


**Atelier : Adaptation au changement climatique: une nécessité pour
notre territoire et ses activités.**

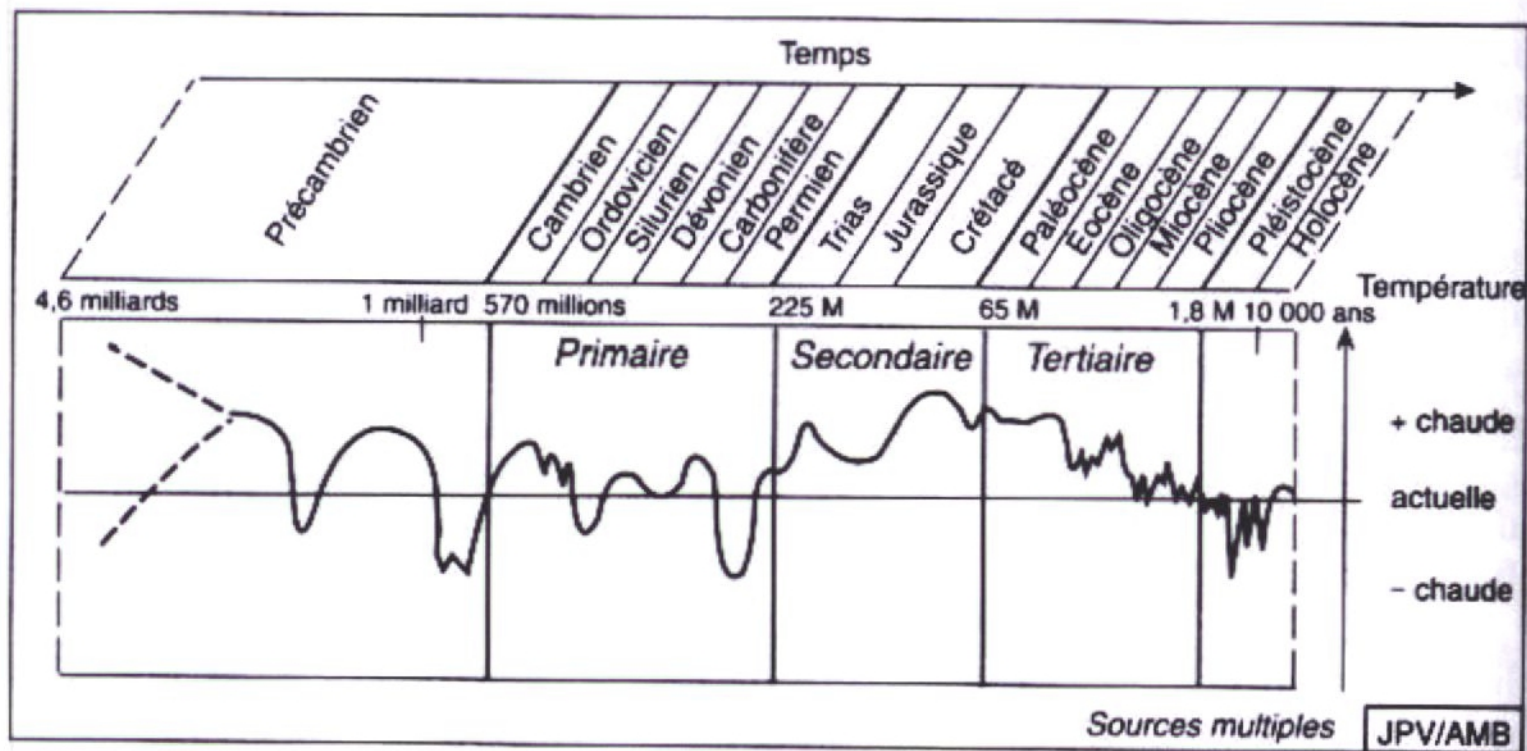


Environnements
marins et
littoraux

PARTIE 1: Changement climatique actuel & ancien

HISTOIRE ANCIENNE DES PALEOCLIMATS

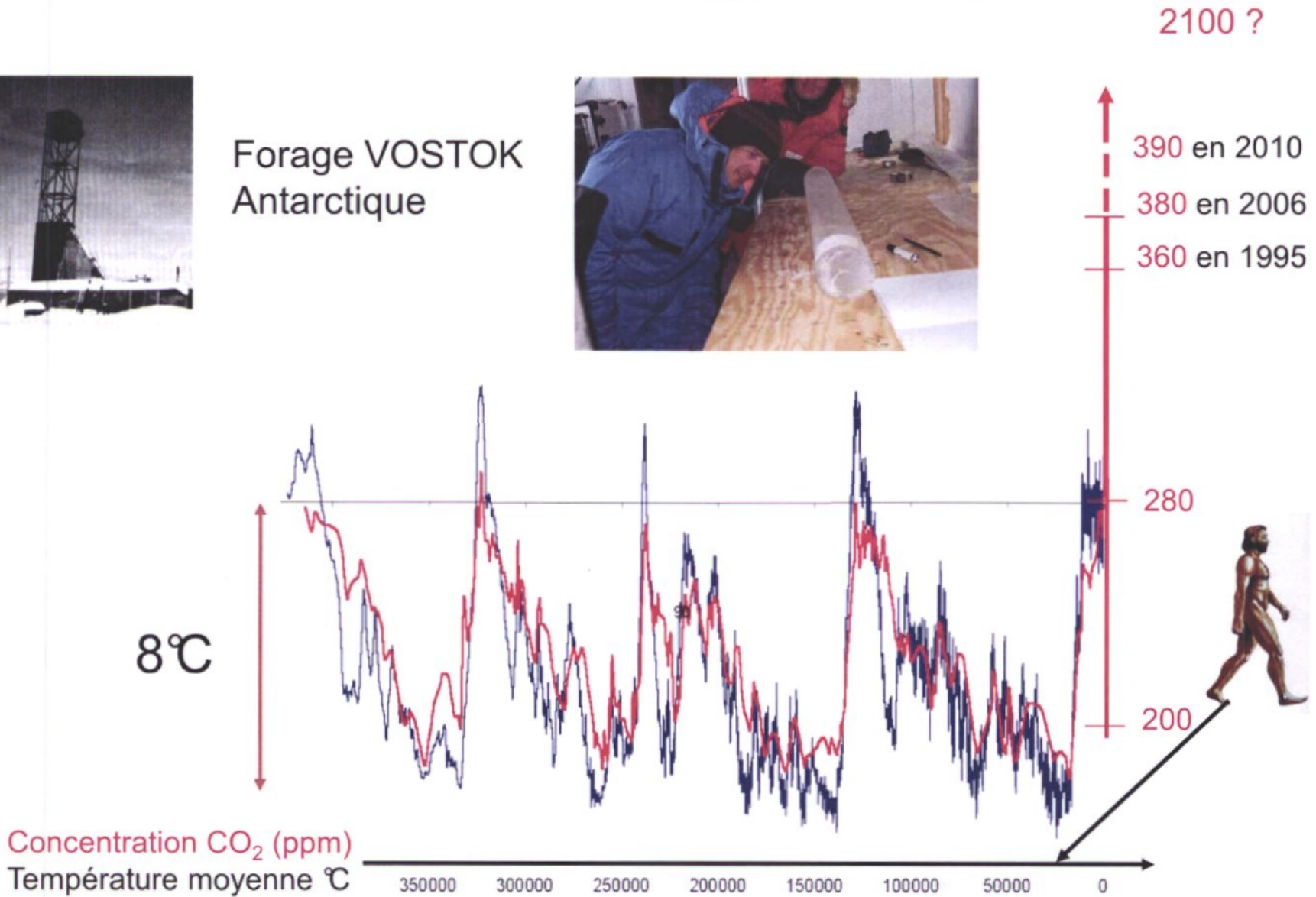
DIRECTORAT DÉPARTEMENTAL DE L'ÉQUIPEMENT
du CALVADOS
DSD - Documentation
N° D'INVENTAIRE : 5248



PALEOCLIMAT DE LA TERRE: CYCLES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES



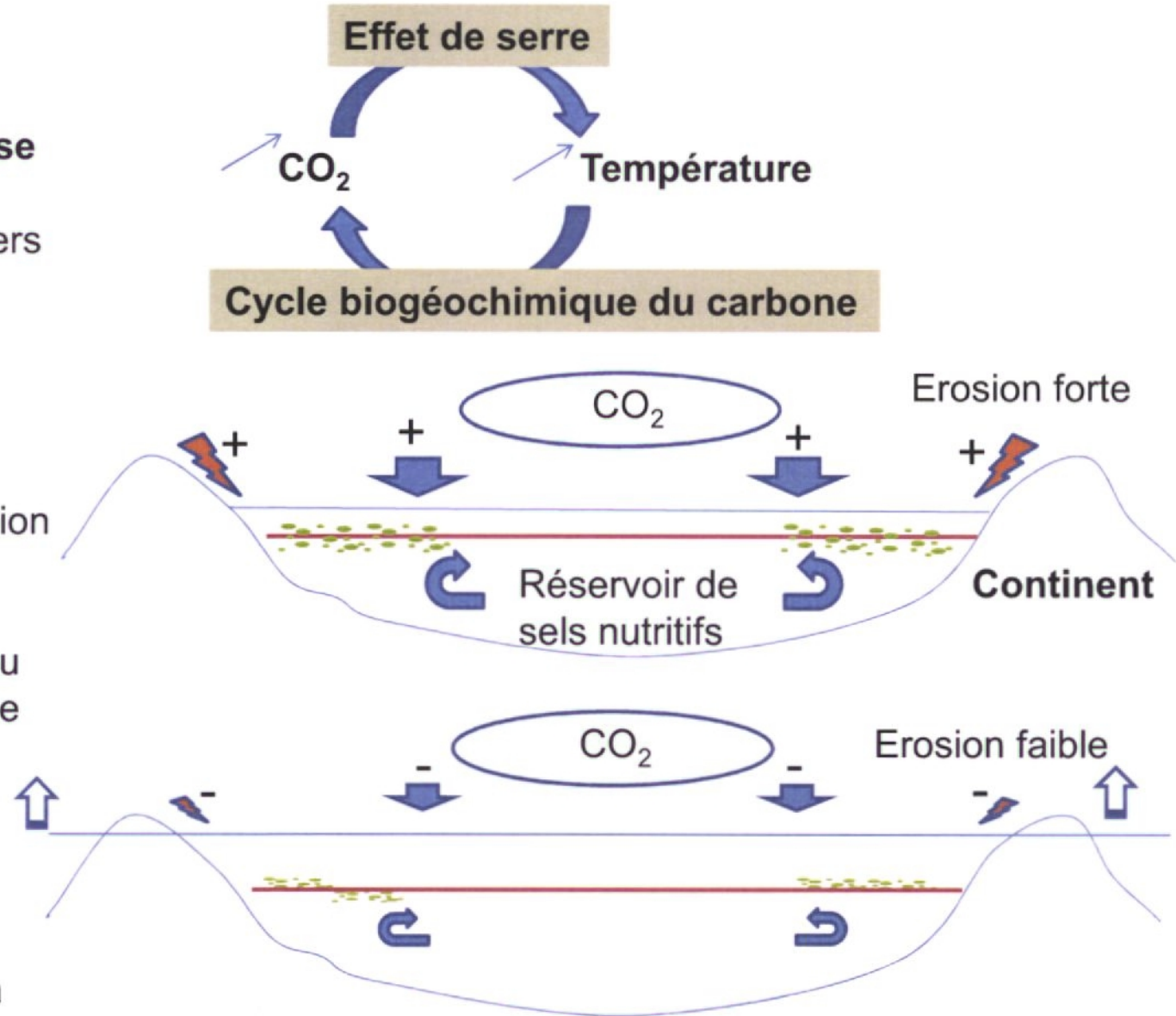
Forage VOSTOK
Antarctique



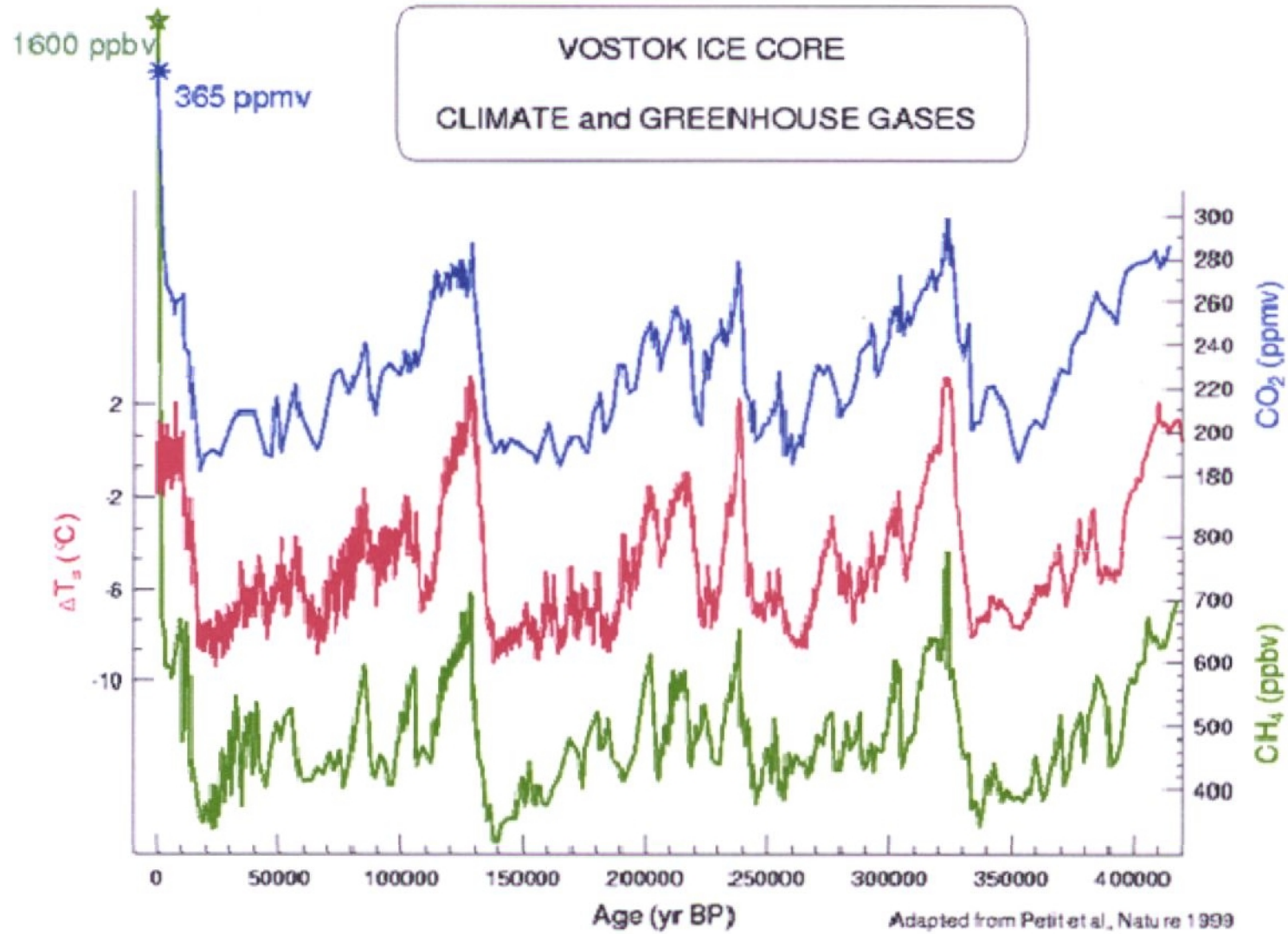
BOUCLE DE RETROACTION POSITIVE (CO₂ et température)

Impact de la hausse de température

- Fonte des glaciers et élévation du niveau marin
- réduction de la surface continentale
- Baisse de l'érosion et des apports nutritifs car
- Baisse du niveau de la thermocline et stratification
- Diminution du brassage
- Baisse de la productivité primaire et de la pompe à CO₂

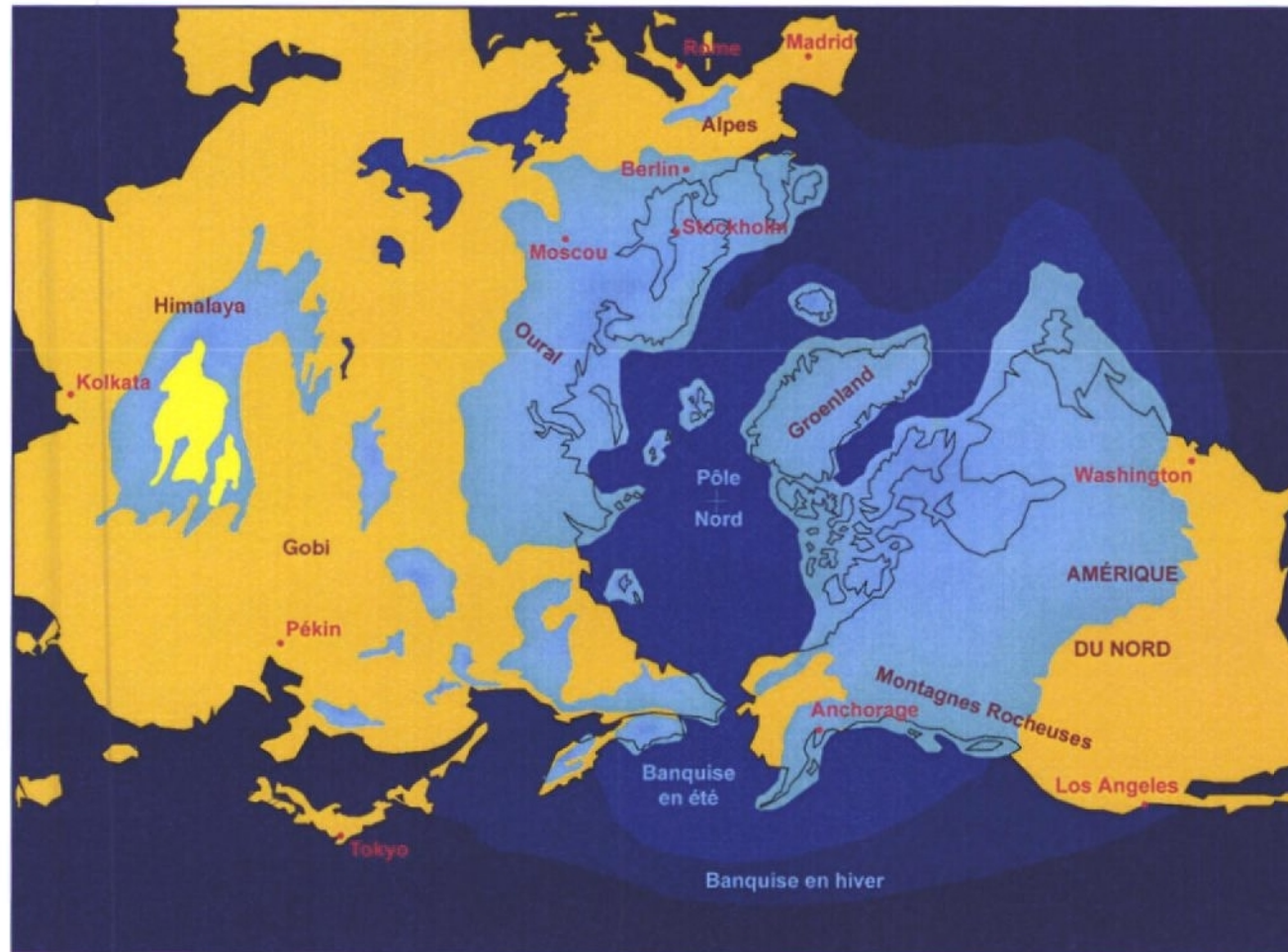


AUTRES GAZ A EFFET DE SERRE



Quel impact d'une variation de température globale de 4°C ?

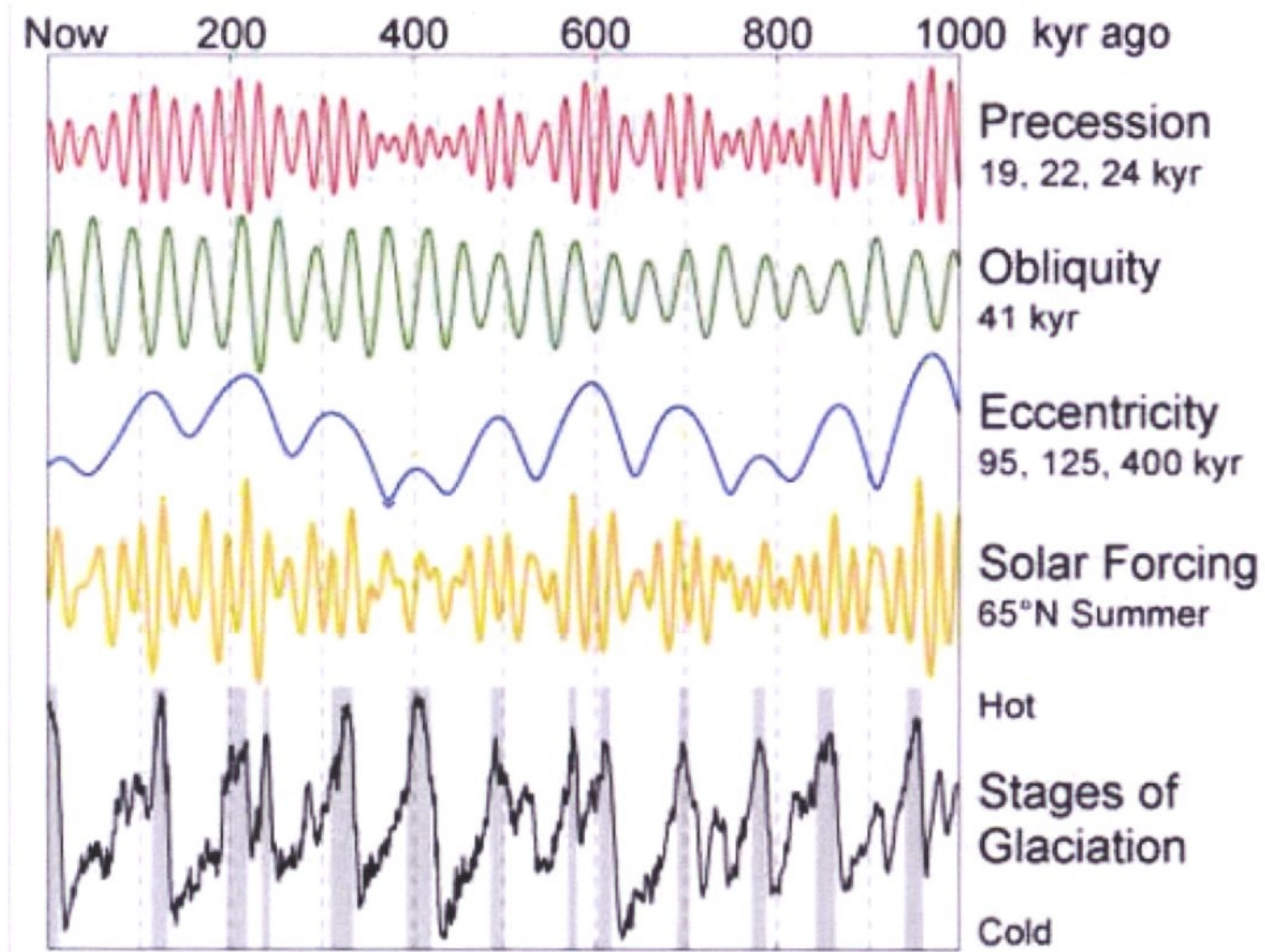
C'était il y a 20 000 ans....



Lascaux : 17 000 ans



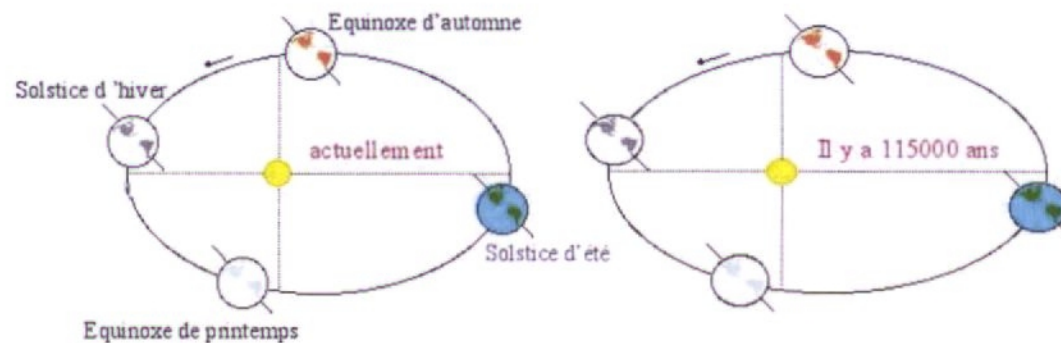
CYCLES ASTRONOMIQUES DE MILANKOVICH



Les variations et la conséquence sur la température. 1 kyr = 1 KiloYeaR (= 1000 ans) 

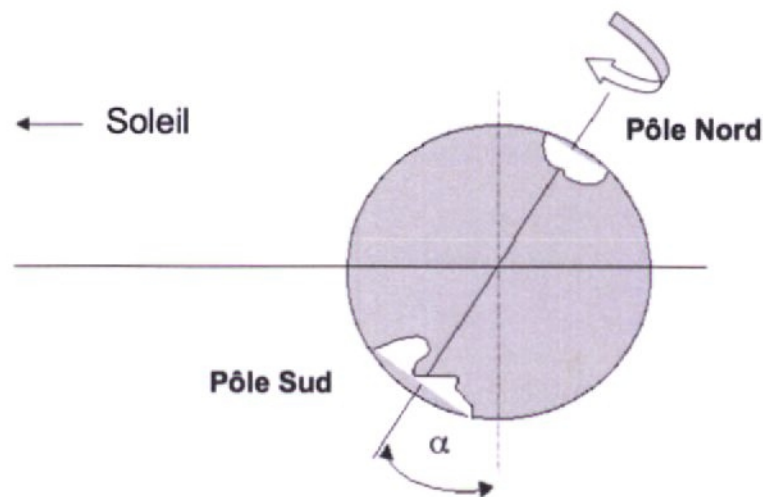
- **Excentricité**
(100 000 ans)

Distance Terre-Soleil varie entre 127 et 189 millions de km (20 à 30 % d'énergie reçue en plus)



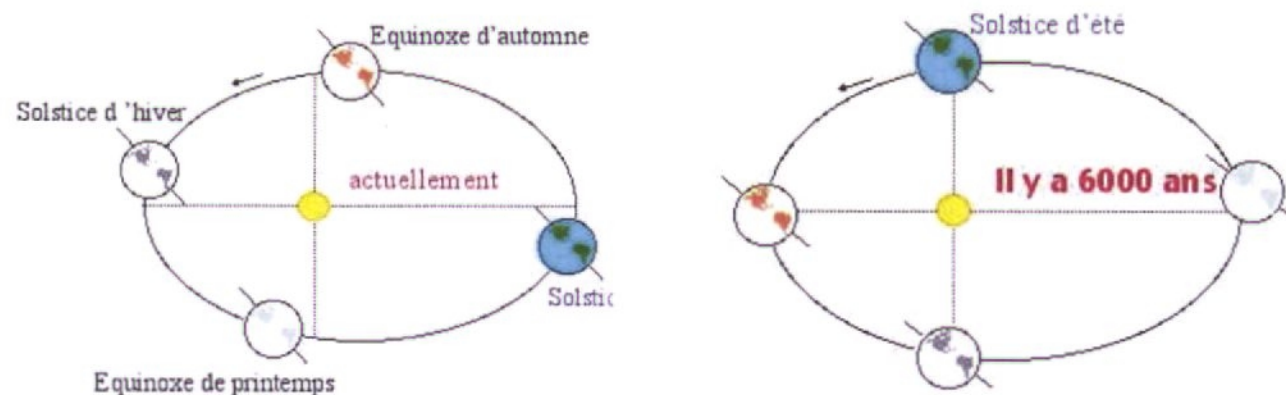
- **Obliquité**
(41 000 ans)

Saisons plus ou moins marquée

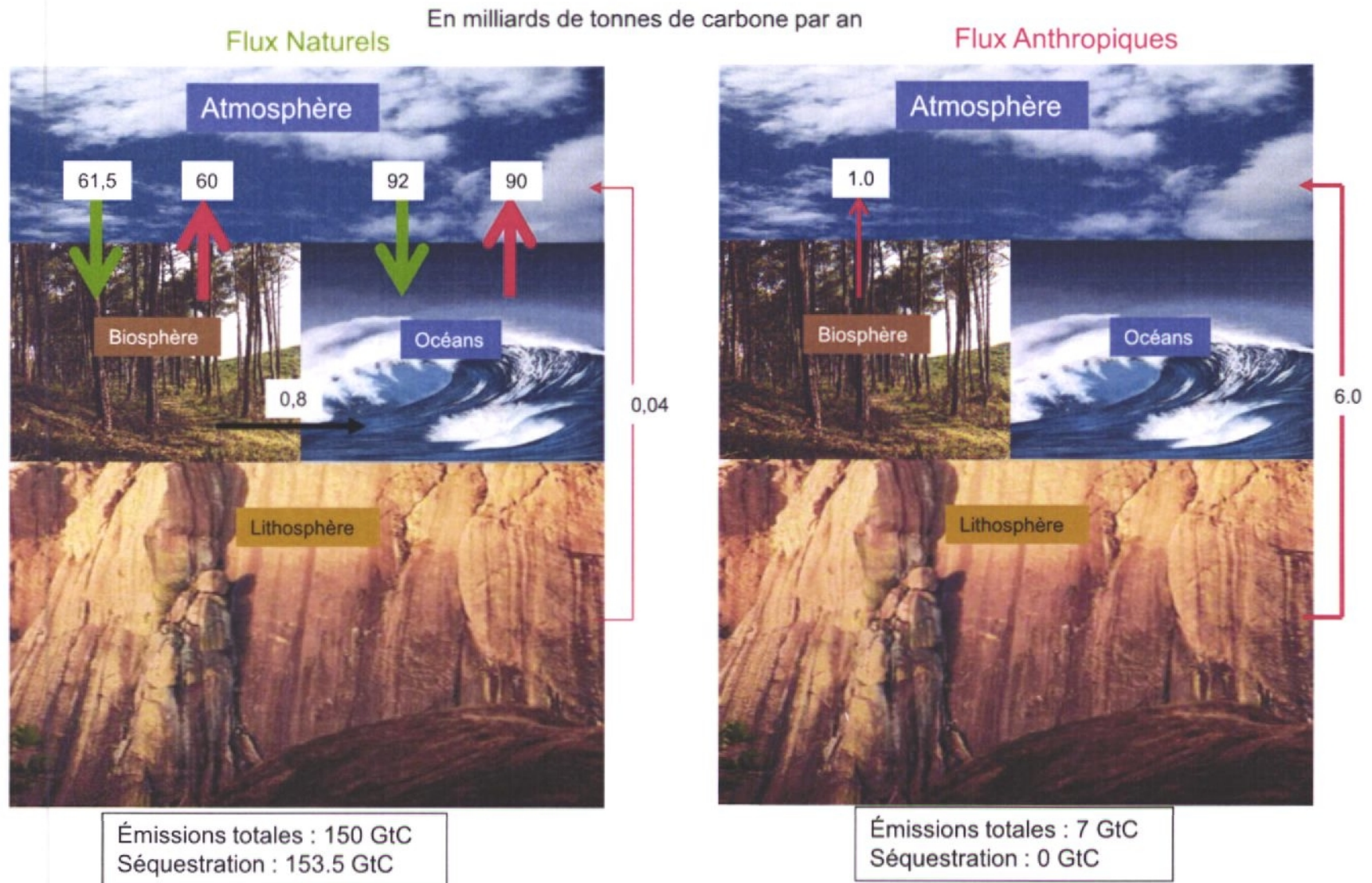


- **Précession des équinoxes**
(27 000 ans)

Changement de l'axe de rotation de la Terre



CYCLES BIOGEOCHIMIQUES DU CARBONES (PUITS ET SOURCES)



A combien ai-je droit ?

Le Facteur 4 (en France)

3,5 Gt éqC par an pour 7 milliards d'habitants



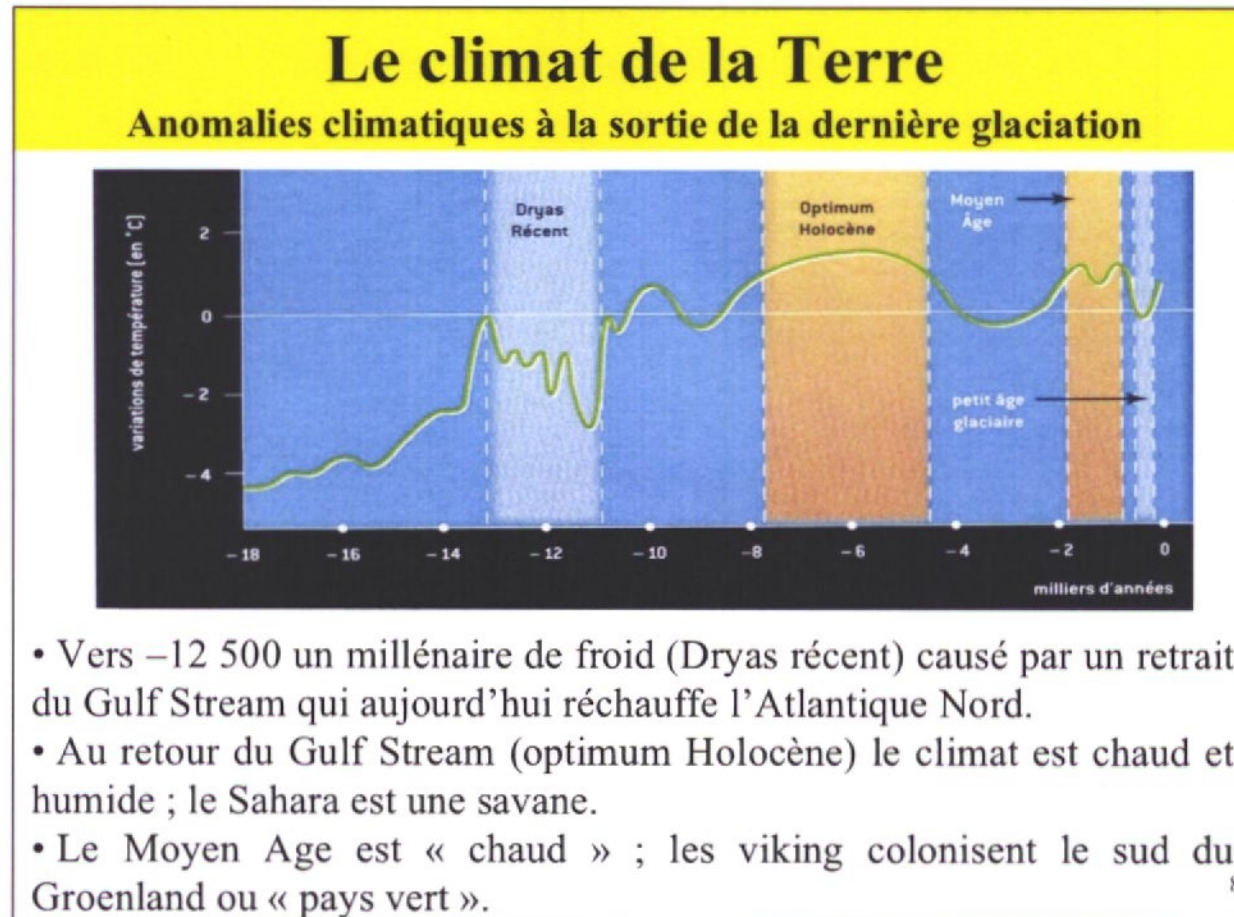
500 kg éqC par personne et par an

Un français en 2007 : ≈ 2 t éqC

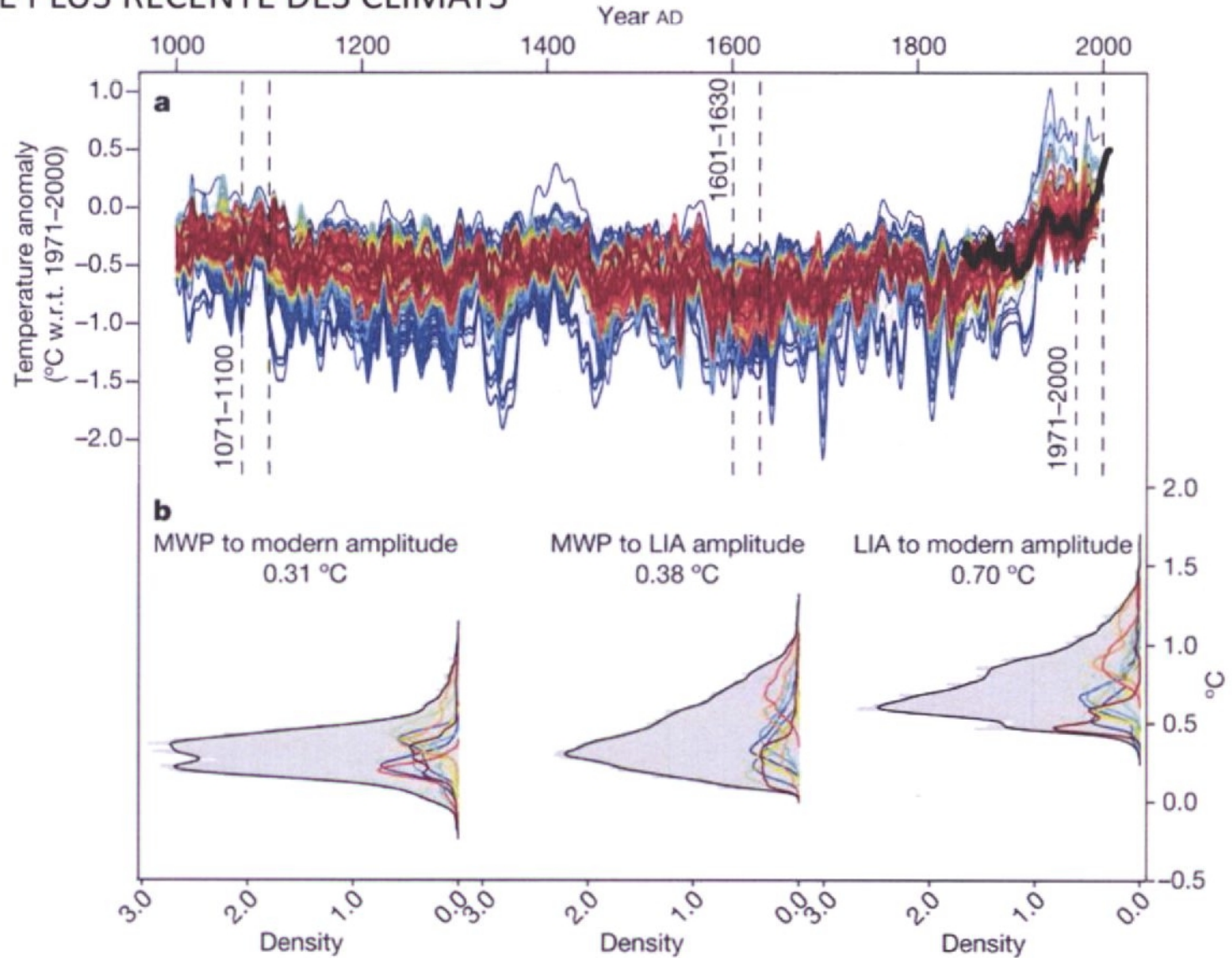


Nécessité de diviser par 4

HISTOIRE PLUS RECENTE DES PALEOCLIMATS



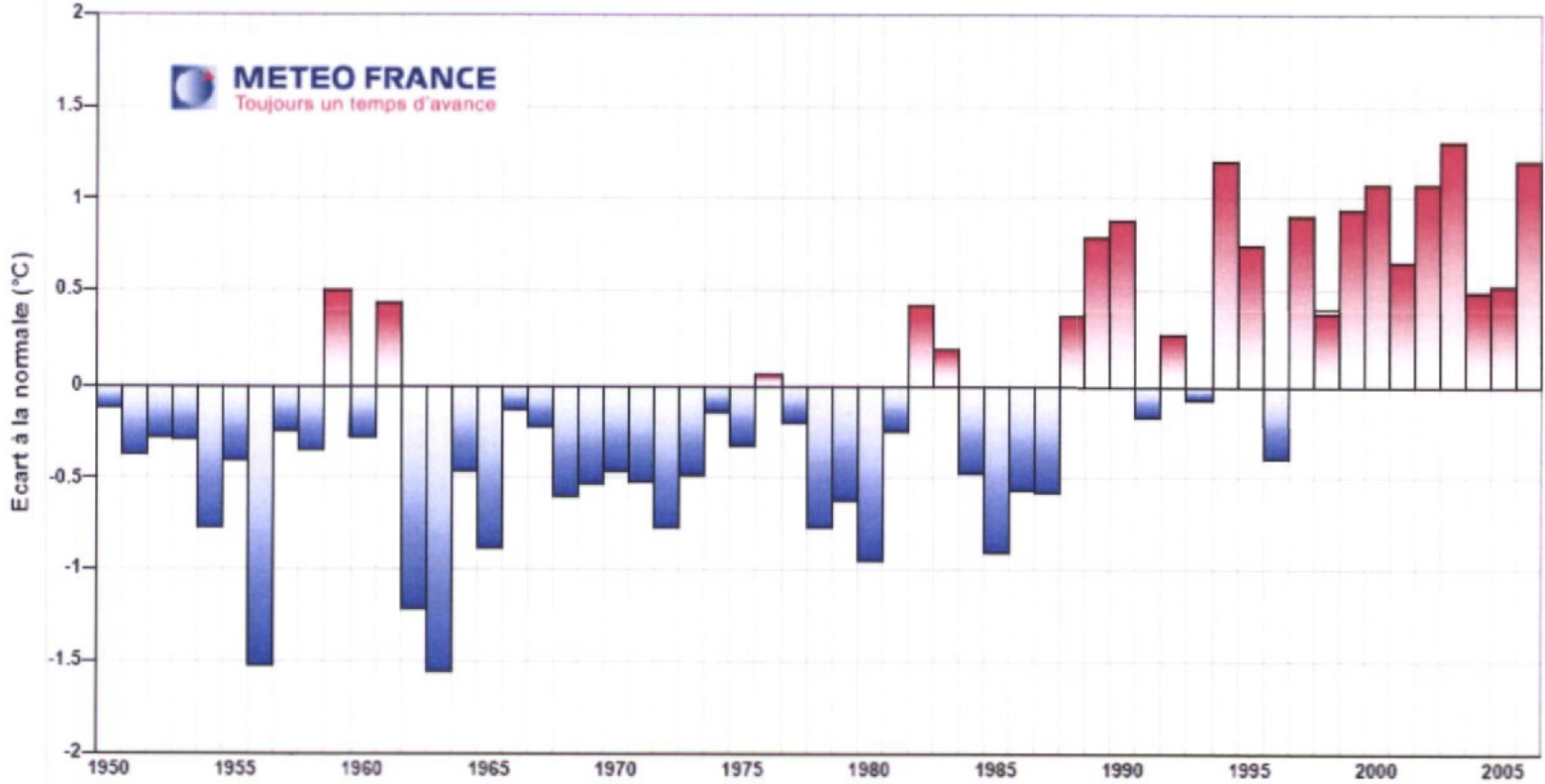
HISTOIRE PLUS RECENTE DES CLIMATS



Source: Franck et al 2010 (Nature)

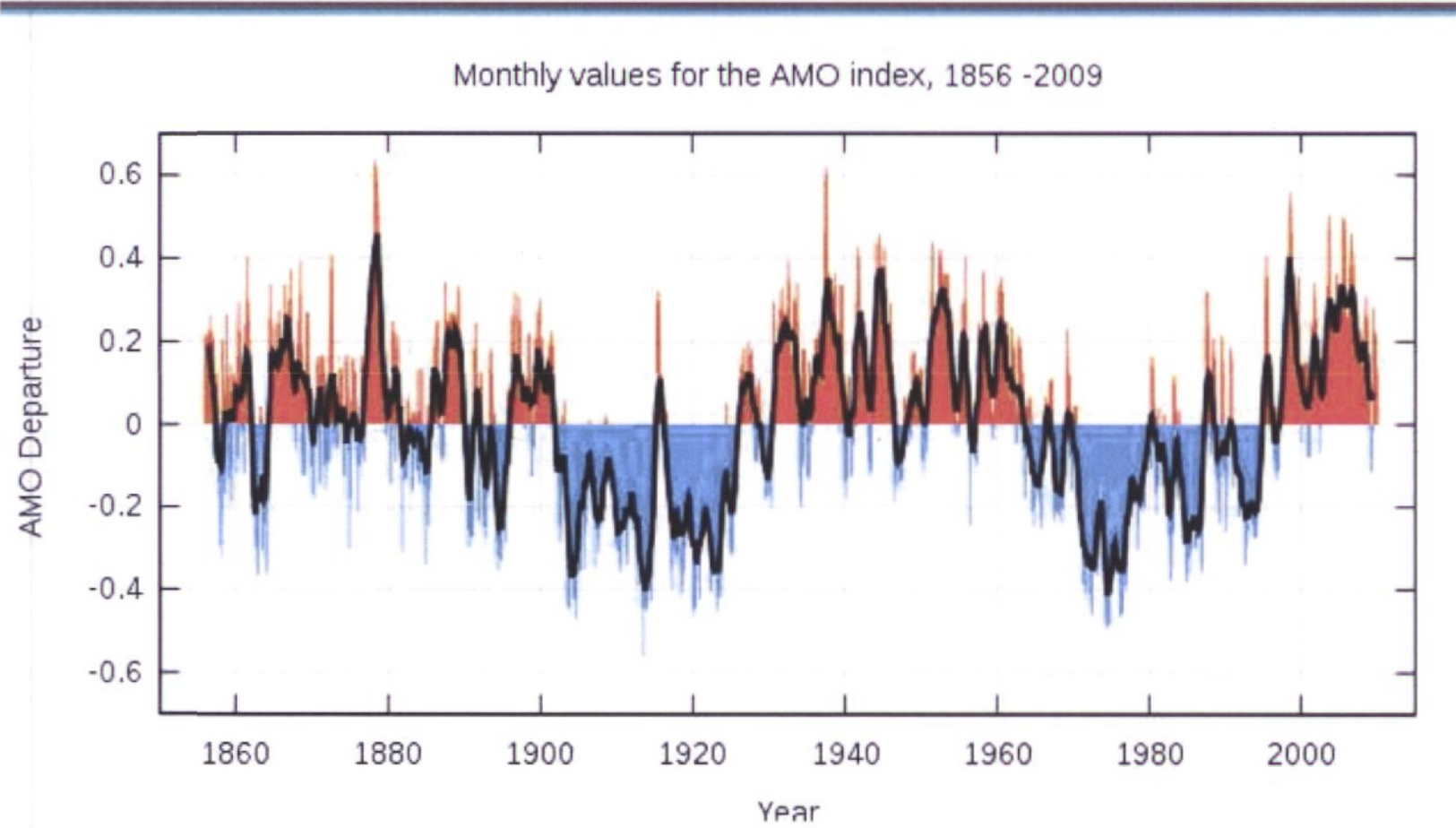
ANOMALIES POSITIVES ET NEGATIVES autour de la moyenne de température moyenne annuelle en France

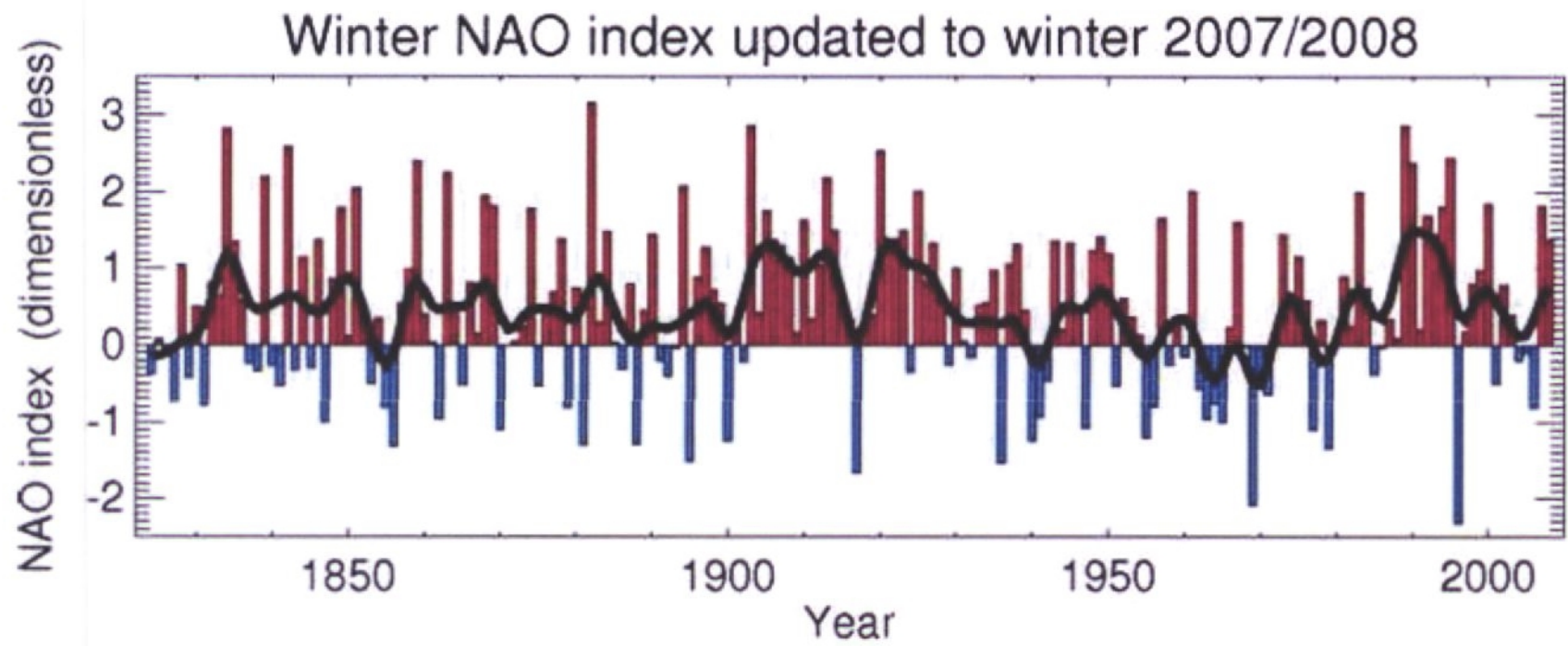
2003 : seulement 1,3 °C au-dessus de la moyenne.



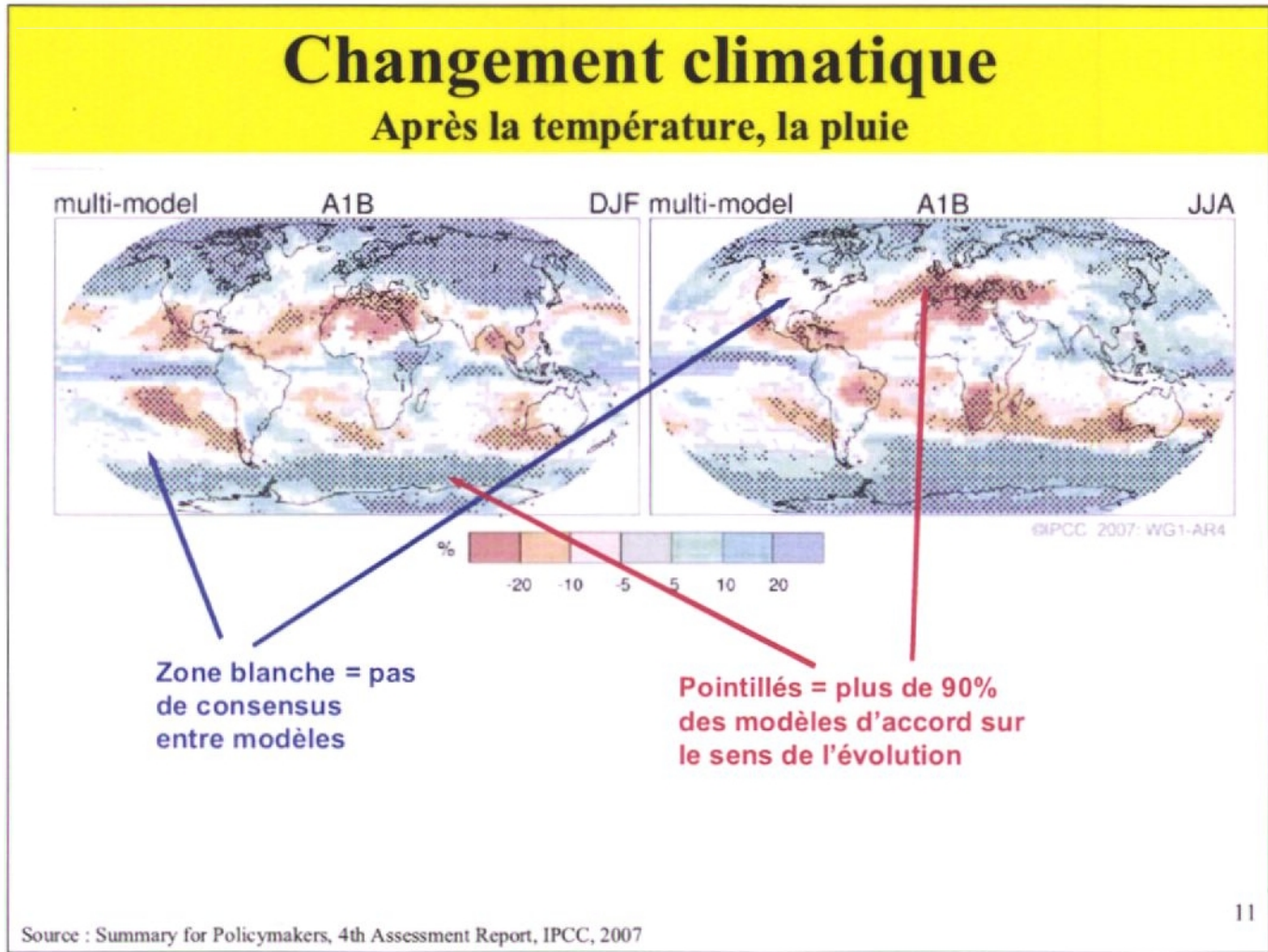
Ecart à la normale calculé à partir d'un indicateur thermique, moyenne de la température moyenne de 22 stations métropolitaines

CYCLES AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation)



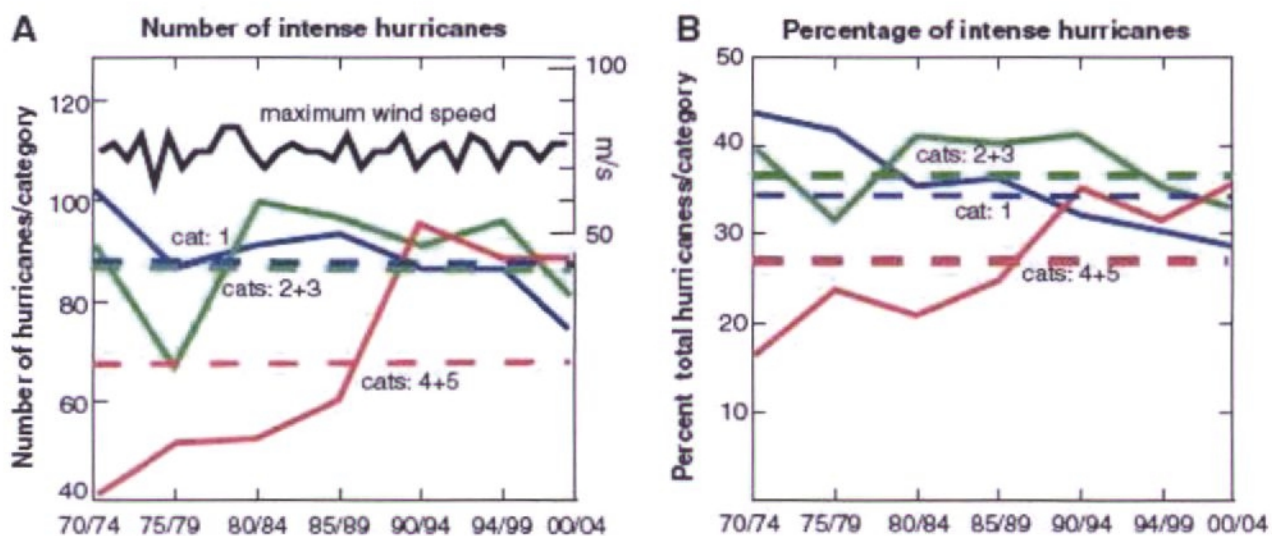


REPARTITION MONDIALE DES DESEQUILIBRES DU CYCLE DE L'EAU



MODIFICATION DES REGIMES DE VENTS

Une puissance cyclonique accrue ?



Évolution sur 30 ans du nombre de cyclones dans le monde par catégorie, et proportion de chaque catégorie dans le total

PARTIE 2: Réchauffement climatique & environnement marin

PERTURBATION MULTIFACTORIELLE ET DYSFONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES

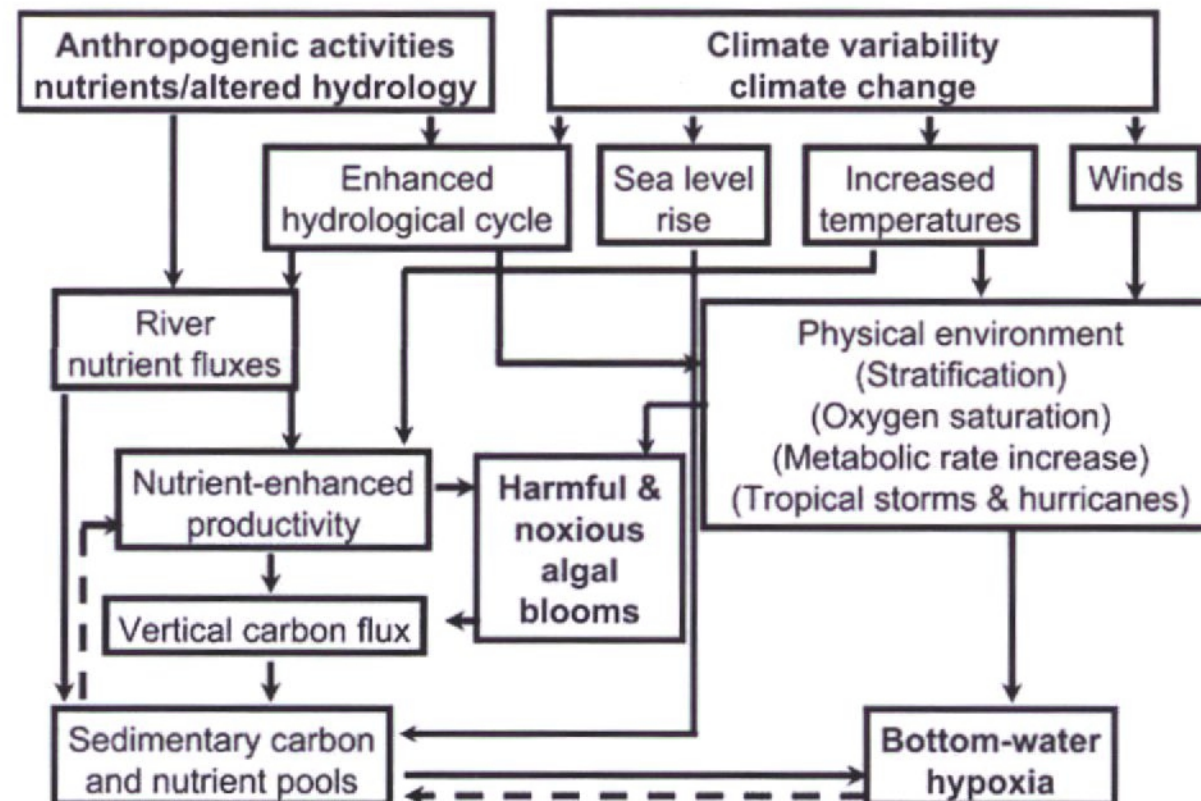


Figure 1. Potential physical and hydrological changes resulting from climate change and their interaction with current and future human activities. The dashed lines represent negative feedback to the system.

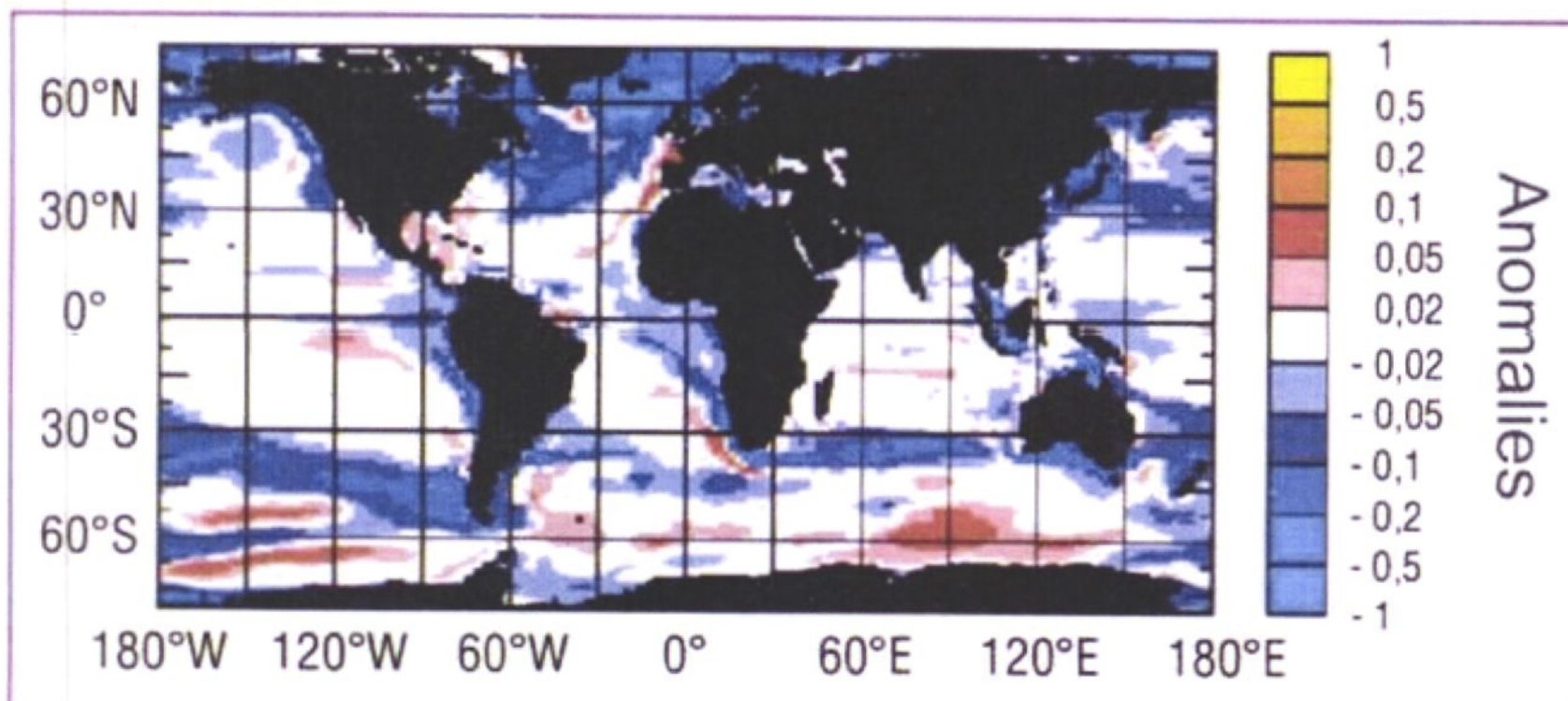
AMPLIFICATION DE L'EROSION

- Modification du régime des vents (direction, intensité moyenne, extrêmes): impact sur EROSION MARINE



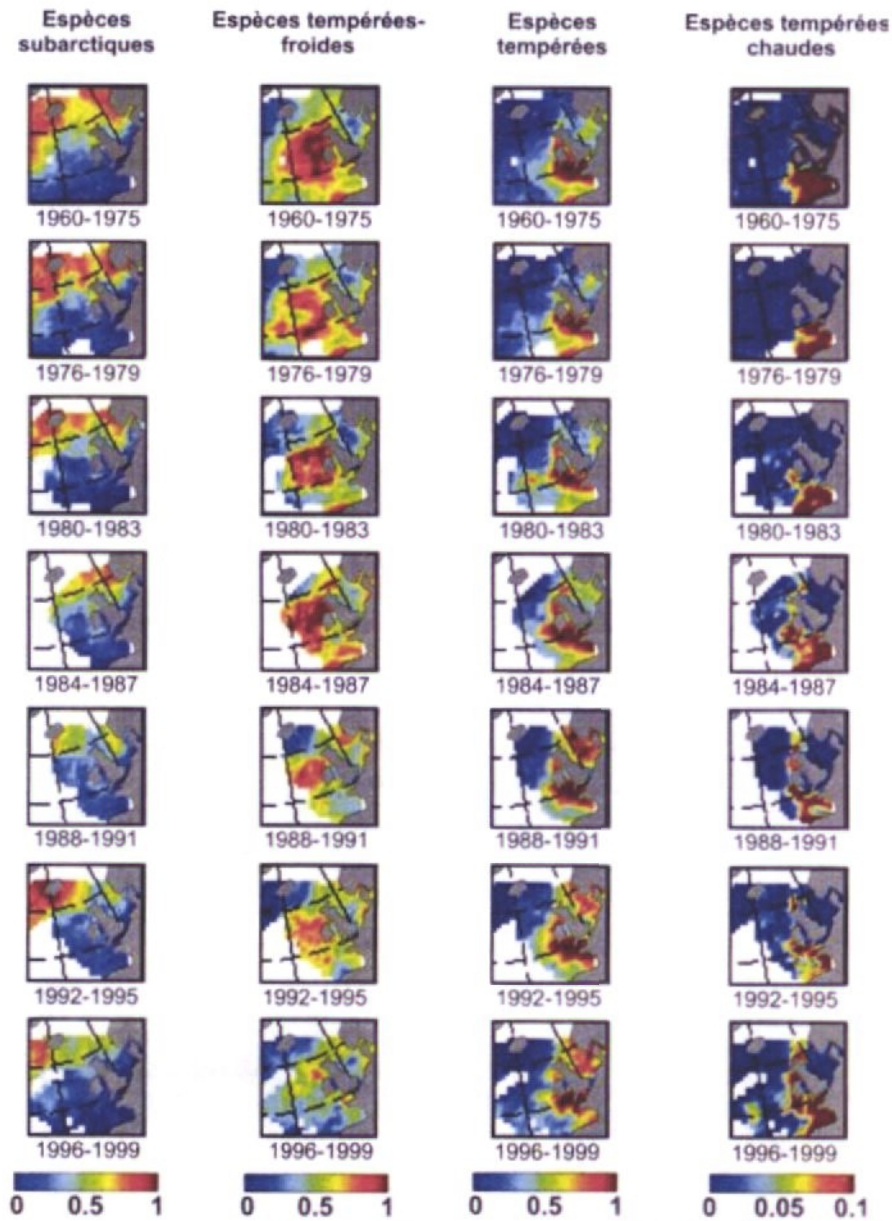
Source: LEVOY et al 2010 (Projet CLAREC)

MODIFICATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE PHYTOPLANCTONIQUE GLOBALE
(modification des grands courants marins et de la stratification)



Source: BIOFUTUR 2005

MIGRATIONS LATITUDINALES DU ZOOPLANCTON



Source: Beaugrand et al 2005 (Marine Ecology Progress Series)

VARIATION HYDROCLIMATIQUE DE LA COLONNE D'EAU (observatoires SOMLIT)

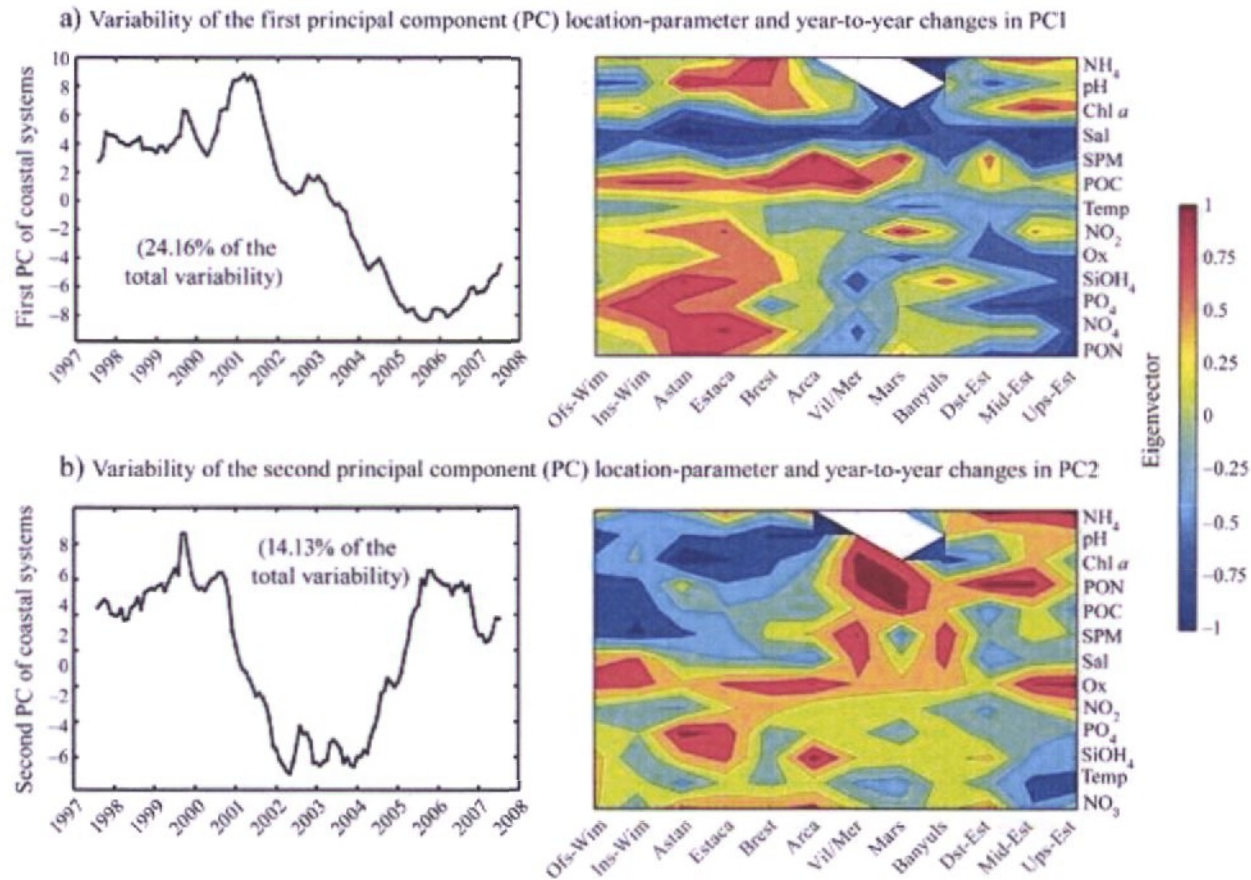
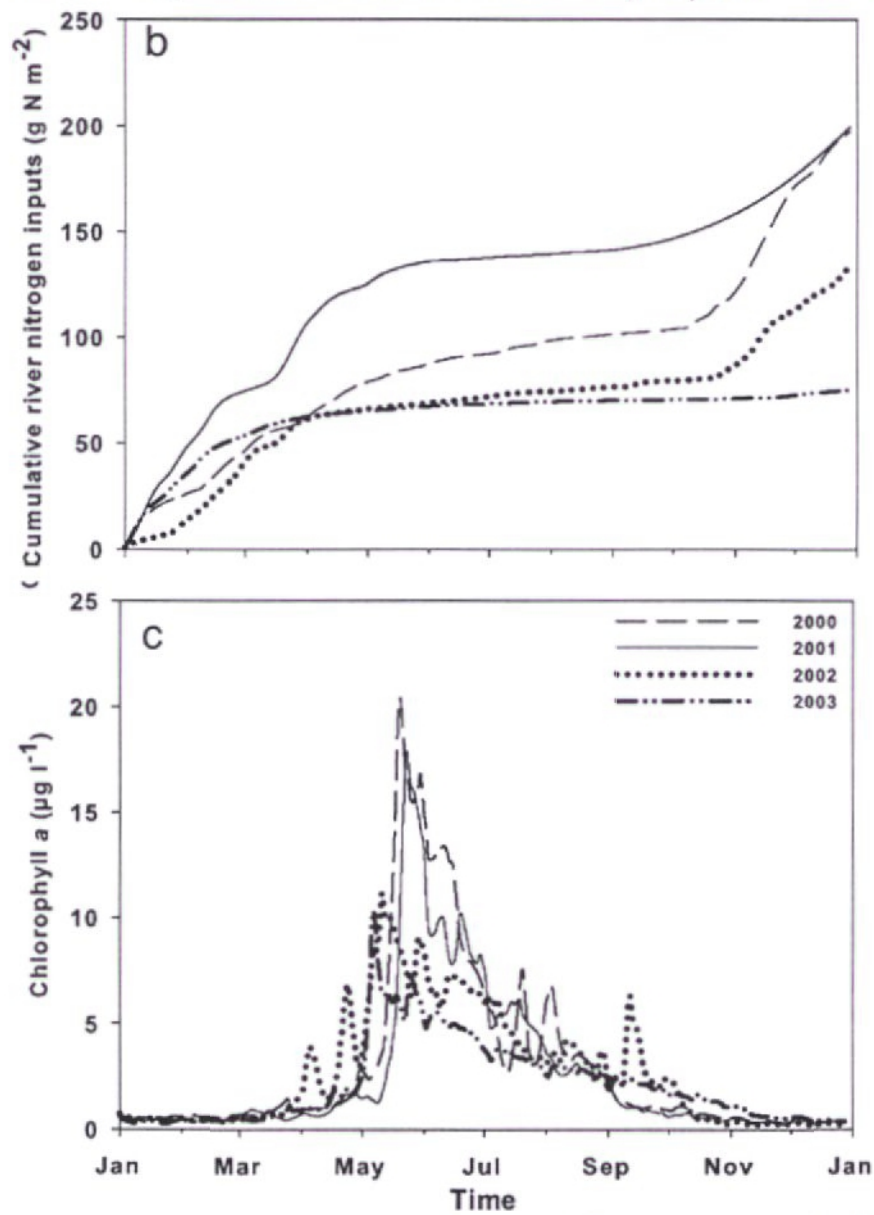


Fig. 3. Principal component analysis (PCA) of the year-to-year changes in the coastal systems of western Europe in (a) the first and (b) the second principal component (PC) location-parameter (left) and mapping of the first eigenvector (right). Temperature was added in the analysis as a supplementary variable. Sites were ordered from north to south and estuarine sites positioned along the abscissa. Ofis-Wim: Wimereux (offshore); Ins-Wim: Wimereux (inshore); Astan: Roscoff Astan; Estaca: Roscoff Estacade; Brest; Arca: Arcachon; Vil/Mer: Villefranche-sur-Mer; Mars: Marseille; Banyuls; Dst-Est: Gironde PK86 (downstream); Mid-Est: Gironde PK52 (middle); Ups-Est: Gironde PK30 (upstream); Sal: salinity; Ox: oxygen; NH_4 : ammonium; NO_3 : nitrate; NO_2 : nitrite; PO_4 : phosphate; SiOH_4 : silicate; POC: particulate organic carbon; PON: particulate organic nitrogen; SPM: suspended particulate matter; Chl *a*: chlorophyll *a*; Temp: temperature

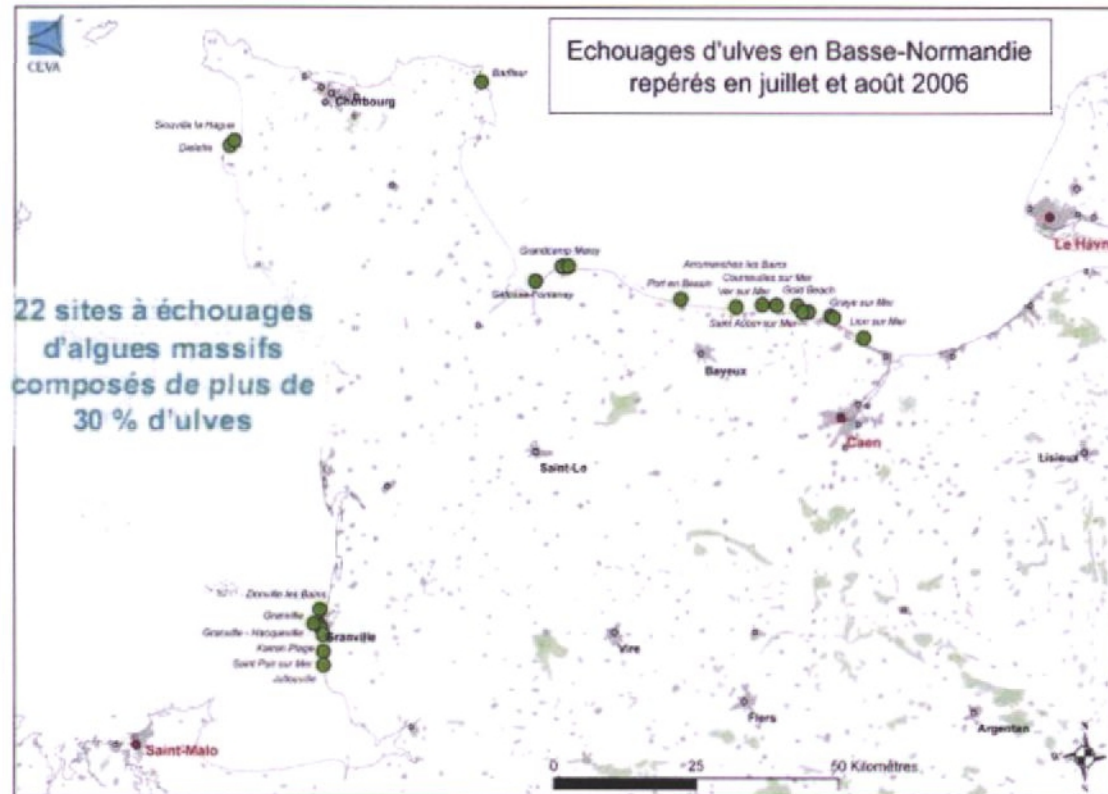
BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE EN BAIE DES VEYS (impact des apports par bassins versants)



Source: Grangeré et al 2009 (Journal of Sea Research)

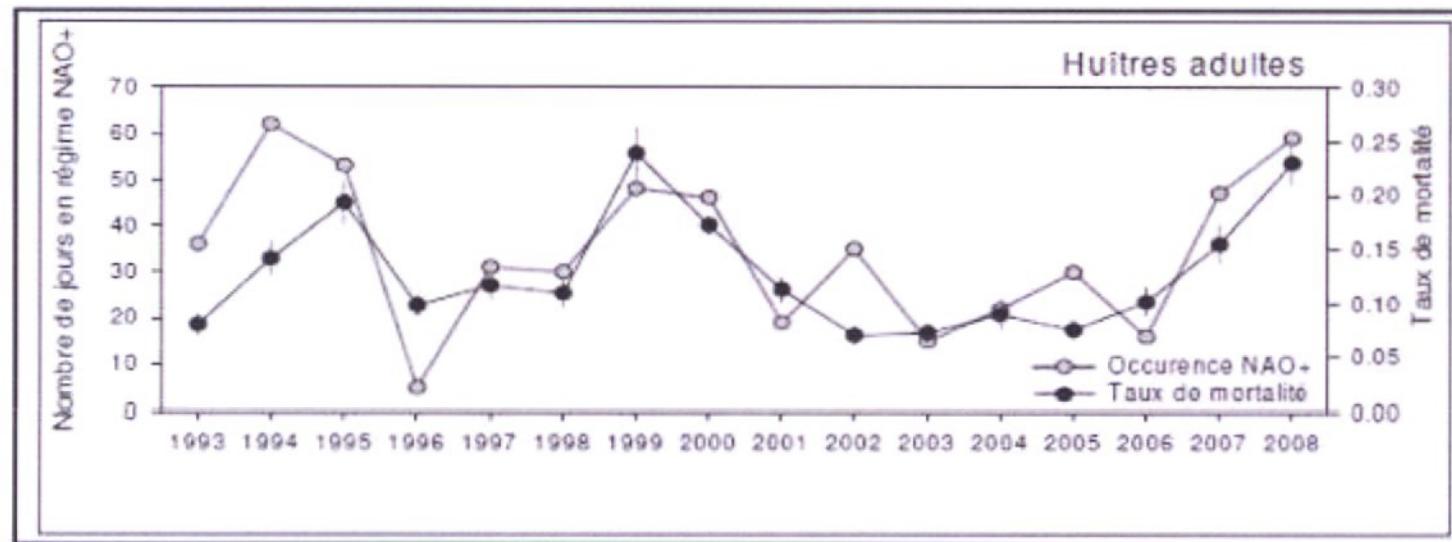
EUTROPHISATION AMPLIFIEE PAR IMPACT CLIMATIQUE

Des marées vertes en Normandie ?



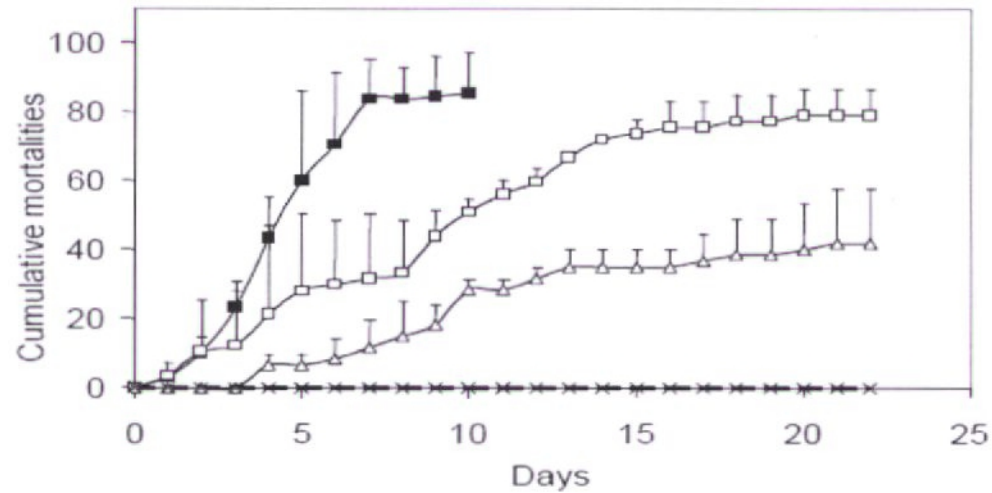
Source: Bruchon 2008 (Agence de l'eau Basse – Normandie)

LES PROBLEMES EN CONCHYLICULTURE: MORTALITE DES HUITRES CREUSES (*Crassostrea gigas*)



Mortalités causés par un déficit énergétique pendant la période de ponte beaucoup plus prononcé pendant les années NAO+ à cause de la forte intensité des blooms phytoplanktoniques impliquant des taux de croissances printanières particulièrement élevé

APPARITION et MULTIPLICATION DES EPIDEMIES: exemple de la vibriose de l'ormeau *Haliotis tuberculata*



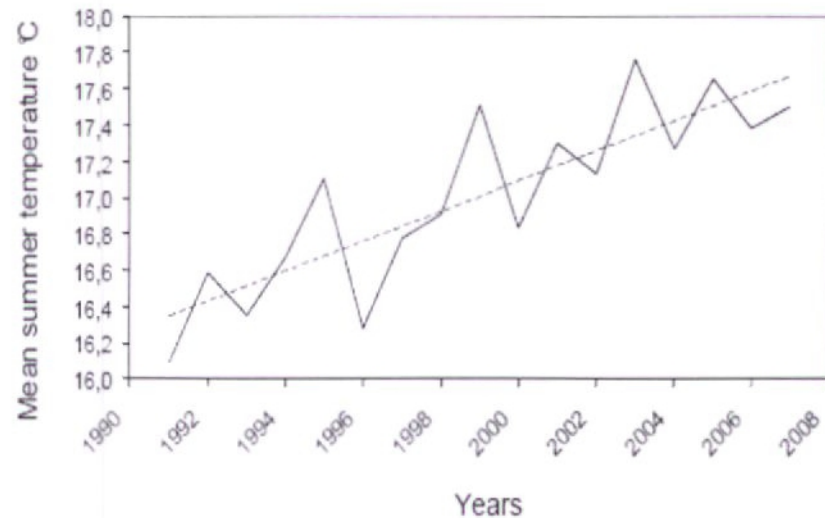
Effet de l'âge et de la maturité de la gonade (appareil reproducteur) après immersion avec *vibrio harveyi* pendant 24h

Carrés noirs: 2 ans et matures

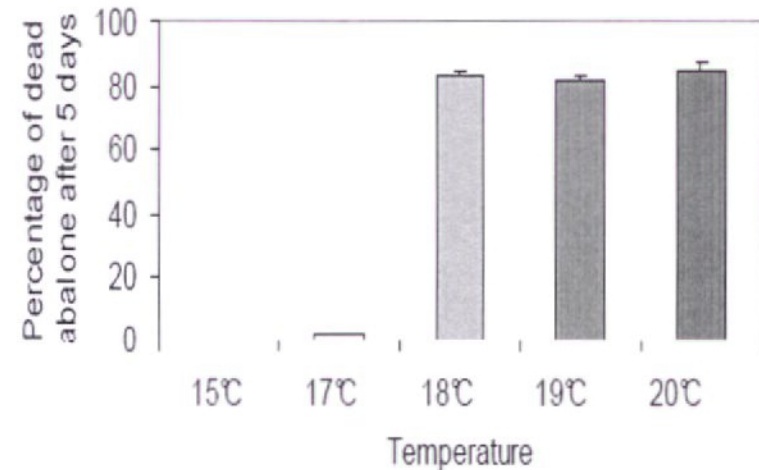
Carrés blanc: 4 ans et matures

Triangles blanc: 4 ans et immatures

APPARITION et MULTIPLICATION DES EPIDEMIES: exemple de la vibriose de l'ormeau *Haliotis tuberculata*



Evolution de la température estivale des eaux de Flamenville



Effet de la température sur le pourcentage de mortalité après immersion avec *Vibrio harveyi* pendant 24h



Soumise à des contraintes:

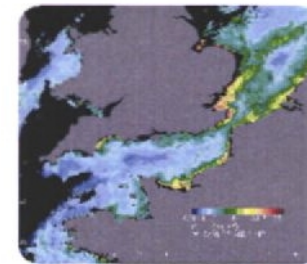
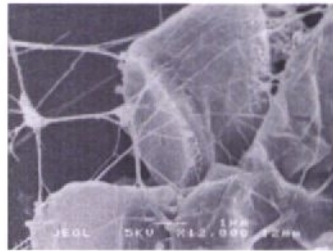
- Fortes activités de pêche et de conchyliculture
- Fortes influences anthropiques
- Forte sensibilité au réchauffement global
- Modifications des régimes de vents et des précipitations

La Manche centrale

PARTIE 3: MOYENS d'ETUDE DE L'IMPACT DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

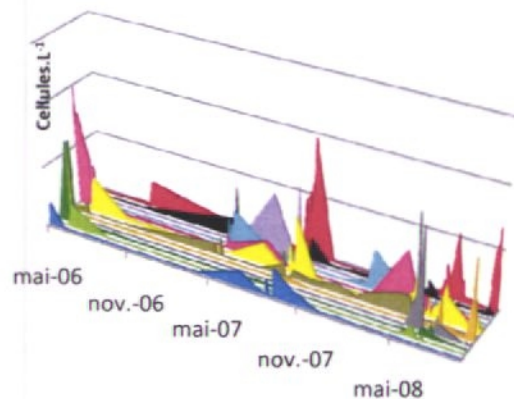
OBSERVATION DE LA PHYSIOLOGIE DES ORGANISMES MARINS, DE LA PERTURBATION DES HABITATS BIODIVERSITE

- Etude des flux biogéochimique de carbone sédiments et les organismes marins
- Etude de la production primaire phytoplanctonique : De la cellule à l'écosystème



Source: Claquin et al 2010 (programme CHARM)

- Caractérisation de la biodiversité et de la dynamique des populations



Source: Klein et al 2009 (Marine Ecology Progress Series)

- Observatoire (Luc sur mer, UCBN) SOMLIT - Service d'Observation du Milieu LITtoral



Suivi des paramètres hydrologiques

-RNSLM – Réseau National des Stations Marines (Bases de données)

-Etude à échelle régionale de la modification des RESEAUX TROPHIQUES

ETUDE DES SEDIMENTS (topographie LIDAR, erodimétrie)



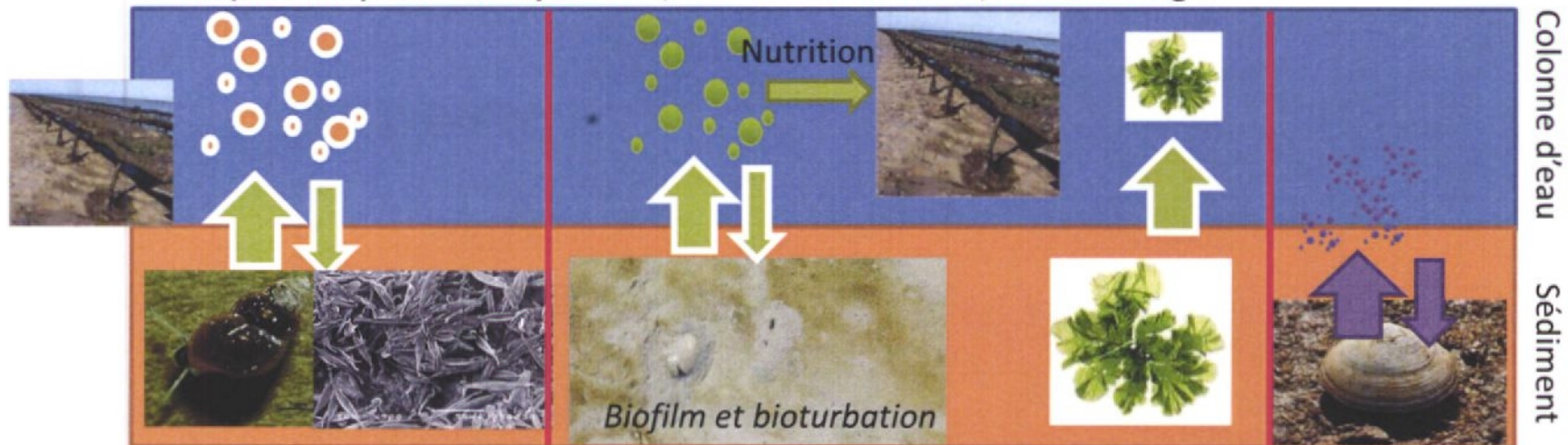
EROSION/SEDIMENTATION des PARTICULES SEDIMENTAIRES

- **Modélisation** des processus hydrosédimentaires
- Modélisation de la redistribution de la matière organique benthique (microphytobenthos et macroalgues)



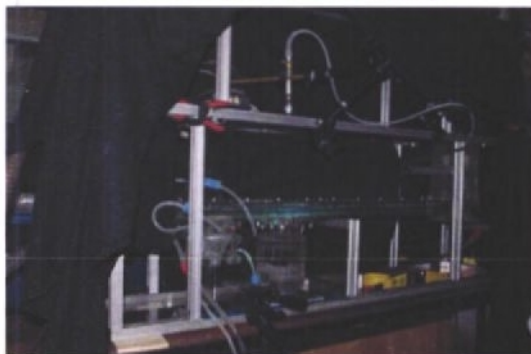
FLUX des SUBSTANCES DISSOUTES à l'interface

- Relargage de substances dissoutes vers colonne d'eau (sels nutritifs, polluants):
Impact sur production primaire, boucle microbienne, Ecotoxicologie

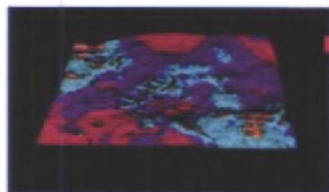


ETUDE DE PROCESSUS A MICROECHELLE

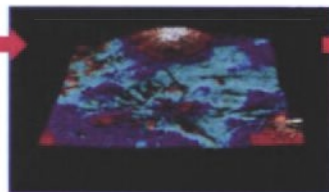
Erodimetrie (labo et in situ)



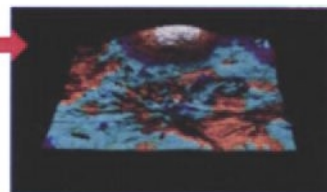
Séquence de microtopographie



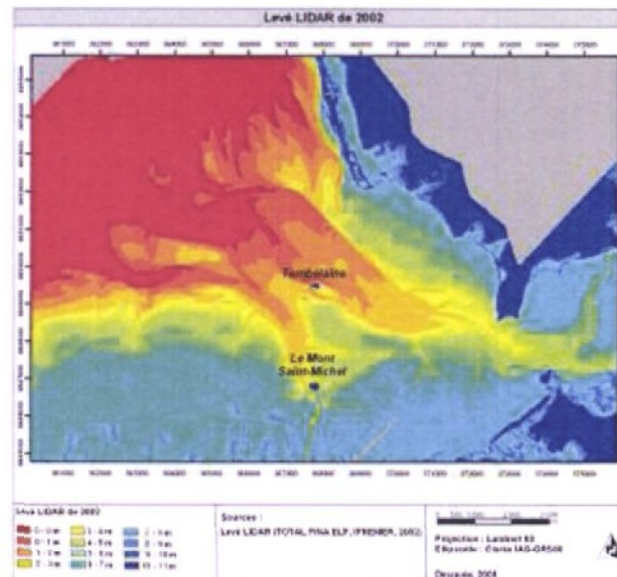
Bioturbation



Erosion



LE LIDAR

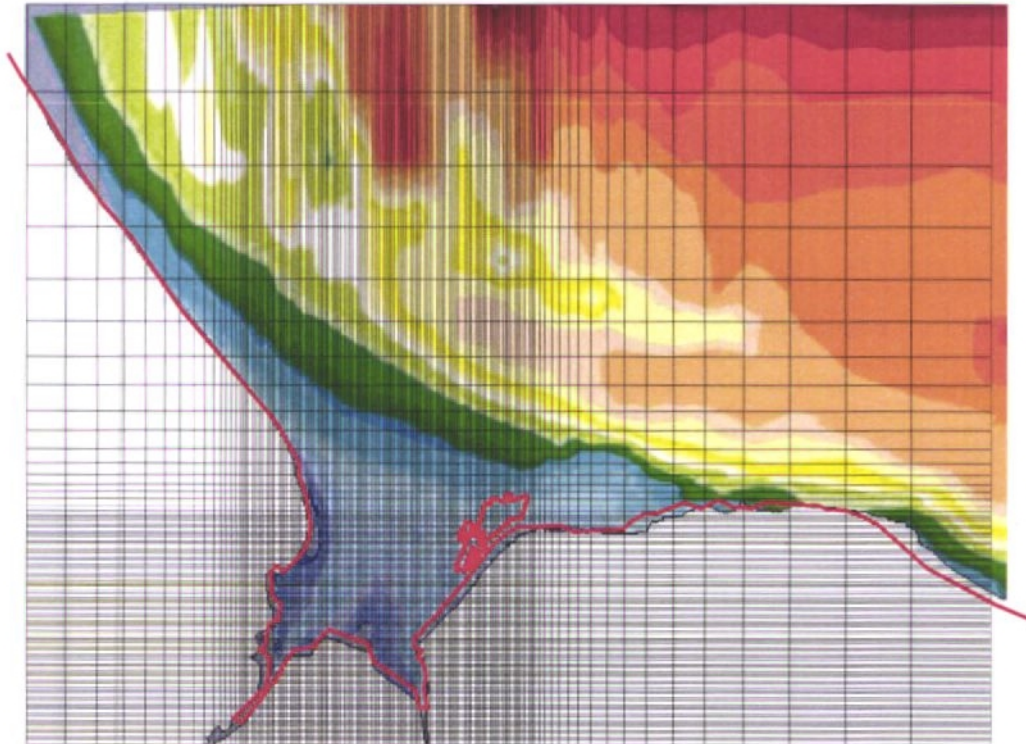


OBSERVATION A MACRO ECHELLE

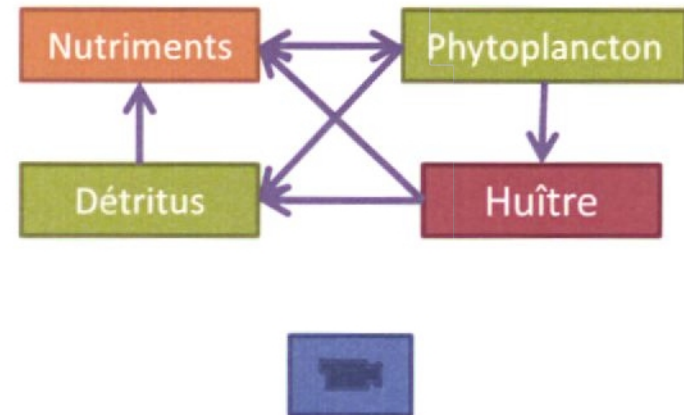
Modélisation numérique des écosystèmes

Bilan: Modélisation numérique d'un réseau trophique simplifié (un producteur / un consommateur)

Modèle hydro-sédimentaire



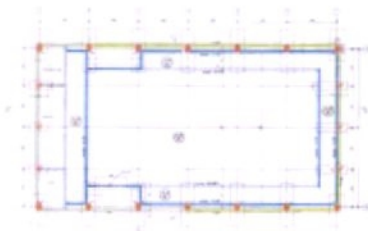
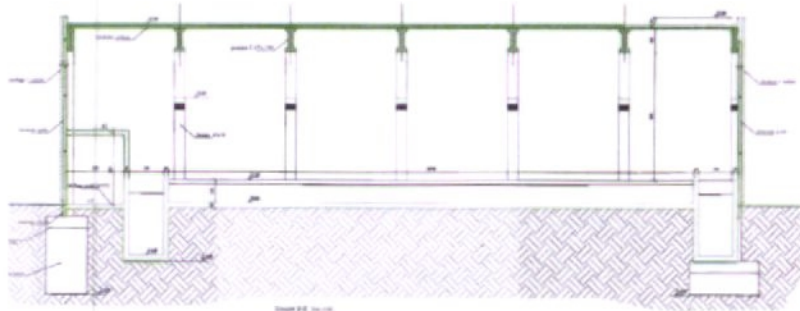
Modèle biogéochimique et écophysologique



Modélisation physique des écosystèmes

Projet MACROCOAST: Un outil d'étude des écosystèmes littoraux

Projet d'un Mésocosme Interdidal
Station Marine de Luc sur Mer
CPER/ Equipex RIMA (Réseau des
Infrastructures Marine) (déposé)



- Couplage physique / Biologie
- Couplage BENTHOS-PELAGOS
- AQUACULTURE
- Ecotoxicologie
- Calibration et validation des modèles
- Tests de scénarios

Comprendre le fonctionnement des écosystèmes côtiers
(état actuel)

Prévoir l'impact des changements climatiques

Gérer et optimiser les écosystèmes (modélisation
d'écosystème):



Plusieurs pistes: réduire eutrophisation, apports nutritifs par bassins versants, protection du littoral, soutien à la conchyliculture (co-culture, gestion des parcs), réduction des effluents agricoles (augmenter surface de prairies)