



L'ACIDIFICATION DES OCEANS

TheShifters 20/06/2017

Michel RAOUX

- **Le milieu océanique**
- **Acide, eau de mer et physiologie des organismes**
- **Histoire des recherches sur l'acidification des océans**
- **Observations et prévisions**
- **Impacts physiologiques**
- **Ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas**
- **Issue**

LE MILIEU OCÉANIQUE



- 235000 espèces vivantes (vs 1,7M sur les continents)
- 99% de l'espace vital (pelagos)
- Salinité moyenne : 35g/kg
- Temps de mélange : 1000 ans
- Temps d'équilibre atmosphère/océan : 1 an
- Température moyenne : 2,8°C
- Volume : $1,36 \cdot 10^9 \text{ km}^3$
- Apport d'eau par les fleuves : $1M \text{ m}^3/\text{s}$
- Composition chimique hyper stable

LES MENACES SUR LE MILIEU OCÉANIQUE



- Surpêche**
- Pollution**
- Désoxygénéation**
- Augmentation de la température**
- Ralentissement de la circulation thermohaline**
- Acidification**

- Le milieu océanique**
- Acide, eau de mer et physiologie des organismes**
- Histoire des recherches sur l'acidification des océans**
- Observations et prévisions**
- Impacts physiologiques**
- Ce que l'on sait et ce que l'on ne sait pas**
- Issue**

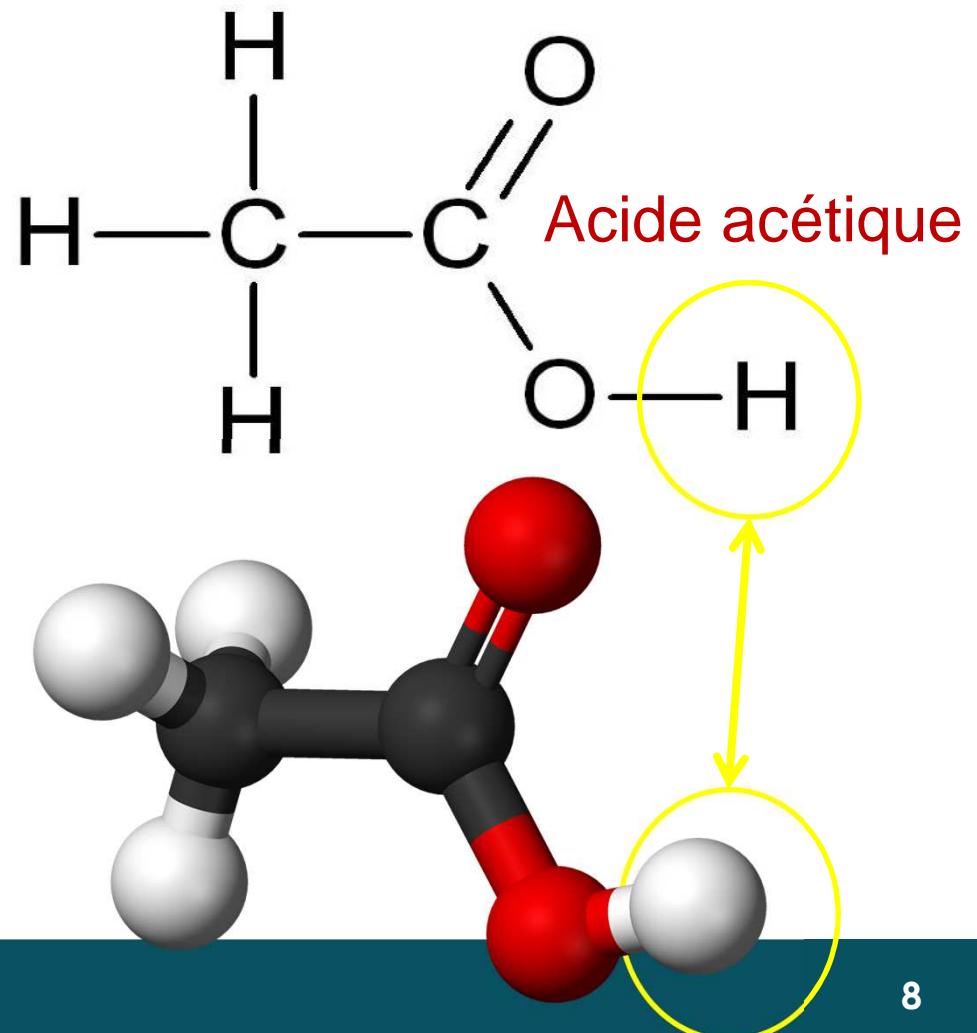
Le pH au quotidien :

Substance	pH approximatif
Acide chlorhydrique molaire	0
Drainage minier acide (DMA)	<1,0
Batterie acide	<1,0
Acide gastrique	2,0
Jus de citron	2,4
Cola	2,5
Vinaigre	2,9
Jus d'orange ou de pomme	3,5
Bière	4,5
Café	5,0
Thé	5,5
Pluie acide	< 5,6
Lait	6,5
Eau pure	7,0
Salive humaine	6,5 – 7,4
Sang	7,34 – 7,45
Eau de mer	8,0
Savon	9,0 à 10,0
Ammoniaque	11,5
Hydroxyde de calcium	12,5
Hydroxyde de sodium molaire	14,0

L'ACIDITE ET SA MESURE

SHIFT
PROJECT

- 1909, Sorensen. Effet de H⁺ sur les processus enzymatiques (bière)
- Une substance acide apporte des ions hydrogène H⁺

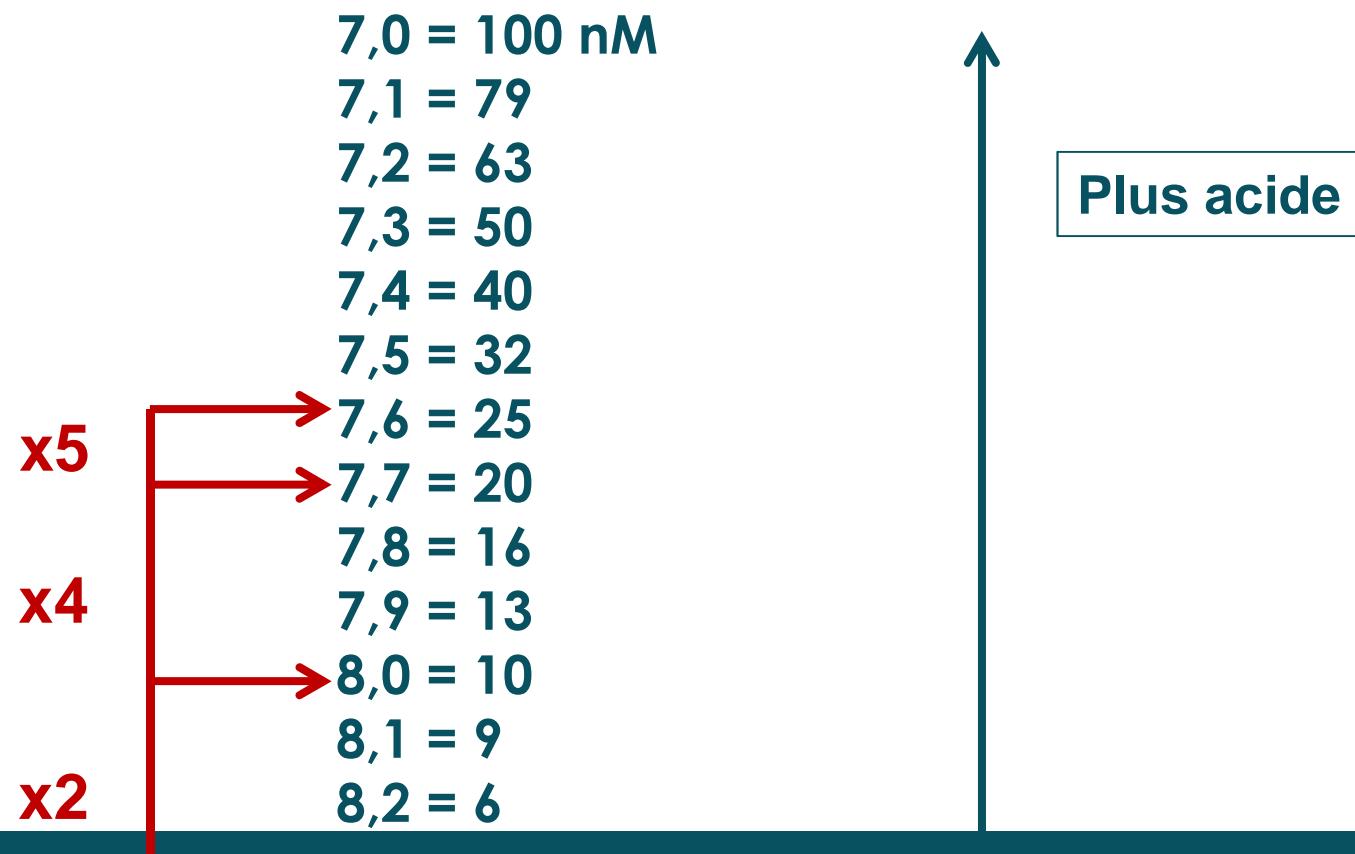


CE QUE PH SIGNIFIE



$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

**pH 8 = 6 022 000 000 000 H⁺ ions/litre
= 10 nanomoles/litre = 10 nM/litre = 10⁻⁸ moles/litre**



ACIDOSE : BAISSE DU PH DU SANG

Une acidose faible (-0,1 ie pH = 7,25) peut affecter :

- le métabolisme,
- les gamètes et les œufs,
- le développement,
- les os

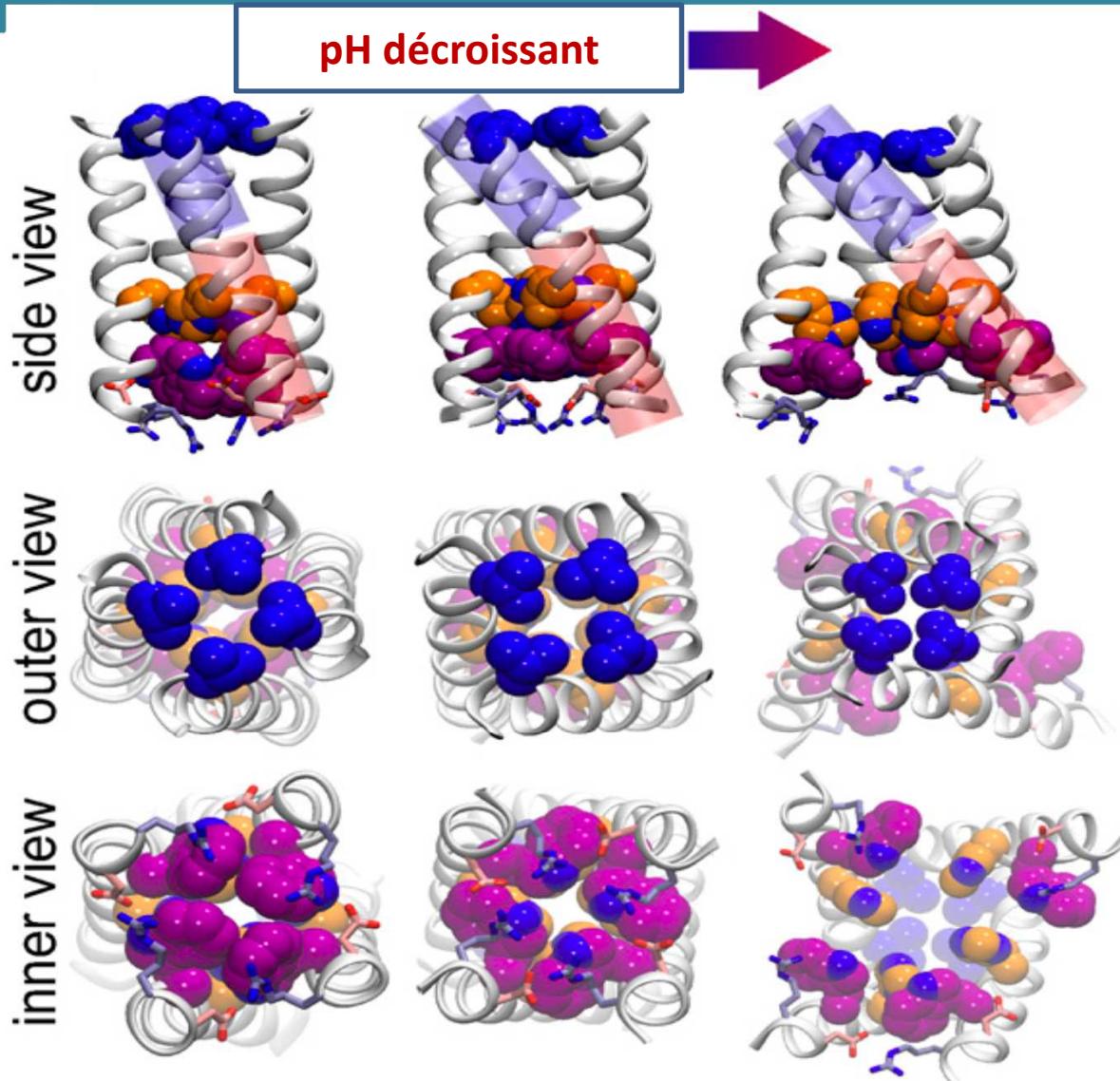
Une acidose persistante conduit à :

- Infertilité,
- Ostéoporose,
- Insuffisance rénale,
- Cancer,
- Diabète,
- Retard mental, ...

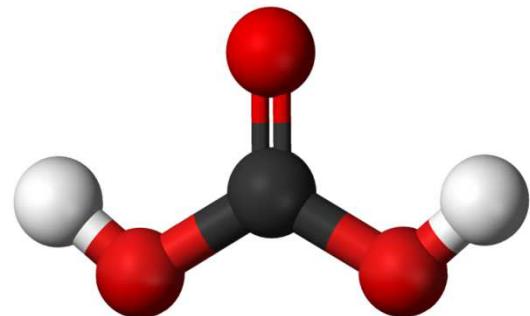
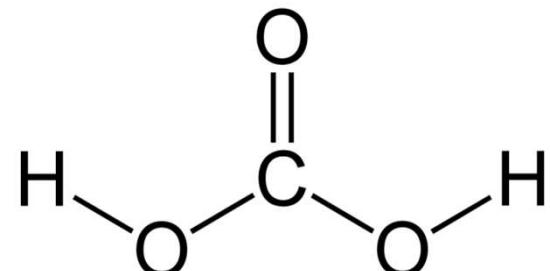
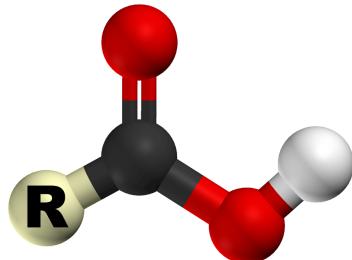
DÉNATURATION DES PROTÉINES



pH décroissant



ACIDE CARBONIQUE



$\text{CO}_2 \text{ aq}$

+

H_2O



H_2CO_3

Acide
carbonique



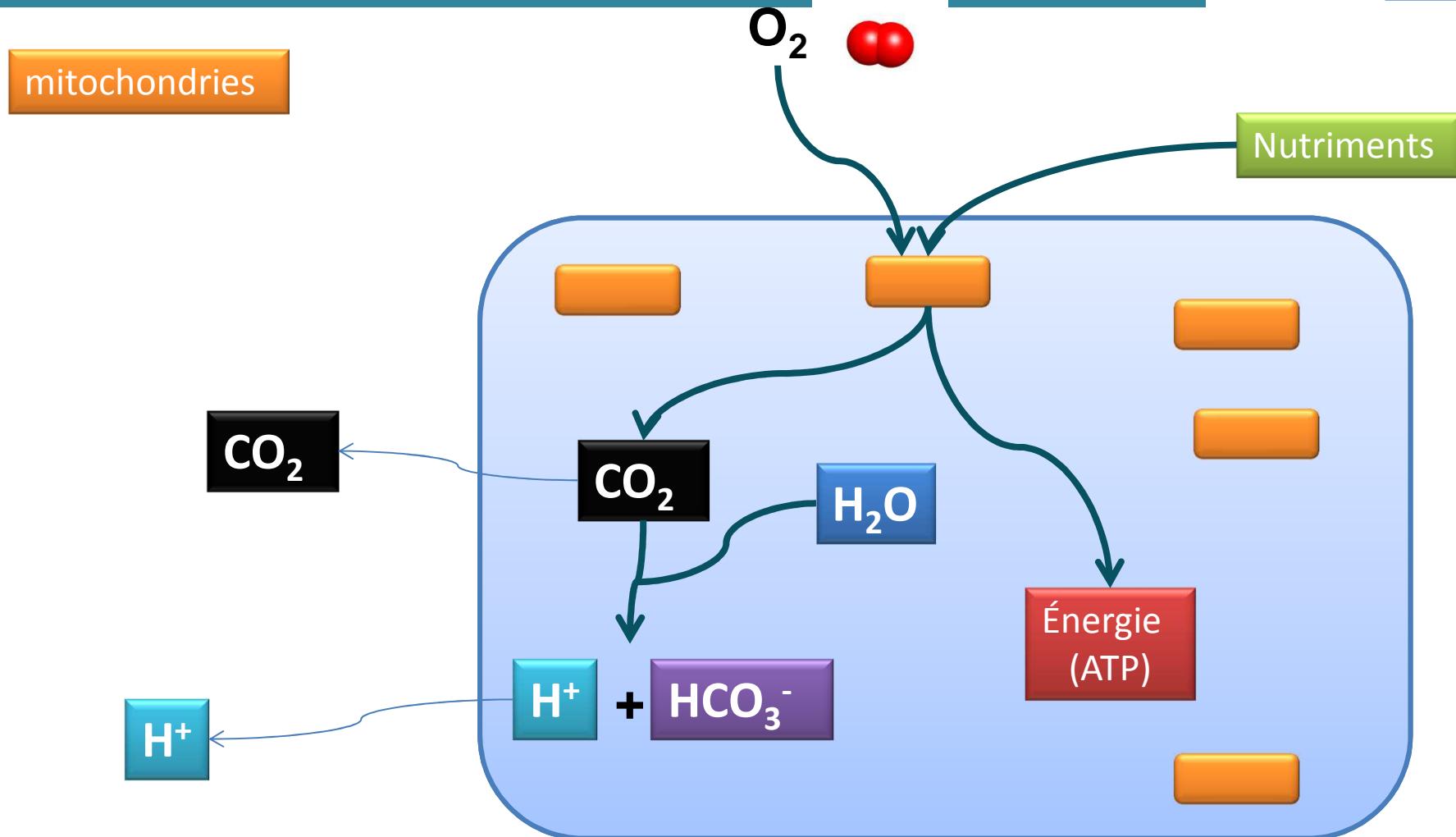
HCO_3^-

+

H^+

Ion
bicarbonate

HOMÉOSTASIE DU PH DANS LA CELLULE



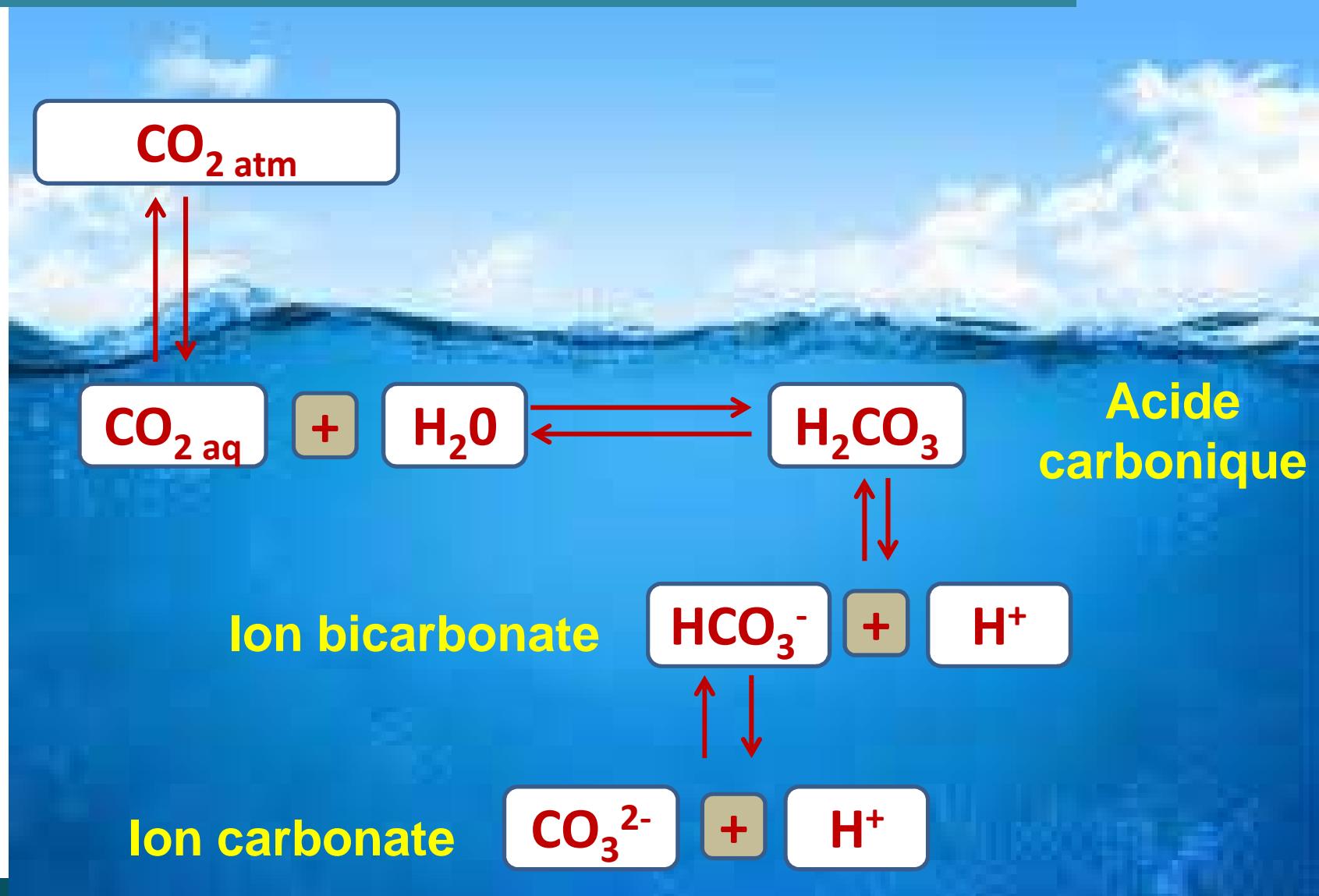
POURQUOI LE CHAMPAGNE FAIT IL DES BULLES ?



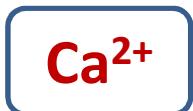
POURQUOI RAFRAICHER LE CHAMPAGNE AVANT DE LE BOIRE ?



ACIDE CARBONIQUE ET EAU DE MER



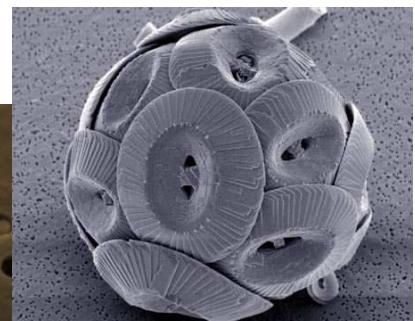
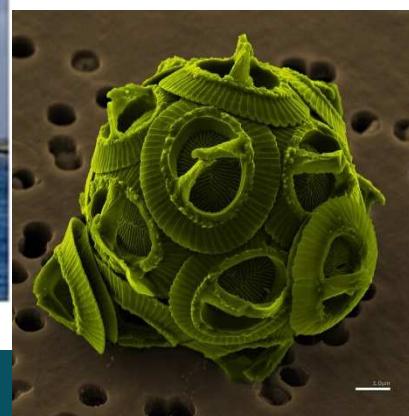
CALCIFICATION / DISSOLUTION



calcification
↔
dissolution

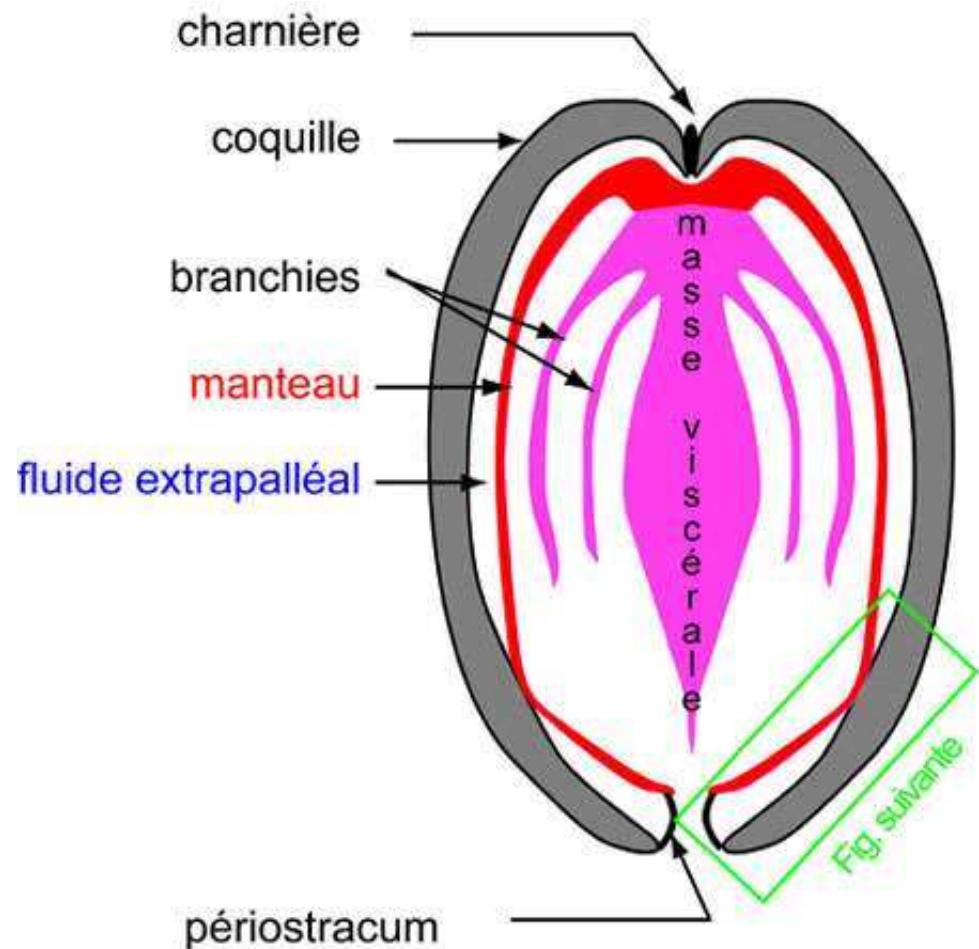


aragonite
calcite

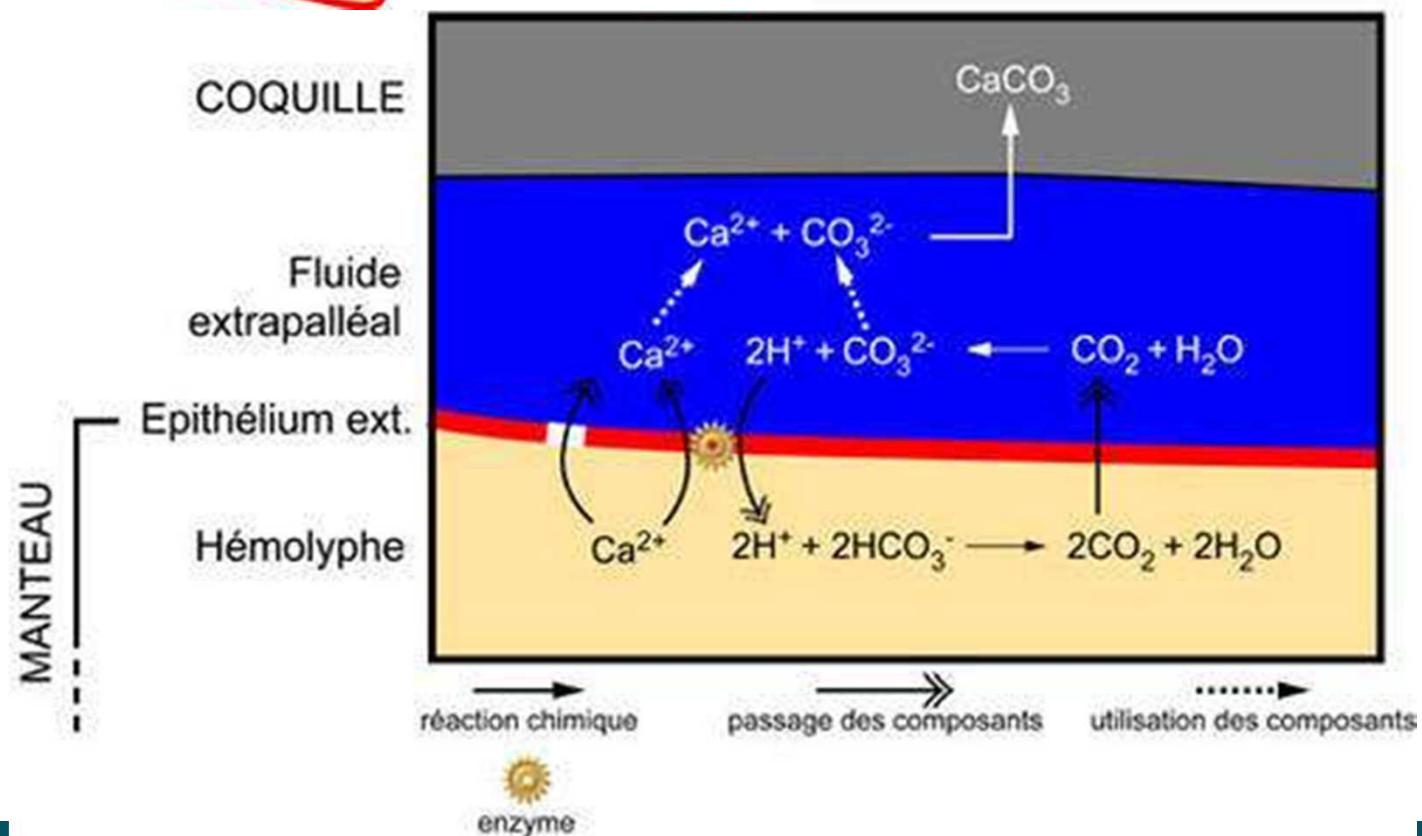
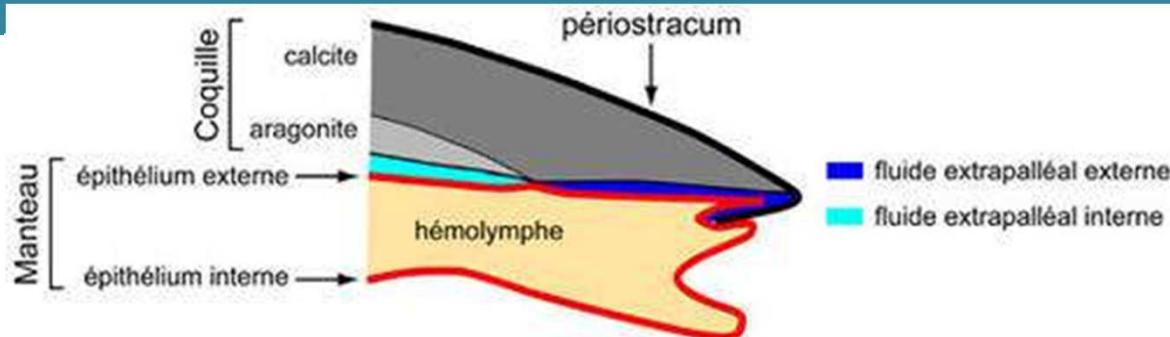


ANIMAUX CALCIFIANTS

LE CAS DE LA MOULE – MYTILIDA

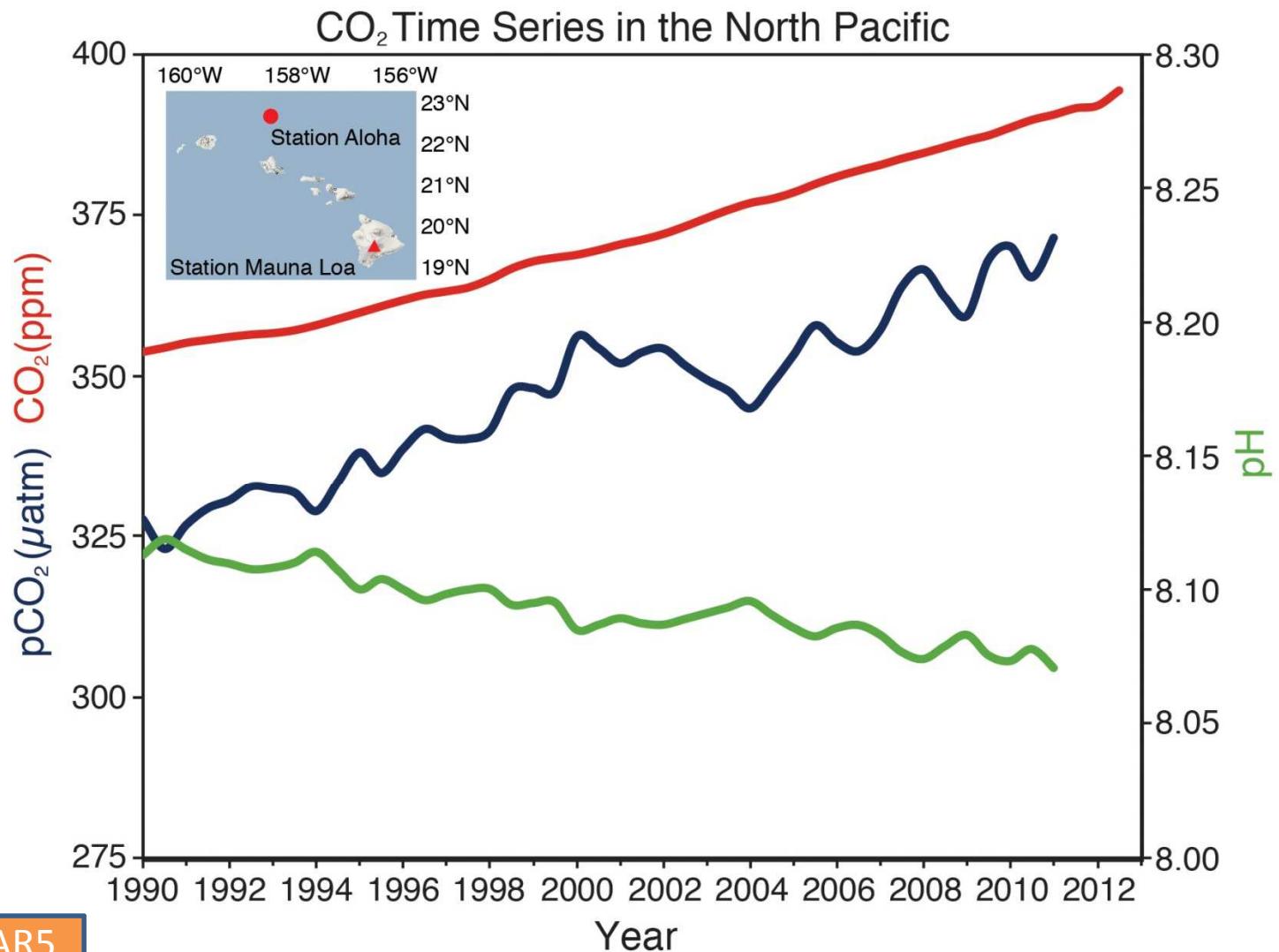


FORMATION DE COQUILLE



- Le milieu océanique**
- Acide, eau de mer et physiologie des organismes**
- Histoire des recherches sur l'acidification des océans**
- Observations et prévisions**
- Impacts physiologiques**
- Ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas**
- Issue**

MAUNA LOA STATION MESURES CO₂/PH



IPCC WG1AR5

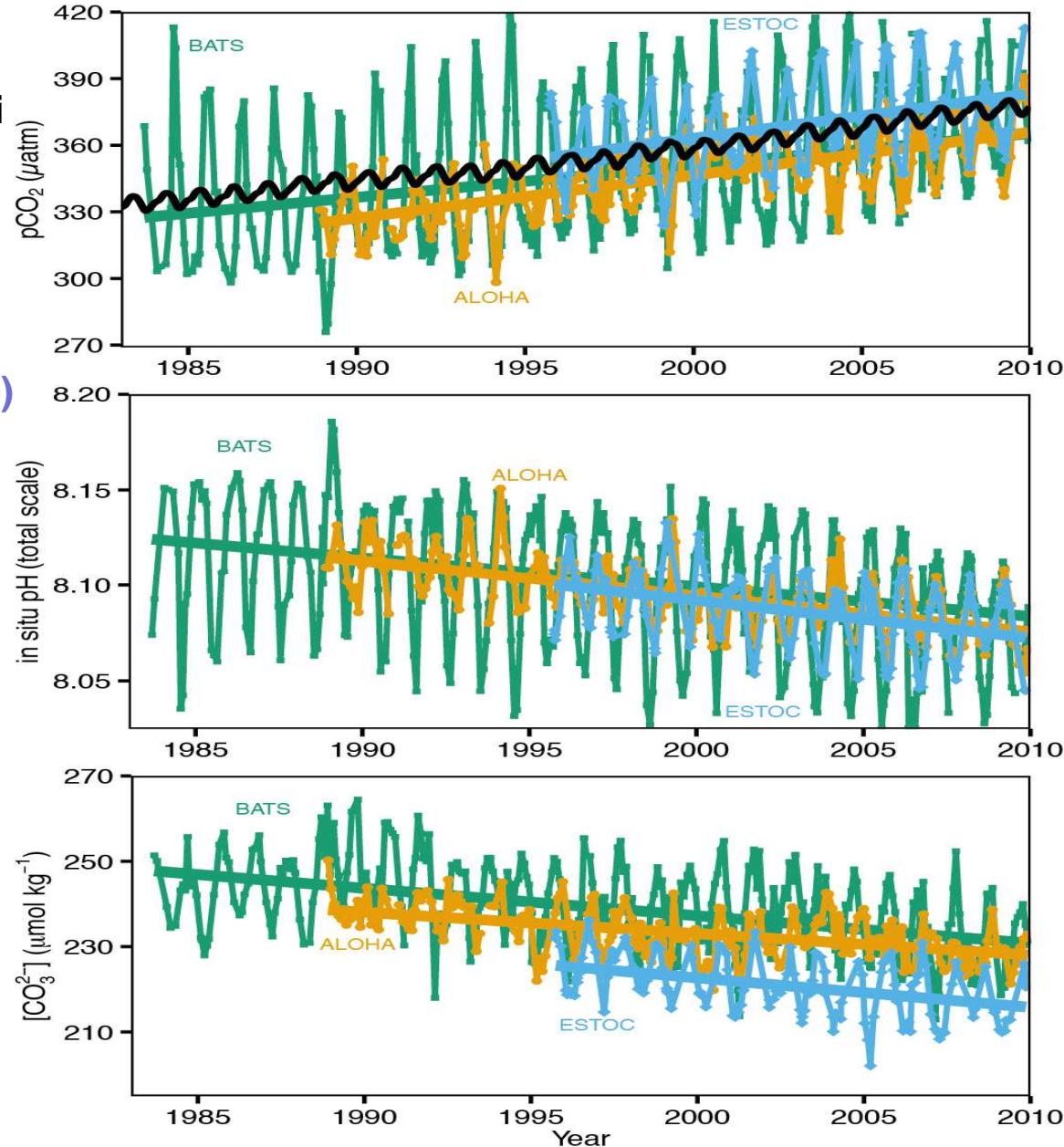
MESURES CO₂, PH, CARBONATE

pCO₂ atmosphérique Hawaii

Bermudes (BATS)

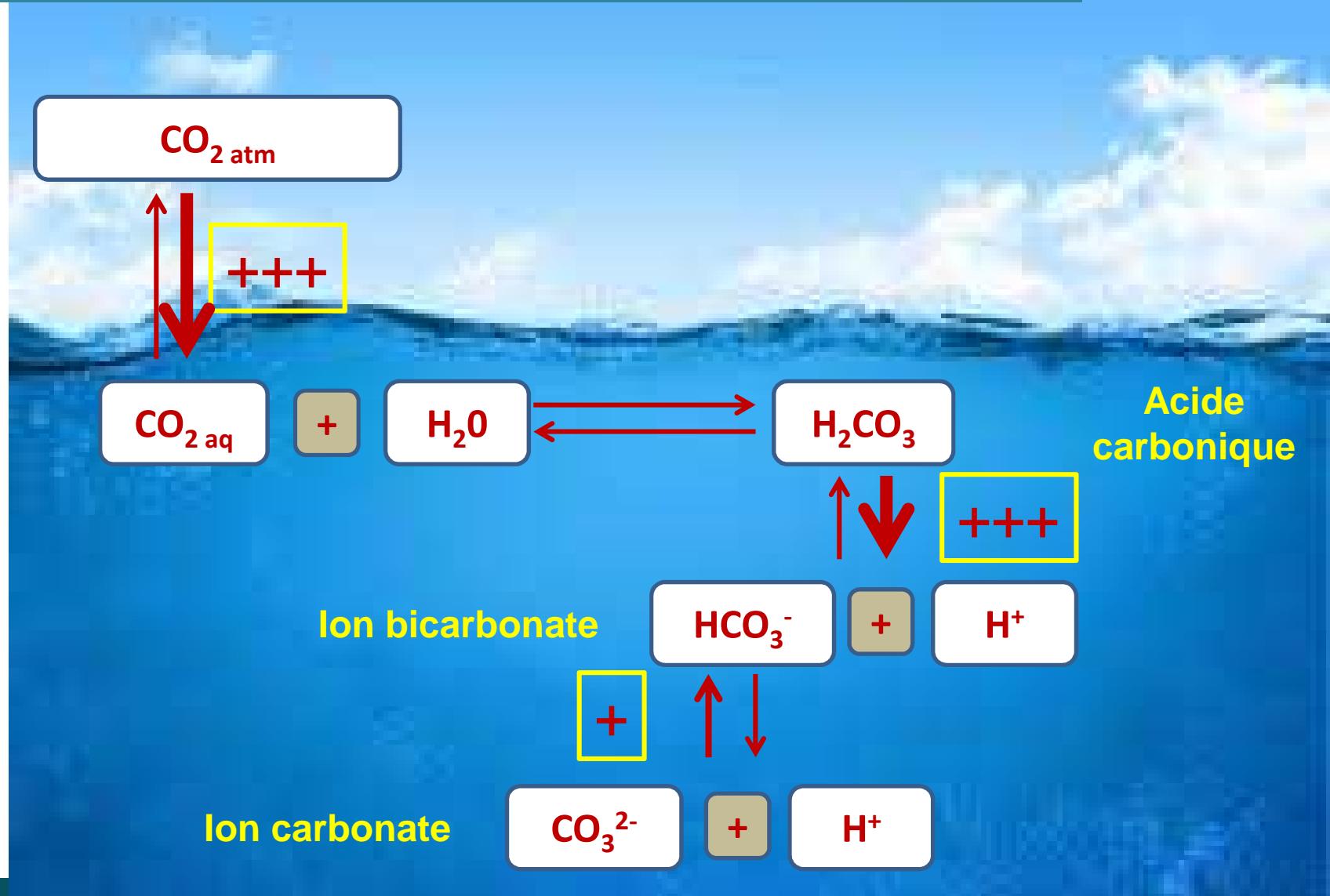
Hawaii (ALOHA)

Station Européenne (ESTOC)

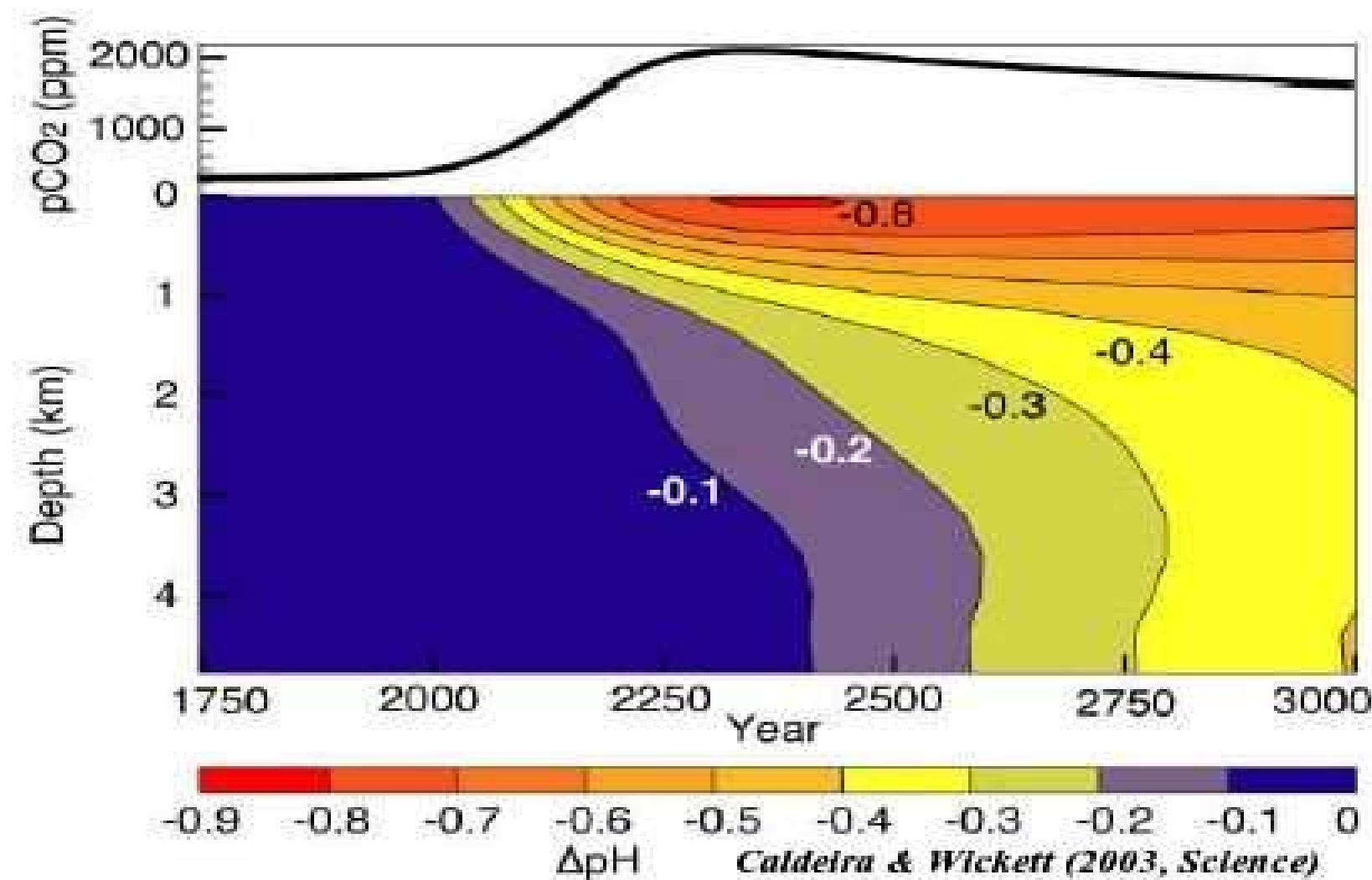


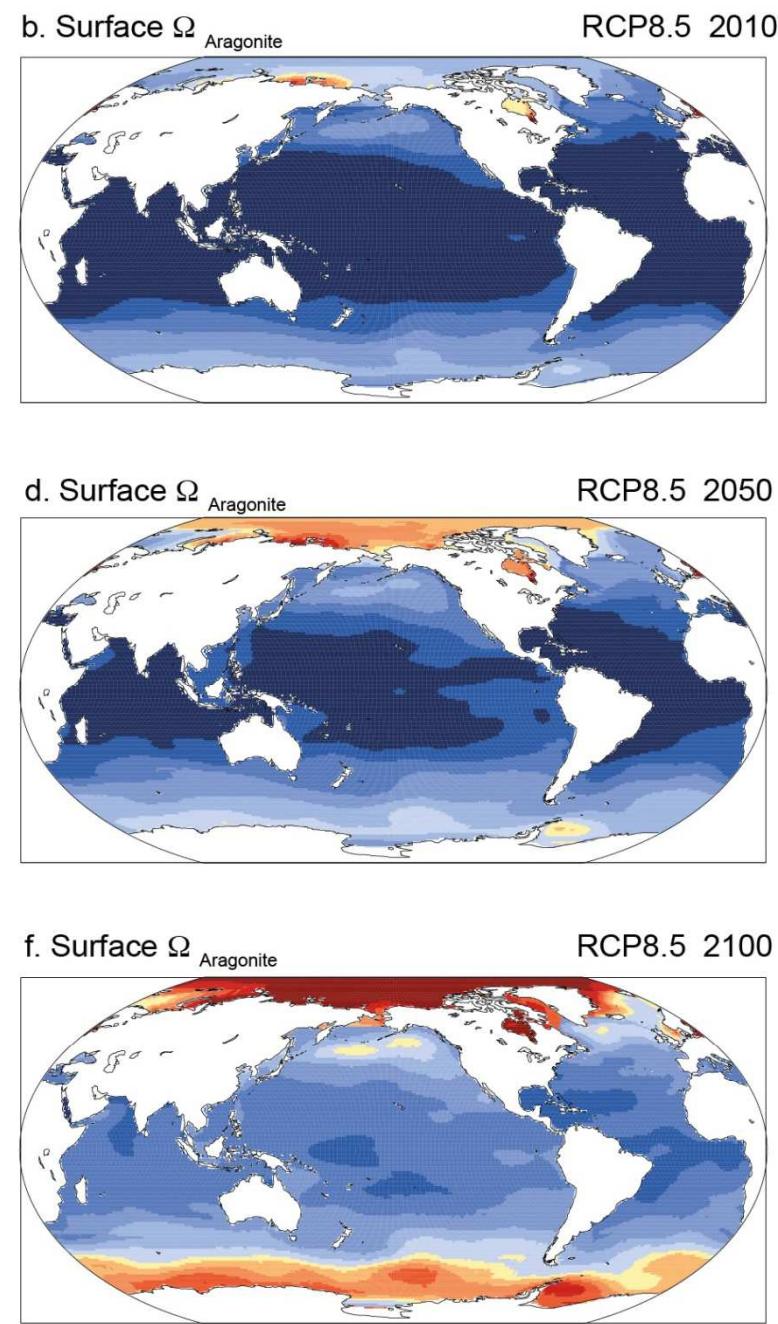
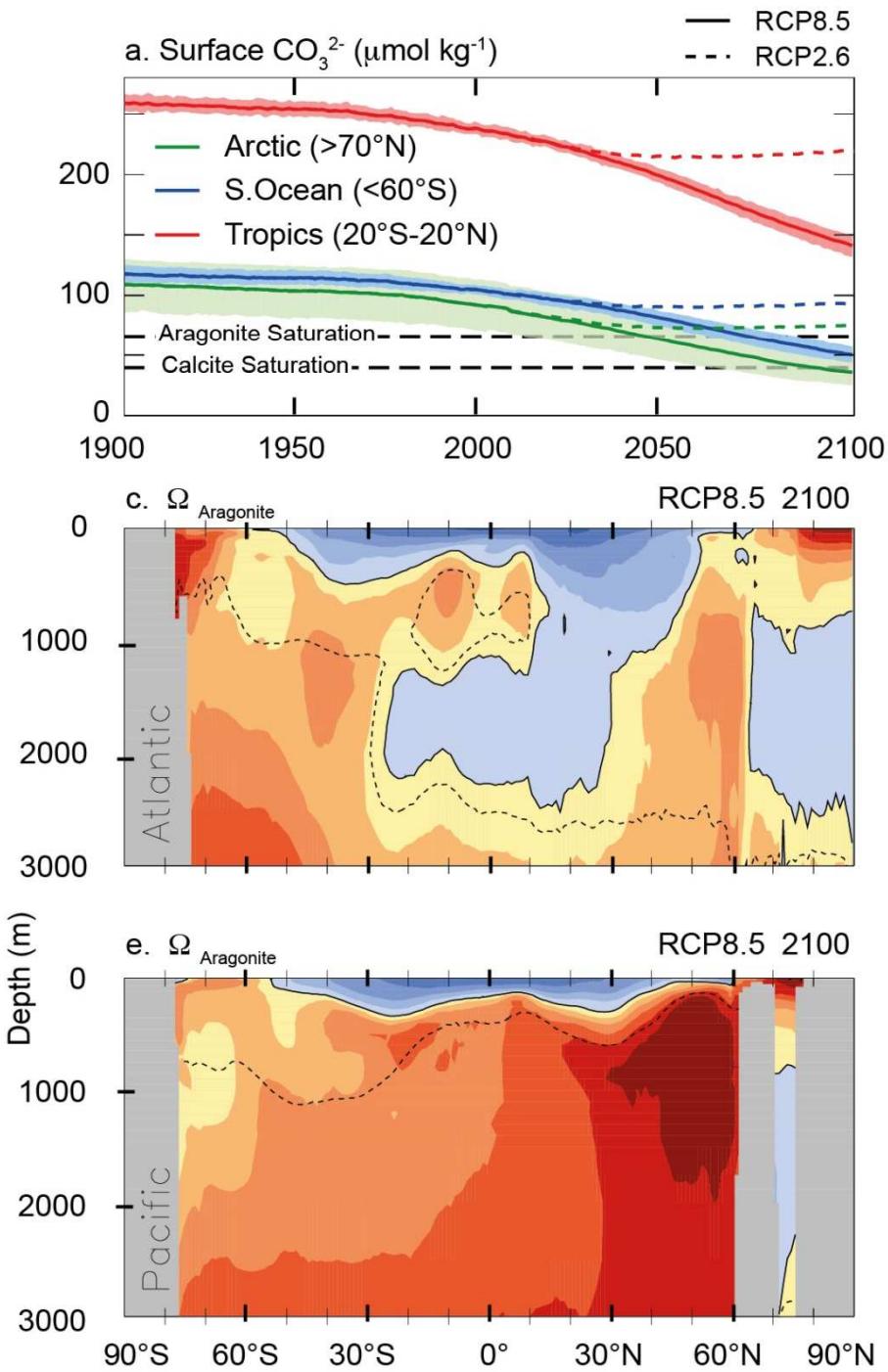
IPCC WG1AR5

EFFET DE L'AUGMENTATION DE CO₂ ATMOSPHERIQUE

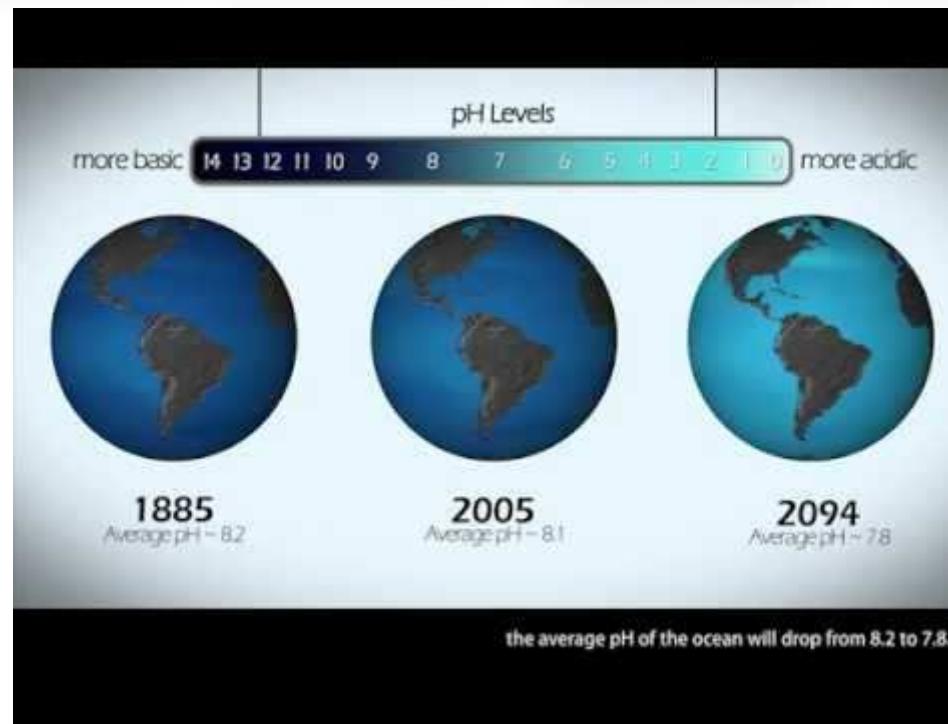


VARIATION DU PH DE L'OCÉAN



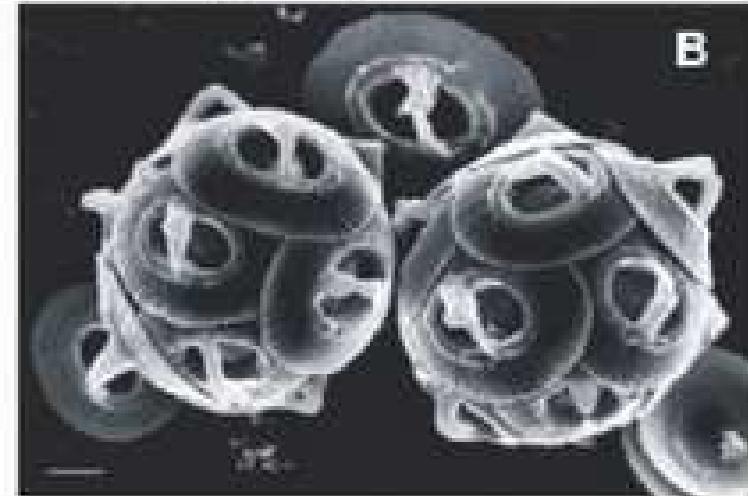
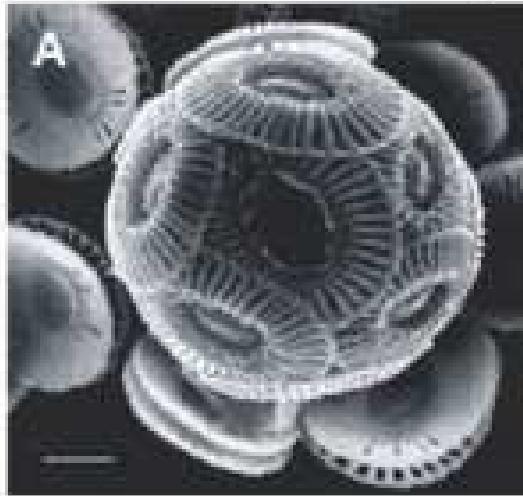


- Le milieu océanique**
- Acide, eau de mer et physiologie des organismes**
- Histoire des recherches sur l'acidification des océans**
- Observations et prévisions**
- Impacts physiologiques**
- Ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas**
- Issue**

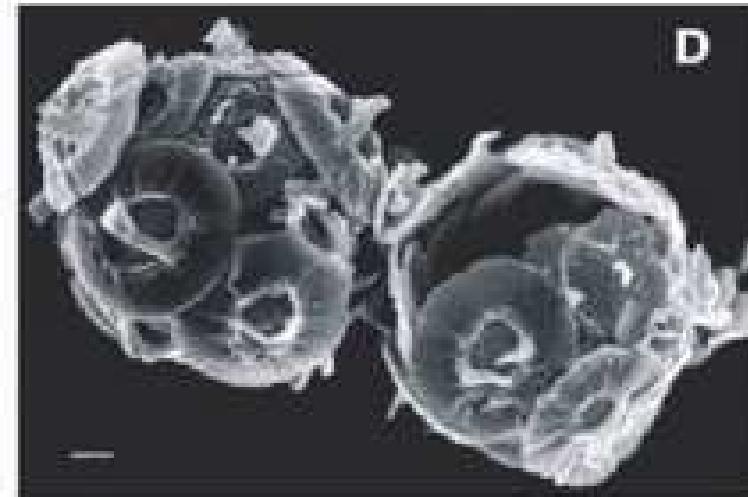
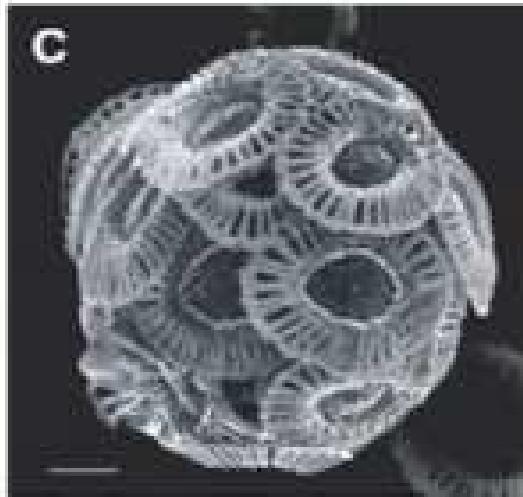


Emiliania huxleyi *Gephyrocapsa oceanica*

300 ppmv CO₂



800 ppmv CO₂





- Le milieu océanique**
- Acide, eau de mer et physiologie des organismes**
- Histoire des recherches sur l'acidification des océans**
- Observations et prévisions**
- Impacts physiologiques**
- Ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas**
- Issue**

CE QU'ON SAIT ET CE QU'ON NE SAIT PAS



- L'acidification des océans est un processus en cours à un rythme jamais égalé dans les 55Ma. Les effets perdureront pendant des siècles
- Il y aura un impact sur les cycles biogéochimiques à l'échelle globale
- On ne sait pas si certains groupes taxonomiques pourront s'adapter. Il y aura des changements de composition des communautés et des réorganisations d'écosystèmes

CE QU'ON SAIT ET CE QU'ON NE SAIT PAS



☐ Il y aura un impact globalement défavorable sur les processus de calcification

- La précipitation de CaCO₃ est thermodynamiquement défavorisée dans les conditions prévisibles futures
- L'impact dépend des capacités physiologiques des organismes
- Les organismes devront compenser au détriment d'autres processus physiologiques

CE QU'ON SAIT ET CE QU'ON NE SAIT PAS



□ La production primaire sera favorisée

- La plus grande disponibilité en CO₂ pour la photosynthèse favorise les organismes peu efficaces pour concentrer le CO₂
- Il est probable qu'il y aura des remplacements de population

□ Quelques espèces sont tolérantes à l'acidification

- Cela dépend des capacités à réguler le pH
- Mammifères, poissons et certains mollusques sont + tolérants
- La plupart des invertébrés sont - tolérants

CE QU'ON SAIT ET CE QU'ON NE SAIT PAS



☐ Il y aura un impact sur les chaînes alimentaires et les niveaux trophiques supérieurs

- Il y a plus de connaissances sur le bas du réseau trophique que sur les nœuds supérieurs.
- Probable basculement de la domination d'espèces de phytoplancton à d'autres espèces avec les conséquences associées sur les chaînes trophiques

- Le milieu océanique**
- Acide, eau de mer et physiologie des organismes**
- Histoire des recherches sur l'acidification des océans**
- Observations et prévisions**
- Impacts physiologiques**
- Ce que l'on sait et ce que l'on ne sait pas**
- Issue**

CE QU'IL FAUT RETENIR



- ❑ Les prévisions d'évolutions du pH et de $[CO_3^{2-}]$ (remontée de l'horizon de saturation des carbonates) sont robustes
- ❑ Trop peu de connaissances sur l'impact sur les individus, populations et écosystèmes
 - ❑ Impacts majeurs sur les organismes calcifiants
 - ❑ Rétrécissement des habitats marins
- ❑ Importance des facteurs synergiques :
 - ❑ Stratification des océans
 - ❑ Augmentation de la température
 - ❑ Baisse de la concentration en oxygène
- ❑ Une seule issue : réduire les émissions de CO₂