

## **Changements climatiques : impacts sur le fonctionnement estuarien et évolutions**

impacts des CC à moyen et long termes sur les milieux :

- fonctionnement HMS
- espaces de mobilité des estuaires
- qualité des eaux
- biodiversité
- activités anthropiques

mesures d'adaptation possibles ?

acceptabilité sociétale (locale, bassin versant, territ.urban/rural)

effets des CC sur conditions de « références » (état écologique) ?

- doit-on les faire évoluer au regard du CC ? Comment ?

# Impact du changement climatique en milieu estuarien

Manifestations du CC :

- élévation de température, *réduction de l'O2 dissous ??*
- acidification (diminution du pH de l'eau, liée au cycle du C)
- évolution des apports fluviaux (régimes étiage/crue)
- élévation du niveau de la mer (incl. ajustement marée)
- changement des régimes de tempête (?)
- changement des circulations côtières (régimes Vents...)

 changements environnementaux

 impact sur milieu physique  
*niveau eau / courants (moy, extrêmes)  
sédiments → Habitats*

 impact sur milieu vivant ... /adaptation ?  
*espèces / fonctions  
Biomasses & Réseau trophique  
biodiversité*

# Les faits : réchauffement des eaux de surface

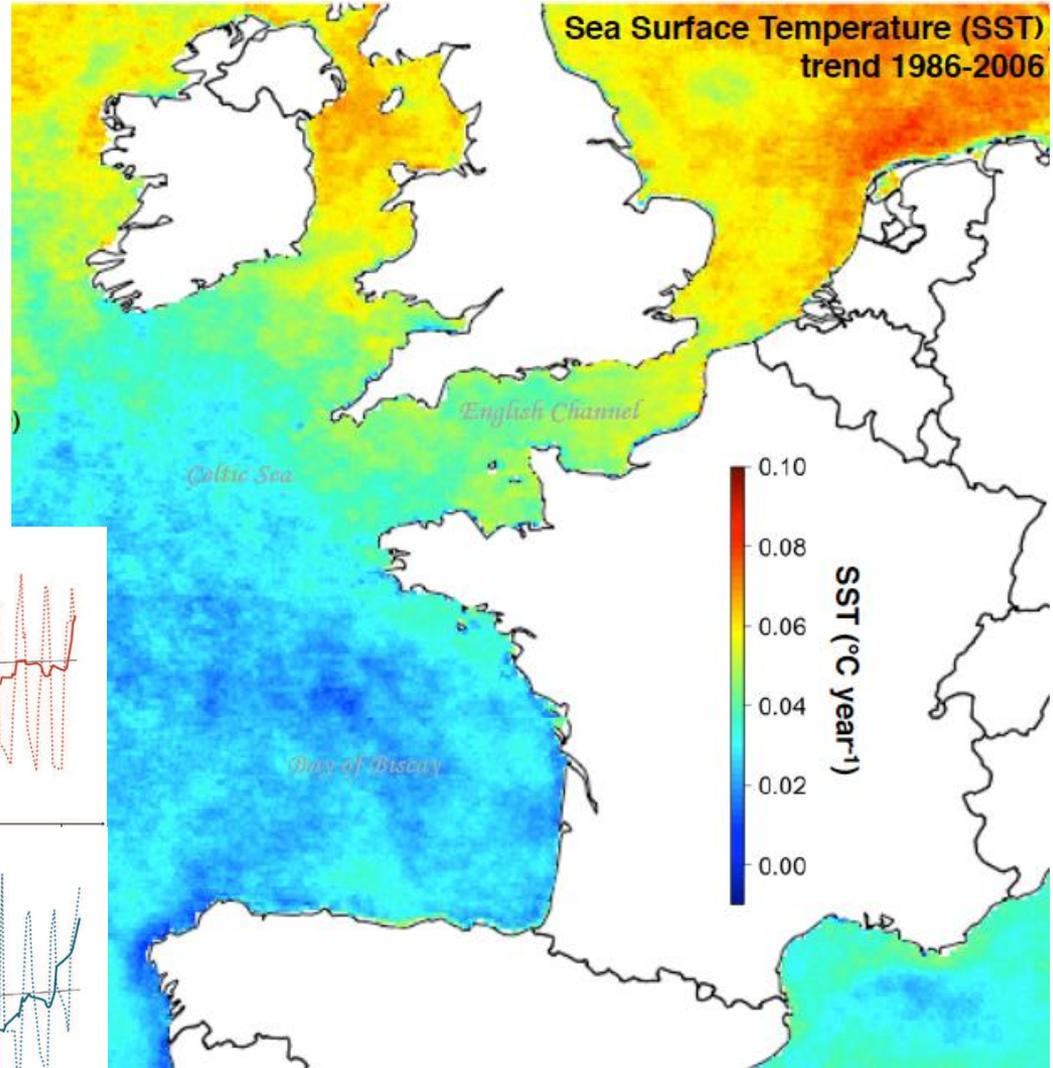
## Observations satellite

(1986-2006)

*Saulquin & Gohin, 2010*

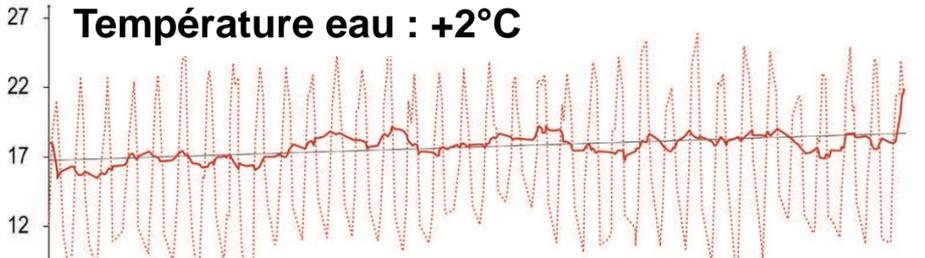
→ +0 à +0.1 °C / an

→ Forte hétérogénéité spatiale

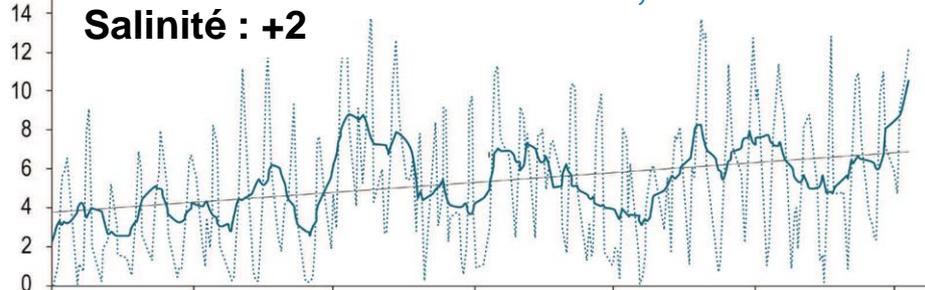


## Mesuré en Gironde (aval de Pauillac)

Température eau : +2°C



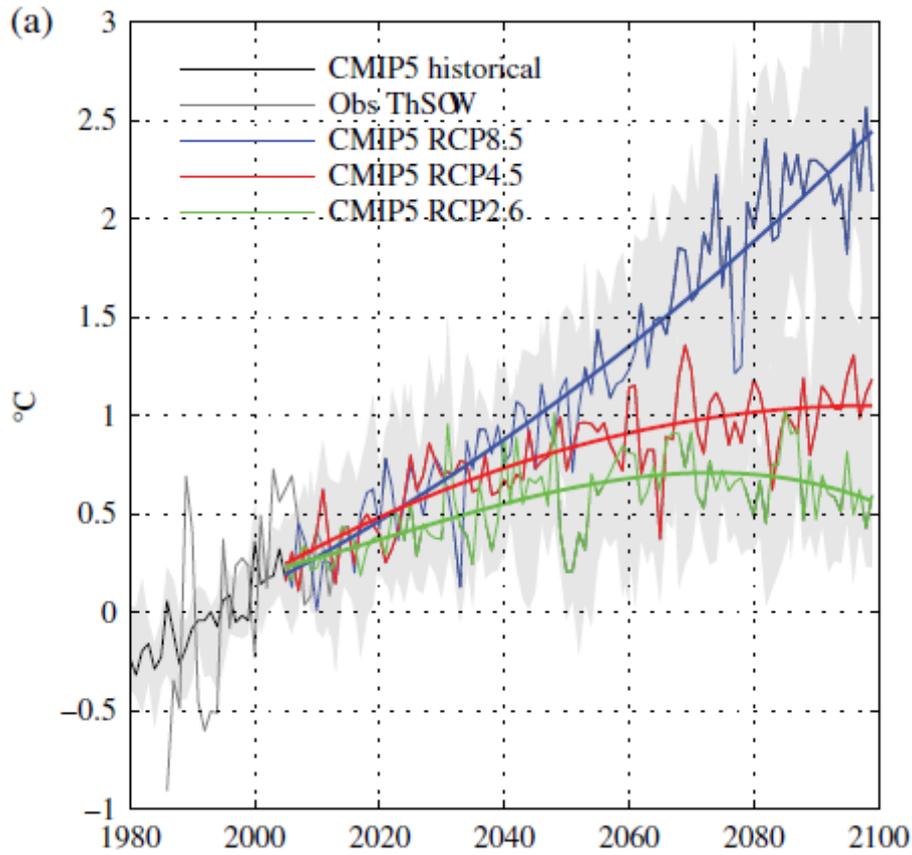
Salinité : +2



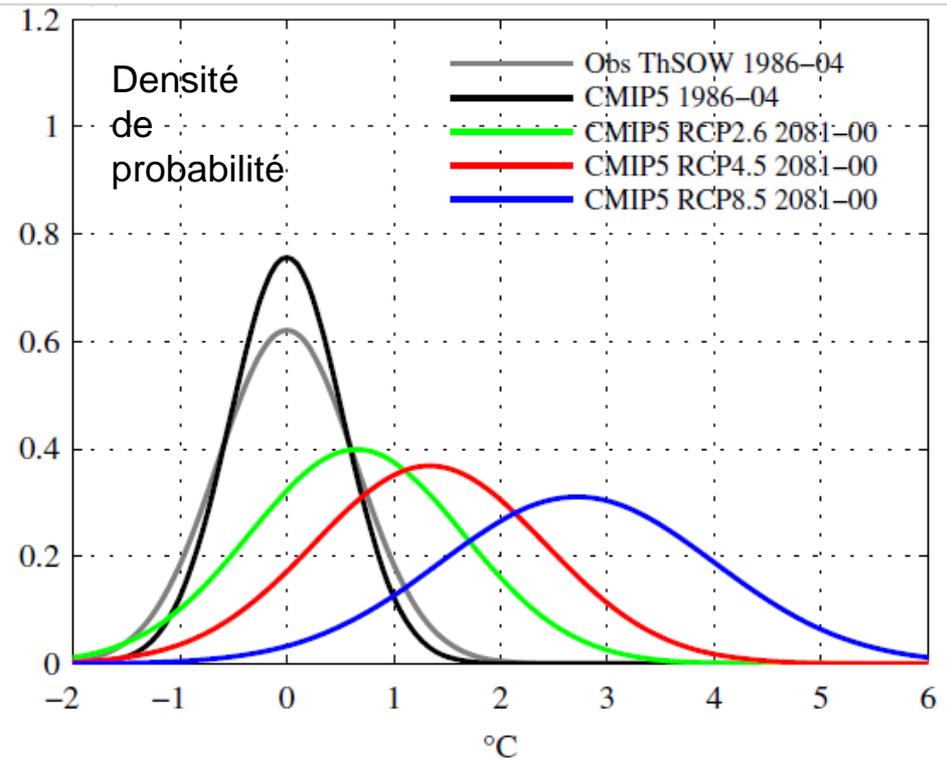
*Saulquin & Gohin, (2010)*

# Projection climatique

augmentation de la température  
moyenne des eaux de surface en mer  
d'Iroise selon 3 scénarios du GIEC



Accroissement de variabilité  
interannuelle de la température  
moyenne en été

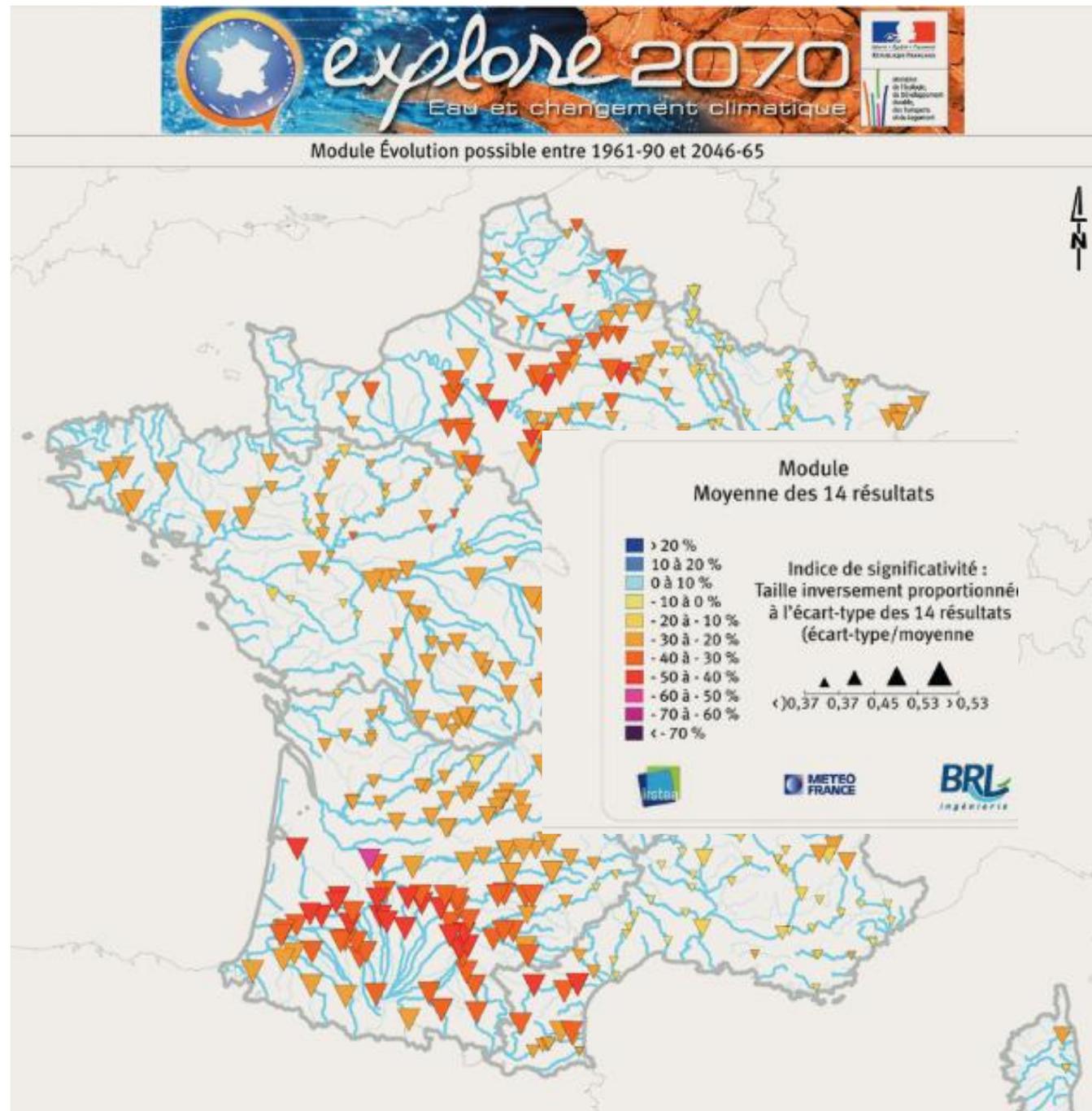


# Apports fluviaux

- évolution simulée des débits annuels entre 1961-1990 et 2046-2065

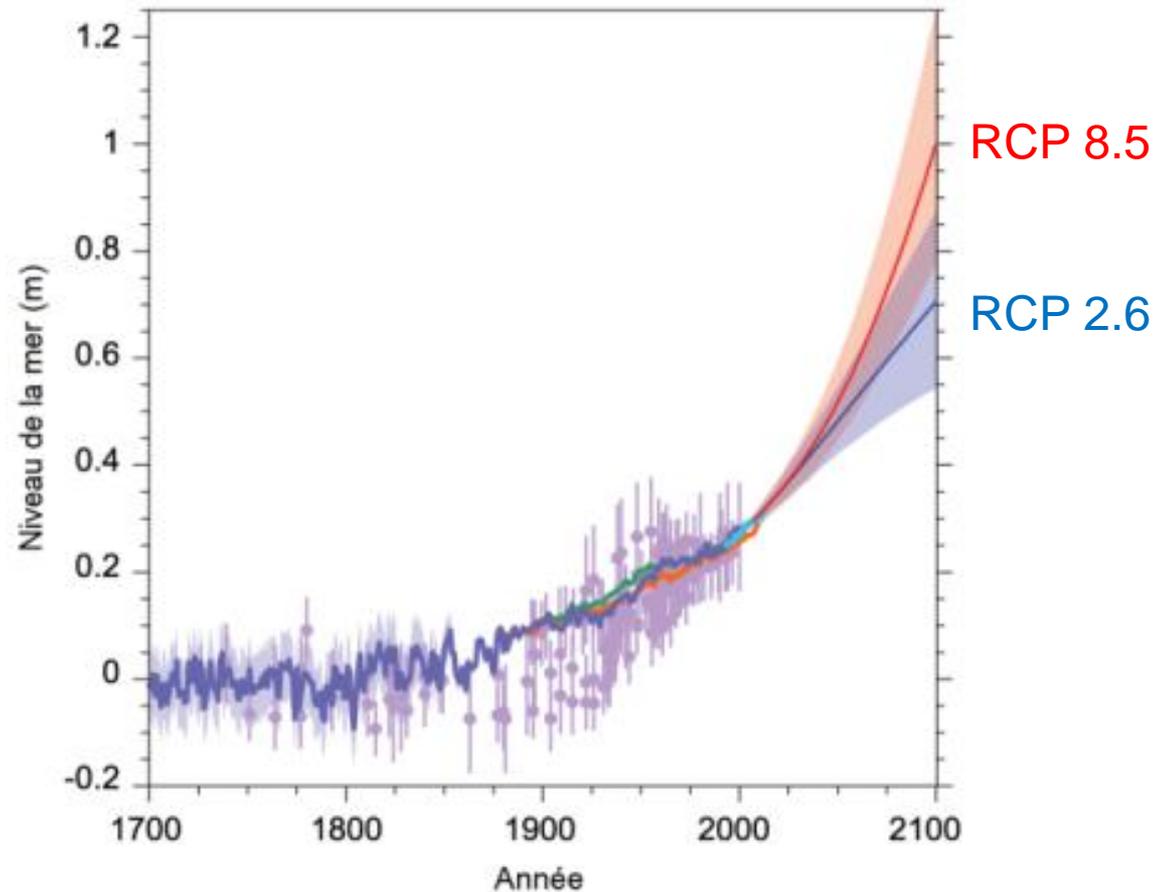
*projet Explore 2070*  
*Cf. RexHySS*  
*cf. HYDROQUAL*

- rien sur les apports solides (?)



# Projection de l'élévation du niveau moyen de la mer selon les scénarios d'émission

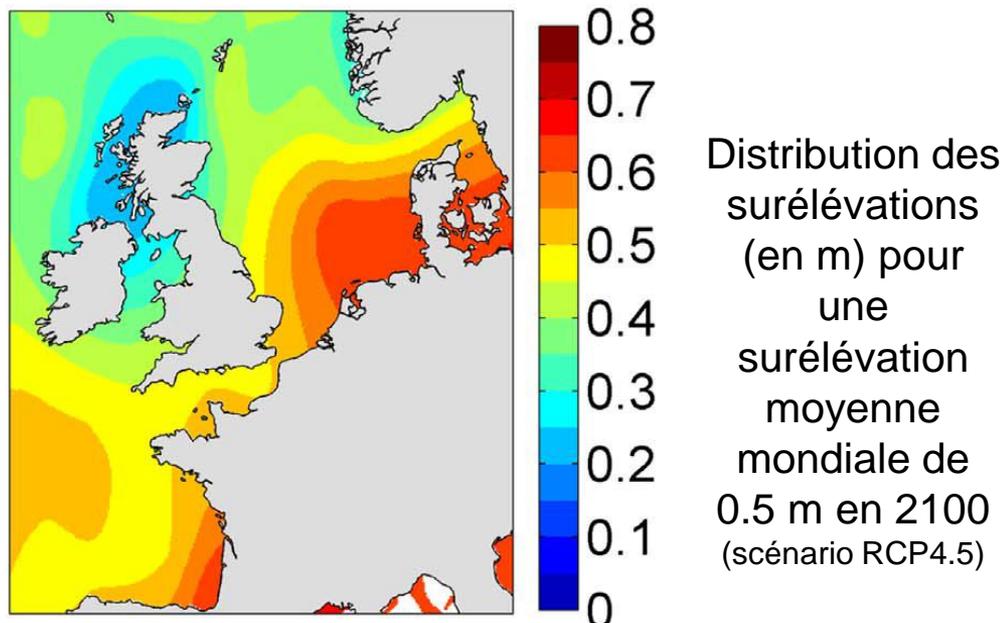
*D'après IPCC 2013  
(site Météo-France)*



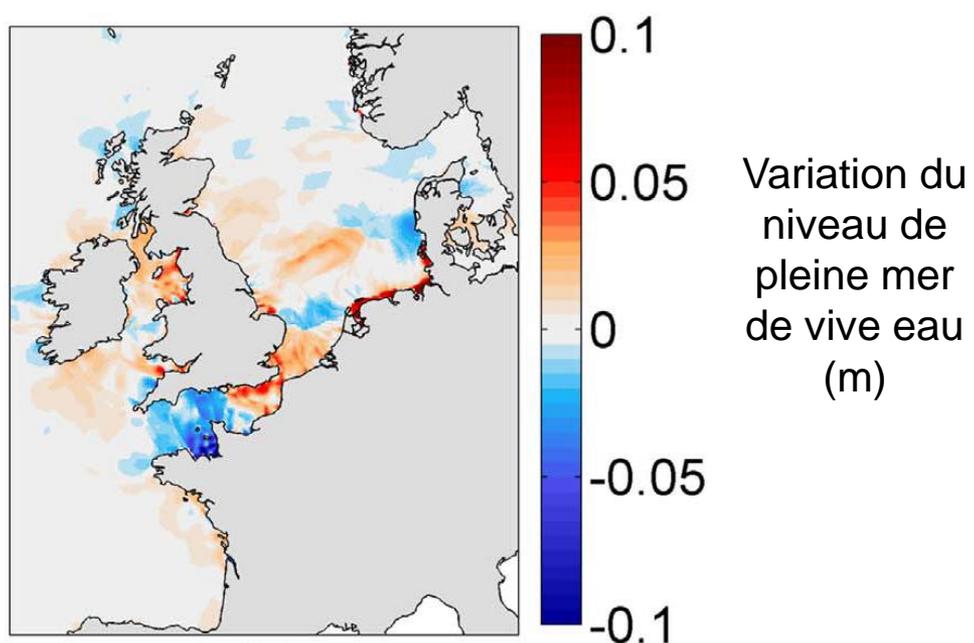
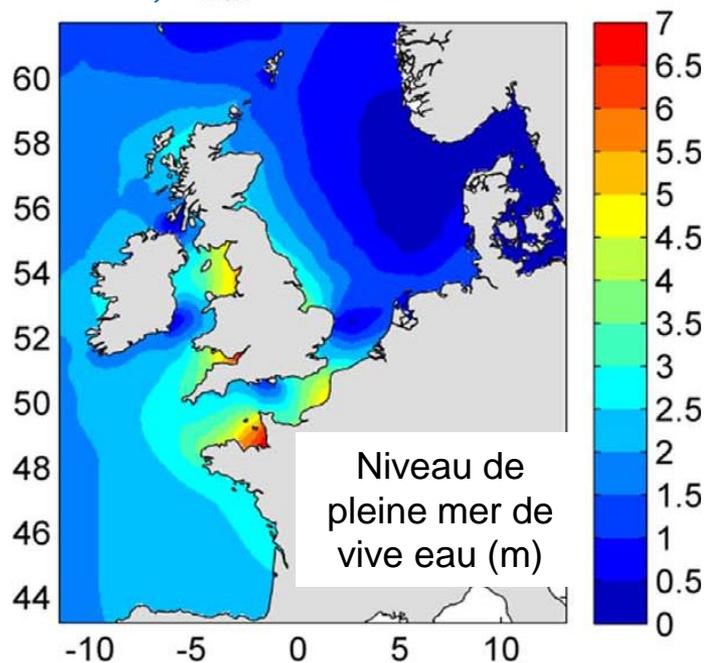
« descente d'échelle » :

## déclinaison régionale des variations de l'élévation de la mer

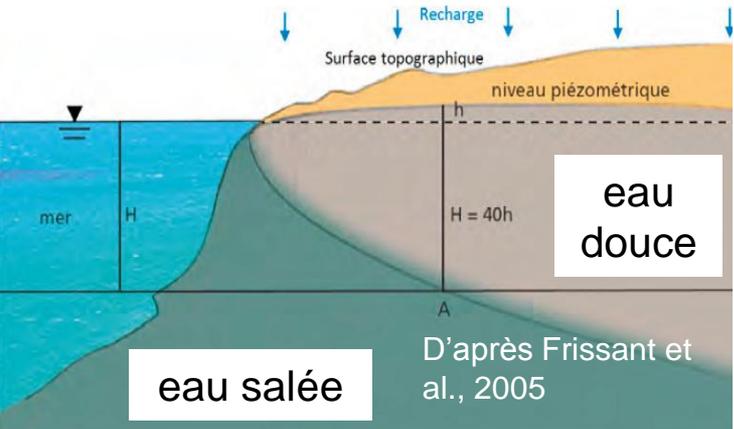
- pas d'étude nationale (à faire !!)
- une référence : [Slangen et al., 2014](#) :



Incidence sur l'amplitude de marée : [Idier et al., 2017](#)



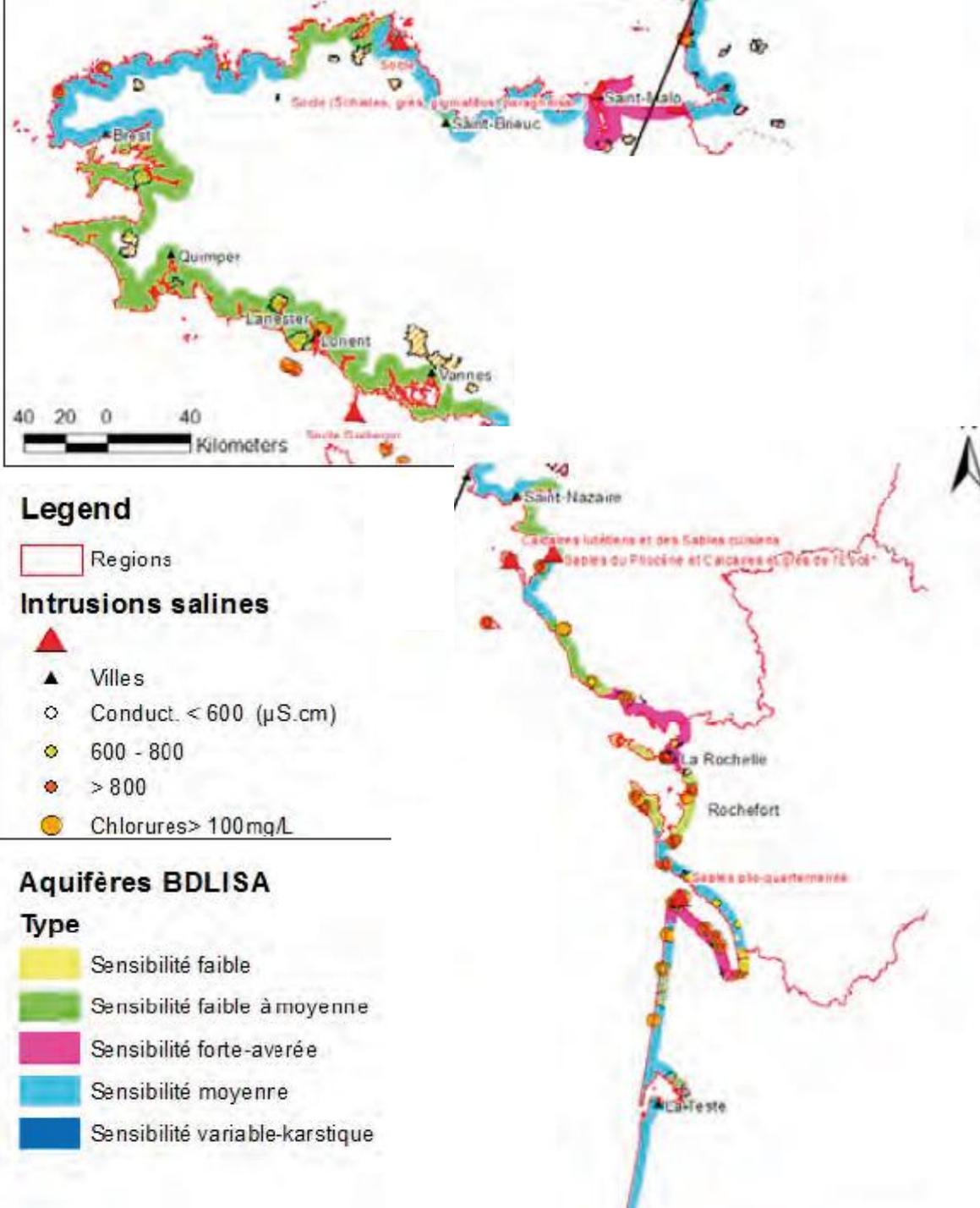
# Risque d'intrusions salines dans les aquifères côtiers



D'après Frissant et al., 2005

# Vulnérabilité des aquifères à une montée de la mer de 2 m

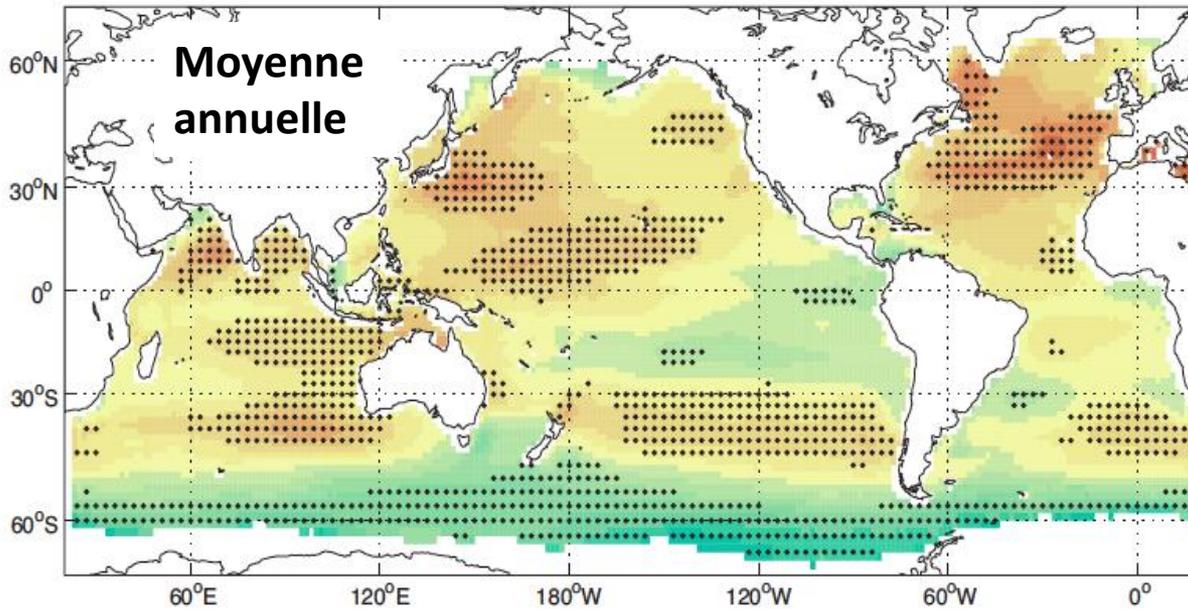
(d'après Dörfliger et al., 2011)



# Augmentation des tempêtes ? surcotes, vagues

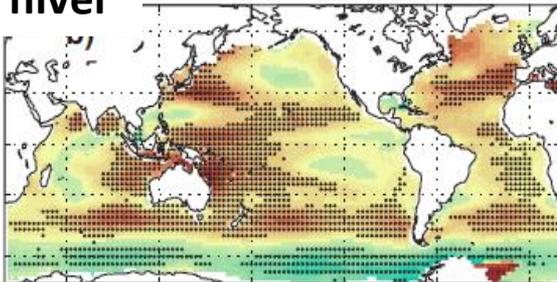
Evolution de l'amplitude des vagues  
sous l'effet du changement des régimes de vent

2075-2100 comparé à 1980-2009

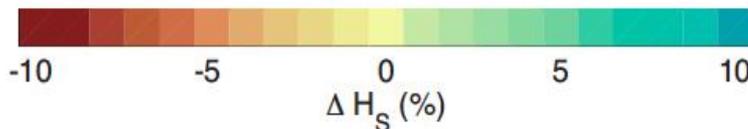
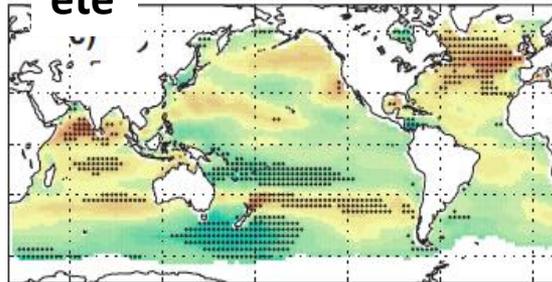


Moyenne  
annuelle

hiver

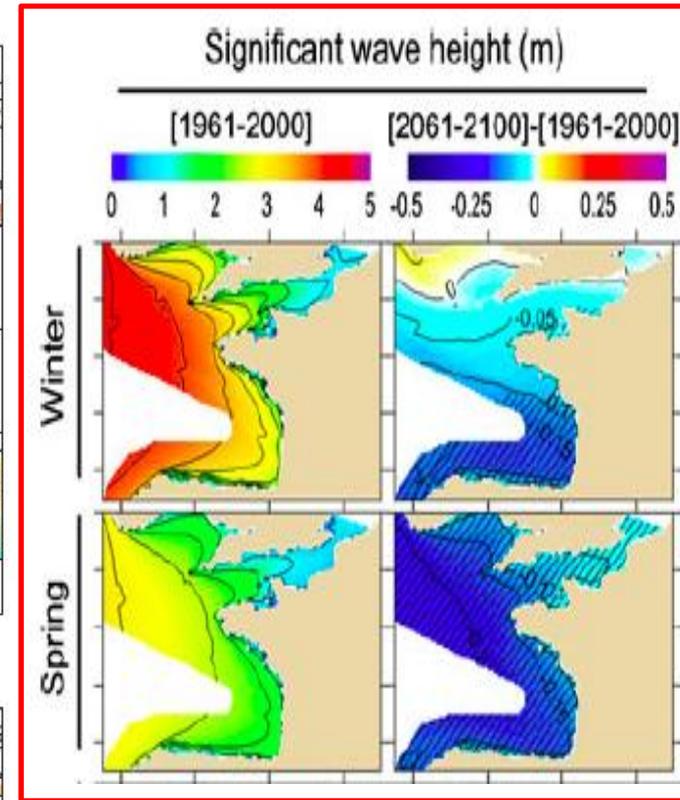


été



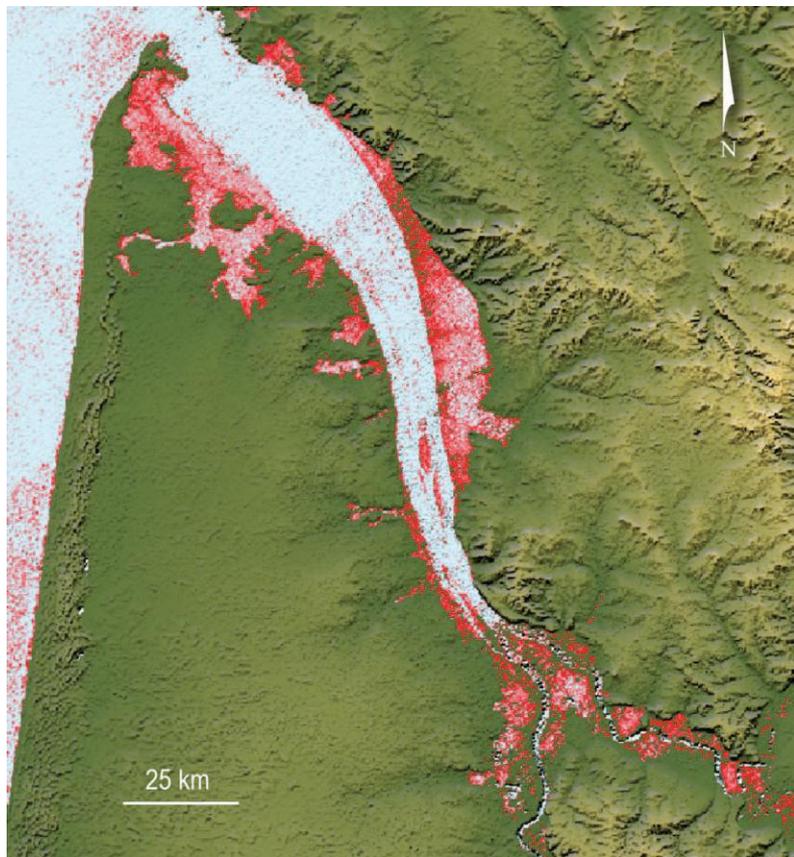
Hemer et al., 2013

Déclinaison régionale



Charles et al., 2012

# Impacts Hydro-Morpho-Sédimentaires



*Projet Theseus*

Modélisation des submersions

*Laborie et al., 2012*

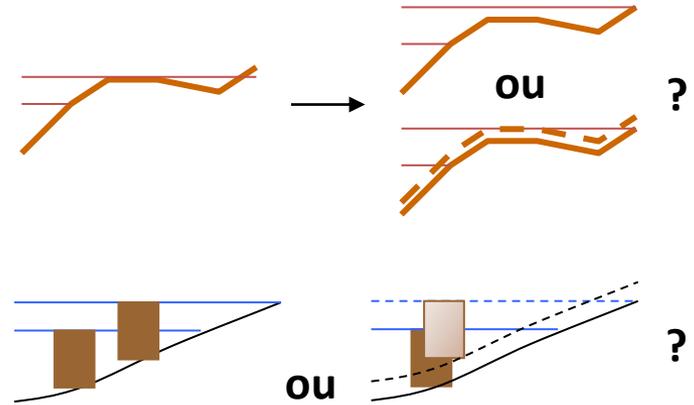
# Impacts HMS de ↑ mer en estuaire

Translation de l'estuaire lui-même : compense la progradation naturelle ? selon apports...

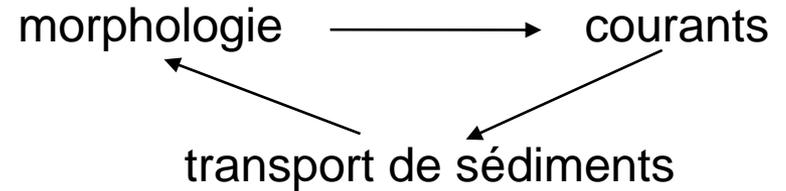
*↑ mer : une chance ?*

Simple translation de la remontée haline, du bouchon vaseux ?

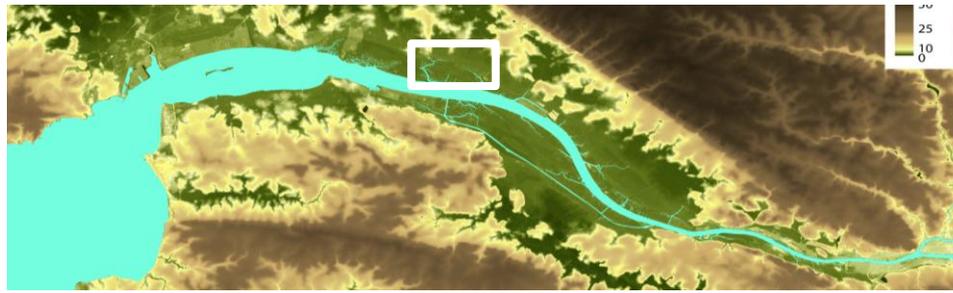
Changement nature des sédiments ?



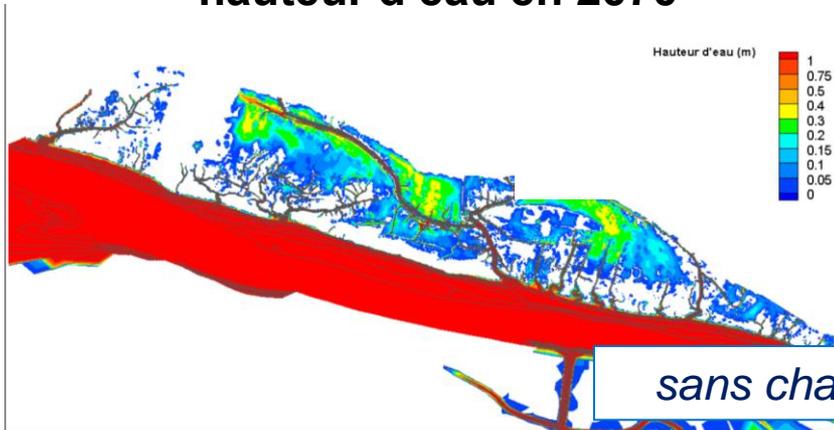
*Nécessité de prendre en compte couplages morphodynamiques*



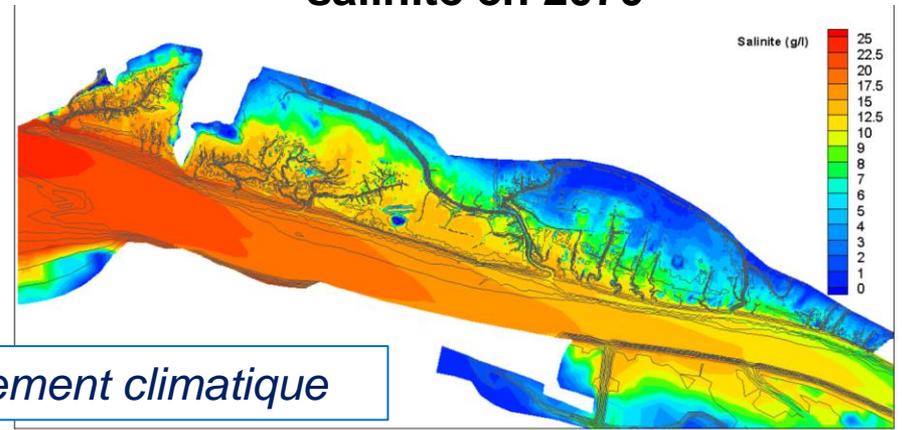
*Même échelle de temps que changement climatique*



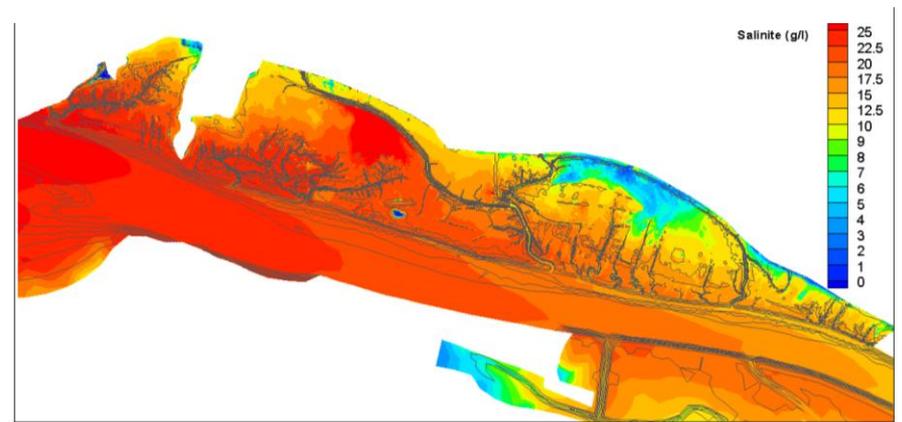
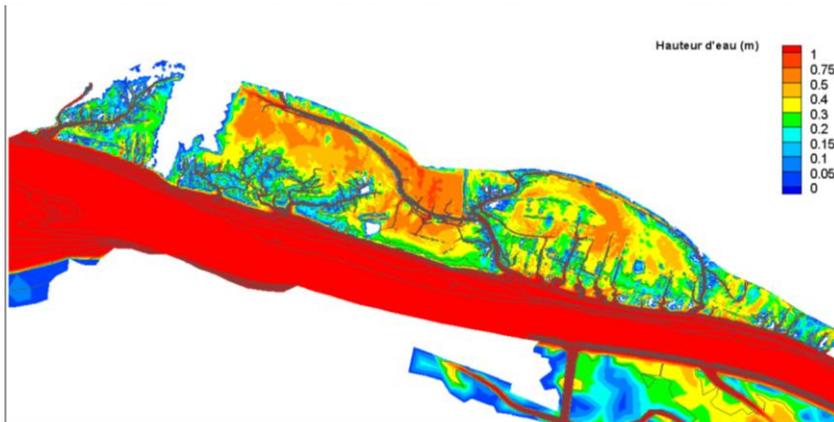
**Simulation des P90 de  
hauteur d'eau en 2070**



**Simulation des P90 de  
salinité en 2070**

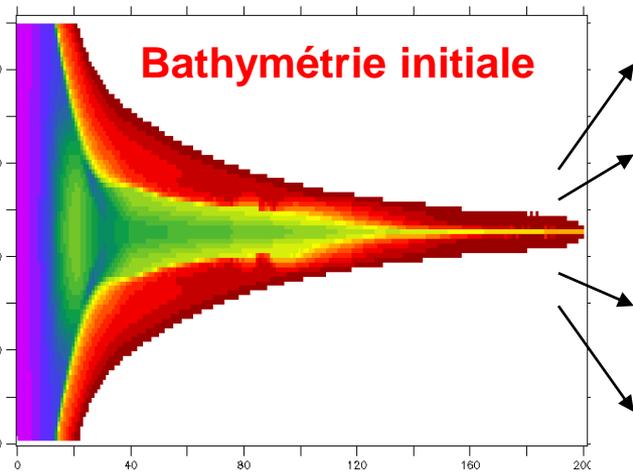


*sans changement climatique*



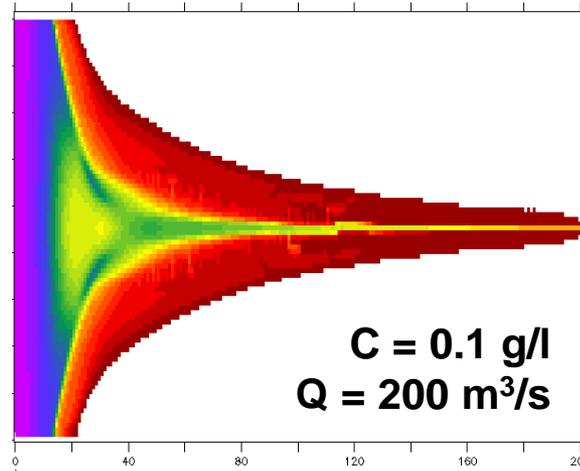
*avec changement climatique : + 0.70 m en 2070*

Modélisation d'un estuaire schématisique

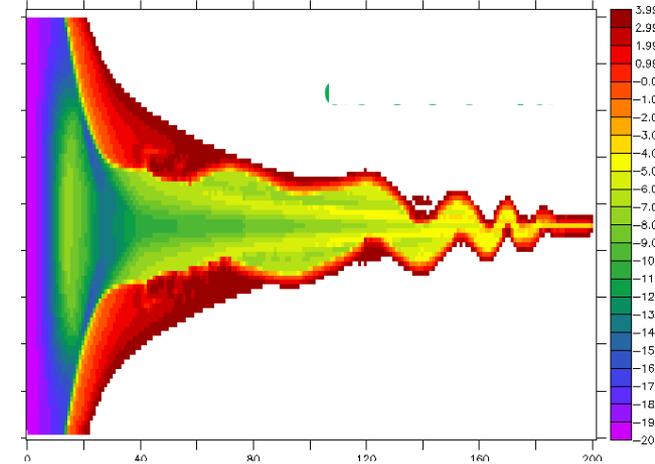
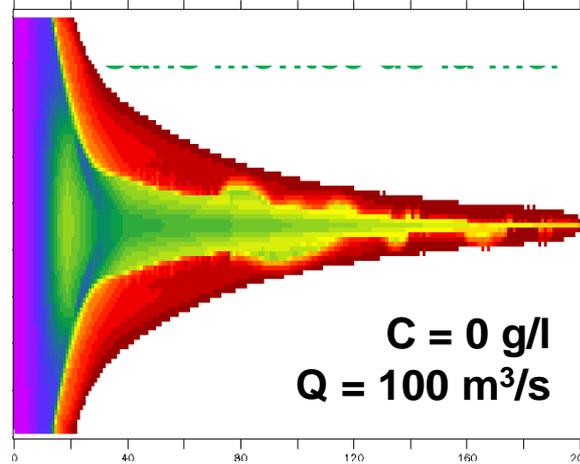
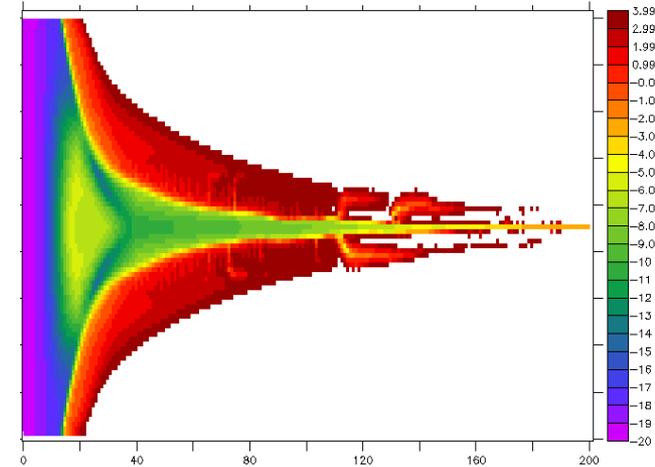


Marnage = 4 m

sans montée de la mer

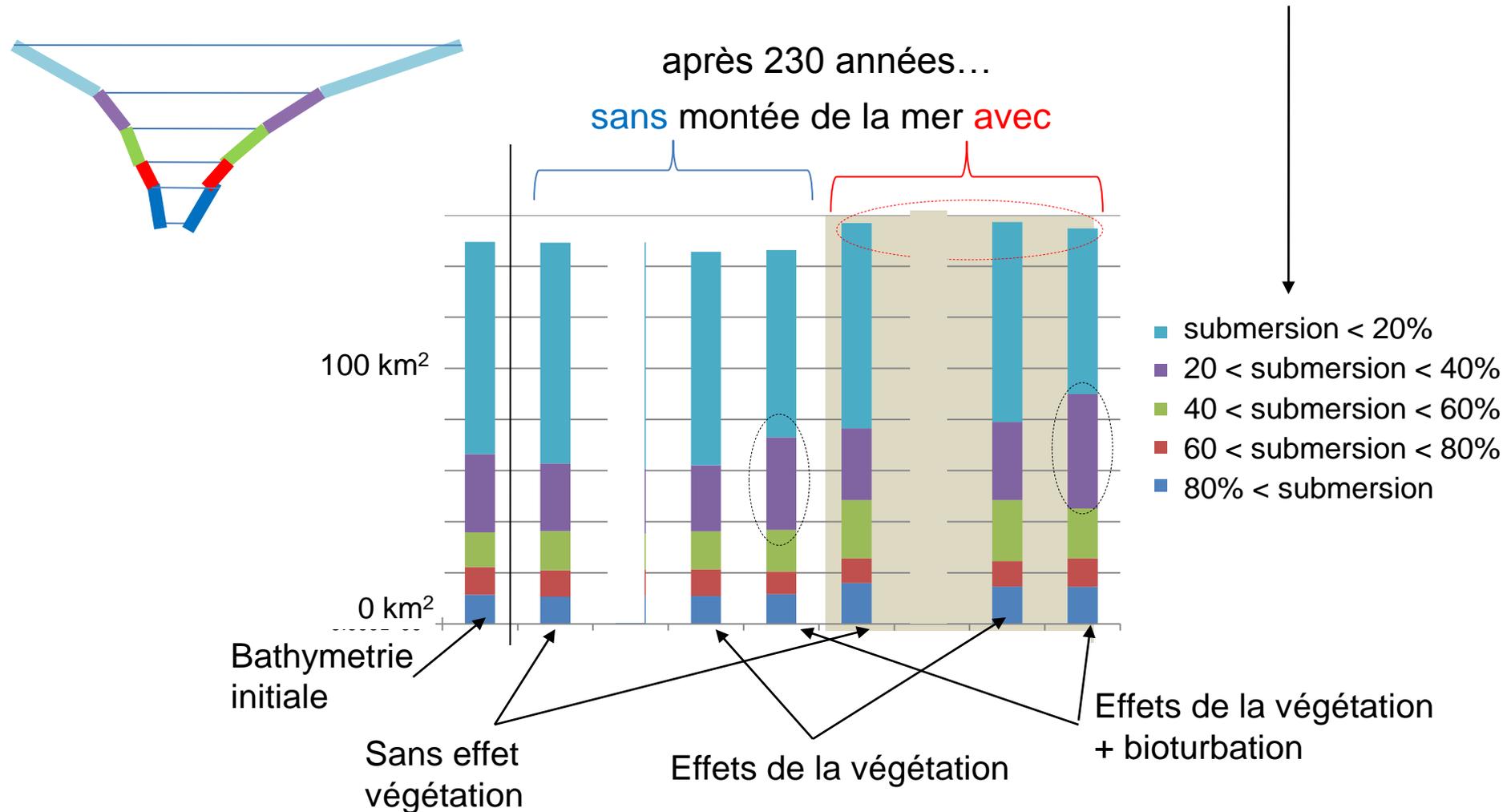


avec montée de la mer  
de 0.5 cm/an



**Bathymétrie après 200 ans**

# Hypsométrie de la zone intertidale → caractérisation des habitats



*Augmentation des vasières intertidales avec montée de la mer (?)*

## ***Comment concilier gestion locale de l'espace et gestion à l'échelle de l'estuaire ?***

Risque de contradiction entre intérêts locaux et besoins d'espace à l'échelle de l'estuaire.

La sédimentation naturelle sur les herbus tend s'accompagne d'une réduction des échanges avec le lit mineur (qui évolue vers un système chenalisé bordé d'une plaine alluviale continentalisée), alors que le maintien de zones submersibles préserve ces échanges.

→ le renforcement par la montée du niveau de la mer de secteurs submersibles dans la plaine alluviale peut s'avérer favorable au maintien de certaines fonctionnalités de l'estuaire

Localement pourtant, le risque de submersion accrue menace les possibilités d'exploitation des prairies sous forme d'élevage extensif.

*Le compromis est dépendant de l'espace total disponible (i.e. non figé par des endiguements ou ouvrages en dur) et une modélisation mise en place peut aider à identifier des scénarios d'optimisation.*

# Impacts sur le milieu vivant

température

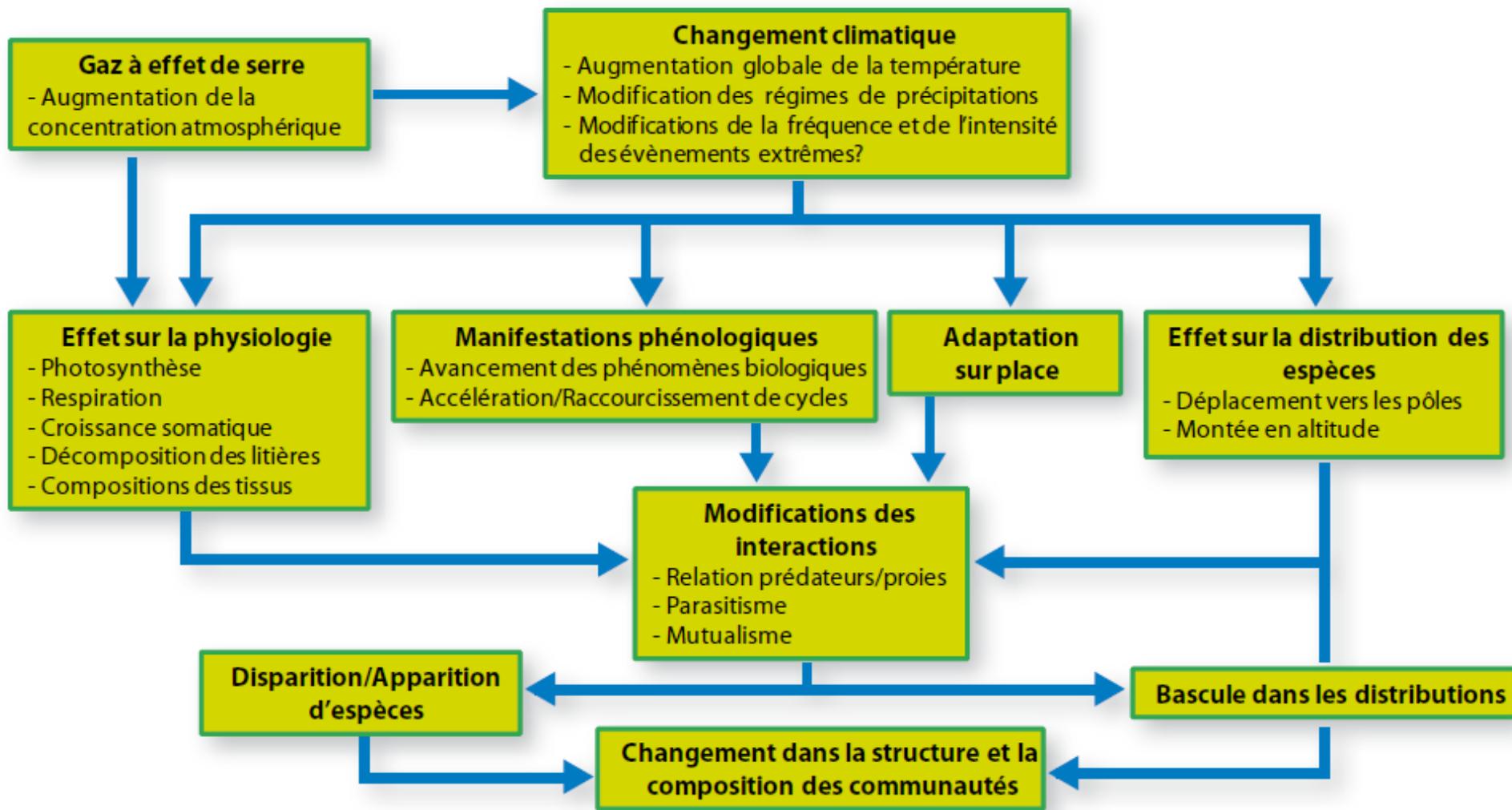
oxygène

turbidité

paramètres HMS (habitats)

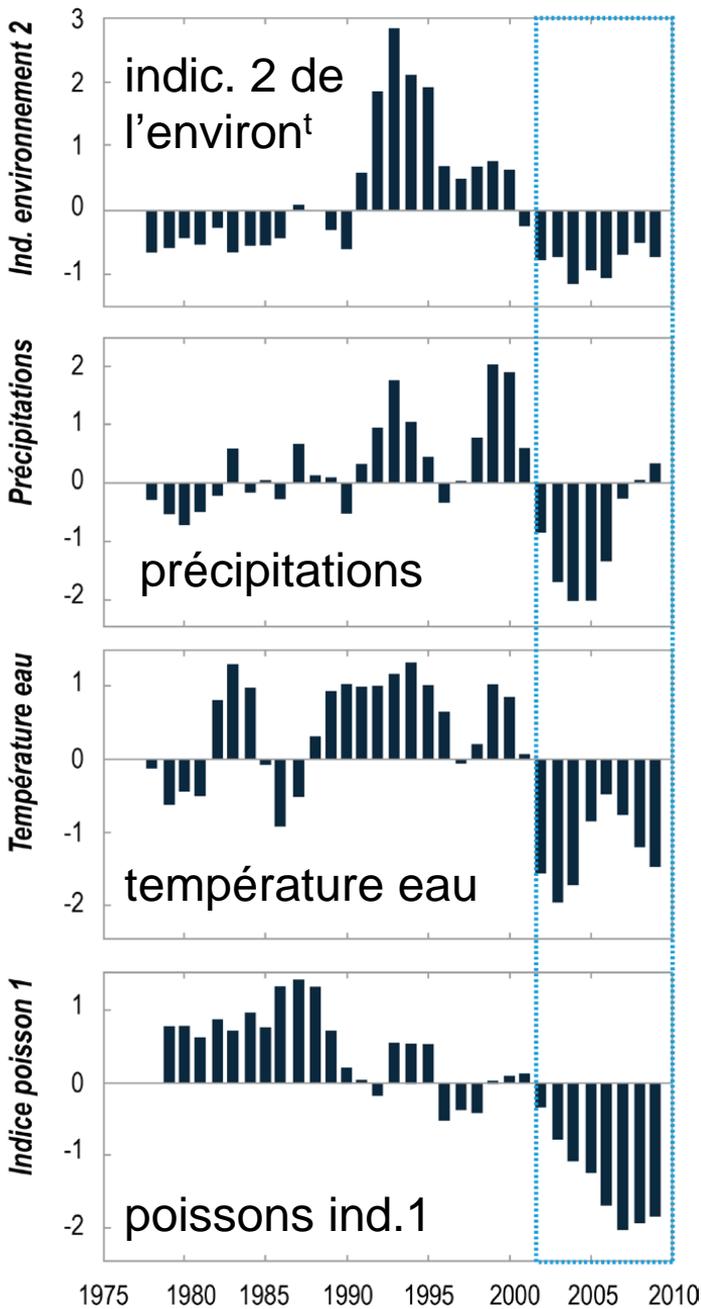
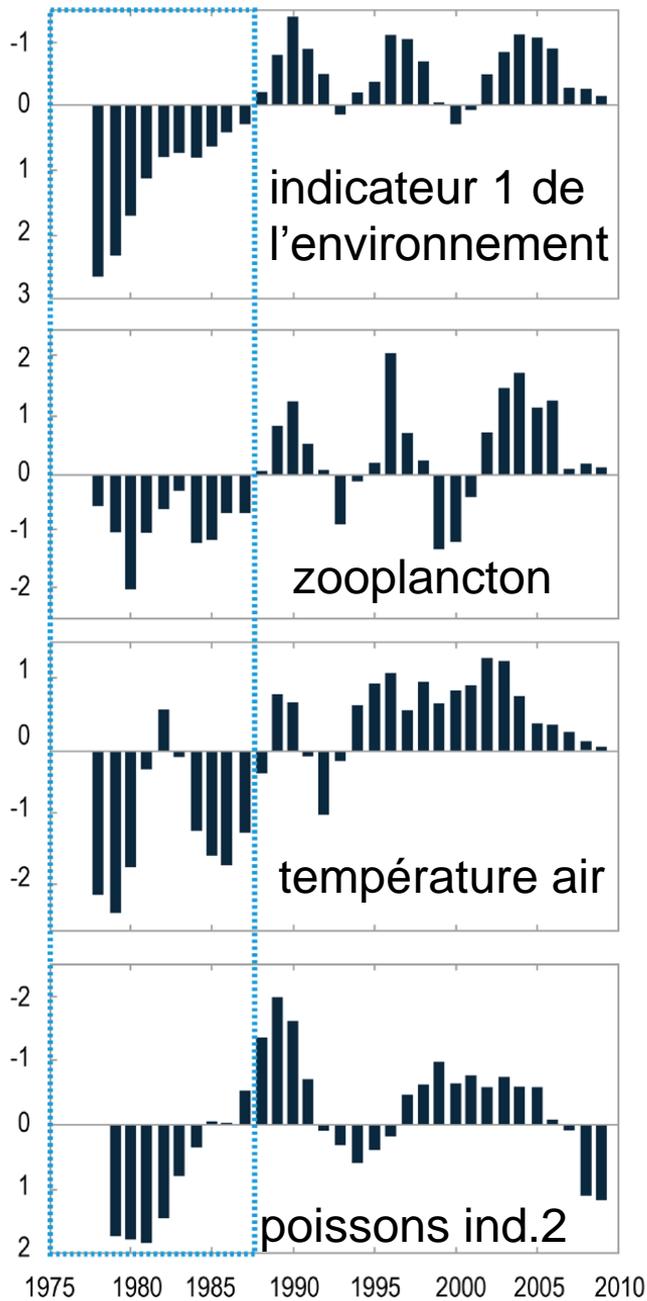
apports nutritifs

pH



GIP Seine-Aval 2010

Effets du changement climatique sur les communautés biologiques.



*Réponse des écosystèmes au CC*  
**observations**

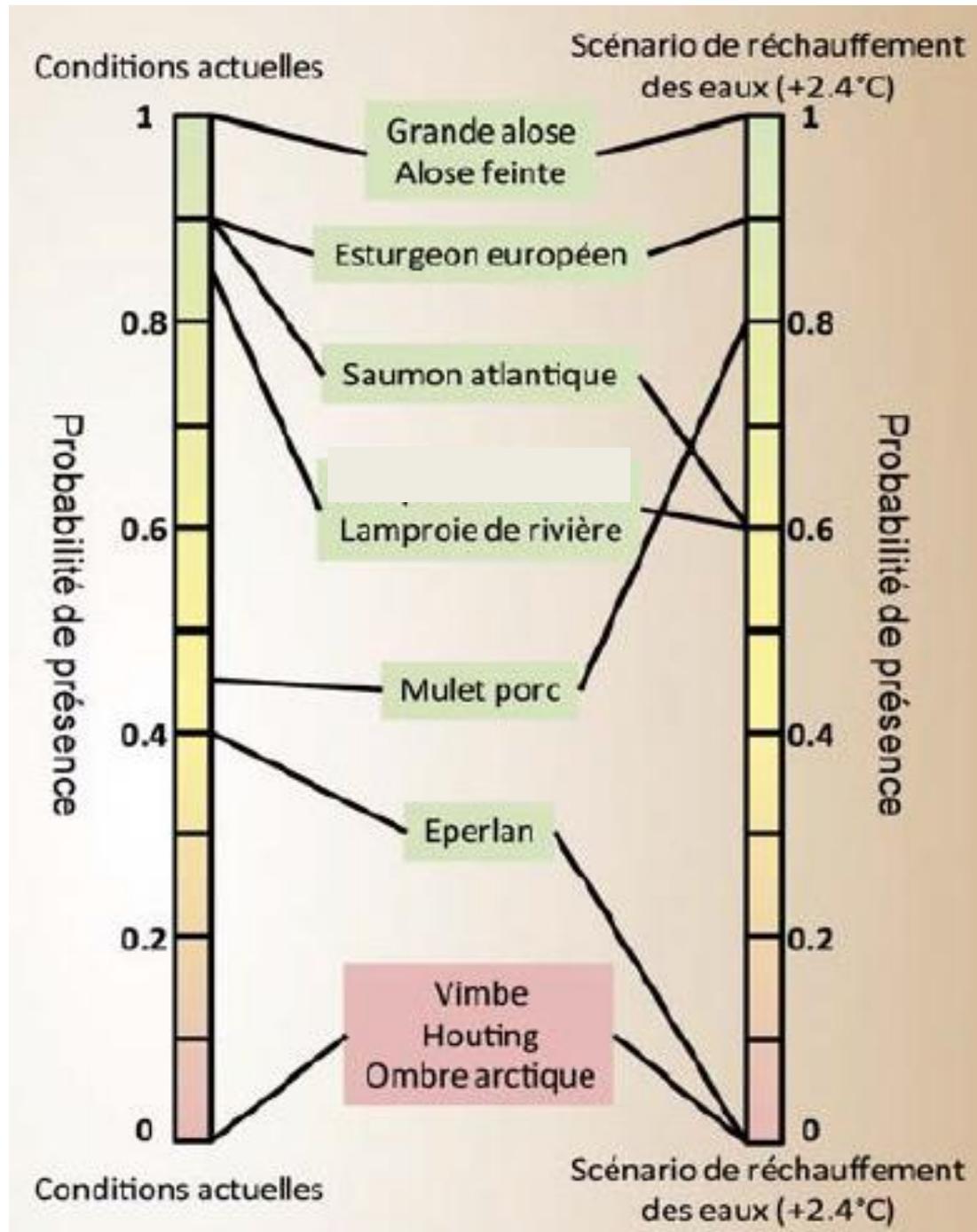
Évolution de différents compartiments biologiques et d'indicateurs environnementaux En Gironde

*Chaalali et al., 2012*

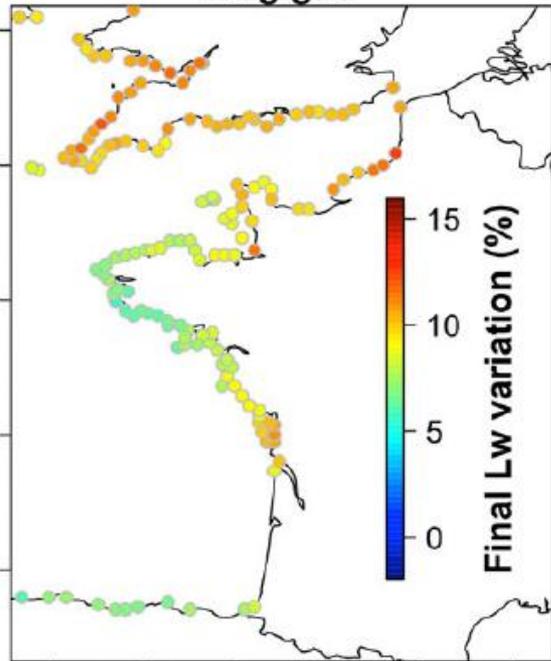
*Réponse des écosystèmes au  
CC*  
**expertise**

Probabilité de présence de  
poissons migrateurs dans le  
bassin de la Seine

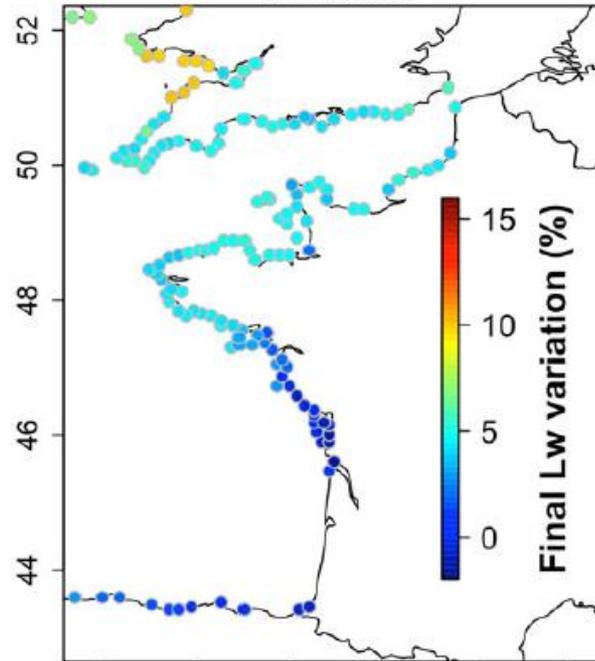
*GIP SA 2010  
Rochard et al., 2006*



*M. gigas*



*M. edulis*



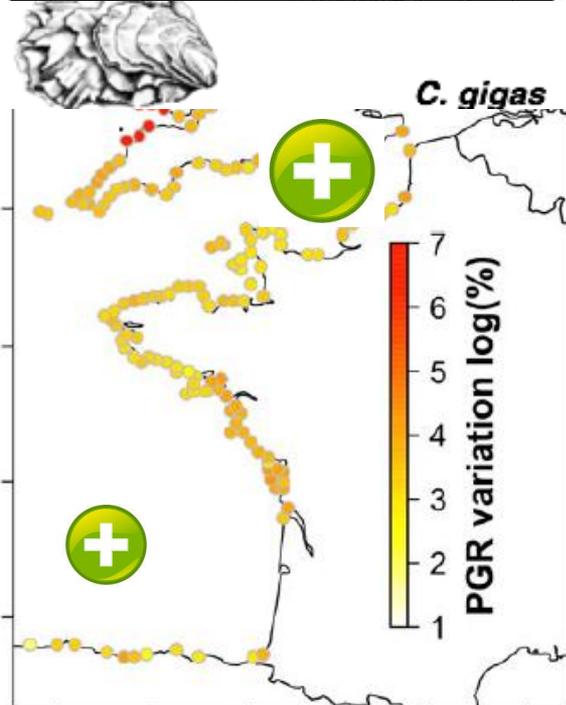
Réponse des écosystèmes au CC

modélisation

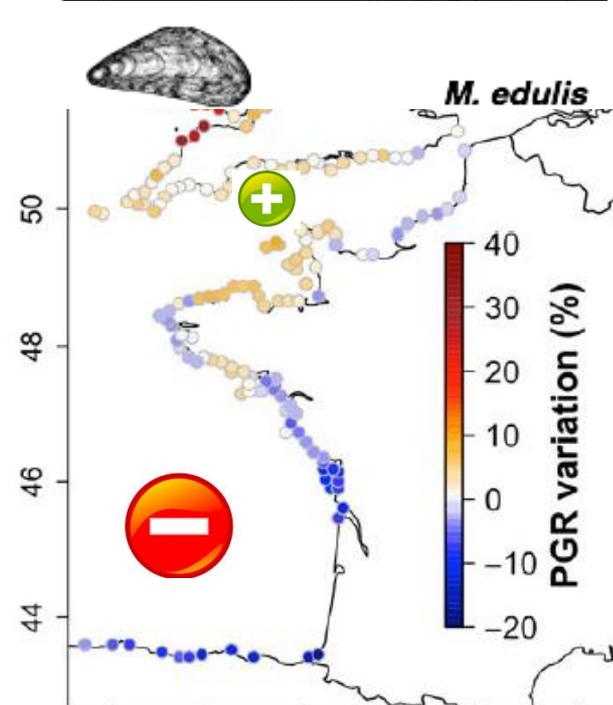
Effet du réchauffement des eaux sur le potentiel de croissance des populations (2085-2100)

← Croissance individuelle

*C. gigas*



*M. edulis*



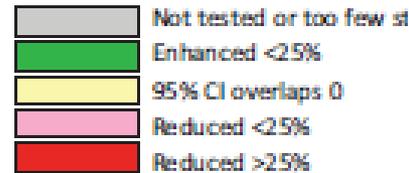
← Taux de croissance de la population

# Impact de l'acidification sur les organismes marins, par groupes taxonomiques

*Kroeker et al., 2013*

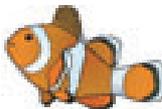
Méta-analyse de 228 études, réduction du pH de 0.5 (projection moyenne)

Taxa	Response	Mean Effect
 Calcifying algae	Survival	
	Calcification	
	Growth	
	Photosynthesis	-28%
	Abundance	-80%
 Corals	Survival	
	Calcification	-32%
	Growth	
	Photosynthesis	
	Abundance	-47%
 Coccolithophores	Survival	
	Calcification	-23%
	Growth	
	Photosynthesis	
	Abundance	
 Mollusks	Survival	-34%
	Calcification	-40%
	Growth	-17%
	Development	-25%
	Abundance	
 Echinoderms	Survival	
	Calcification	
	Growth	-10%
	Development	-11%
	Abundance	
 Crustaceans	Survival	
	Calcification	
	Growth	
	Development	
	Abundance	

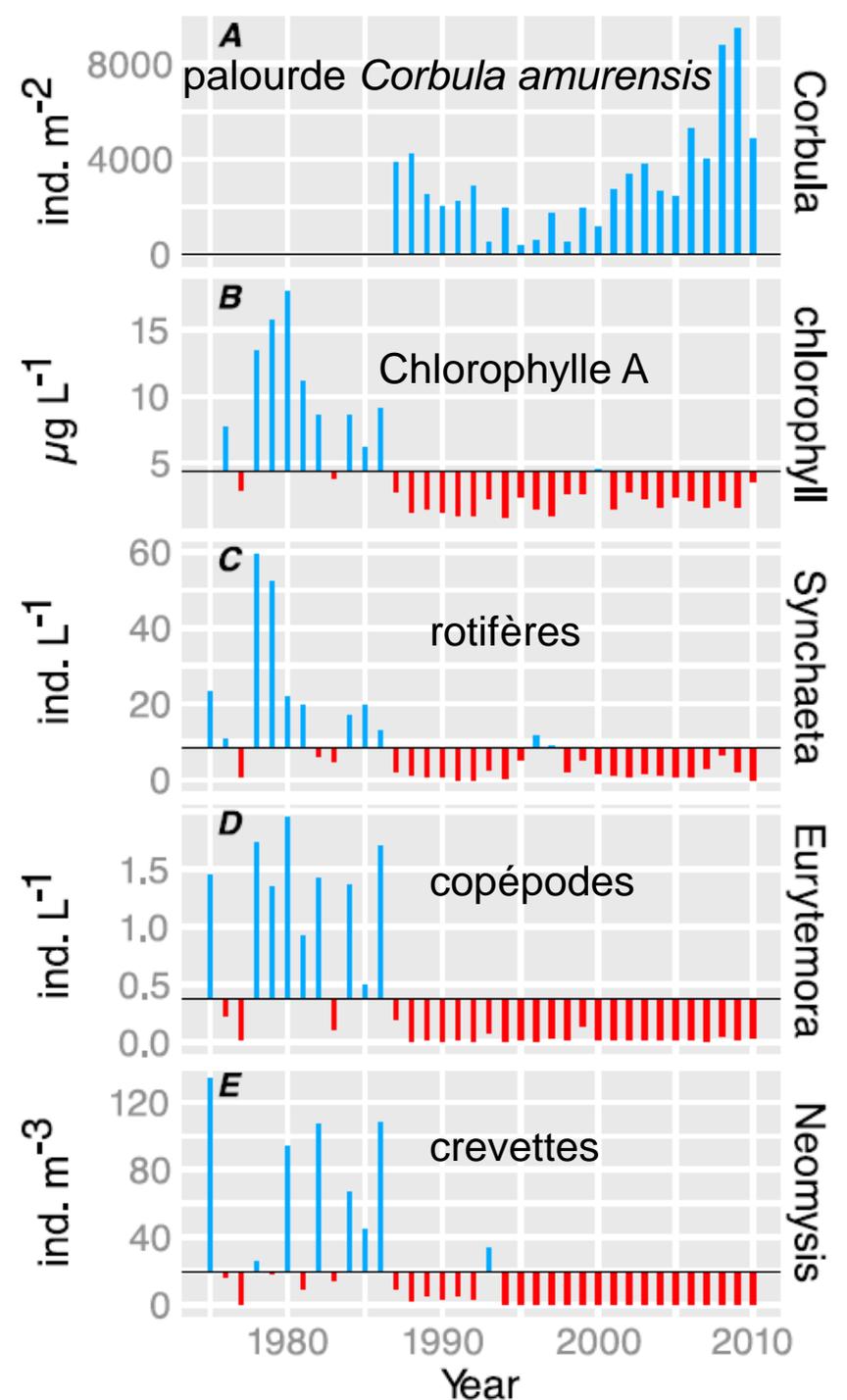


*Pas  
spécifiquement  
estuarien !*

## Organismes non calcifiés

 Fish	Survival	
	Calcification	
	Growth	
	Development	
	Abundance	
 Reshy algae	Survival	
	Calcification	
	Growth	+22%
	Photosynthesis	
	Abundance	
 Seagrasses	Survival	
	Calcification	
	Growth	
	Photosynthesis	
	Abundance	
 Diatoms	Survival	
	Calcification	
	Growth	+17%
	Photosynthesis	+12%
	Abundance	

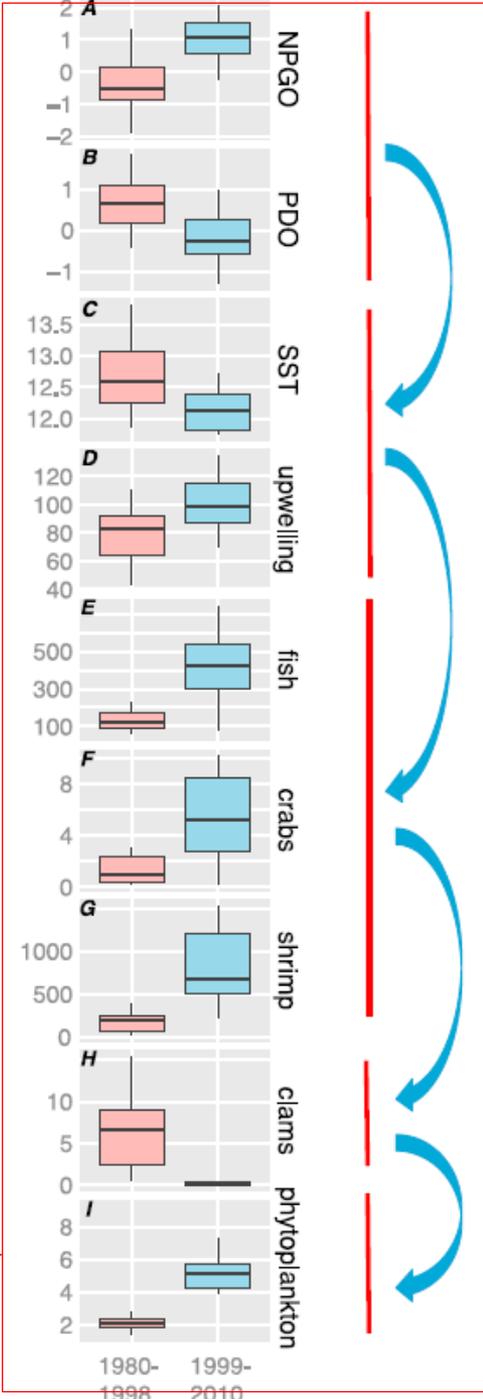
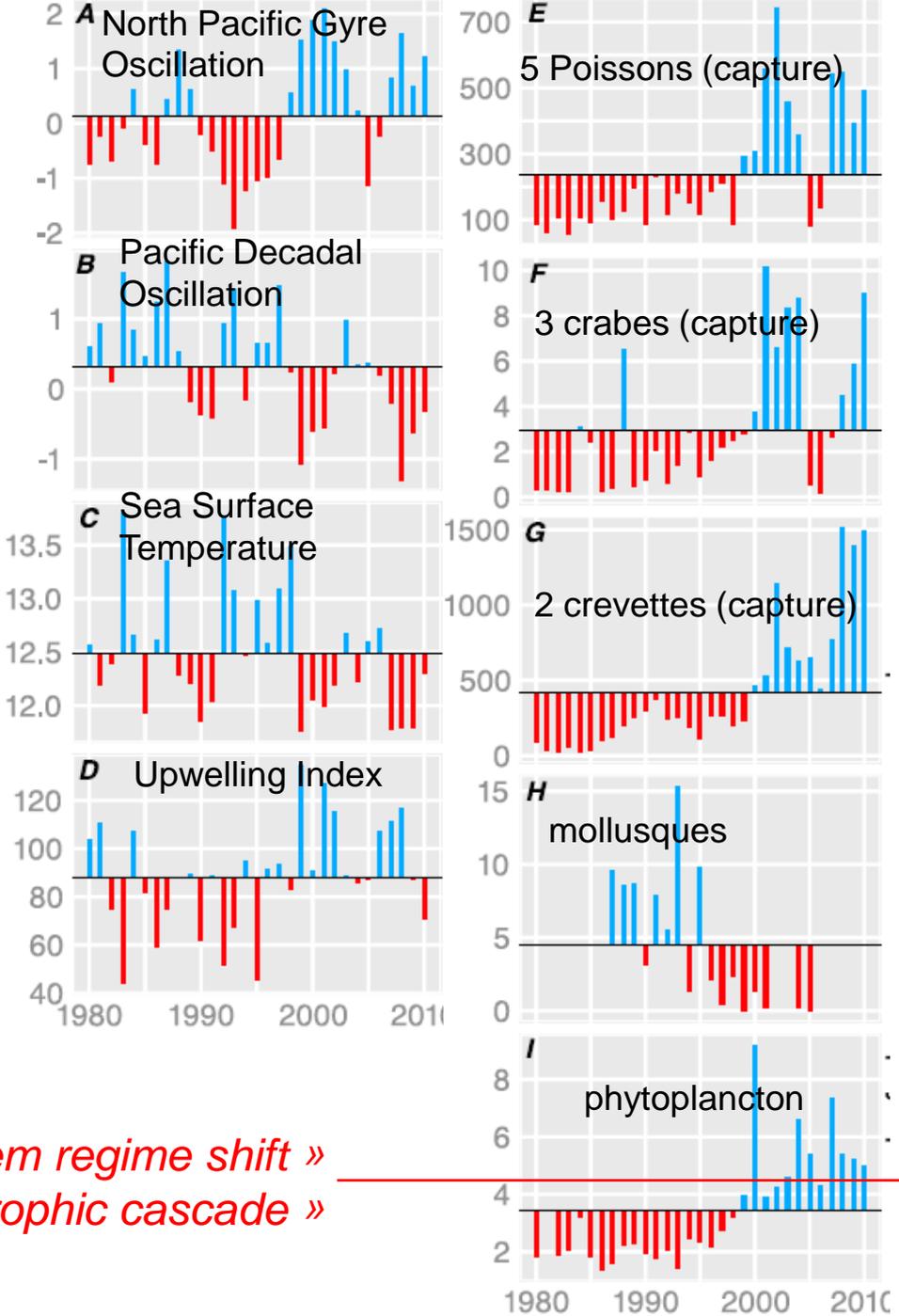
Réponse de la chaîne  
planctonique à l'introduction en  
baie de San Francisco de la  
palourde *Corbula amurensis*  
(invasive)



*Cloern & Jassby, 2012*

Evolution  
simultanée  
d'indices  
climatiques et  
d'abondance  
d'organismes  
en baie de San  
Francisco

*Cloern & Jassby,  
2012*



« ecosystem regime shift »  
« trophic cascade »



+ adaptation ?

- organismes (écosystèmes)
- sociétés

An aerial photograph of the Normandie Bridge, a cable-stayed bridge with a tall central pylon, spanning the Havre harbor. The water is a deep blue, and the surrounding land is green with some urban areas. The sky is clear and blue.

*Merci de votre attention*

*Photo Grand Port Maritime du Havre*