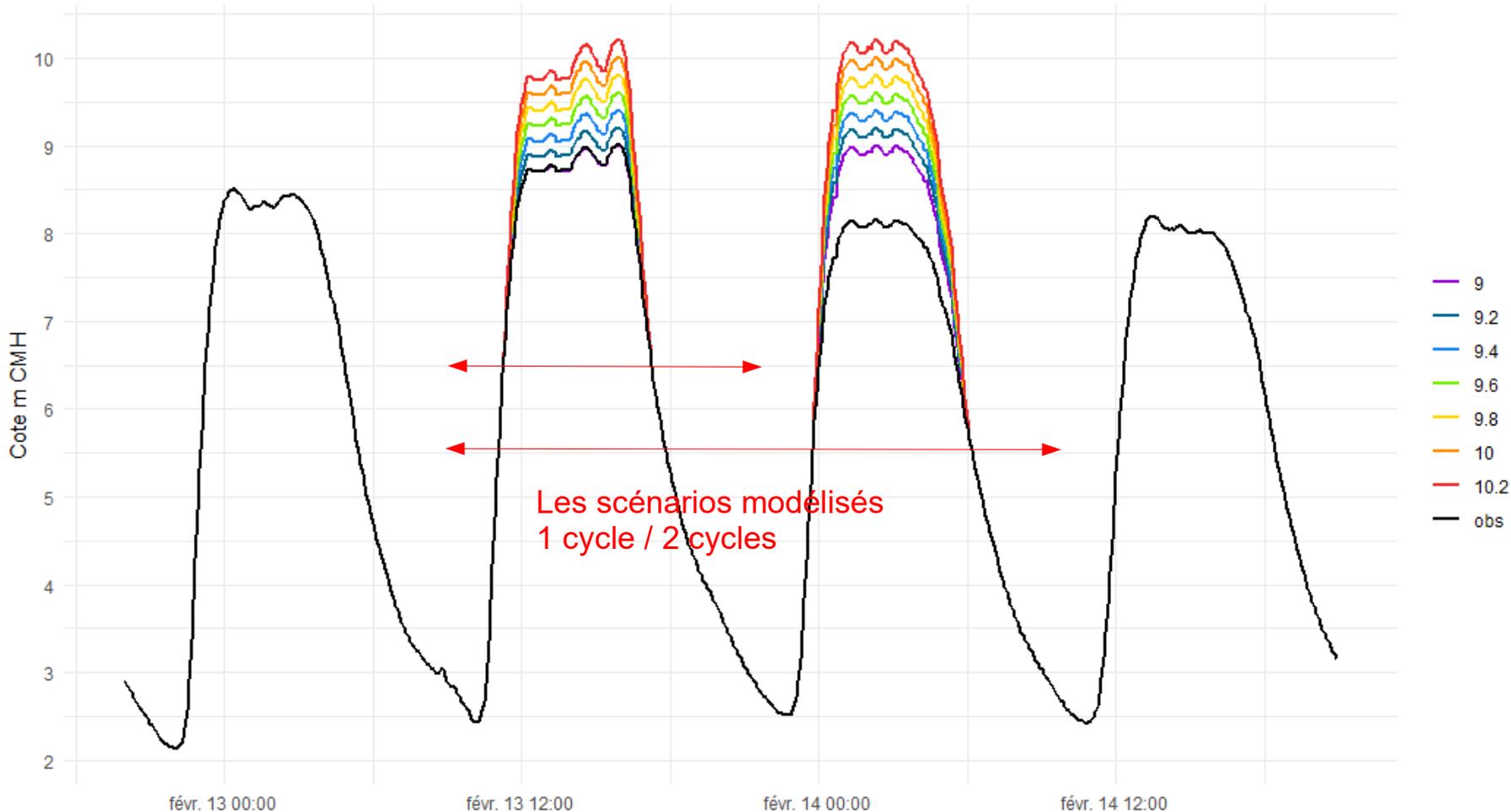
Quartiles	Min	25 %	50 %	75 %	Max
Durée de la tenue de plein	1 h	3,25 h	3,42 h	3,58 h	4,67 h

2 scénarios :

- tenue de plein dite « moyenne » : durée médiane de 3,42 h (exemple du 2 et 3 septembre 2019, c'est la forme de ce marégramme qui a servi de marégramme « type »)
- tenue de plein dite « longue » : durée de 4,25h (exemple de la tempête Ines du 13 février 2020, c'est la forme de ce marégramme qui a servi de marégramme « type »).

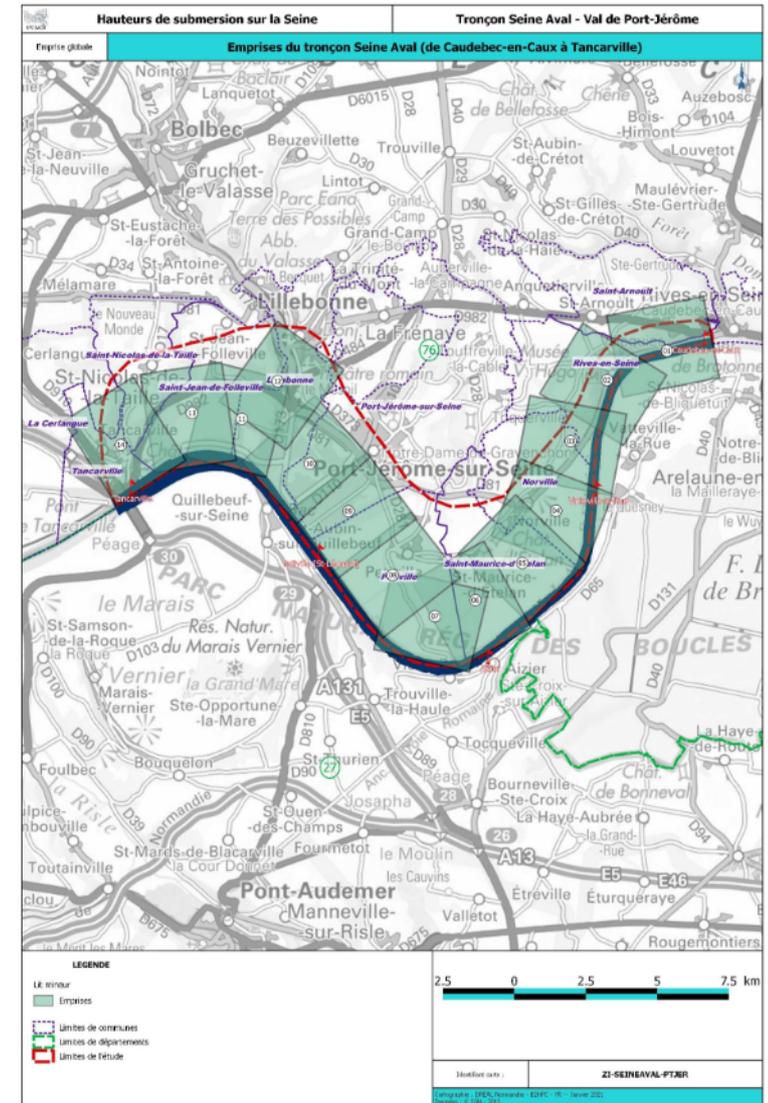


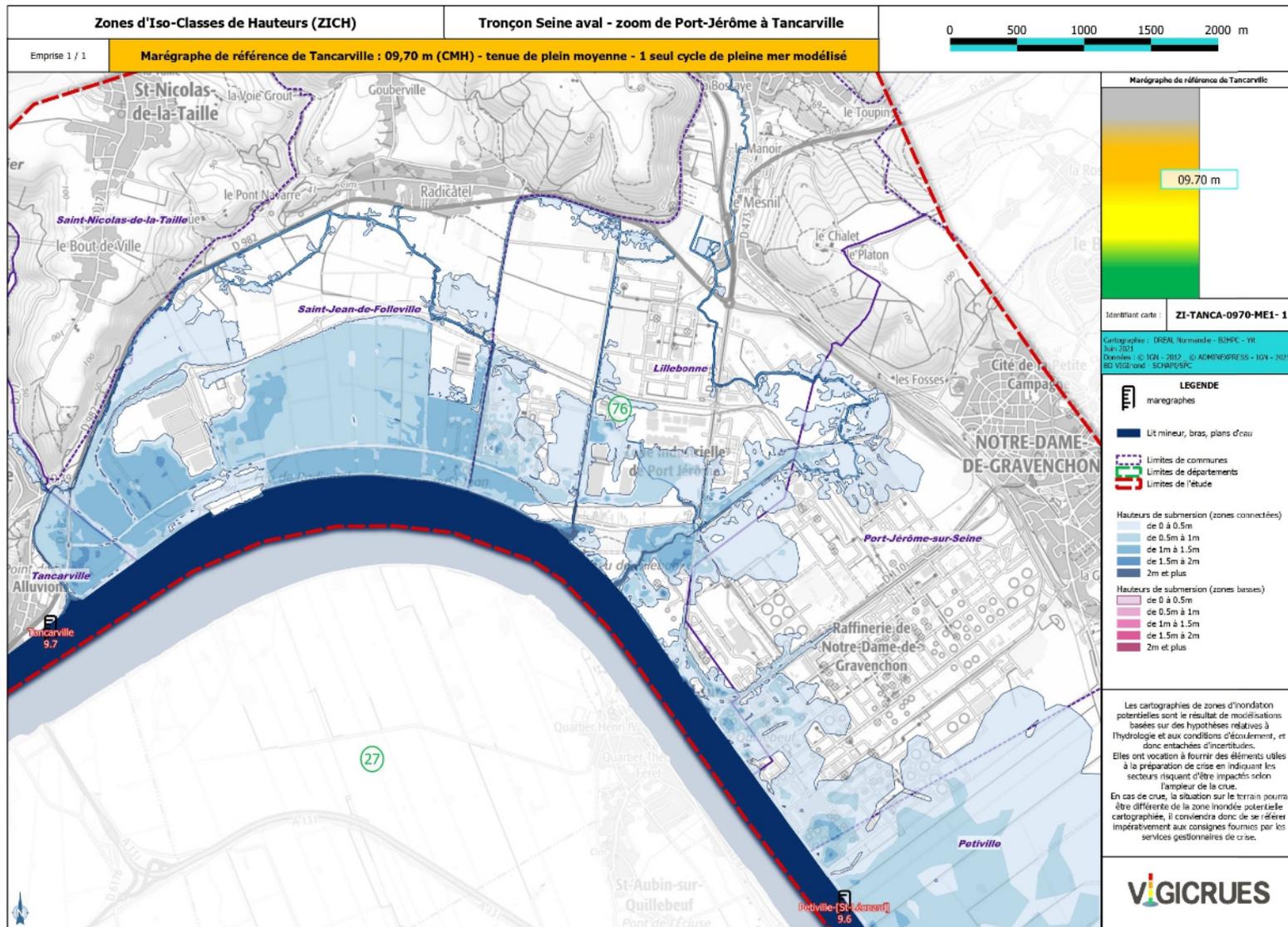
Marégrammes de Tancarville - Tenue de plein longue



Les cartographies produites

- 14 planches au 1/10 000
- Scénarios modélisés (PM au marégraphe de référence de Tancarville)
9,15 m / 9,35 m / 9,55 m / 9,70 m / 9,85 m / 10,00 m
+ 1 cycle / 2 cycles – tenue de plein « moyenne » / « longue »
- Soient $6 \times 2 \times 2 \times 14 = 336$ planches

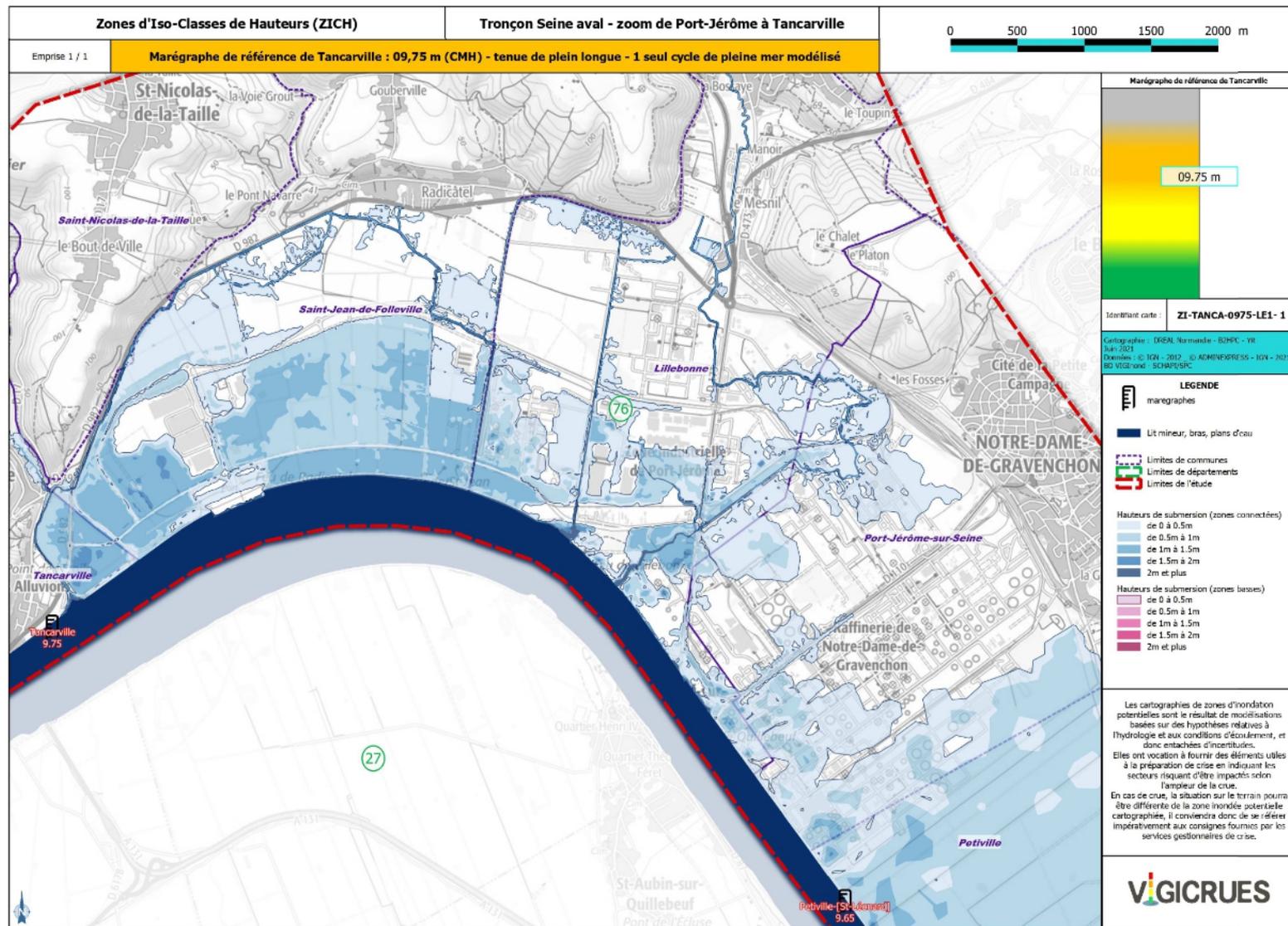




9,70 m CMH

Tenue de plein
« moyenne »

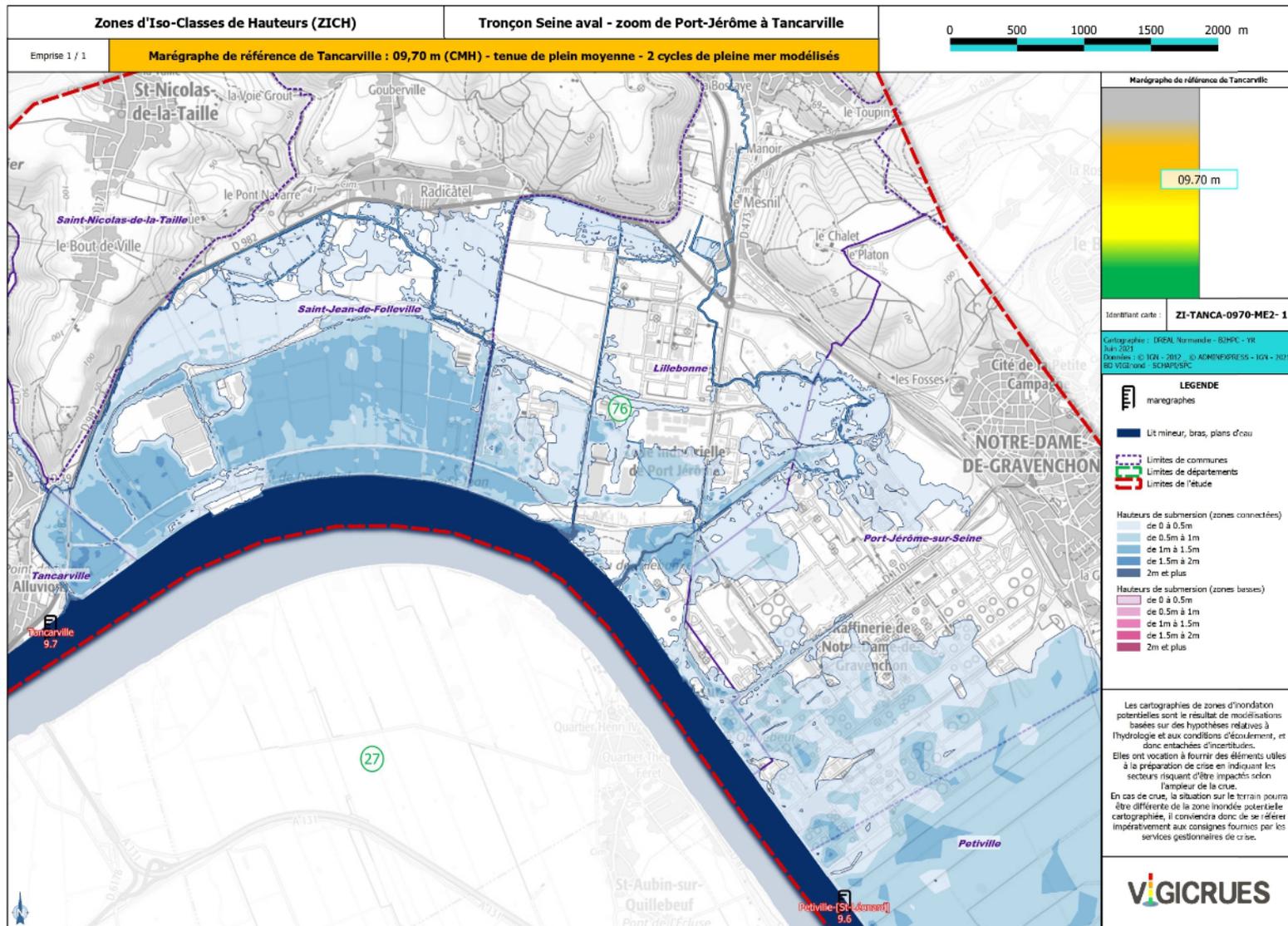
1 cycle



9,75 m CMH

Tenue de plein
« longue »

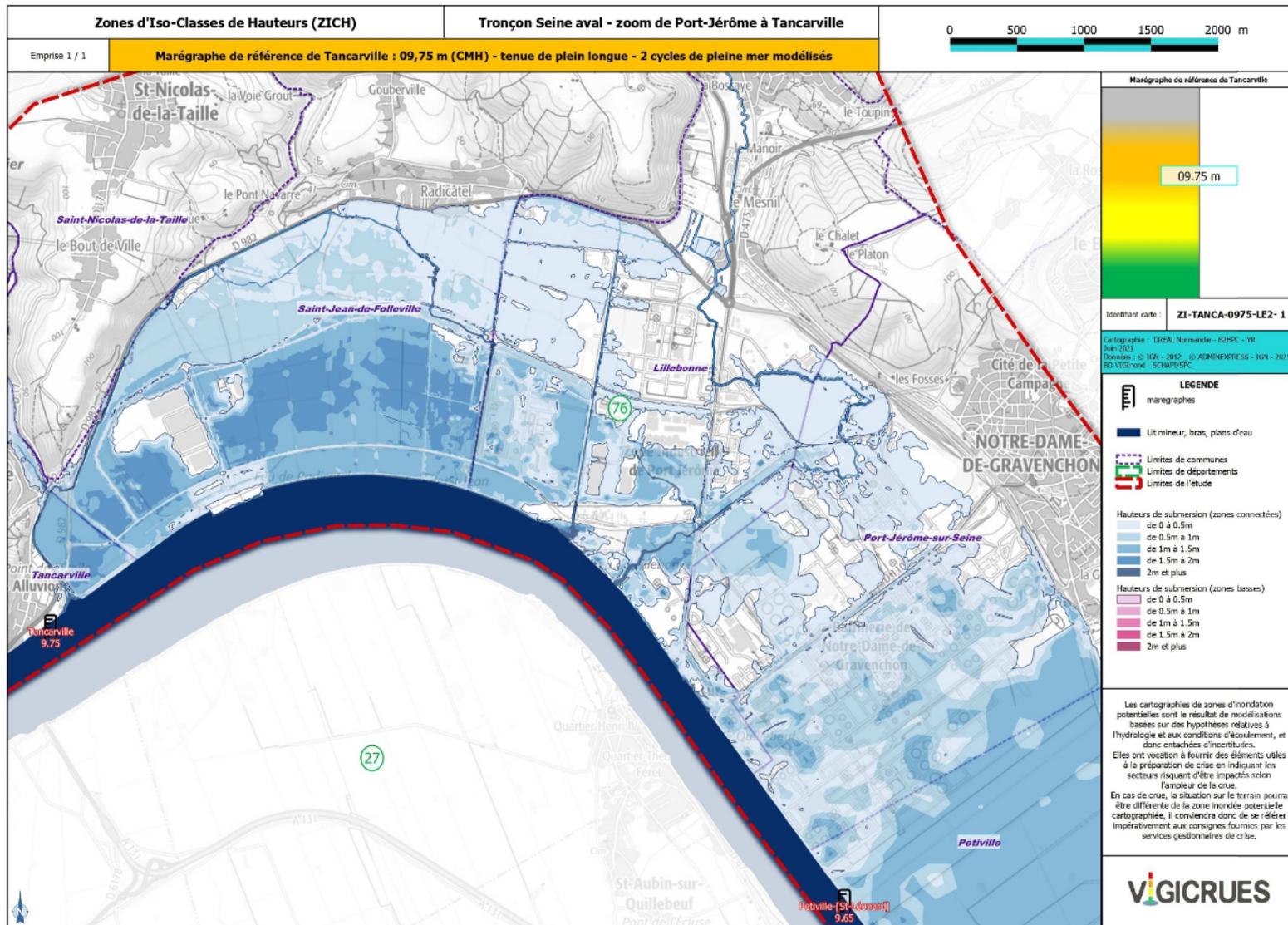
1 cycle



9,70 m CMH

Tenue de plein
« moyenne »

2 cycles



9,75 m CMH

Tenue de plein
« longue »

2 cycles

Les principales limites de la modélisation

- pas de calage en lit majeur : Strickler théoriques dont l'incertitude est d'autant plus impactante pour les fortes PM modélisées ;
- pas de relevés bathymétriques des principaux ruisseaux : prise en compte du MNT « surcreusé de 0,50 à 1 m » ;
- modélisation à 1 cycle « OK »
modélisation de 2 cycles : sur la partie amont du val modélisé, tout le volume reste stocké à l'issue de la première PM (surestimation de la cartographie des zones inondées).

Des questionnements que nous partageons

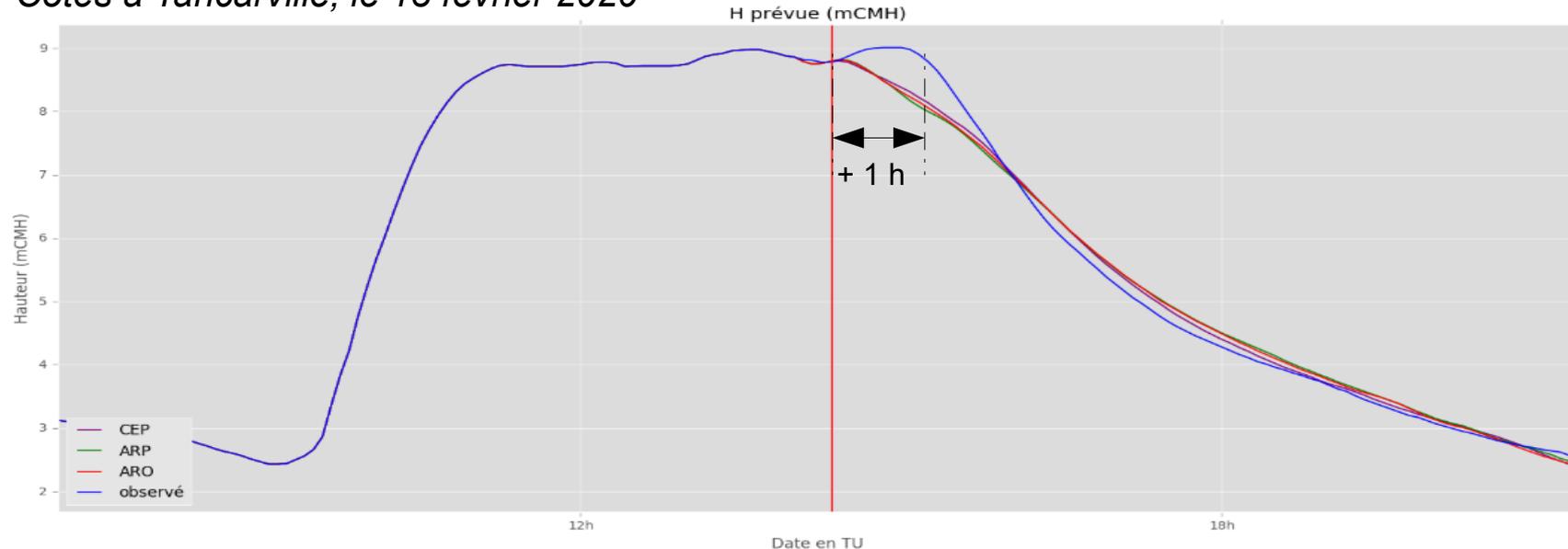
- 4 jeux de cartes pour une même cote de PM : quelles cartes publions-nous ?
→ *choix : publication de la cartographie (1 seul cycle + tenue de plein « moyenne ») + notice explicative. Mais potentiellement une forme de réactivité du SPC et/ou de la mission RDI 76 au regard de la tenue de plein observée.*
- La notion de « tenue de plein ». Que l'on retrouve (ou non) sur d'autres estuaires ? Une problématique spécifique à l'estuaire de Seine ? ;
- pour les marégraphes qui présentent une distribution « large » de la tenue de plein, une définition des niveaux de vigilance, qui suppose de tester son impact sur les enjeux concernés (→ *en tester la sensibilité sur les enjeux concernés*) ;
- + un questionnaire sur la période de retour, à plus forte raison dans la mesure où il s'agit d'une donnée d'entrée pour la définition des niveaux de vigilance.

4. Questionnement sur la caractérisation du forçage maritime et des niveaux d'eau en estuaire en matière de période de retour

L'effet de la tenue de plein sur l'amont (pour une même cote max instantanée de PM)

INES 13 février 2020 : Vent d'ouest ~100 km/h pendant plus de 12 heures
Une cote non exceptionnelle, mais qui s'est maintenue + 1h

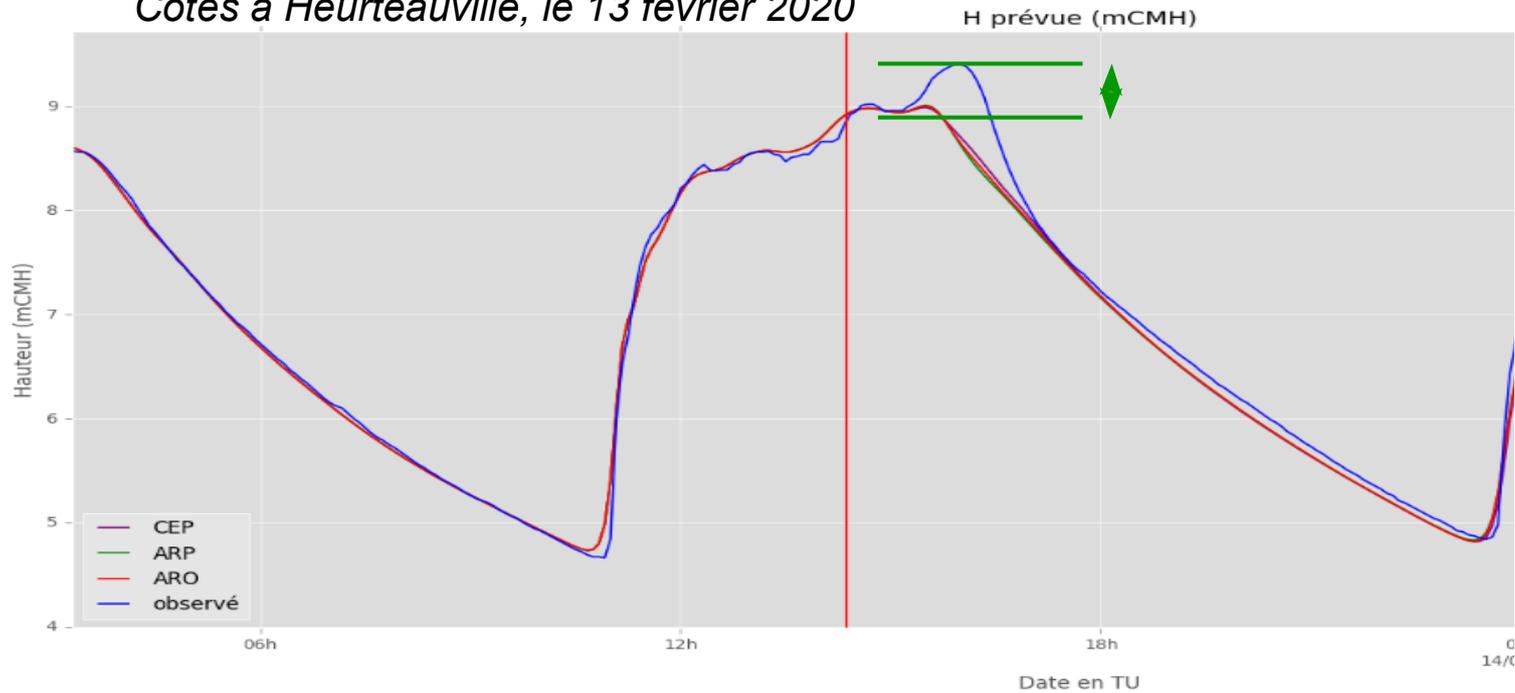
Cotes à Tancarville, le 13 février 2020



Tenue de plein de la PM à Tancarville : +1 h, plus de volume « rentrant »

Propagation du signal de marée vers l'amont : effet au marégraphe d'Heurteauville

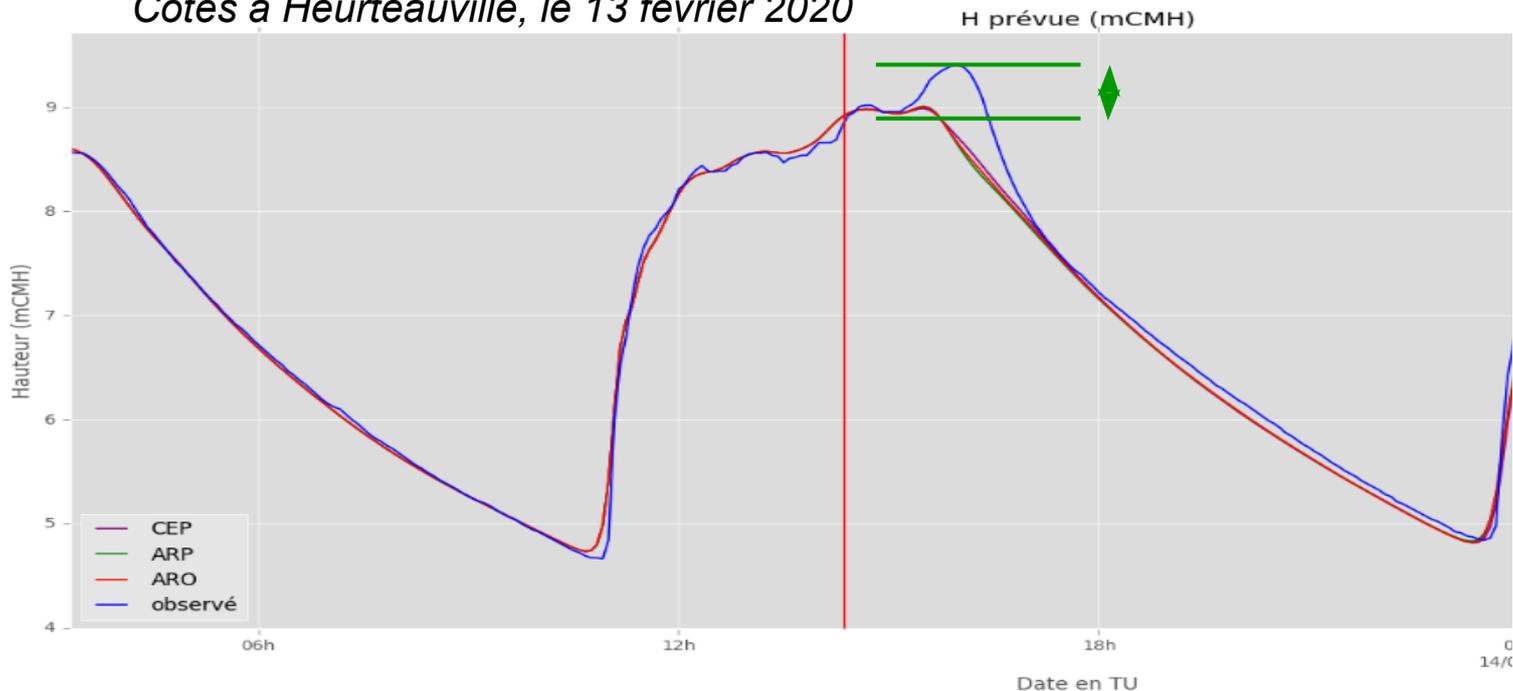
Cotes à Heurteauville, le 13 février 2020



Tenue de plein de la PM à Tancarville + 1h :
augmentation des cotes de pleines mers en amont

Propagation du signal de marée vers l'amont : effet au marégraphe d'Heurteauville

Cotes à Heurteauville, le 13 février 2020



La seule cote maximale instantanée est insuffisante pour caractériser le forçage maritime

Tenue de plein de la PM à Tancarville + 1h :
augmentation des cotes de pleines mers en amont

Des périodes de retour qui ne doivent pas être associées uniquement à la cote maximale instantanée de la cote de PM, mais au couple (z_{PM} , durée)

- au-delà de la cartographie ZIP propre au marégraphe concerné, une même cote instantanée de PM en aval avec une tenue de plein variable conduit à des volumes entrant dans l'estuaire très variables : l'analyse de la « fréquence » du forçage maritime ne peut s'appuyer sur la seule cote instantanée de PM ;
→ *travail envisagé sur l'estuaire de Seine (PM, tenue de plein)*
- une définition de la tenue de plein « généralisable » sur l'ensemble des estuaires ? Une période de retour à définir pour un ensemble de couples ($z_{moyen\ max}$, durée (t)) ;
- vient s'ajouter au retour d'expériences et aux questionnements soulevés par l'analyse statistique des niveaux d'eau en estuaire de Seine (présentation lors des journées estuaires du réseau Vigicrues de novembre 2019).

T (ans)	Borne Inf.	Niveau	Borne sup.
1	8.83	8.89	8.95
2	8.95	9.03	9.11
5	9.10	9.21	9.33
10	9.21	9.35	9.49
20	9.33	9.48	9.66
50	9.47	9.66	9.88
100	9.58	9.80	10.04
200	9.69	9.93	10.21
500	9.84	10.11	10.43
1000	9.95	10.24	10.60

Cote de PM à Tancarville associées à différentes périodes de retour (Artelia 2019, GIP SA et DREAL Normandie)

Des périodes de retour qui ne doivent pas être associées uniquement à la cote maximale instantanée de la cote de PM, mais au couple (z_{PM} , durée)

- au-delà de la cartographie ZIP propre au marégraphe concerné, une même cote instantanée de PM en aval avec une tenue de plein variable conduit à des volumes entrant dans l'estuaire très variables : l'analyse de la « fréquence » du forçage maritime ne peut s'appuyer sur la seule cote instantanée de PM ;
→ *travail envisagé sur l'estuaire de Seine (PM, tenue de plein)*
- une définition de la tenue de plein « généralisable » sur l'ensemble des estuaires ? Une période de retour à définir pour un ensemble de couples ($z_{moyen\ max}$, durée (t)) ;
- vient s'ajouter au retour d'expériences et aux questionnements soulevés par l'analyse statistique des niveaux d'eau en estuaire de Seine (présentation lors des journées estuaires du réseau Vigicrues de novembre 2019).

T (ans)	Borne Inf.	Niveau	Borne sup.
1	8.83	8.89	8.95
2	8.95	9.03	9.11
5	9.10	9.21	9.33
10	9.21	9.35	9.49
20	9.33	9.48	9.66
50	9.47	9.66	9.88
100	9.58	9.80	10.04
200	9.69	9.93	10.21
500	9.84	10.11	10.43
1000	9.95	10.24	10.60

Cote de PM à Tancarville associées à différentes périodes de retour (Artelia 2019, GIP SA et DREAL Normandie)

→ appel à un travail collaboratif SHOM + Cerema + INRAE (pour peu qu'il se justifie), en vue d'éléments méthodologiques en la matière

Conclusion : les ZIP un outil qui doit rester « opérationnel »

Des situations de complexité variable selon les territoires, avec des possibilités exponentielles de combinaisons de phénomènes

Un besoin constant de rendus synthétiques pour une action efficace en temps limité

Recherche constante d'un optimum de fonctionnement