

# La réanalyse océanique globale 1/4° GLORYS2: résultats et SOMMAIRE de conditions initiales pour la prévision couplée océan atmosphère

Nicolas Ferry <sup>(1)</sup> , Cyrille de Nicola <sup>(1)</sup> , Laurent Parent <sup>(1)</sup> , Gilles Garric <sup>(1)</sup> , Olivier Legalloudec <sup>(1)</sup> , Charles-Emmanuel Testut <sup>(1)</sup> ,  
Bernard Barnier <sup>(2)</sup> , Raphael Dussin <sup>(2)</sup> , Eric Greiner <sup>(3)</sup> ,  
Stéphanie Guinehut <sup>(3)</sup> , Cécile Cabanes <sup>(4)</sup> , Clément Bricaud <sup>(1)</sup> ,  
Marie Drevillon <sup>(1)</sup> et Charles Desportes <sup>(1)</sup> .

**(1) Mercator Océan, (2) LEGI, (3) CLS, (4) Coriolis**



**Mercator  
Ocean**  
Ocean Forecasters



- 1. La réanalyse globale  $\frac{1}{4}^{\circ}$  océan-glace GLORYS2 :
  - présentation
  - résultats**
- 2. Méthode de construction de C.I. océan-glace équilibrées pour la prévision saisonnière à décennale et résultats.**
- 3. Conclusions et perspectives**

## 1. La réanalyse globale océan-glace au $\frac{1}{4}^\circ$ GLORYS2 : présentation

# ~~SUMMARY~~ GLORYS project: National level



## GLORYS: GLobal Ocean ReanalYses and Simulations

- projet français de 4 ans (2008-2011) soutenu par le GMMC
- **MERCATOR, LEGI, LPO, LOCEAN, CORIOLIS**, (PI: B. Barnier)
- Contexte Européen: projet MyOcean (EC/GMES),  
Collaboration avec LEGI, CLS (Fr), CMCC (It) et Univ. Reading (U.K)

### OBJECTIF:

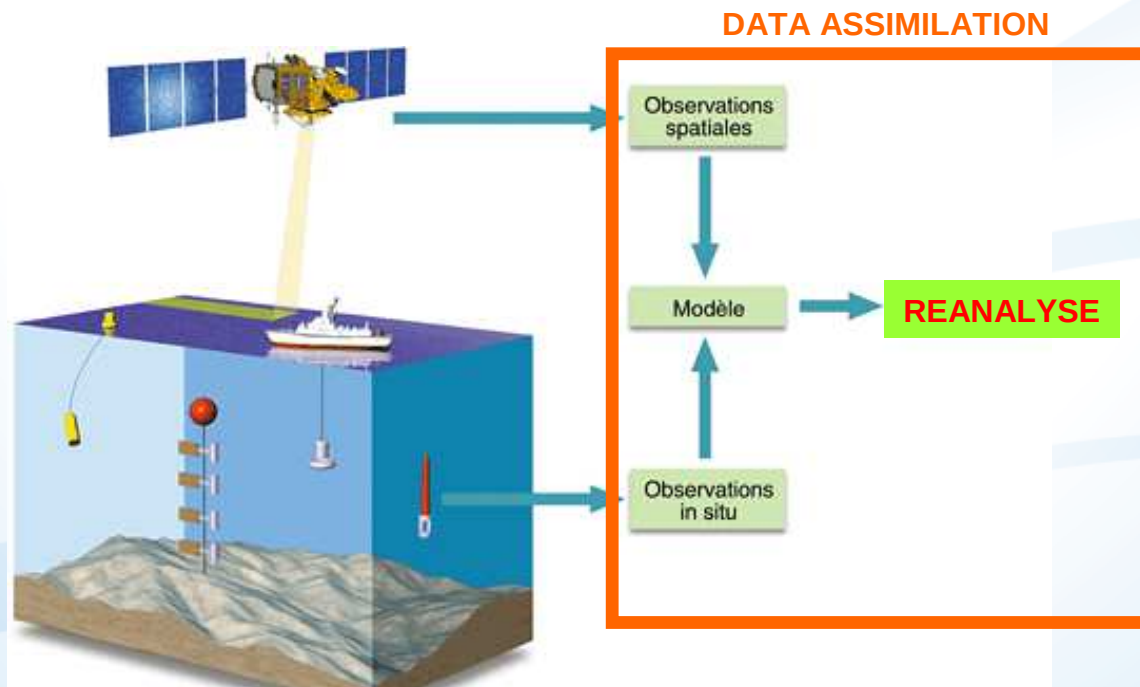
Produire des réanalyses océan-glace globales à méso-échelle sur la période “altimétrique” 1992-2009

### 2 versions de réanalyses ont été produites:

- 1) **GLORYS1V1**: réanalyse de la période ARGO (2002-2009)  
produite en 2009
- 2) **GLORYS2V1**: réanalyse de la période ALTIMETRIQUE (1992-2009)  
produite en 2011

## Requirements for a global ocean/sea ice reanalysis

- Global ocean/sea-ice « eddy-permitting » circulation model: ORCA025.L75
- Data assimilation system
- A delayed-time quality-controlled observations for assimilation



# Model: ORCA025 configuration (Mercator/Drakkar)

## SOMMAIRE

### NEMO3.0/3.2 OGCM + LIM2 EVP Sea-Ice model:

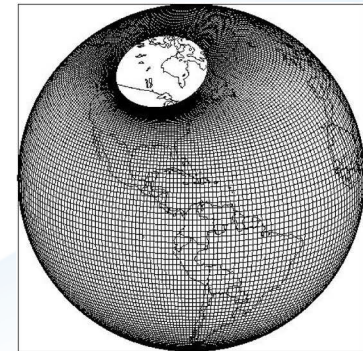


#### Resolution:

- Global **1/4° ORCA-type grid (1442x1021 grid points)**
- **75 vertical levels** from **1 m** at the surface to **200 m** at the bottom for GLORYS2

#### Atmospheric forcing:

- **Bulk CORE Formulation** (Large&Yeager, 2004)
- **ERA-Interim** reanalysis products:
  - 3 hourly** for turbulent fluxes
  - Daily for radiation (**analytical diurnal cycle for solar**)
  - In house **correction of the radiation based on GEWEX** satellites fluxes products.



#### Initialization: December 1991

- Levitus 1998 climatology + Sea-Ice Concentration from NSDIC Bootstart products

**Parameterizations:** Filtered free surface, Partial step, Energy and Enstrophy conserving advection scheme, Isopycnal diffusion for tracers, Biharmonic for momentum. TKE turbulence scheme

# ~~SOLVING~~ DATA ASSIMILATION SCHEME



## DATA ASSIMILATION SYSTEM: SAM2v1, SEEK formulation

### SEEK Filter : reduced order Kalman filter

- Innovation is calculated at the First Guess at Appropriate Time (FGAT) approximation
- Control vector comprises the **barotropic height, T, S, U and V**
- Background error covariance calculated from an ensemble of 3D anomalies from a reference simulation
- Adaptive error variance is consistent with innovation vector (a posteriori diagnostic)
- The SEEK filter is weakly sensitive to the number of obs. to assimilate

3D-VAR Bias correction: for T and S

Incremental Analysis Updates (IAU):

inserting increments over all model time steps → smooth trajectory

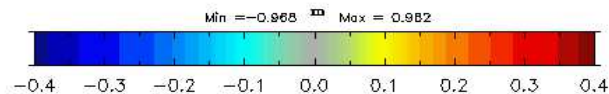
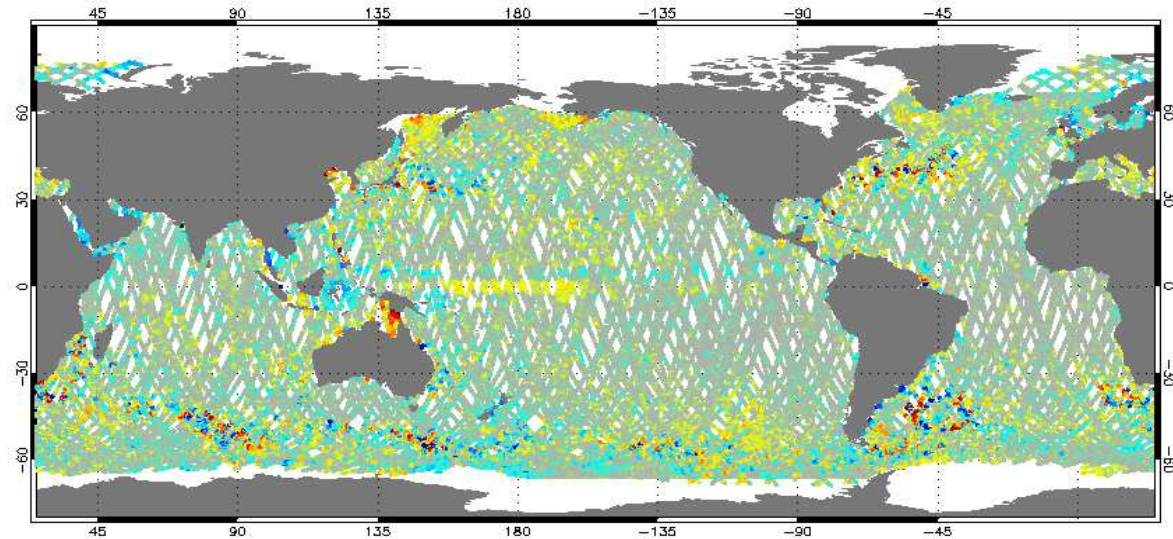
# Delayed time observations for data assimilation

SOMMAIRE



- Assimilated data :
  - Along track DT SLA (SSLATO/DUACS) : Jason-1, Jason-2, Envisat, GFO, ERS1, ERS2, Topex/Poseidon

RTR SX8R NEW obs sla innovation : INNOV TRACK SLA on 13-01-2010

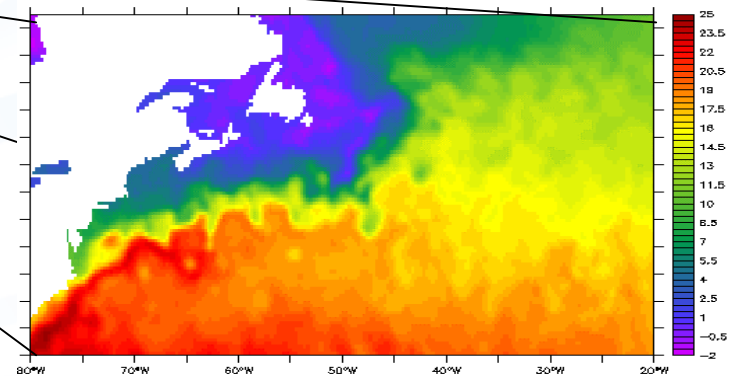
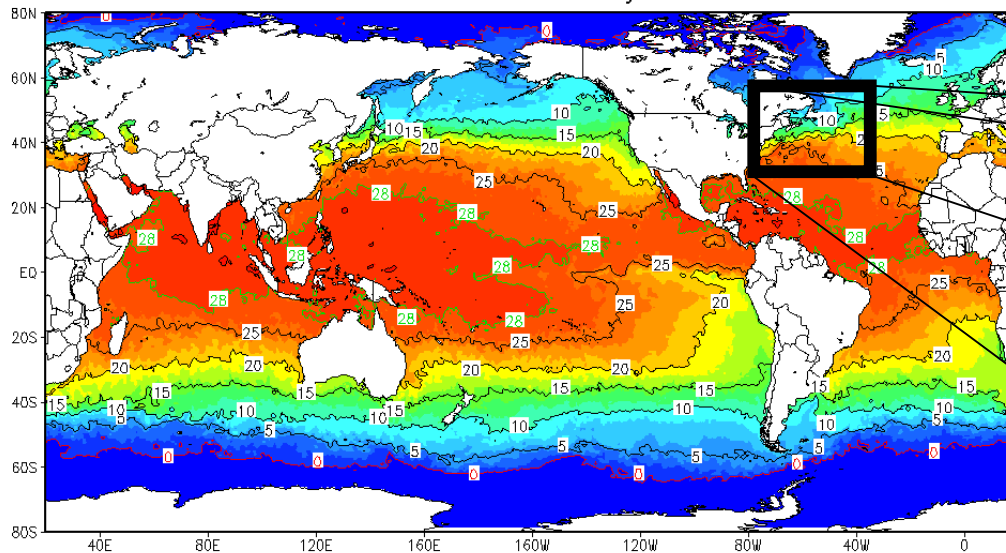


# Delayed time observations for data assimilation

SOMMAIRE

- Assimilated data :
  - Along track DT SLA (SSLATO/DUACS) : Jason-1, Jason-2, Envisat, GFO, ERS1, ERS2, Topex/Poseidon
  - Reynolds AVHRR-only 0.25° SST,

Reynolds 1/4°  
AVHRR – only

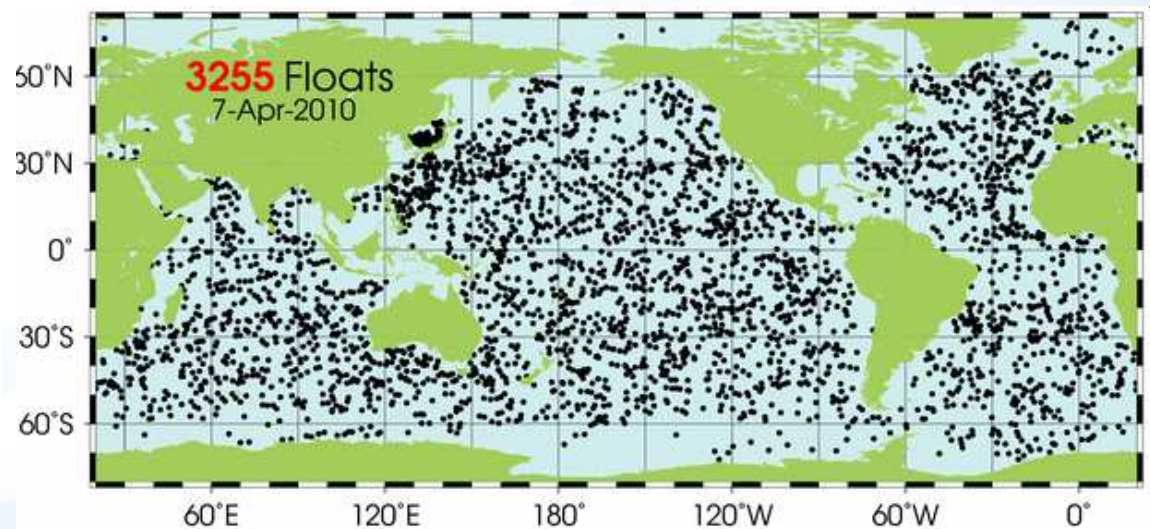
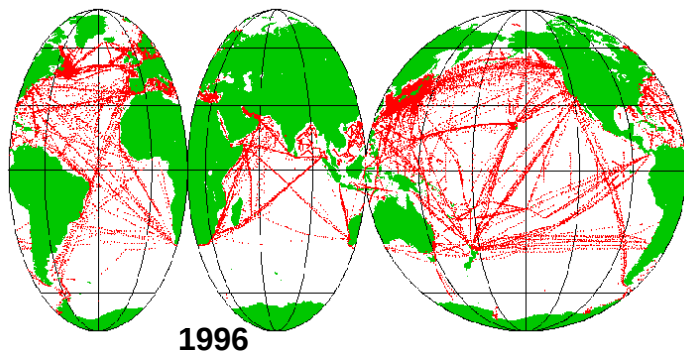


# Delayed time observations for data assimilation

SOMMAIRE



- Assimilated data :
  - Along track DT SLA (SSLATO/DUACS) : Jason-1, Jason-2, Envisat, GFO, ERS1, ERS2, Topex/Poseidon
  - Reynolds AVHRR-only 0.25° SST,
  - in situ temperature & salinity profiles (Argo network + Xbts,CTDs, etc..) : CORA2.3 data base



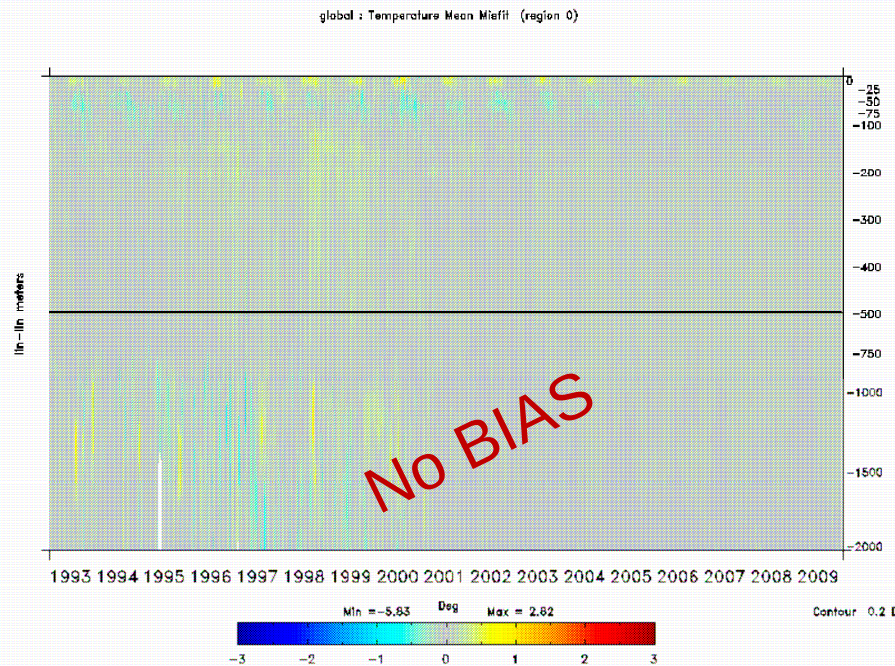
## 1. GLORYS2V1 : résultats

# RESUME REGRYS2V1 reanalysis : 1992-2009

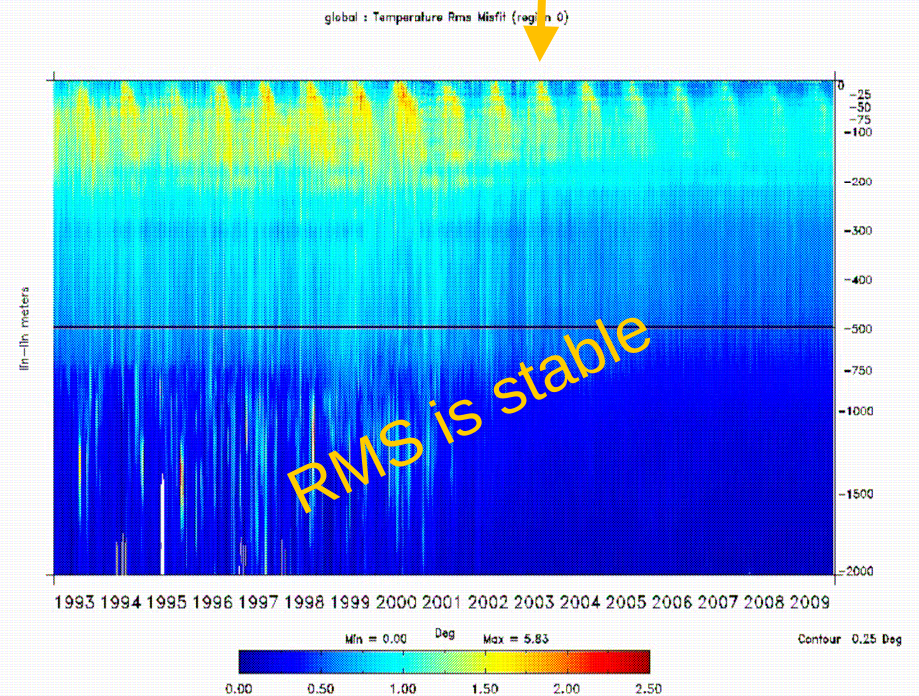


## Data assimilation diagnostics for T

### Global misfit average



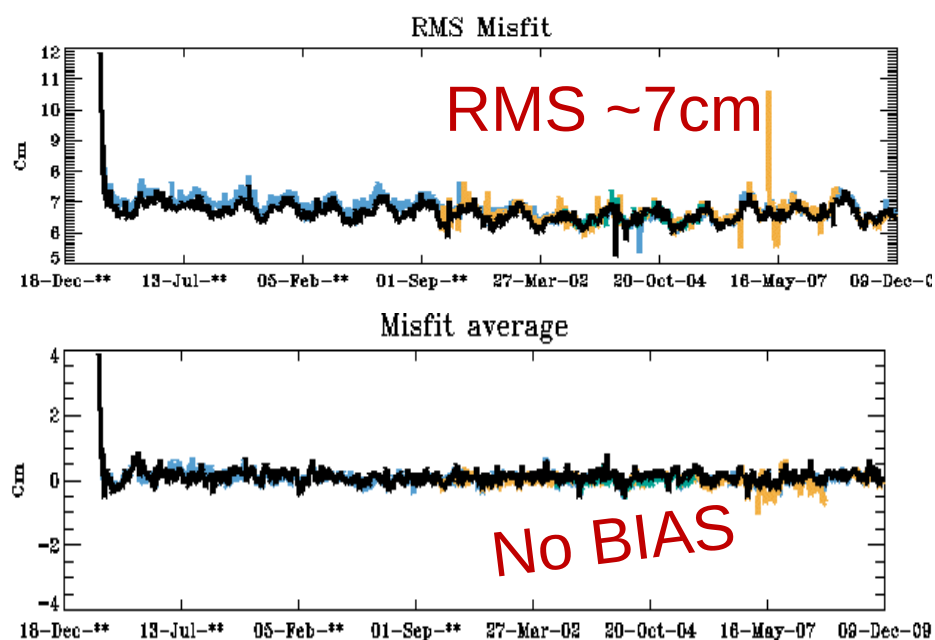
### Global misfit RMS



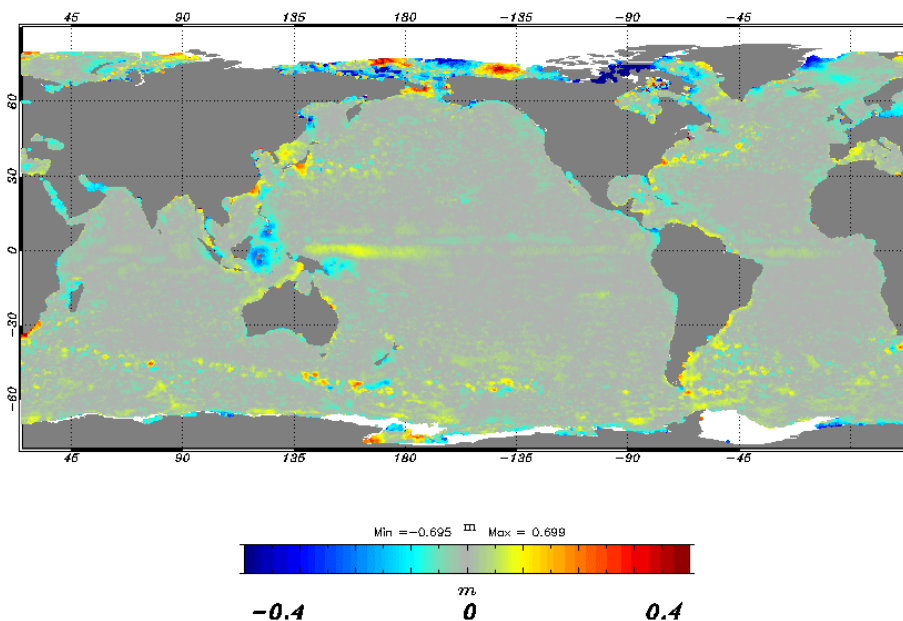
ARGO is  
getting in



## Data assimilation monitoring : SLA



*mean sea level innovation in 2008*



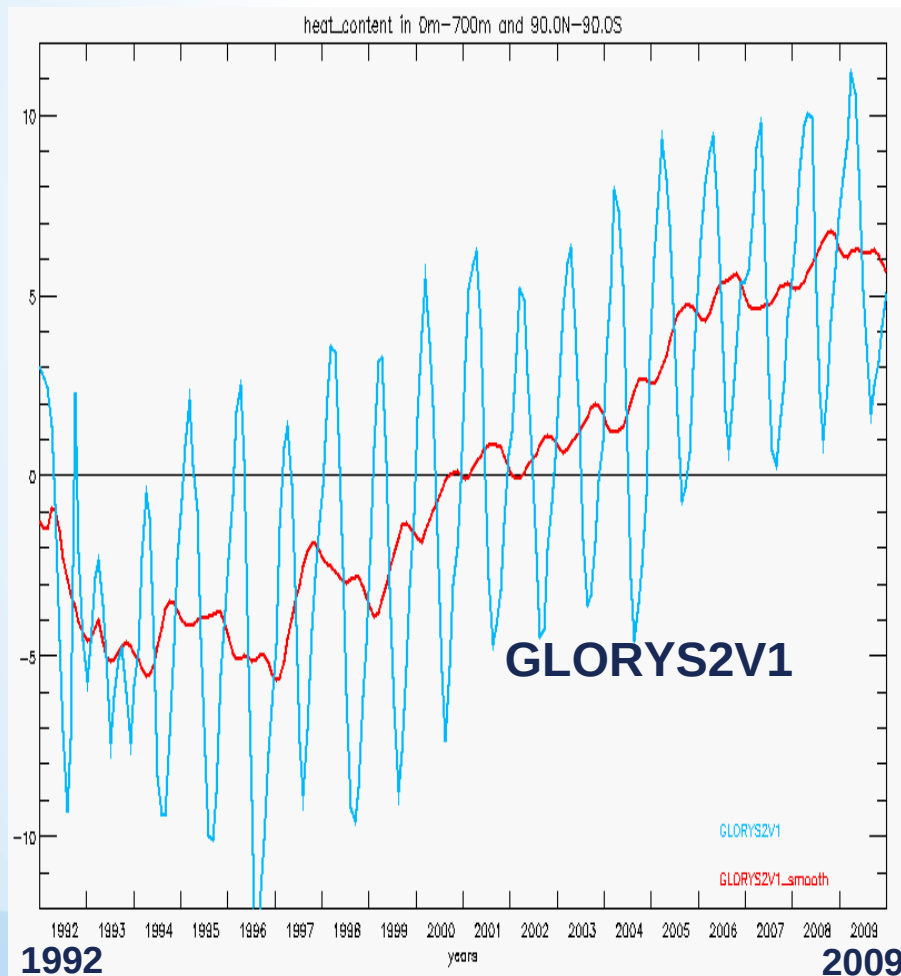
1992

# Results: GLORYS2V1 reanalysis : 1992-2009

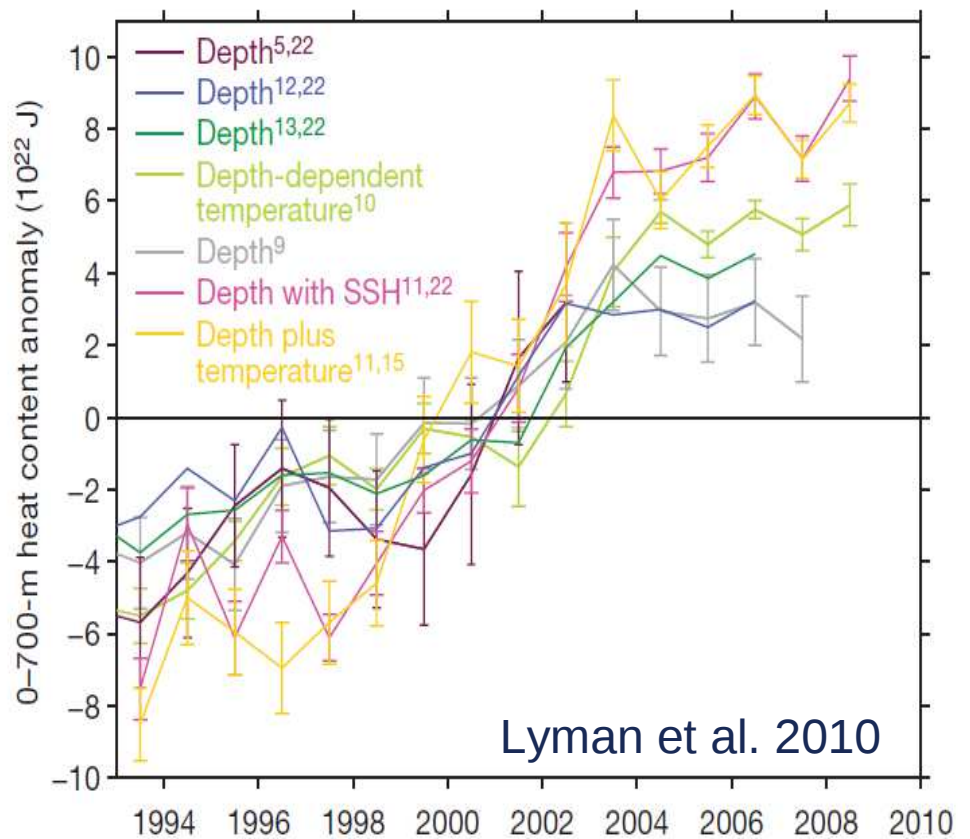
## SOMMAIRE

## Ocean Heat Content 0-700m

### GLORYS2V1 reanalysis



### Observations only

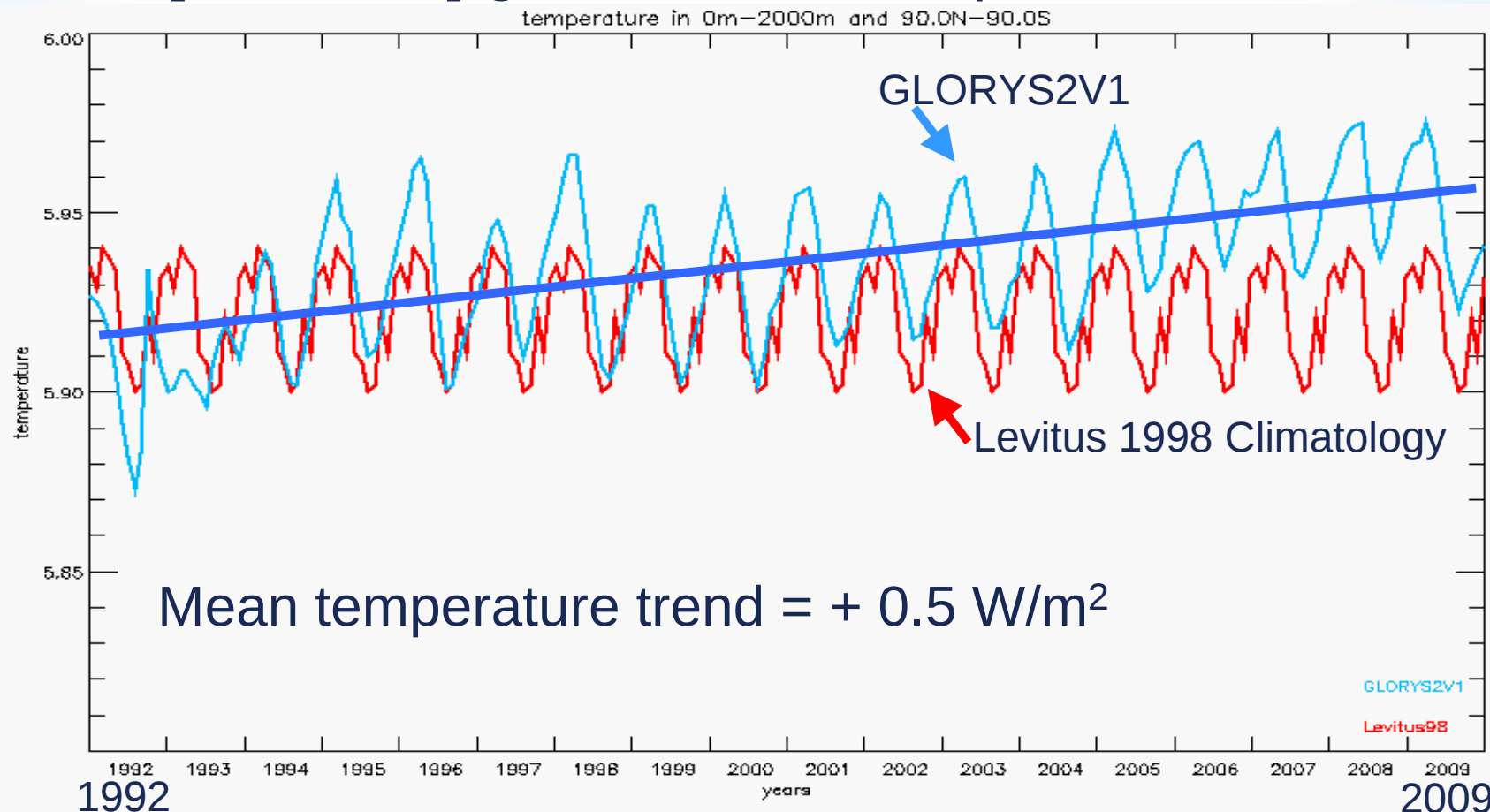


# Results: GLORYS2V1 reanalysis : 1992-2009

## SOMMAIRE

### Ocean global heat budget

## [0-2000m] global mean temperature



# Results: GLORYS2V1 reanalysis : 1992-2009

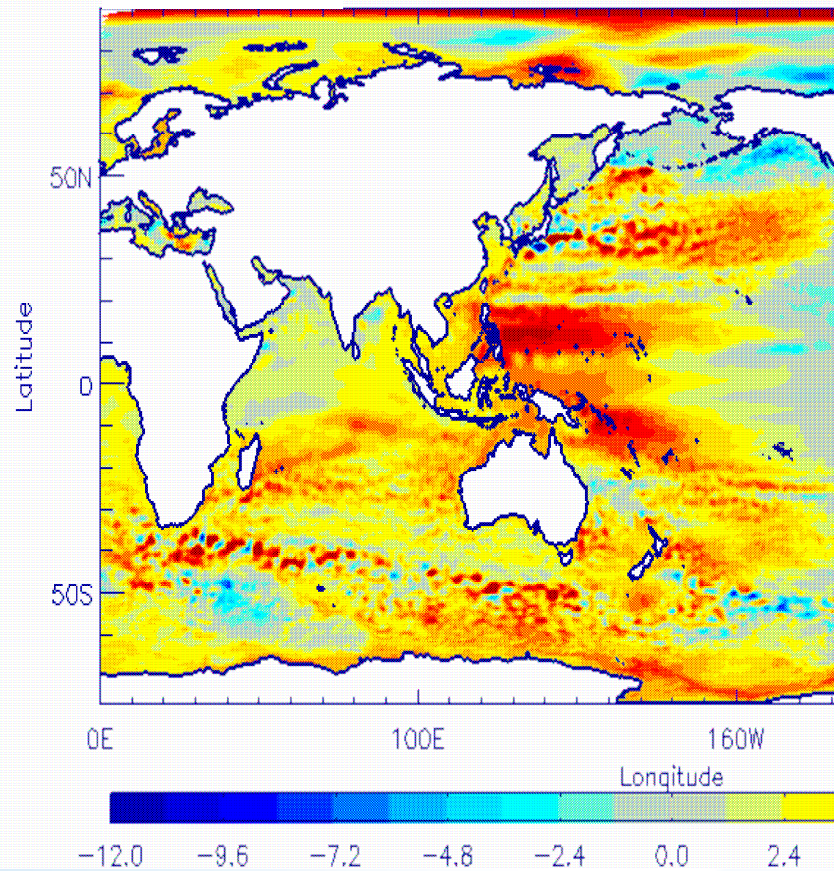
## SOMMAIRE



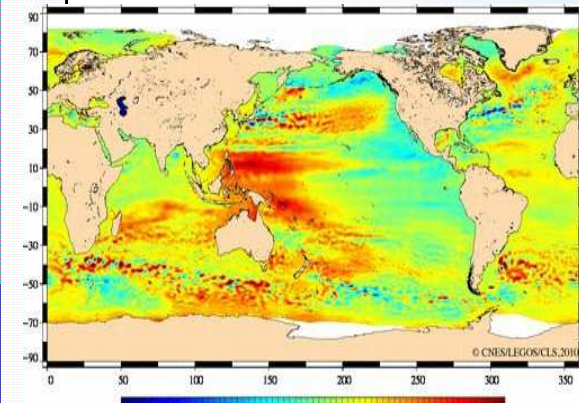
### Sea level rise

#### GLORYS

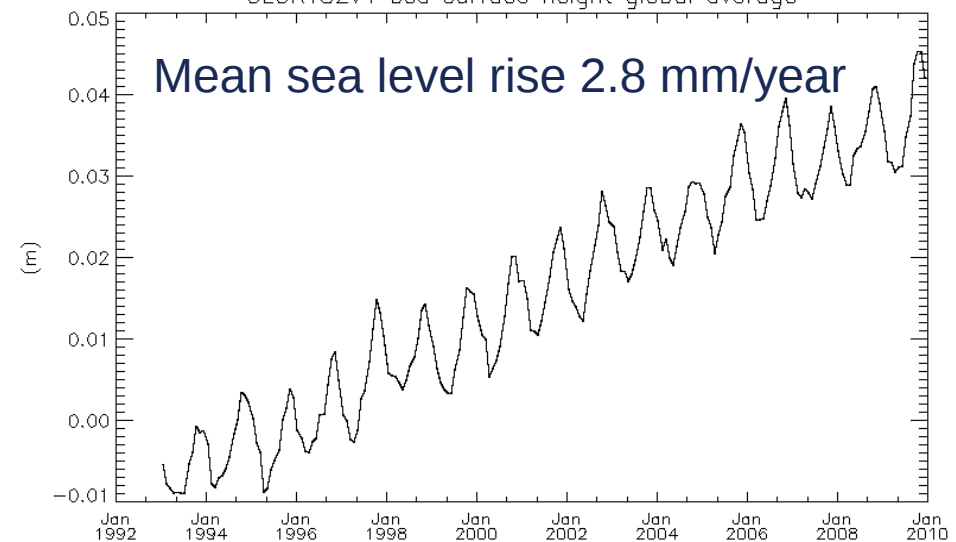
1993-2009 SSH Trend mm/Year



#### Obs. (Altimetry)



GLORYS2V1 sea surface height global average



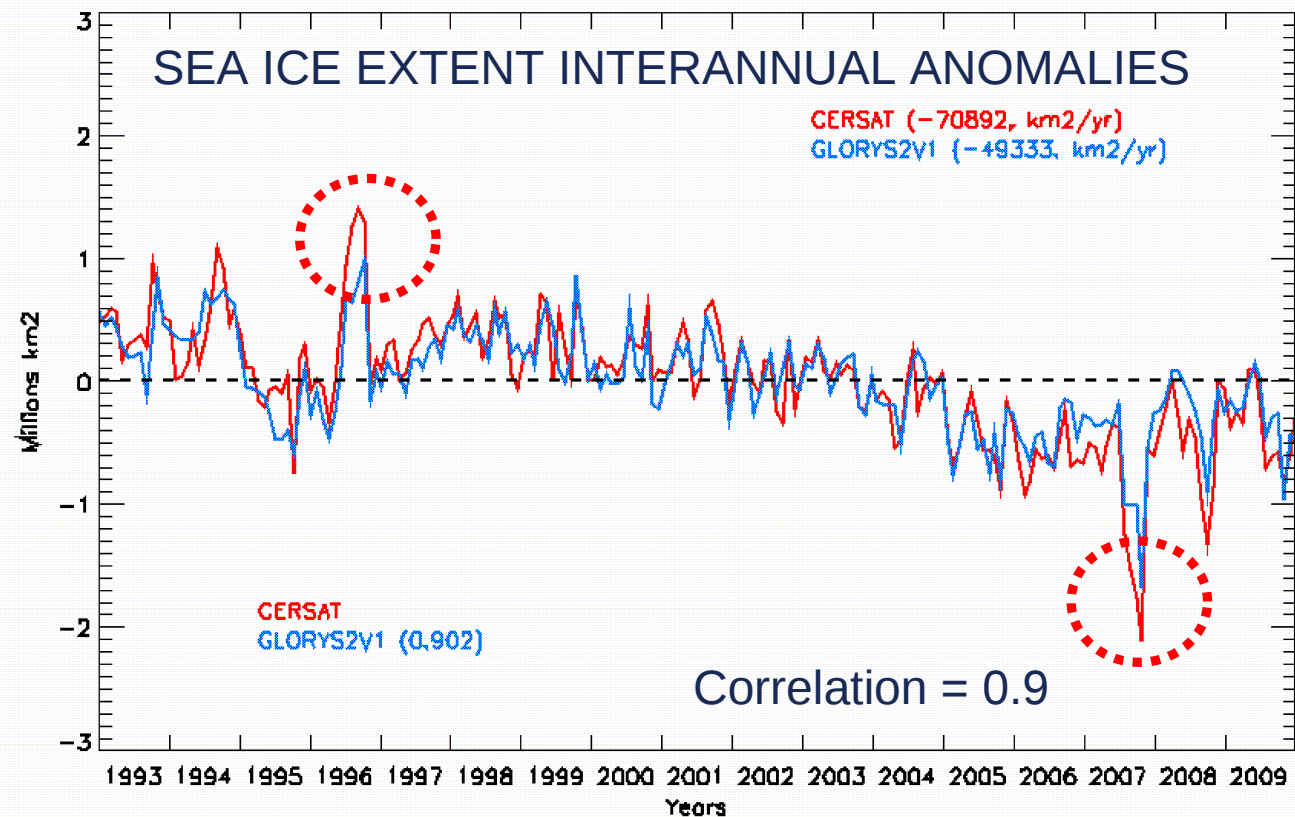
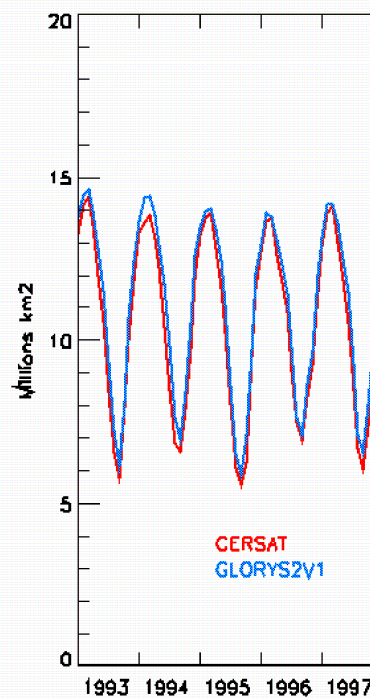
mean=  $1.578 \times 10^{-2}$  m  
trend=  $2.806 \times 10^{-3}$  m/year



# Results: GLORYS2V1 reanalysis : 1992-2009

## SOMMAIRE

### Arctic Sea Ice: Ice extent

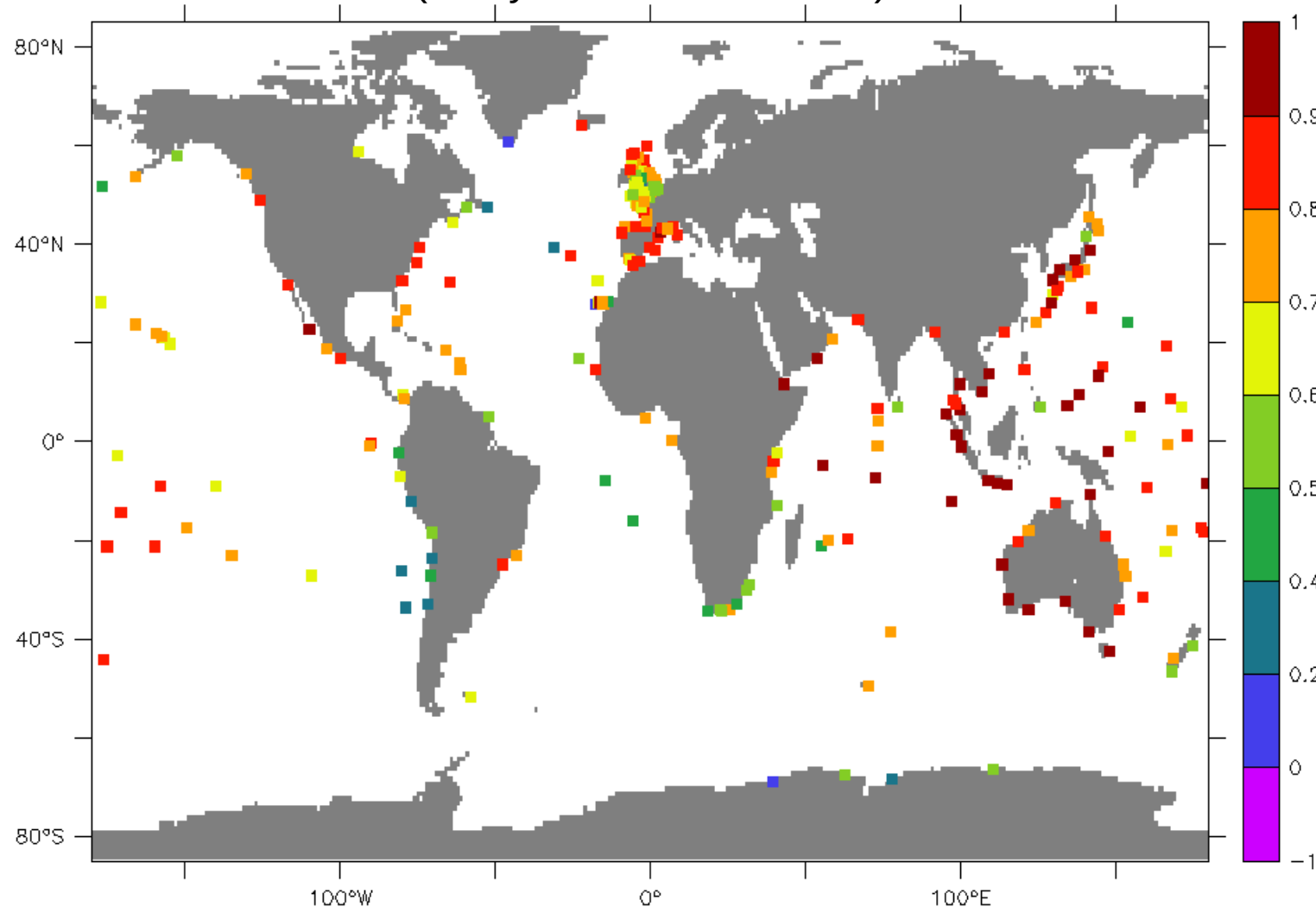


# VALIDATION: Comparison with independent data

## SOMMAIRE

Tide gauges (GLOSS, SONEL, BODC)

Correlation of time series (3 day means, collocated)



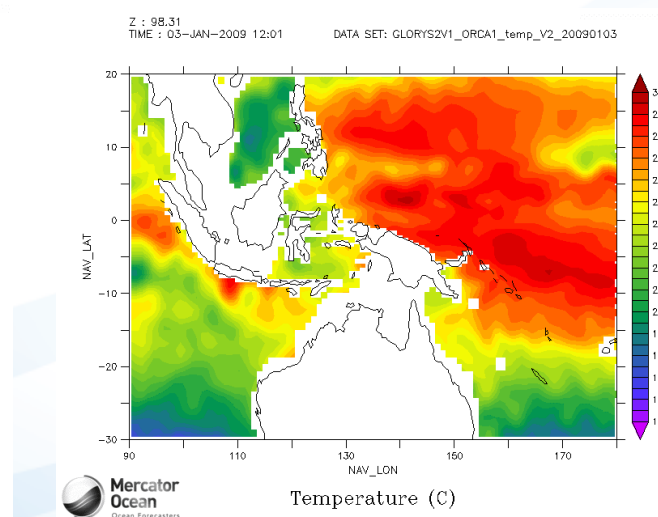
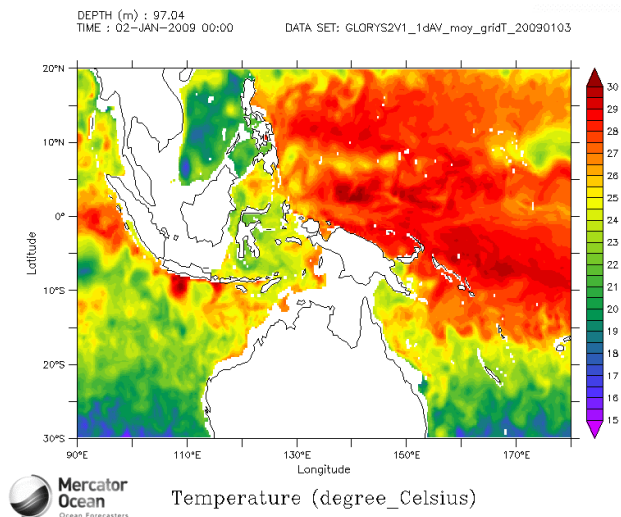
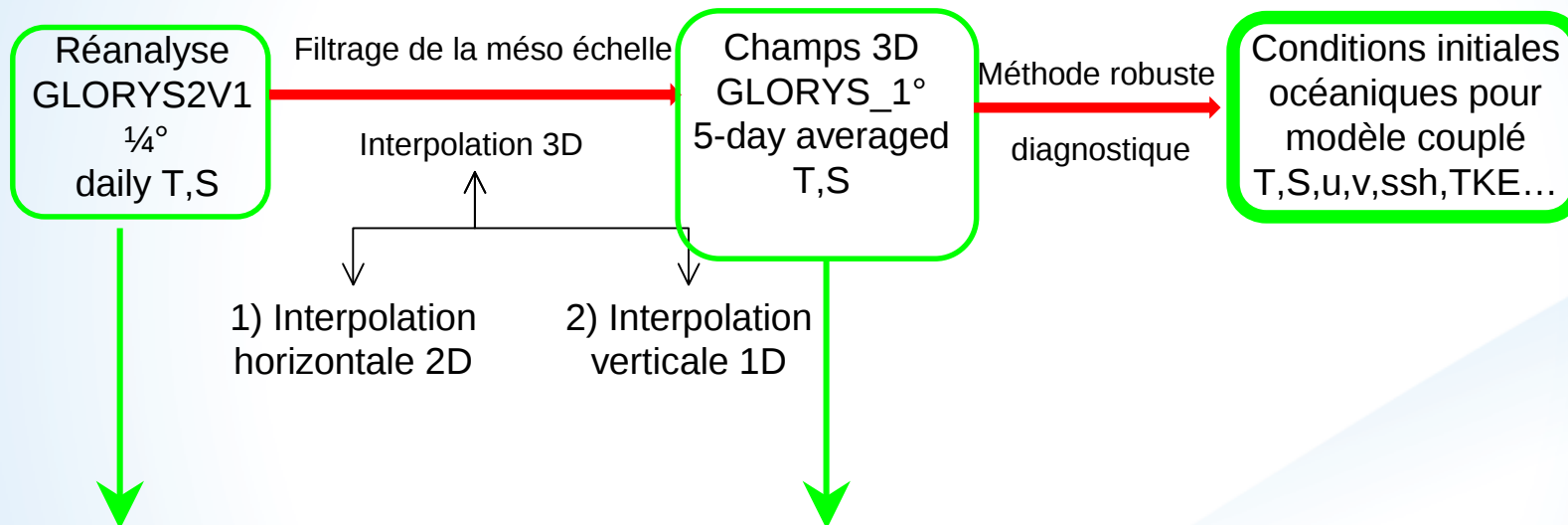
> 40 users, data volume provided > 16 TB

several research areas and application fields:

- Biogeochemical modelling (LSCE, Mercator)
- Ecosystem modeling (CLS/MEMMS)
- Sea Ice (LPO, Mercator)
- TIWs (LEGOS)
- pCO<sub>2</sub> (NIES Japan, Bjerknes CCR)
- Ocean circulation estimation and validation (CLS, SHOM)
- Ocean Thermal Energy Conversion (EDF, Mercator)
- Boundary / Initial conditions for regional modeling (CNRM, Infocean)
- I.C. for seasonal forecasting
- Mean Dynamic Topography inter comparisons (CLS, China)
- MOC, MHT (RSMAS, UFRPE, CLS, Mercator)
- South Atlantic circulation (NOAA)
- Climate indexes, trends (IMEDEA, Spain)
- Global ocean Mass budget (EOST/IPGS, NASA/GSFC)
- object / animal drift (CLS, LPO, U. Texas, U. Hawaii)
- Hurricane (LEGI, CERSAT)
- ...

## **2. Méthode de construction de C.I. océan-glace équilibrées pour la prévision saisonnière à décennale à partir de GLORYS2V1**

# Génération de conditions initiales océanique à basse résolution à partir de GLORYS 1/4 °



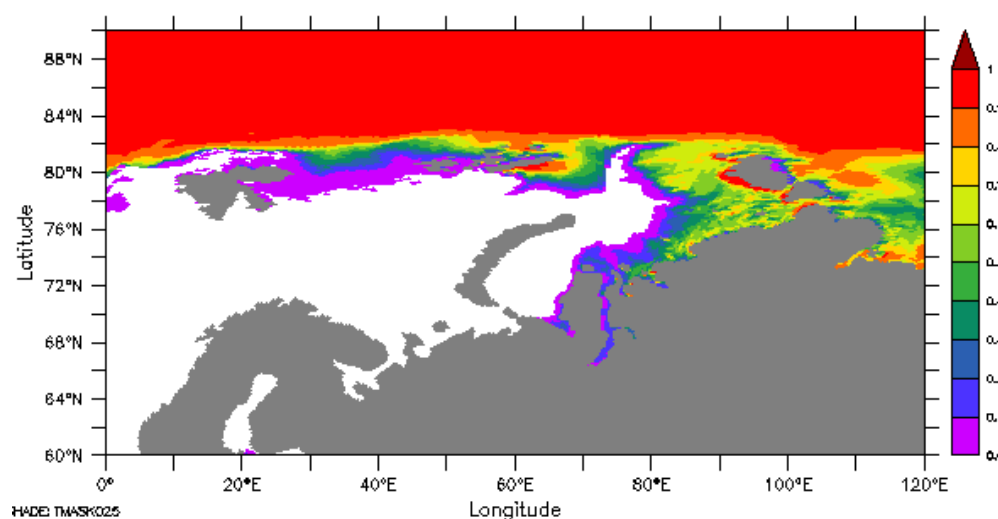
# Génération de conditions initiales de glace à basse résolution à partir de GLORYS 1/4 °

Réanalyse GLORYS2V1  
1/4° daily  
Conc., H\_ice, H\_snow,  
Temp\_ice

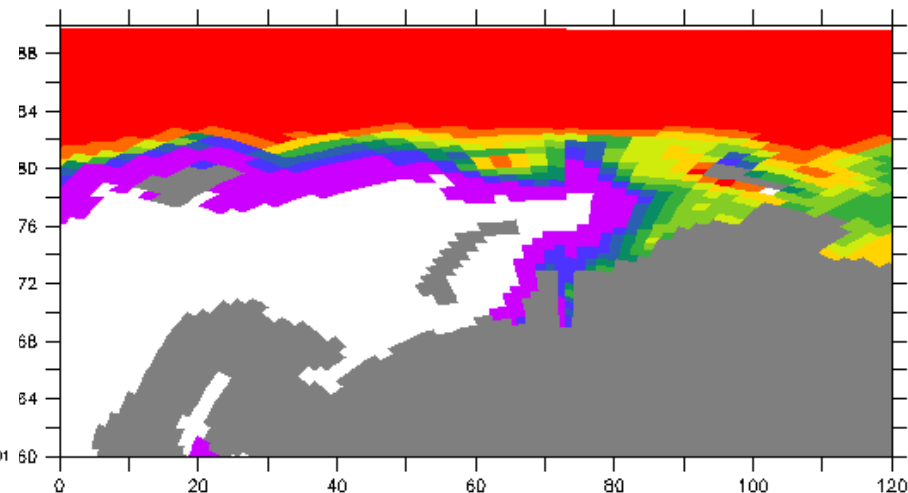
Filtrage des petites échelle

Interpolation 2D

Condition initiale GLORYS\_1°  
Daily  
Conc., H\_ice, H\_snow, Temp\_ice  
Other variables=0



Ice Concentration GLORYS2V1 1/4°



Ice Concentration GLORYS2V1 1/4°

# Technique « robust diagnostic »

→ Contrôle de la trajectoire 4D de l'océan

- Rappel vers le **champ de masse total** (T, S) GLORYS\_1°

Nudging sur T et S :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \dots - \gamma \times (T^{\text{modèle}} - T^{\text{GLORYS}_1^\circ})$$

→ proche de GLORYS2V1

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \dots - \gamma \times (S^{\text{modèle}} - S^{\text{GLORYS}_1^\circ})$$

- Rappel vers les **anomalies du champ de masse** (T', S') GLORYS\_1°

Anomalie du champ de masse = différence entre le champ de masse et sa climatologie:

$$T' = T - T^{\text{CLIM}}, S' = S - S^{\text{CLIM}}$$

BESOIN d'une CLIMATOLOGIE d'un run de contrôle

Nudging sur T' et S' :

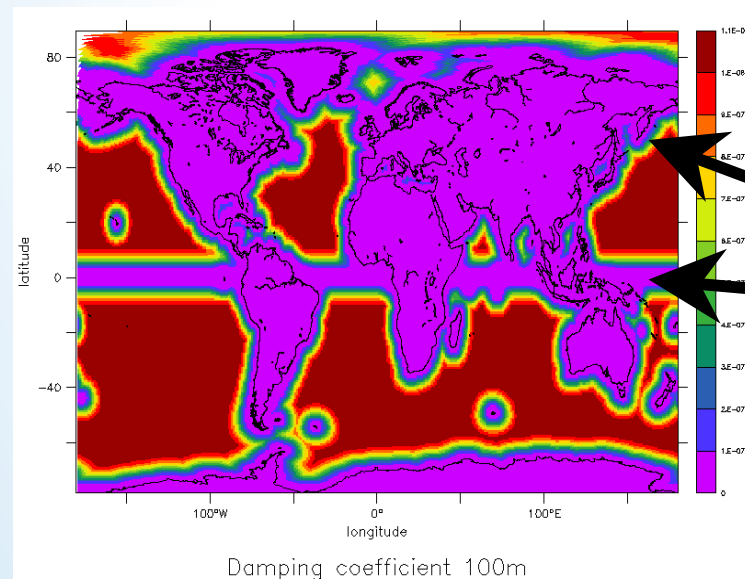
$$\frac{\partial T'}{\partial t} = \dots - \gamma \times (T'^{\text{modèle}} - T'^{\text{GLORYS}_1^\circ})$$

→ proche de l'attracteur  
du modèle

$$\frac{\partial S'}{\partial t} = \dots - \gamma \times (S'^{\text{modèle}} - S'^{\text{GLORYS}_1^\circ})$$

## Robust diagnostic : rappel 4D (x,y,z,t)

- ❖ Couche de mélange :  $\gamma=0$
- ❖ Eaux intermédiaires :  $\gamma= 5 \text{ jours}^{-1}$
- ❖ Eaux profondes (plus de 800m) :  $\gamma= 360 \text{ jours}^{-1}$

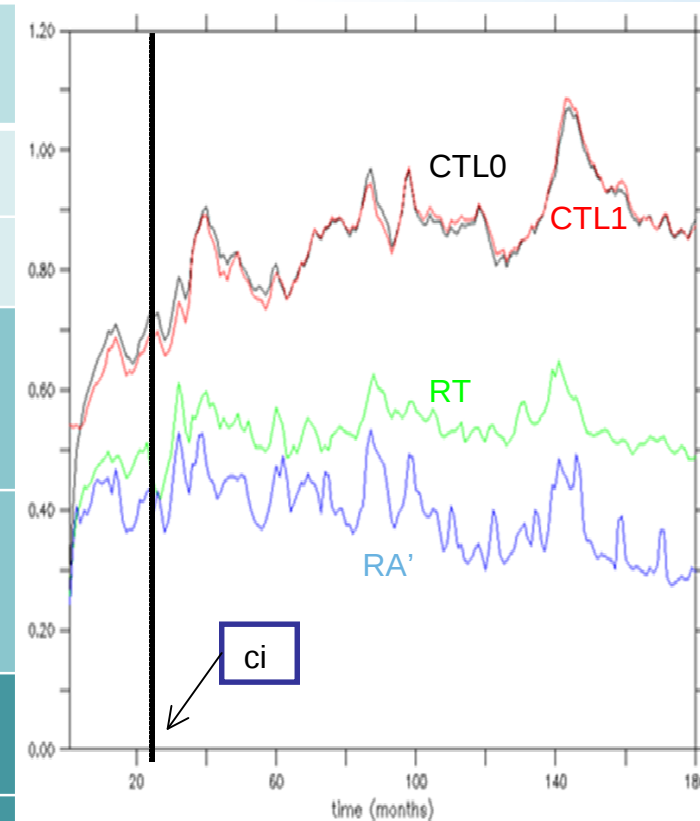


**$\gamma=0$  : à l'équateur (bande 1°S-1°N)  
: près des côtes (1000km)**

**Rappel fort vers la SST ERA-Interim en surface**

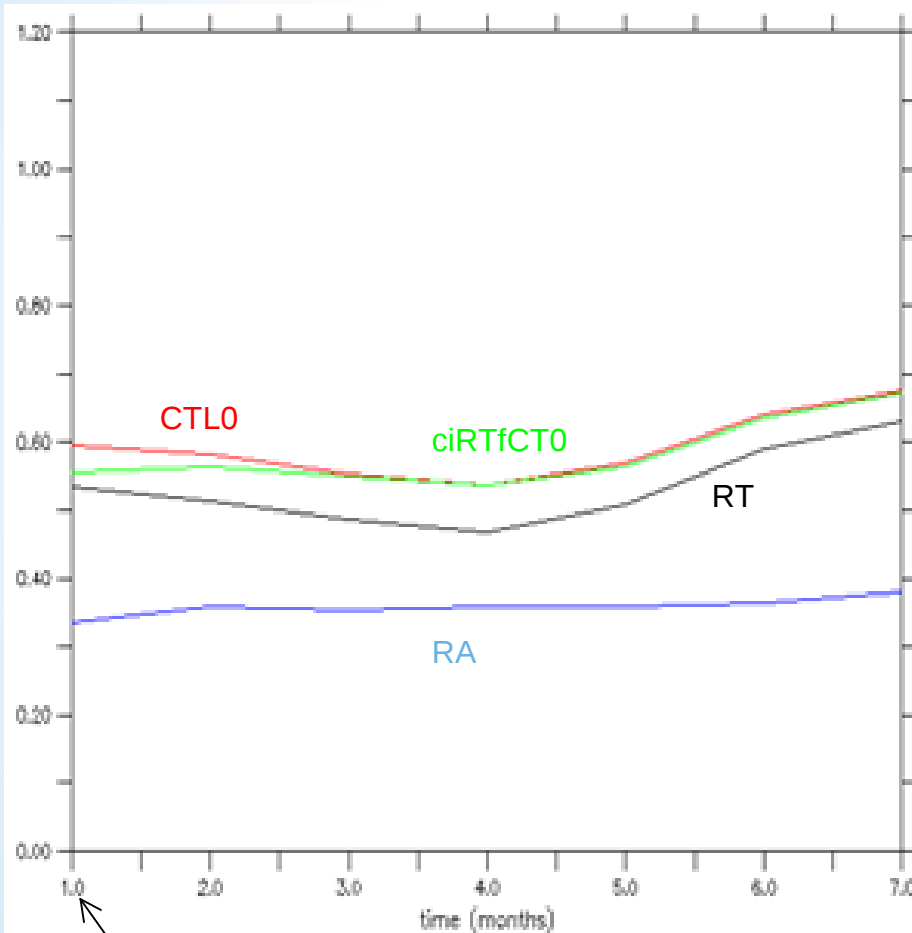
# Description des simulations

| Nom de l'expérience | Initialisation                      | Forçage(s)                                                                      | période                       |
|---------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| CTL0                | Climatologie Levitus                | -                                                                               | 1993-2009                     |
| CTL1                | Climatologie Levitus                | Rappel vers la SST fort                                                         | 1993-2009                     |
| RT                  | Climatologie Levitus                | Rappel vers la SST fort + Rappel vers le champ totale de la réanalyse Glorys 1° | 1993-2009                     |
| RA                  | Climatologie Levitus                | Rappel vers la SST fort + Rappel vers les anomalies de la réanalyse Glorys 1°   | 1993-2009                     |
| ciRTfCT0            | Restart à partir de l'expérience RT | Identique à CTL0                                                                | Janvier 1995-<br>Juillet 1995 |
| ciRTfCT1            | Restart à partir de l'expérience RT | Identique à CTL1                                                                | Janvier 1995-<br>Juillet 1995 |
| ciRAfCT0            | Restart à partir de l'expérience RA | Identique à CTL0                                                                | Janvier 1995-<br>Juillet 1995 |
| ciRAfCT1            | Restart à partir de l'expérience RA | Identique à CTL1                                                                | Janvier 1995-<br>Juillet 1995 |



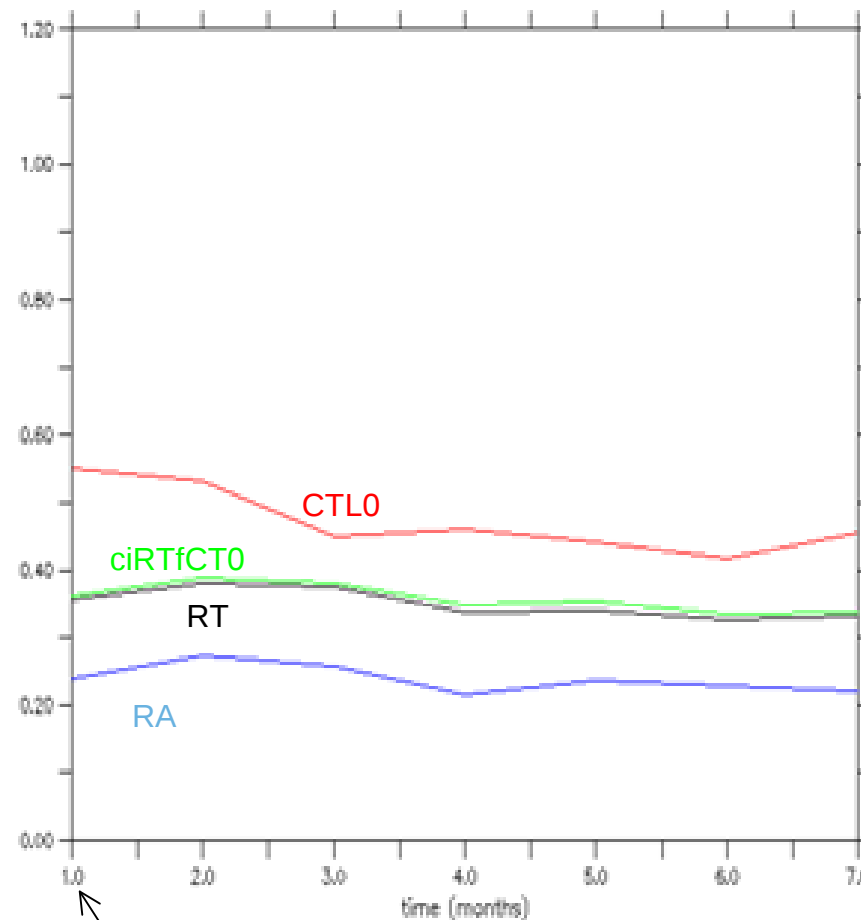
RMS de la différence de la température avec GLORYS1° à 100m, 1993 – 2007 , 20S/20N

# Résultats: runs forcés choc de redémarrage



01/1995

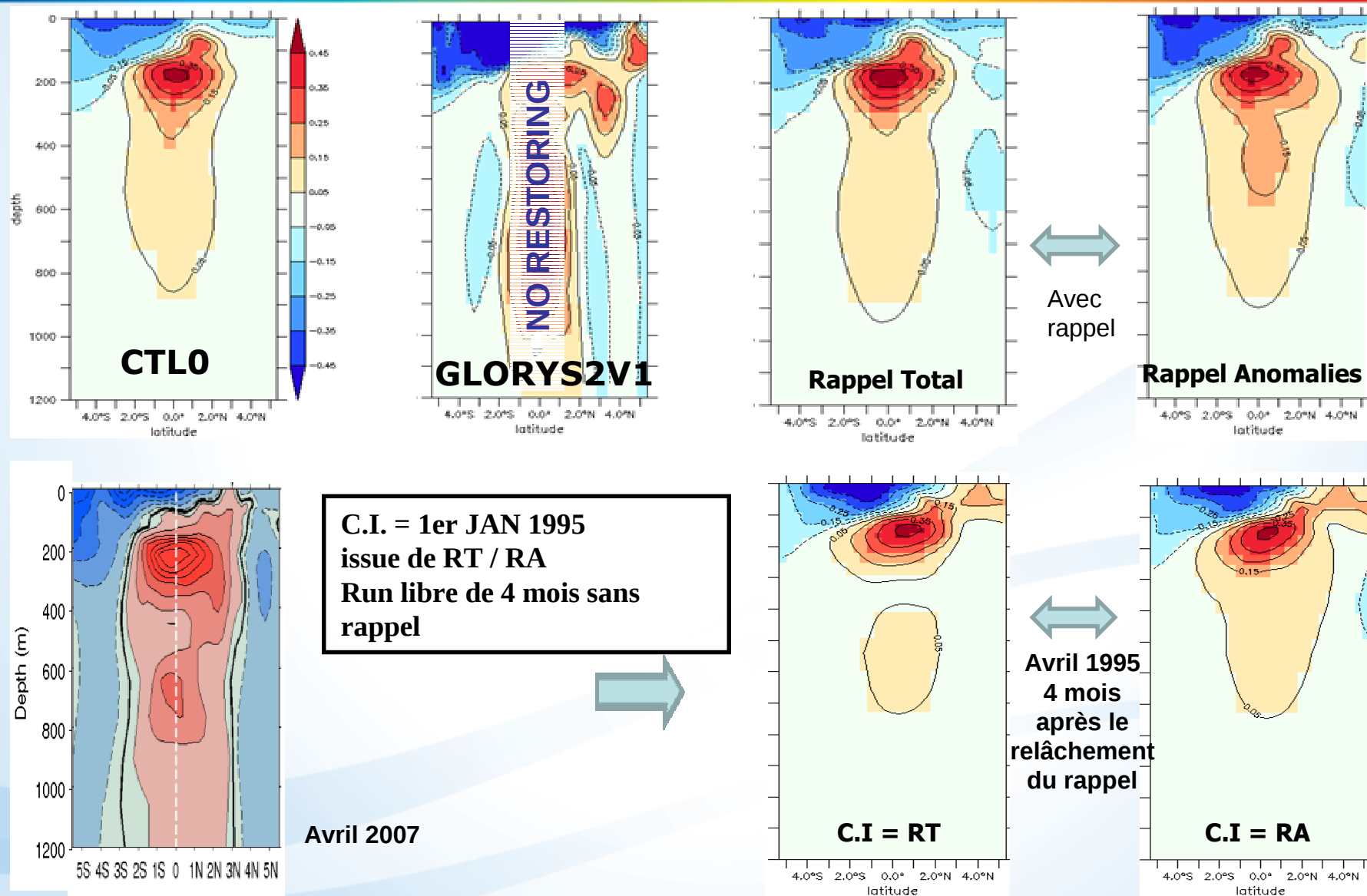
RMS de la différence de  
température avec  
GLORYS1° à 100m  
50S/50N



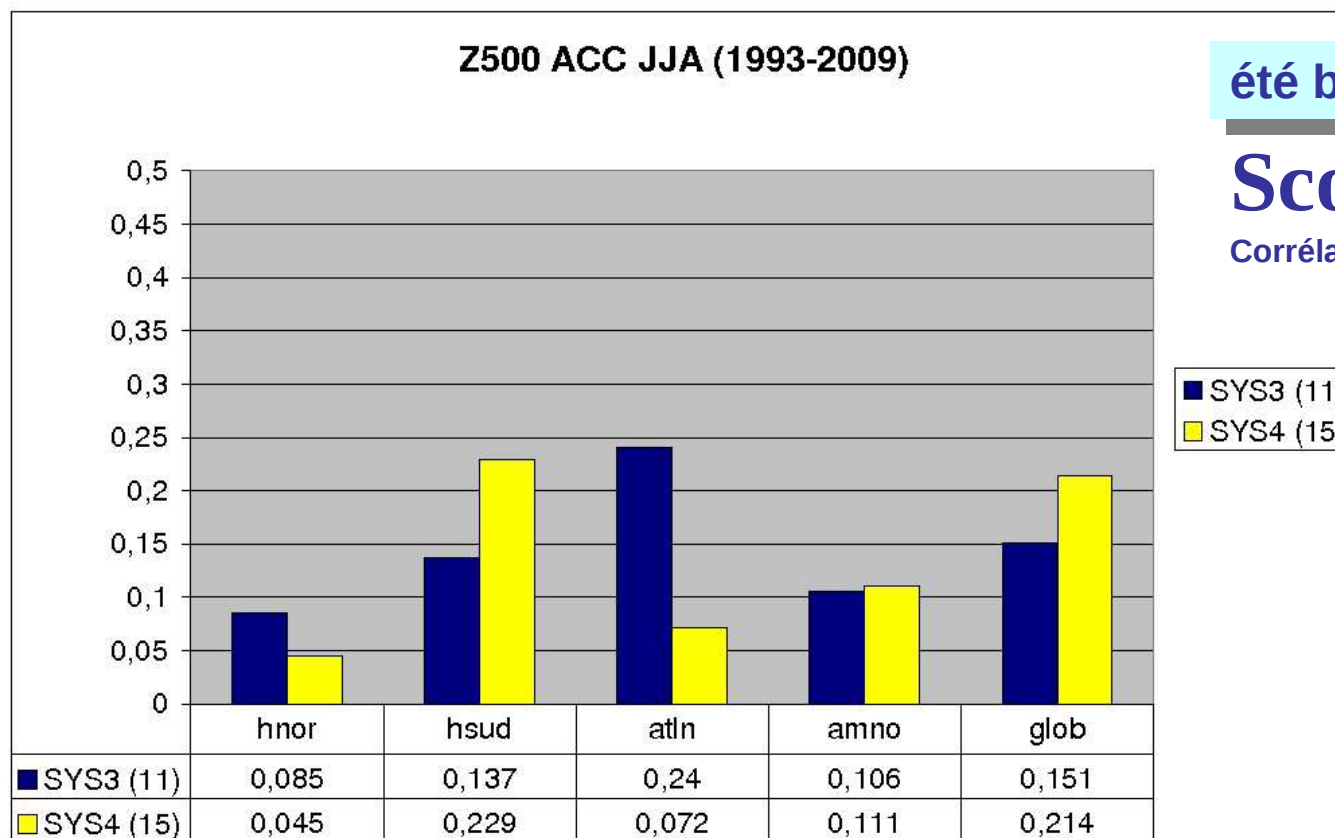
01/1995

RMS de la différence de  
température avec  
GLORYS1° à 100m  
20S/20N

# VALIDATION : Courants zonaux Avril 1995 section à EQ@165W



# APPLICATION: C.I. pour le système 4 de prévision couplée de Météo France



été boréal

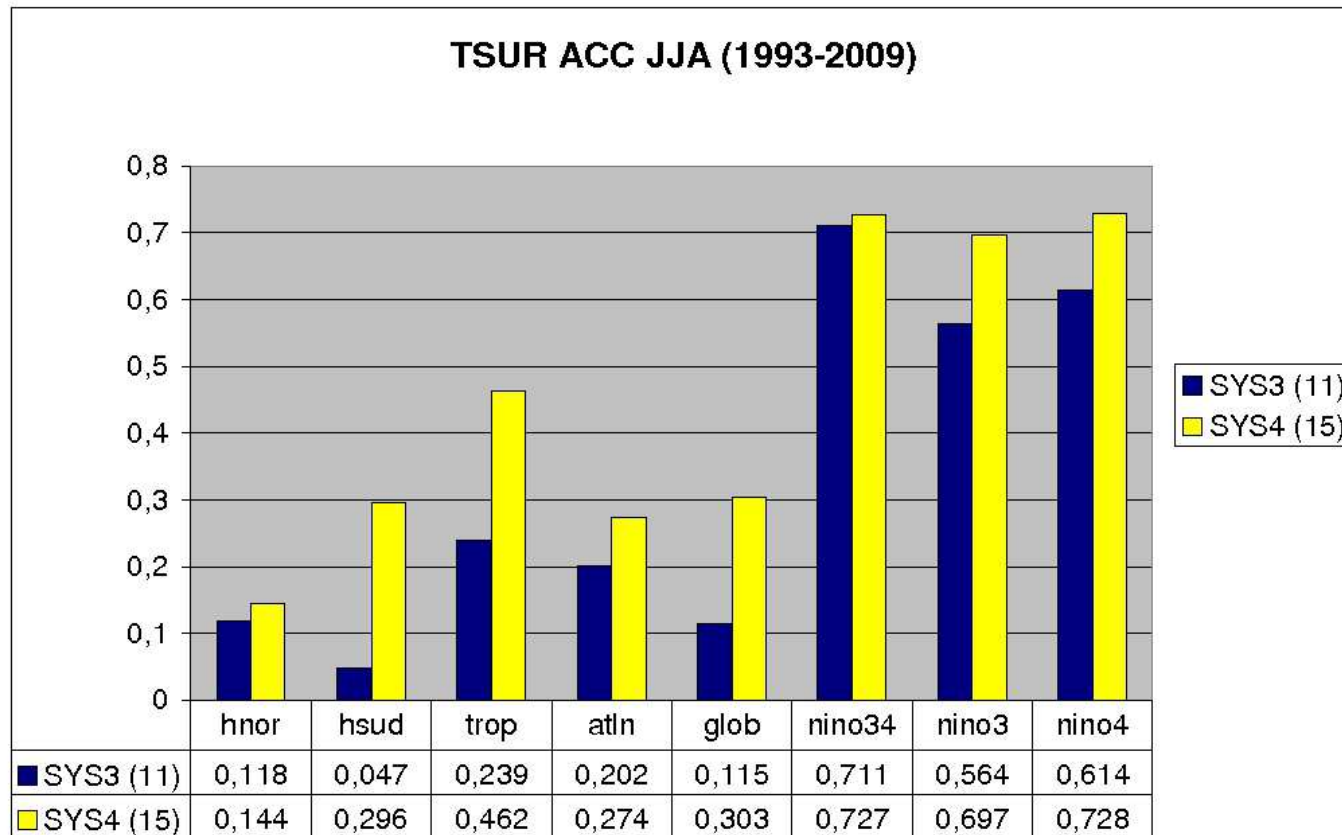
## Scores

Corrélations d'anomalies

Géopotentiel 500 hPa

J-P Piédelièvre, CNRM-GAME/EAC

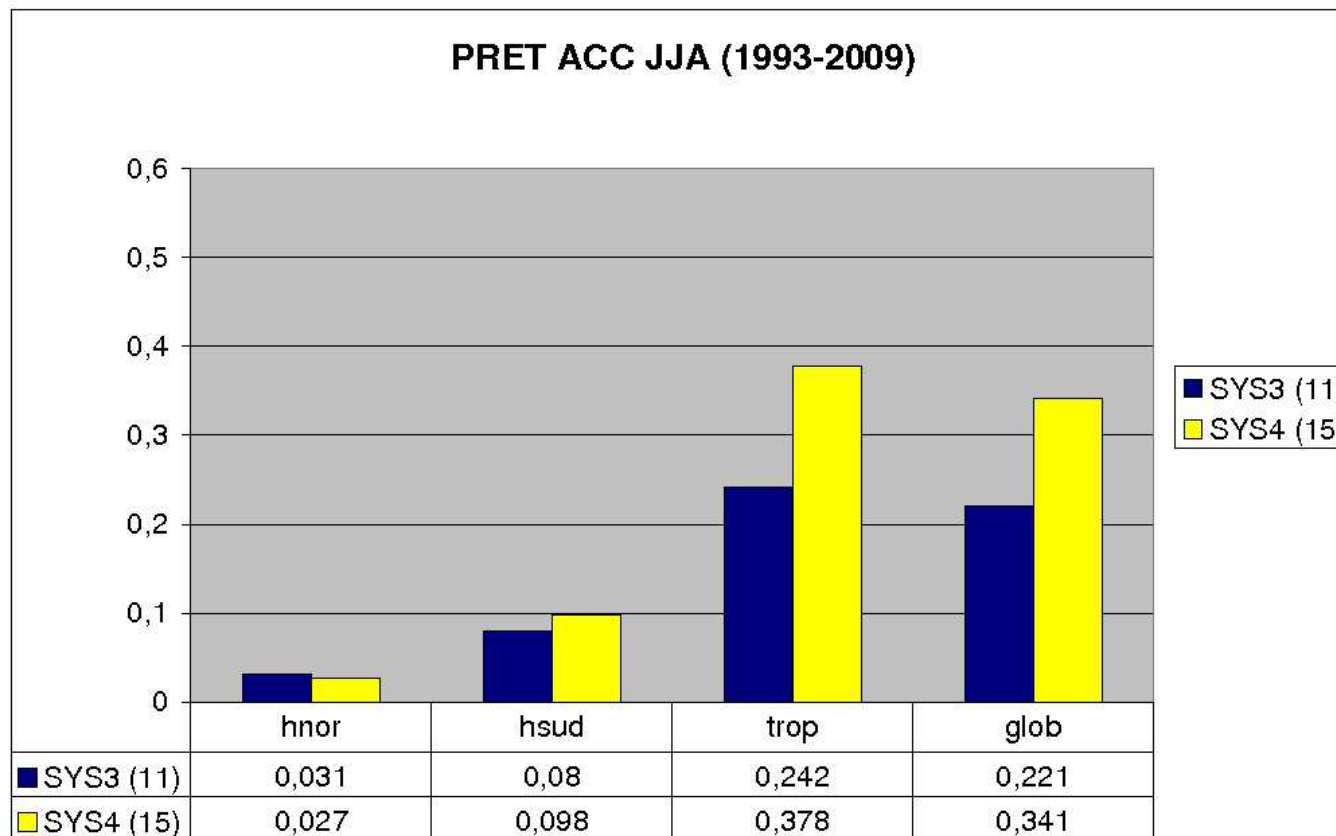
# APPLICATION: C.I. pour le système 4 de prévision couplée de Météo France



Température de surface

J-P Piédelièvre, CNRM-GAME/EAC

# APPLICATION: C.I. pour le système 4 de prévision couplée de Météo France



Précipitations totales

## Conclusions & Perspectives

# Conclusions

- Réanalyse GLORYS2V1 disponible sur la période 1992-2009, incluant l'information de la méso-échelle (1/4°)
- Réanalyse évaluée et validée, résultats très satisfaisants.
- 17 ans de conditions initiales océaniques ORCA1 produites (incluant l'information de GLORYS2V1) qui sont équilibrées
- 2 jeux de données de conditions initiales disponibles:
  - Avec rappel total → proche des observations
  - Avec rappel vers les anomalies → proche de l'attracteur du modèle
- **En mode forcé:**
  - Conditions initiales avec RT ou RA améliorées par rapport à un run de contrôle
  - Pas de choc de redémarrage notable
- **En couplé: C.I.s avec rappel d'anomalies utilisées par le système 4 de prévision saisonnière de Météo France (opérationnel mi 2012)**

## SOMMAIRE : Perspectives :

- Continuer de collaborer avec la communauté prévision couplée
- Étendre la réanalyse GLORYS2V1 dans le passé (1979→présent)
- Assimilation de la glace de mer (concentration et vitesse)
- Amélioration des forçages (runoffs, correction de variables / flux atmosphériques)
- Assimilation de nouvelles données (Tide gauges, SSS from SMOS, Aquarius, mass field from GRACE)
- Faisabilité de réanalyses à très haute résolution ( $1/12^\circ$ ).