



La marée du future au Bengale ?

Jamal Khan^{1,2}, Laurent Testut¹, Fabien Durand^{2,3}, Yann Krien², Saiful Islam⁵

(1) LIENSs, La Rochelle

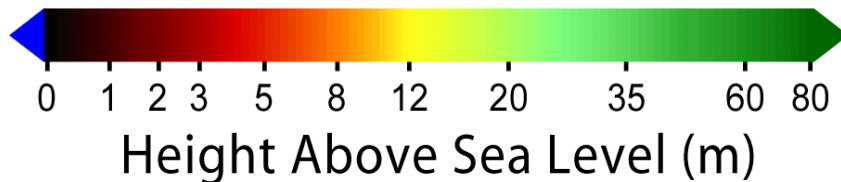
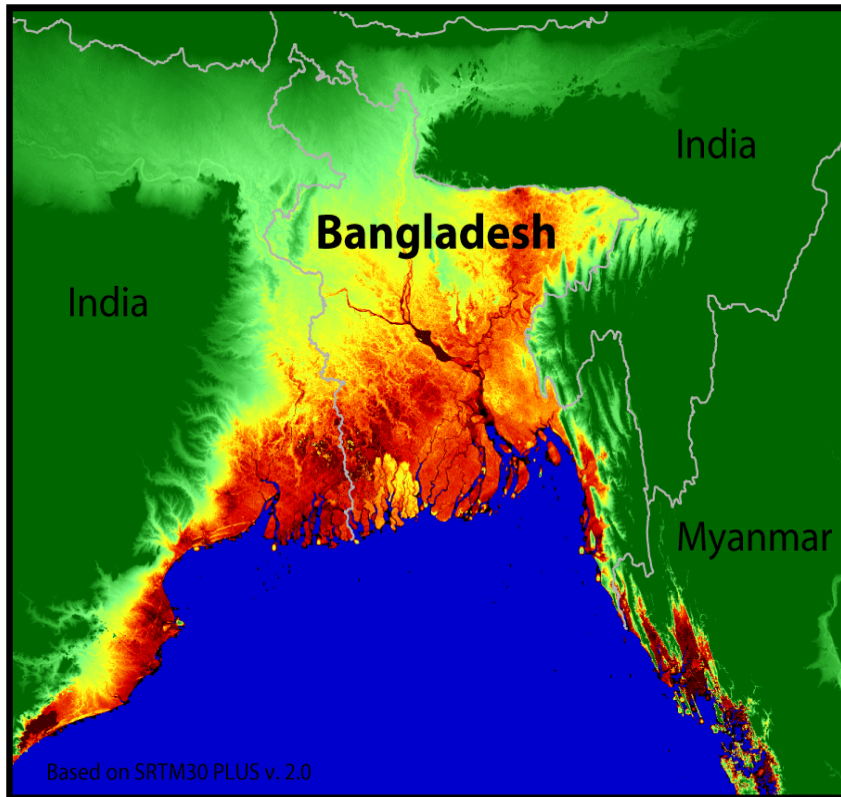
(2) LEGOS, Toulouse, France

(3) Institut de Géosciences, Université de Brasilia, Brasilia, Brésil

(4) IWFM, Dhaka, Bangladesh



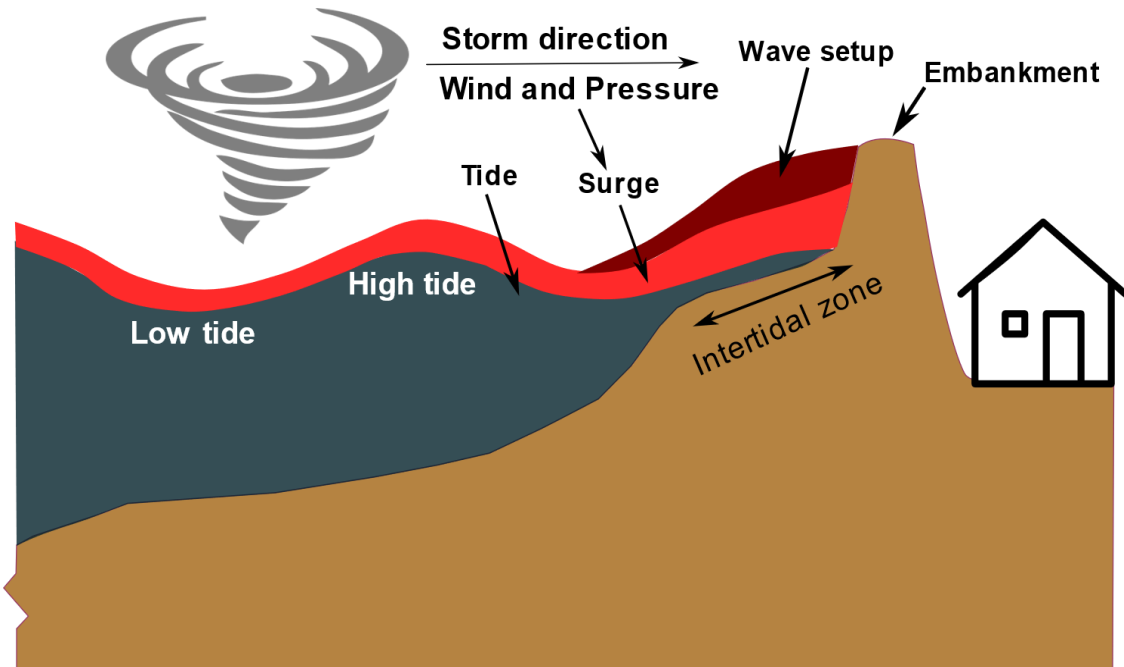
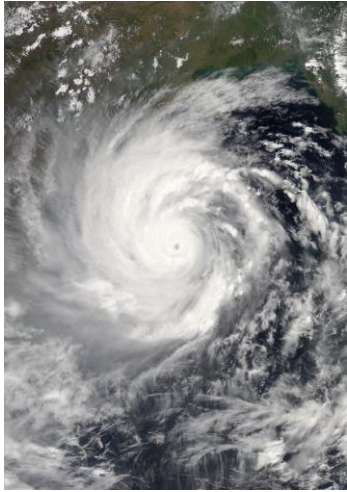
un delta très exposé à la submersion littorale



- ❑ 105 000 km²
- ❑ > 150M d'habitants (1200hab/km²)
- ❑ Débit fluvial important :
 - ❑ 35 000 m³/s en moyenne;
 - ❑ 140 000 m³/s en crue;
- ❑ Débit solide : 1Gtonnes/an , en subsidence
- ❑ Marnage : jusqu'à 4-6m (régime macrotidal)
- ❑ 1 cyclone majeur tous les 2 ans (surcote > 5m)

La marée : l'ingrédient principal de la submersion cyclonique

Golkhali, Bangladesh



Ordres de grandeurs des
composantes
de l'inondation :

wave-setup = 0.5 m

+

Surcote cyclonique = 3 à 5 m

+

marnage marée = 4 à 6 m

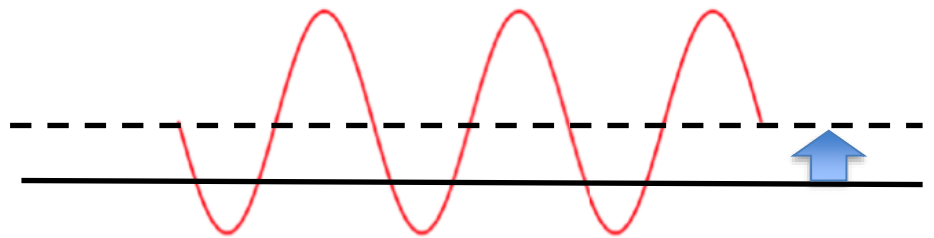
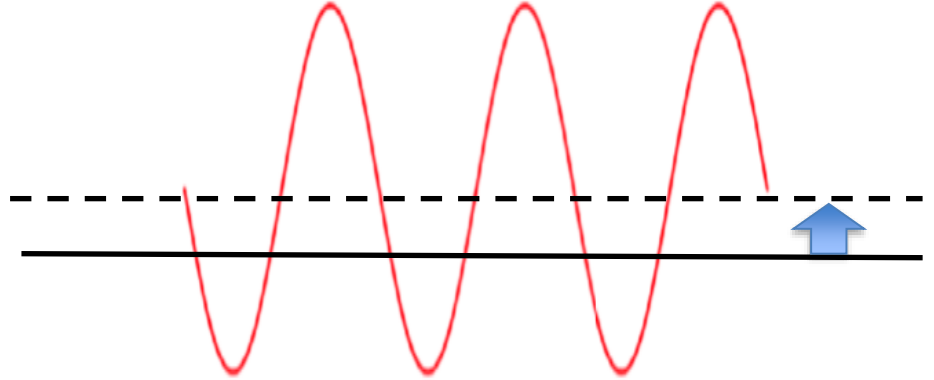
Effets de l'élévation du niveau marin sur la marée :

Marée future : 3 cas possibles

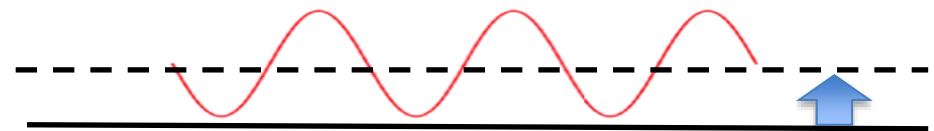
HM = Marée Haute
NM = Niveau Moyen

Marée actuelle :

« amplification » → MH montent + que le NM

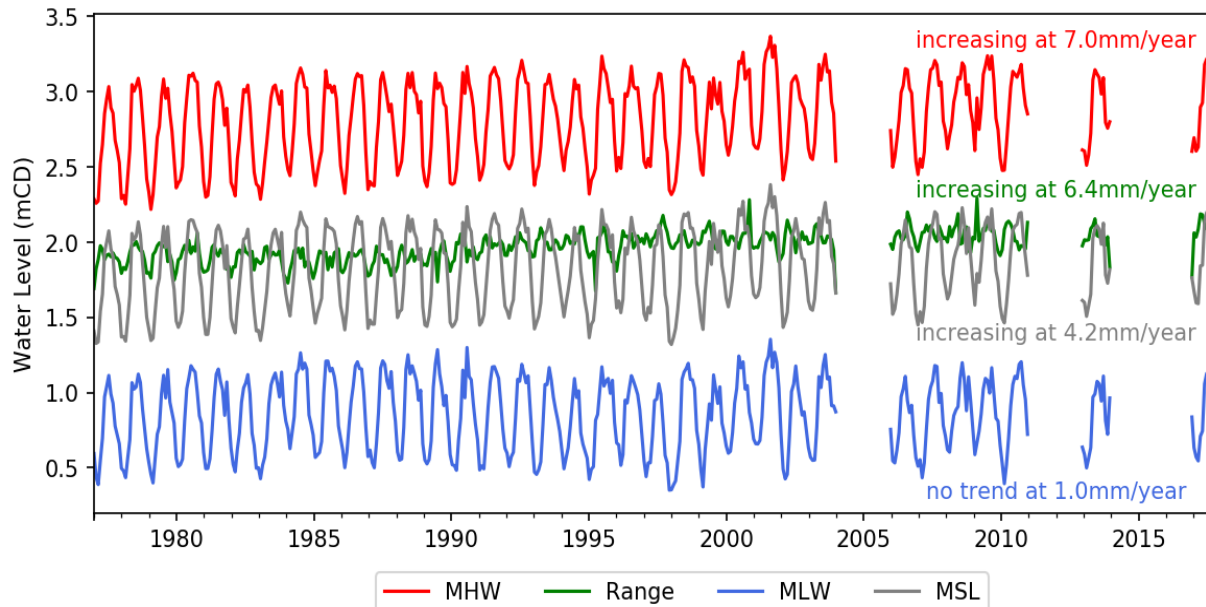
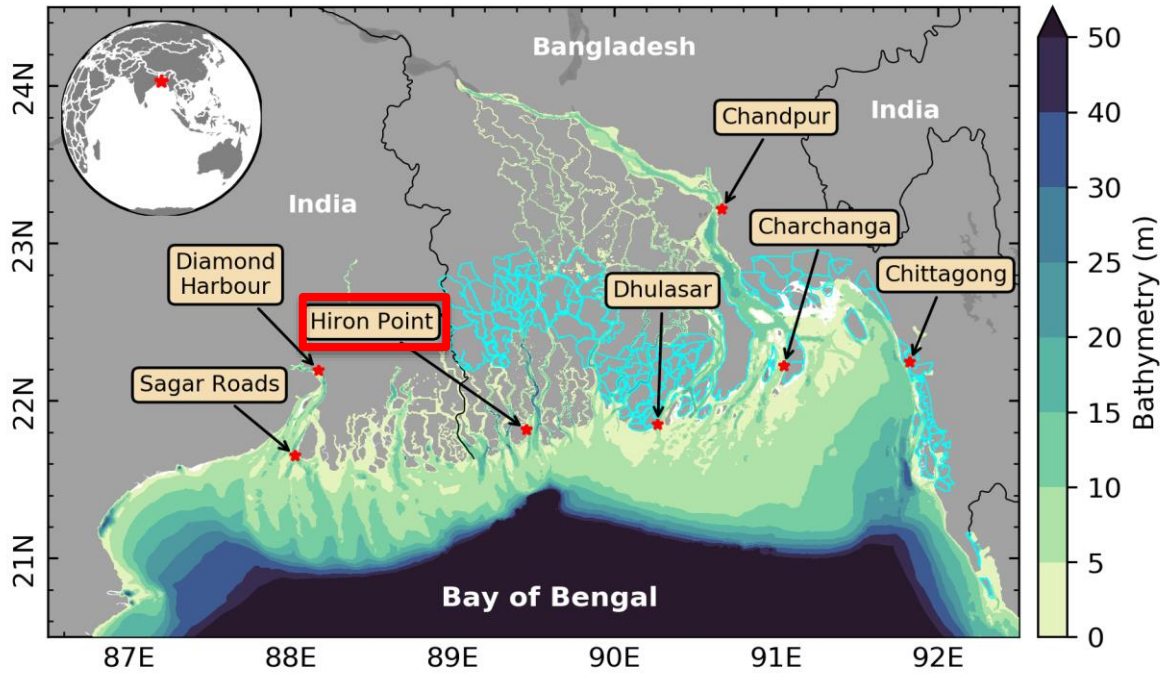


« neutre » → MH montent autant que le NM



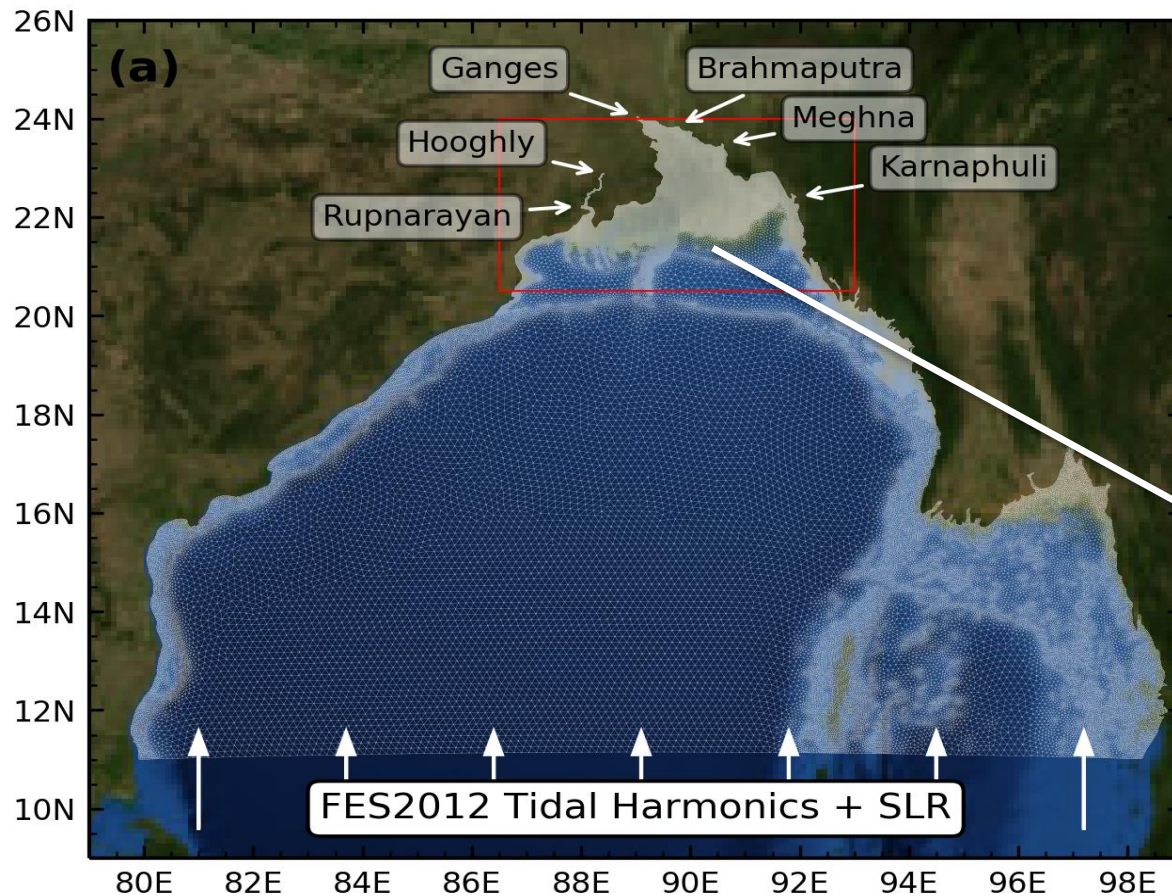
« atténuation » → les MH montent - que le NM

Evolution du marnage observé à Hiron Point



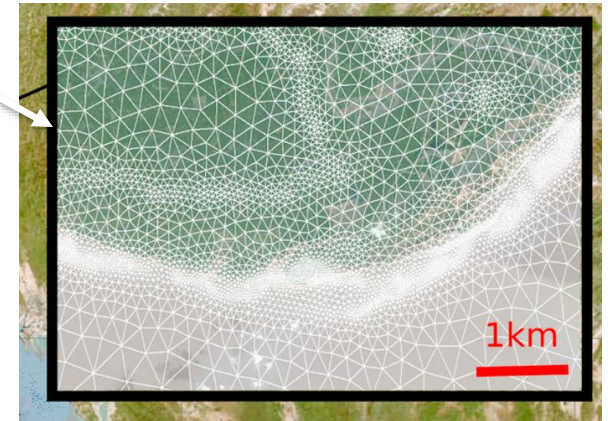
SLR : +4.2mm/an
 Marnage : +6.4mm/an
 Basses-mers : +1.0mm/an
 Hautes-mers : +7.0mm/an

Modélisation de la réponse à la montée du niveau moyen



Bathymétrie-topographie originale

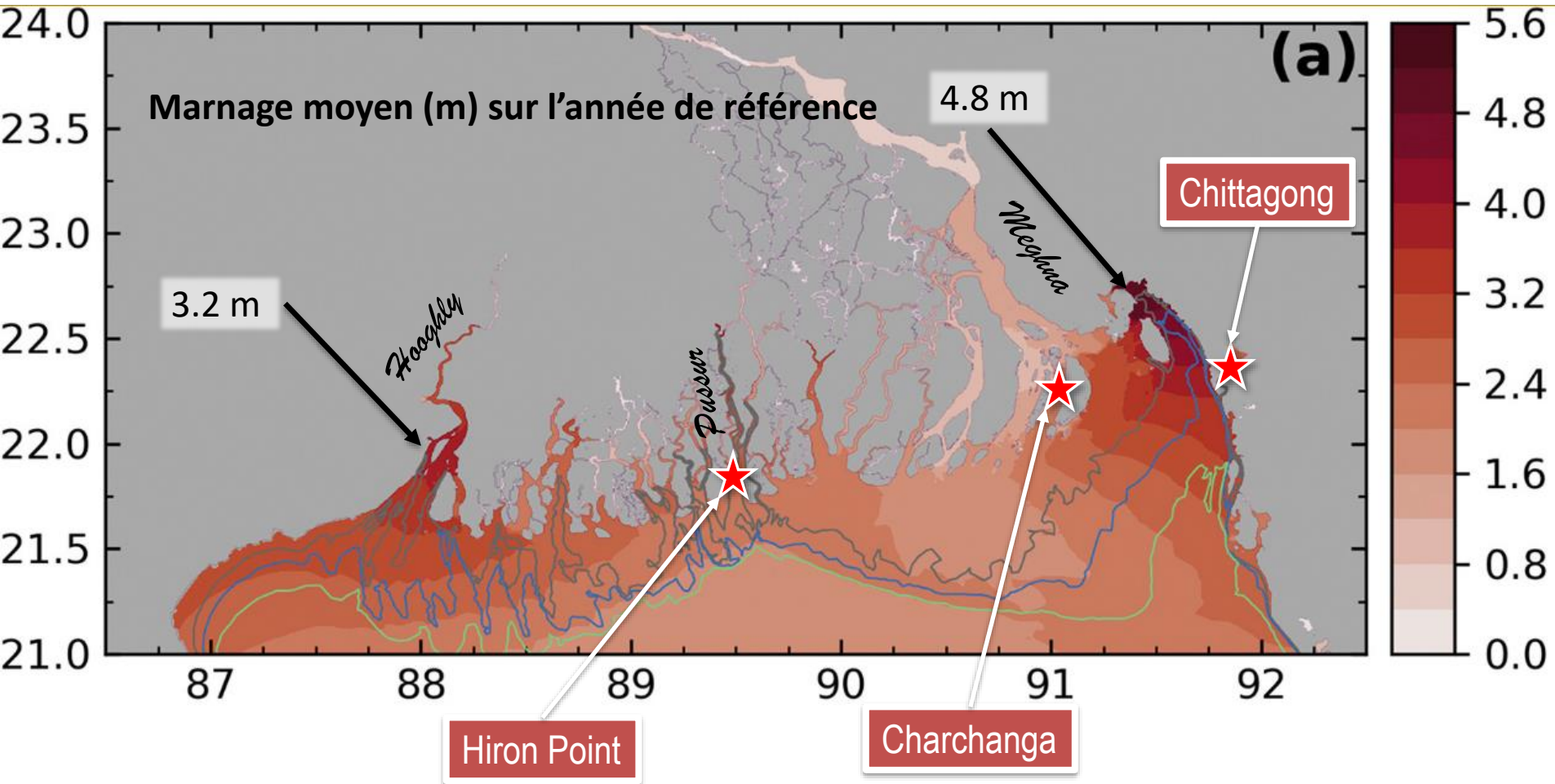
- Marée
- Modulation saisonnière de la marée
- Surcote cyclonique, interaction marée-surcote
- Construire de MNT intertidaux avec Sentinel-2
- Modélisation opérationnelle



Configuration :

- **Modèle** : SCHISM 2DH
- **Maillage** : FE 600K nœuds, 15km->250 m résolution,
- **Forçages** : FES2012 + débits fluviaux.

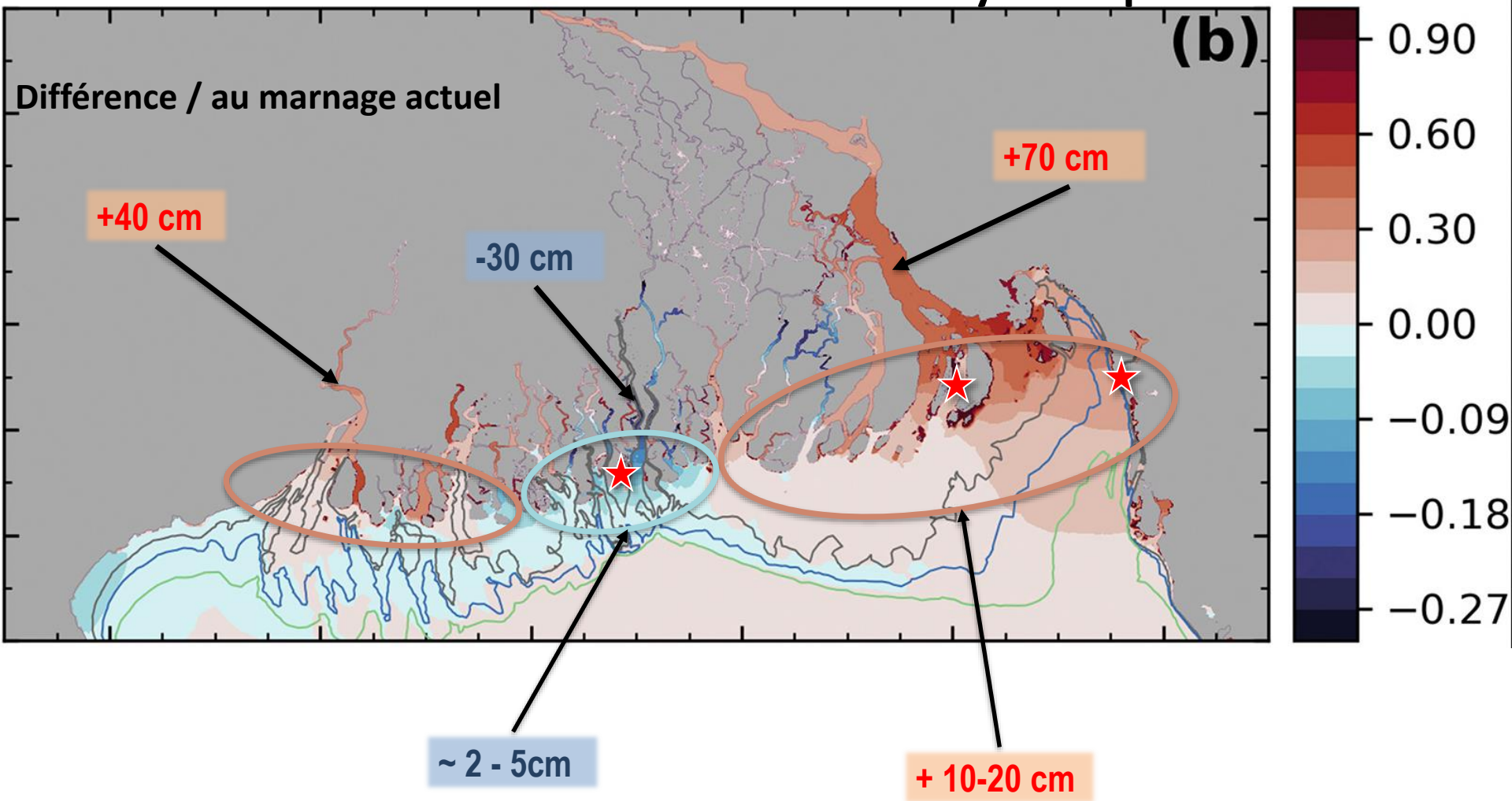
La marée actuelle



- **Performance** : 5cm < Erreur Marée < 20cm
- **4 scénarios** : +0,5m à +2m (par pas de 50cm)

La marée avec 1m de niveau moyen en plus

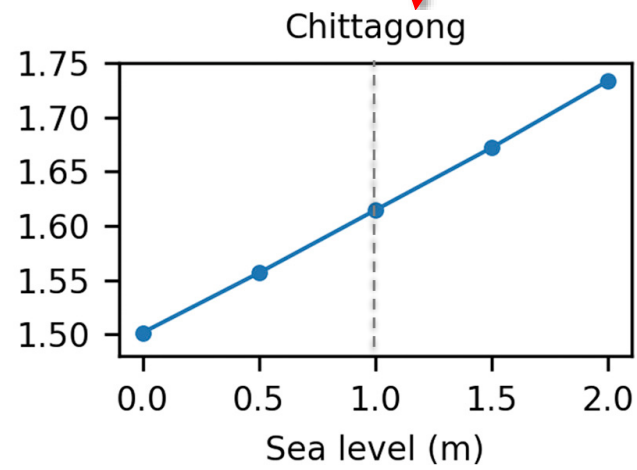
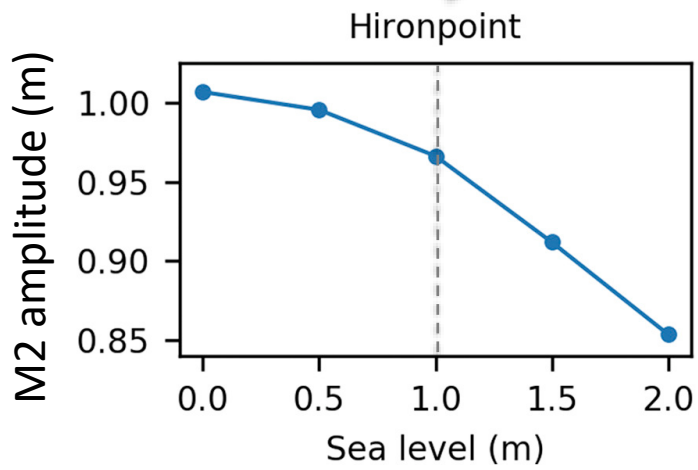
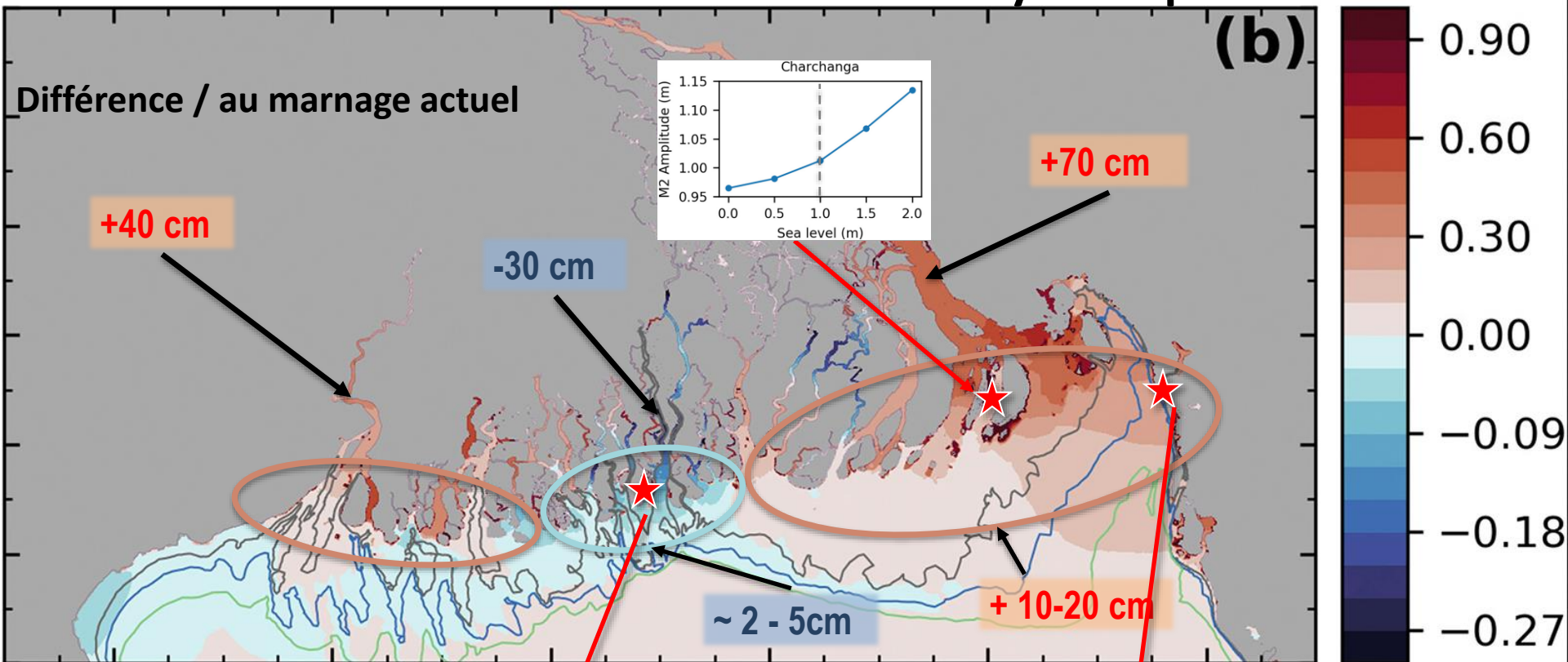
[m]



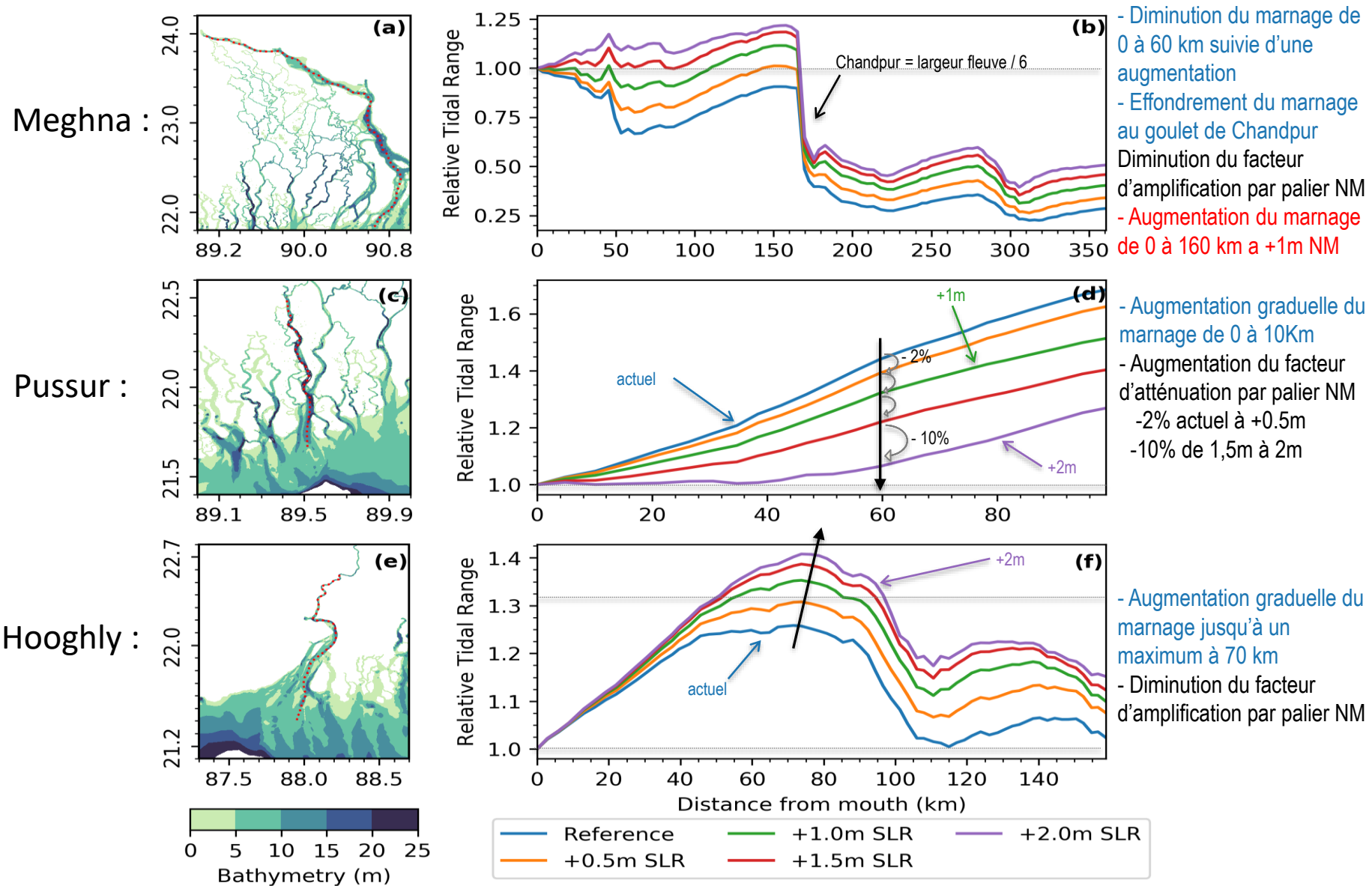
- Amplification de la marée à l'Ouest et à l'Est du delta
- Atténuation de la marée au centre du delta

La marée avec 1m de niveau moyen en plus

[m]



Marnage (normalisé par le marnage à l'embouchure)



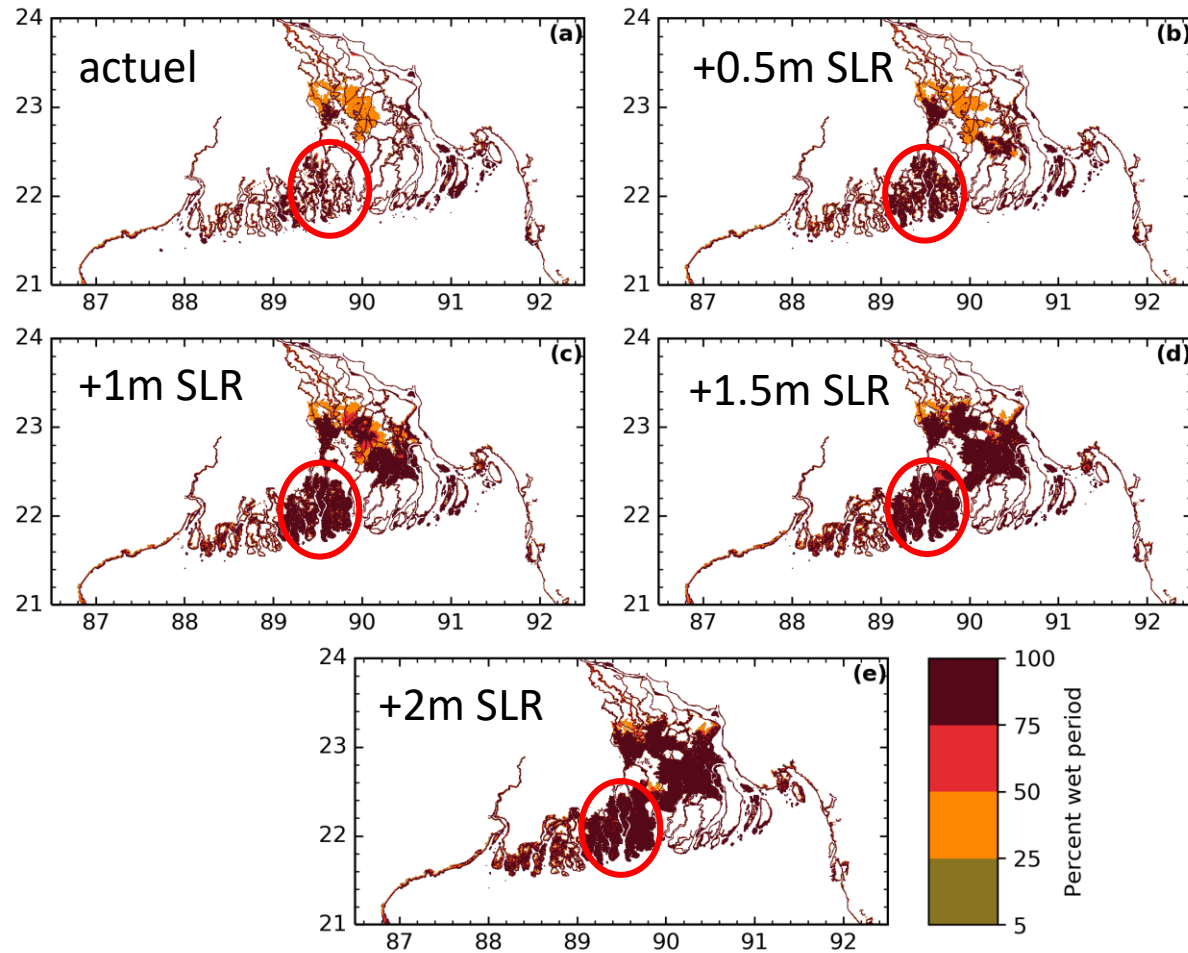
- Diminution du marnage de 0 à 60 km suivie d'une augmentation
- Effondrement du marnage au goulet de Chandpur
- Diminution du facteur d'amplification par palier NM
- **Augmentation du marnage de 0 à 160 km a +1m NM**

- Augmentation graduelle du marnage de 0 à 10Km
- Augmentation du facteur d'atténuation par palier NM
- 2% actuel à +0.5m
- 10% de 1,5m à 2m

- Augmentation graduelle du marnage jusqu'à un maximum à 70 km
- Diminution du facteur d'amplification par palier NM

La géométrie des différents estuaires est similaire (i.e. longueur 2 à 5 fois plus longue que la longueur de résonance, profondeur de l'ordre de 10m, friction de fond identique), mais leur réponse au SLR est **très** différente

Pussur : raison possible de la chute du marnage



Apparition et extension d'un vaste estran dans la région des Sundarbans, qui dissipe l'énergie de la marée

Conclusions

- **Marée** : ingrédient dominant des extrêmes du niveau d'eau sur le delta du Bengale
 - Nécessité de bien comprendre et modéliser le phénomène
- **Réponse locale et contrastée** de la marée à l'élévation du niveau marin avec :
 - « amplification » des effets dans le SE et le SW du delta
 - « atténuation » dans le centre du delta.
- **Ordre de grandeur typique** du changement de marnage dans les estuaires :
 - ~ 10% du SLR (en + ou en - !!).

Merci pour votre attention



Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Continental Shelf Research

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/csr>



Sea level rise inducing tidal modulation along the coasts of Bengal delta

Md Jamal Uddin Khan ^{a,*}, Fabien Durand ^{a,b}, Laurent Testut ^{a,c}, Yann Krien ^c, A.K.
M. Saiful Islam ^d



doi: 10.1016/j.csr.2020.104289

Que nous dit la théorie ?...

cf Talke and Jay (Annual Rev. of Marine Science 2019) : cas idéalisé des estuaires à section rectangulaire, à fond plat et friction linéaire. Solution analytique :

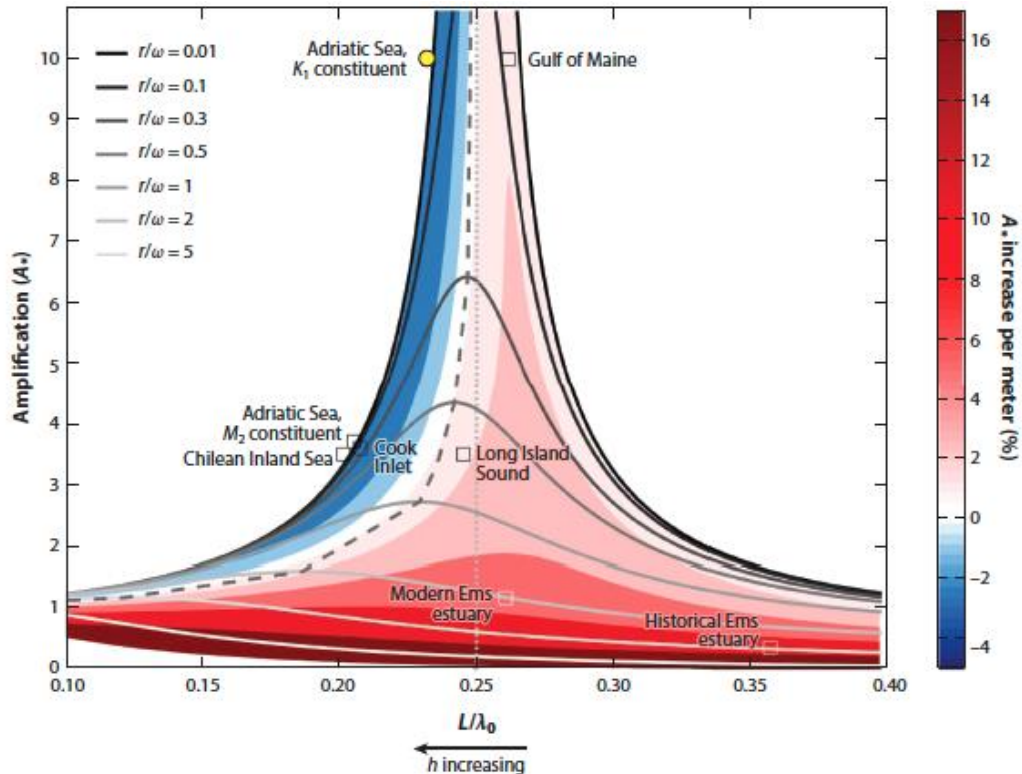
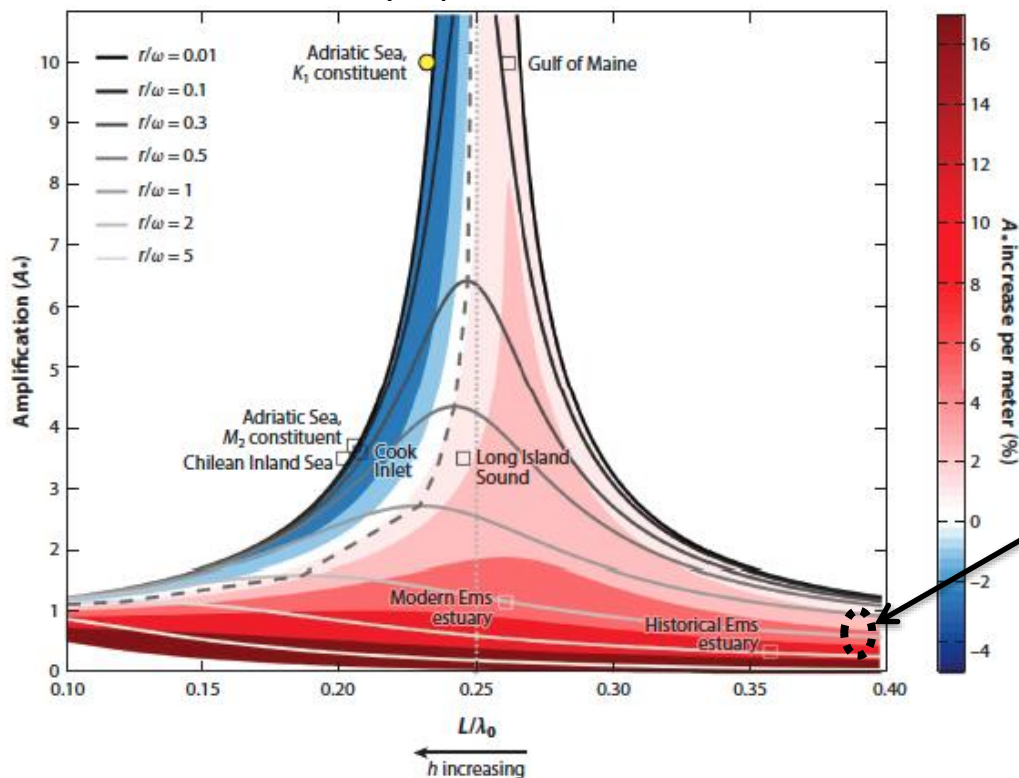


Figure 3

Amplification of tide magnitude (A_s) at the head of a channel relative to the amplitude at the open boundary (Equation 2). As the length L of a channel approaches the inviscid quarter wavelength $\lambda_0/4 = 0.25T\sqrt{gb}$, large amplification occurs. Contour lines of constant r/ω show how amplification is modified by frictional effects. The approximate locations within this parameter space of either the M_2 or K_1 constituent in real systems (idealized as channels) are shown as squares and circles. Colors indicate the percentage change in amplitude at the head of tides that occurs for a 1-m increase in depth (sea level)—i.e., showing $A_s(b)/A_s(b+1)$. Increasing depth moves a system left along the x axis (as shown) and alters amplification.

Que nous dit la théorie ?...

cf Talke and Jay (Annual Rev. of Marine Science 2019) : cas idéalisé des estuaires à section rectangulaire, à fond plat et friction linéaire. Solution analytique :



estuaires du Bengale :
marnage théorique
augmente de +4%
à +10% du SLR

Figure 3

Amplification of tide magnitude (A_s) at the head of a channel relative to the amplitude at the open boundary (Equation 2). As the length L of a channel approaches the inviscid quarter wavelength $\lambda_0/4 = 0.25T\sqrt{gb}$, large amplification occurs. Contour lines of constant r/ω show how amplification is modified by frictional effects. The approximate locations within this parameter space of either the M_2 or K_1 constituent in real systems (idealized as channels) are shown as squares and circles. Colors indicate the percentage change in amplitude at the head of tides that occurs for a 1-m increase in depth (sea level)—i.e., showing $A_s(b)/A_s(b+1)$. Increasing depth moves a system left along the x axis (as shown) and alters amplification.

Meghna, Pussur, Hooghly : tombent tous dans la catégorie des estuaires « longs et faiblement amortis », pour lesquels le marnage théorique augmente de +4% à +10% du SLR...