



## Programme Mouton. Etat d'avancement et perspectives

*Pichon A.(CMO/BREST), Baraille R. , Morel Y. (CMO/TOULOUSE)*

### Etat d'avancement du projet MOUTON (Modélisation d'un Théâtre d'Opérations Navales)

- Résultats HYCOM3D sur la zone Manche Gascogne : forçages atmosphériques et de marée réalistes ; ensemble des processus thermodynamiques
- Résultats HYCOM3D en mode adiabatique avec forçage de marée dans le Golfe de Gascogne

### Prospectives

**Rappel des objectifs du programme: modélisation océanique très haute résolution (1km\*1km) d'une partie de l'Atlantique Nord-Est.**

**Zone prévue : de 32N à 51N et de 15W à la côte en incluant l'ensemble de la Manche.**

**Processus: Les différentes échelles spatiales et temporelles couvrant la dynamique grande échelle, la dynamique méso échelle (tourbillons, fronts), la dynamique de marée et la variabilité à moyen terme de la couche de mélange doivent être représentées.**

**Premiers résultats HYCOM3D avec forçages atmosphériques et de marée réalistes sur l'année 2004: zone Manche Gascogne**

**Résolution spatiale ~2km(720X471x32)**

**Forçage de marée : 4 ondes semi-diurnes**

**Forçages atmosphériques : flux Arpège à 0.5°**

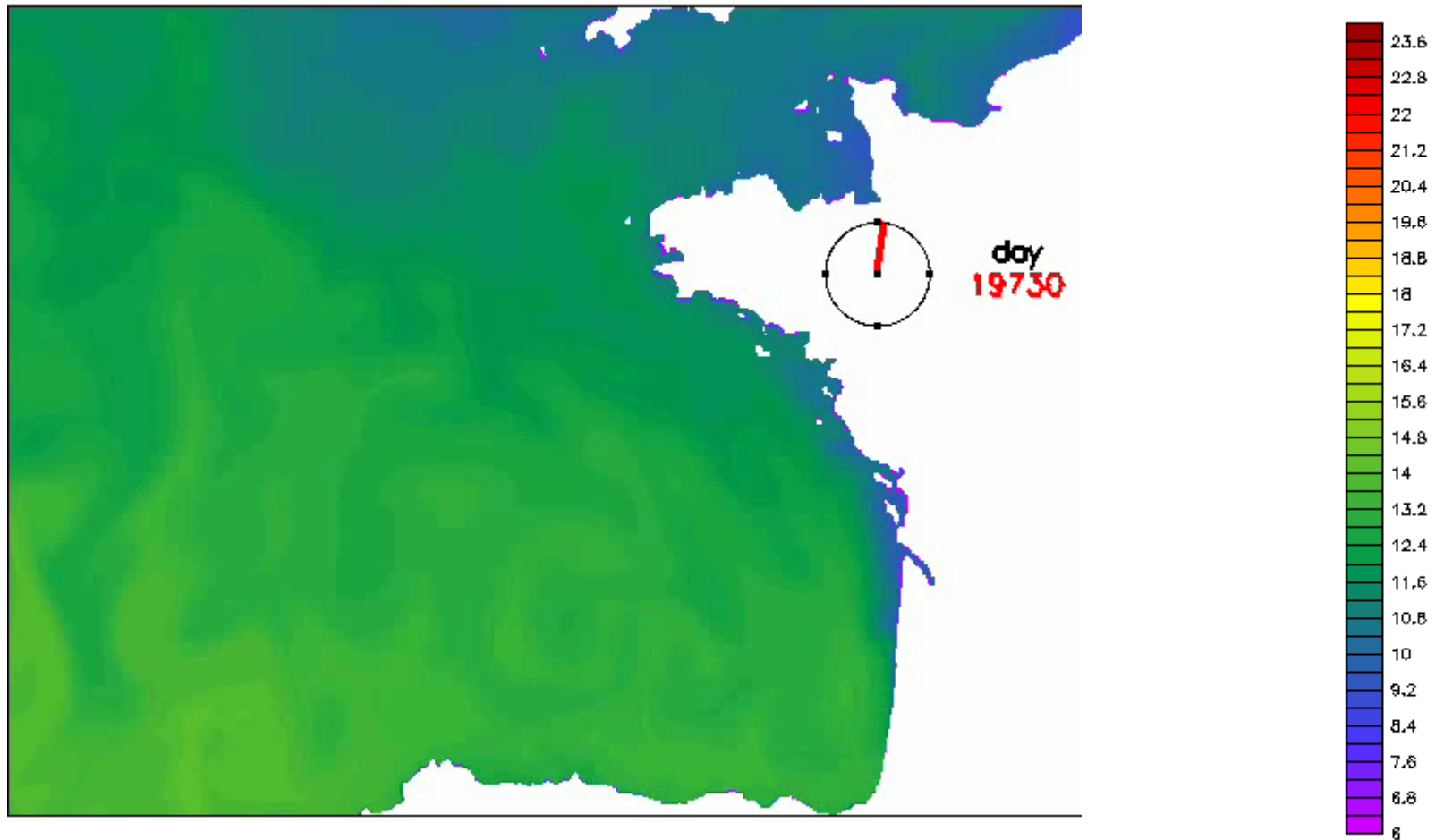
**Conditions initiales : Champ de densité 3D Mercator au 01/01/2004**

**Relaxation aux frontières ouvertes vers un champ Mercator (7 jours) sans marée**

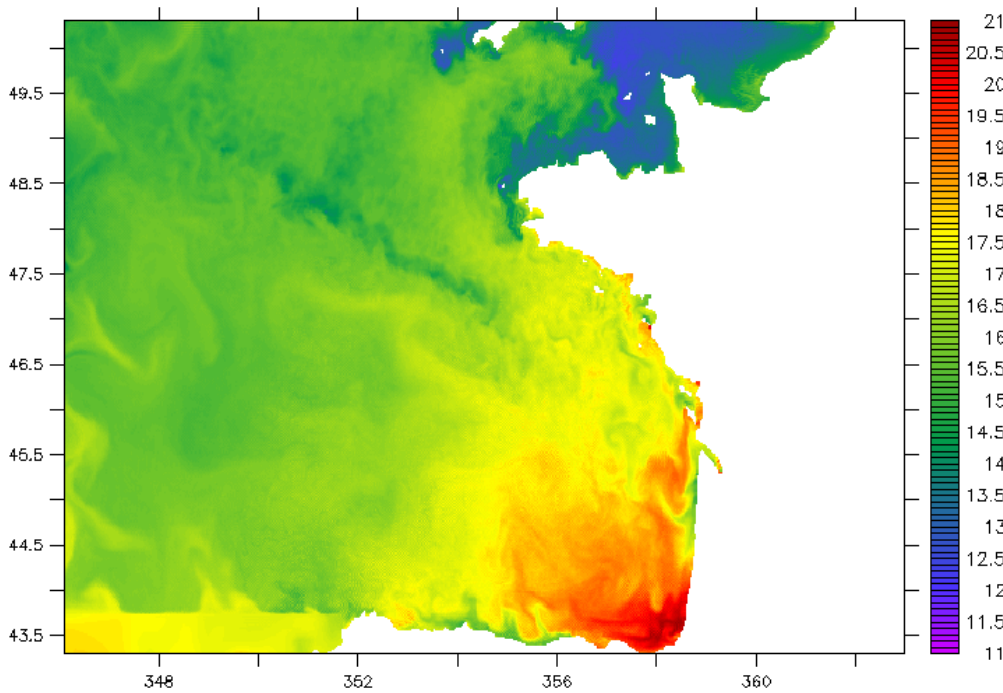
**→ marée barocline amortie aux limites par la couche de relaxation**

**Introduction des débit fluviaux pour les principaux fleuves.**

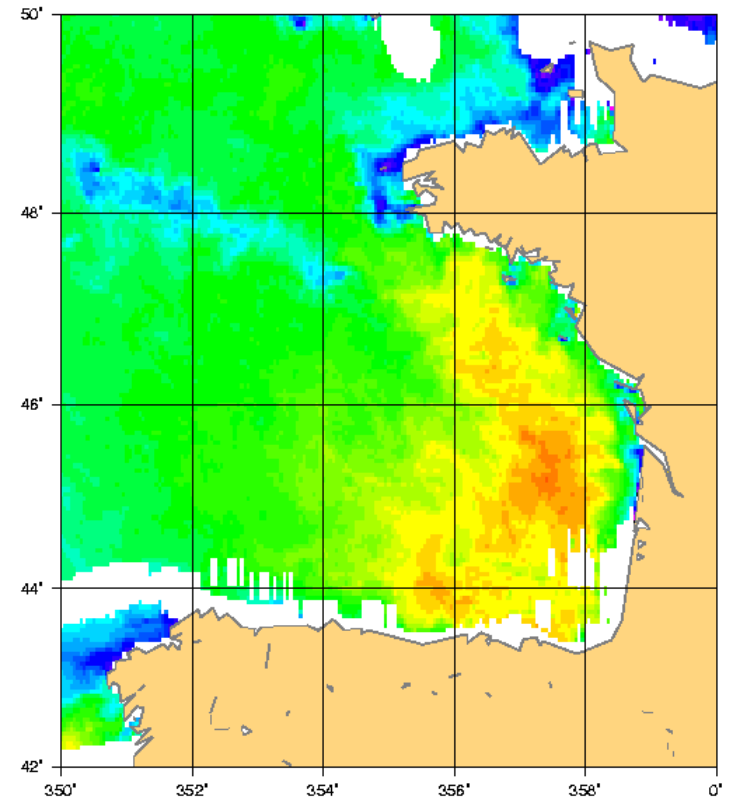
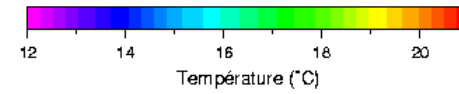
## Modélisation HYCOM année 2004



## Modélisation HYCOM année 2004

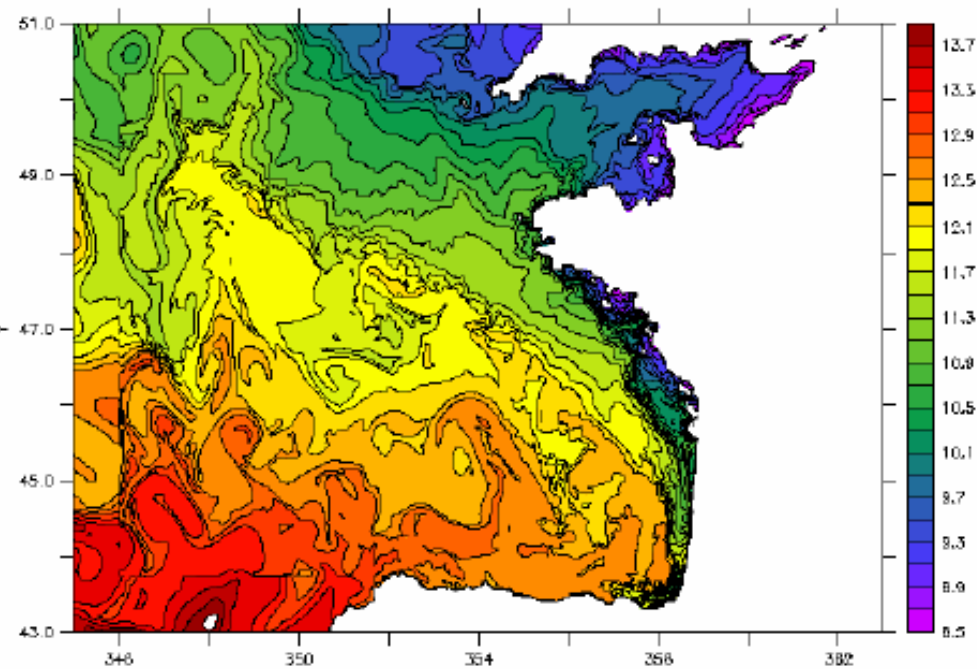


Température de surface modélisée le  
08 Juin 2004.

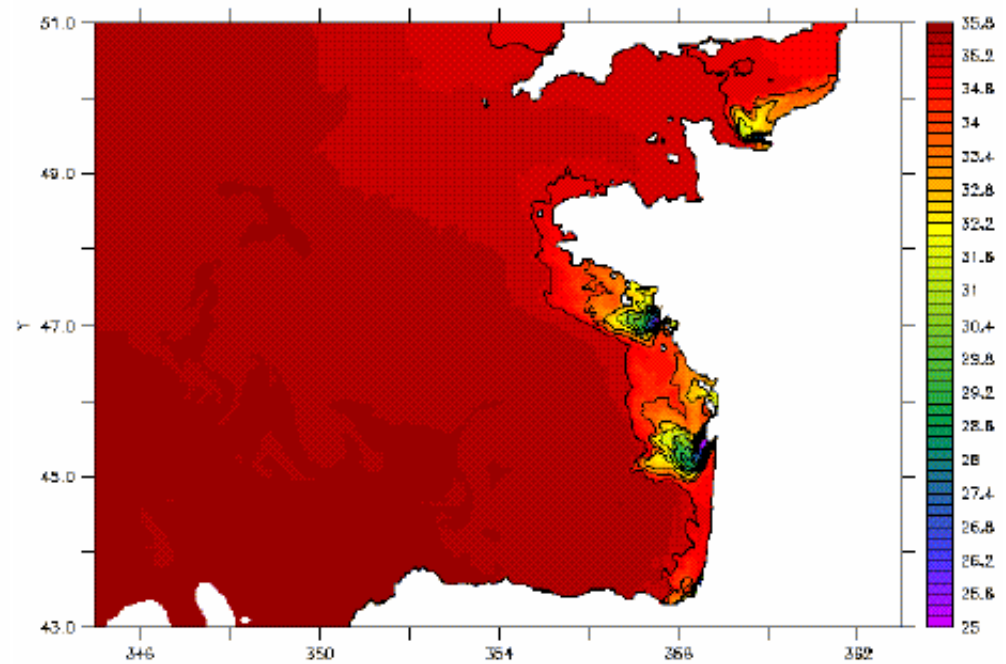


Température de surface mesurée le  
16 Juin 2004 par AVHRR

## Modélisation HYCOM année 2004

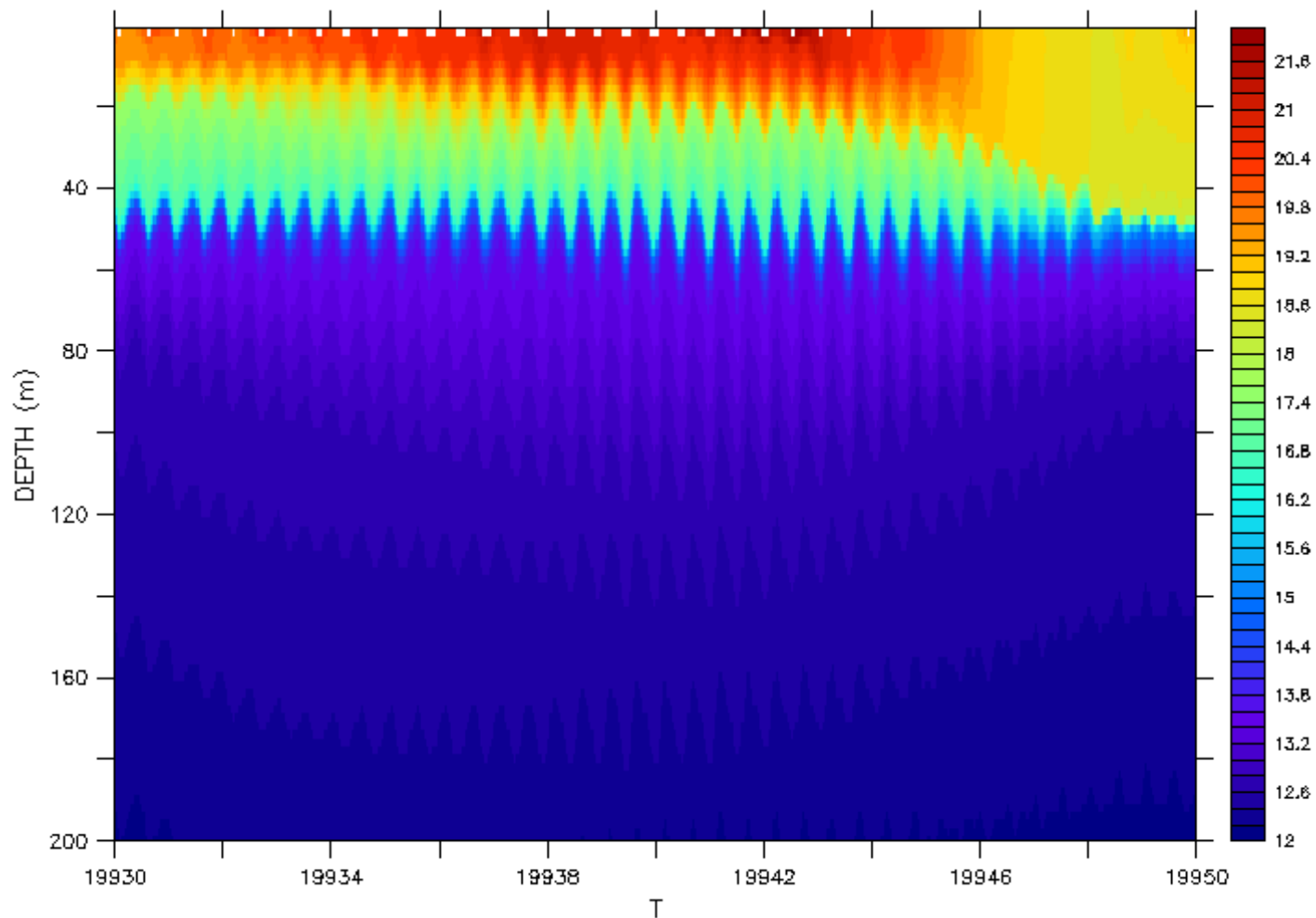


température de surface modélisée le 24 Février 2004.



salinité de surface modélisée le 16 Avril 2004.

## Modélisation HYCOM année 2004. Ondes internes de marée au milieu du Golfe



Evolution de la température entre le 26 juillet 2004 et le 15 août 2004 au point (6.1W,45.4 N)

# Modélisation HYCOM en mode adiabatique avec forçage de marée seul

## Conditions aux limites ouvertes

Courant barotrope et surface libre : modèle de marée du LEGOS 4 ondes **M2, S2, N2, K2**

## Stratification verticale : 30 couches OCTOBRE

Thermocline saisonnière :  $g' \sim 10^{-2} \text{ms}^{-2}$   $h_0 \sim 50 \text{m}$

$\lambda_i = (g'h_0(H-h_0/H)/(1-f^2/w^2))^*TM2 = 37 \text{km}$  plateau  
**47 km** plaine

Fréquence de Väisälä par grand fond:

1750m:  $N = 10^{-3} \text{s}^{-1}$

3000m:  $N = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{s}^{-1}$

3250m → fond : une seule couche  $N=0$

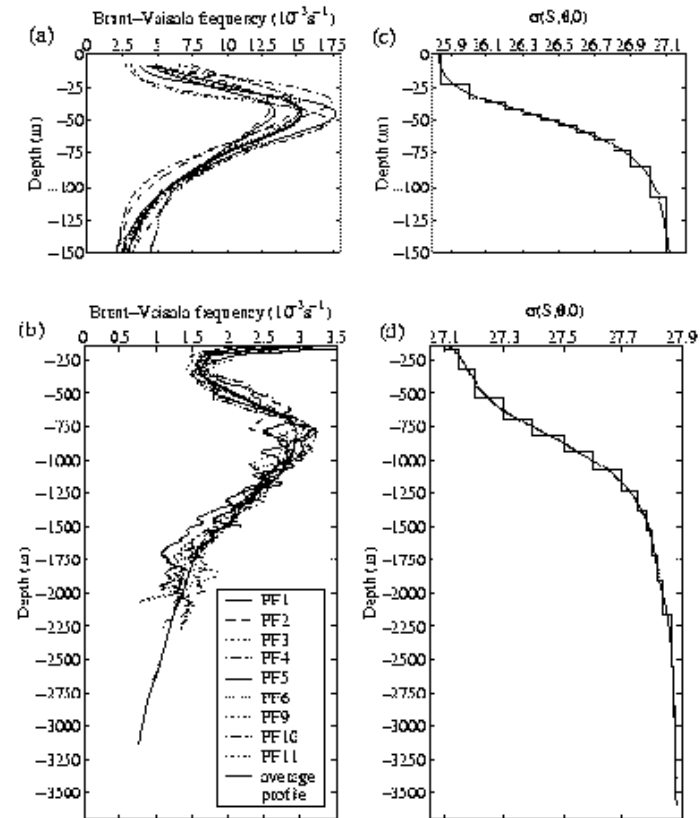
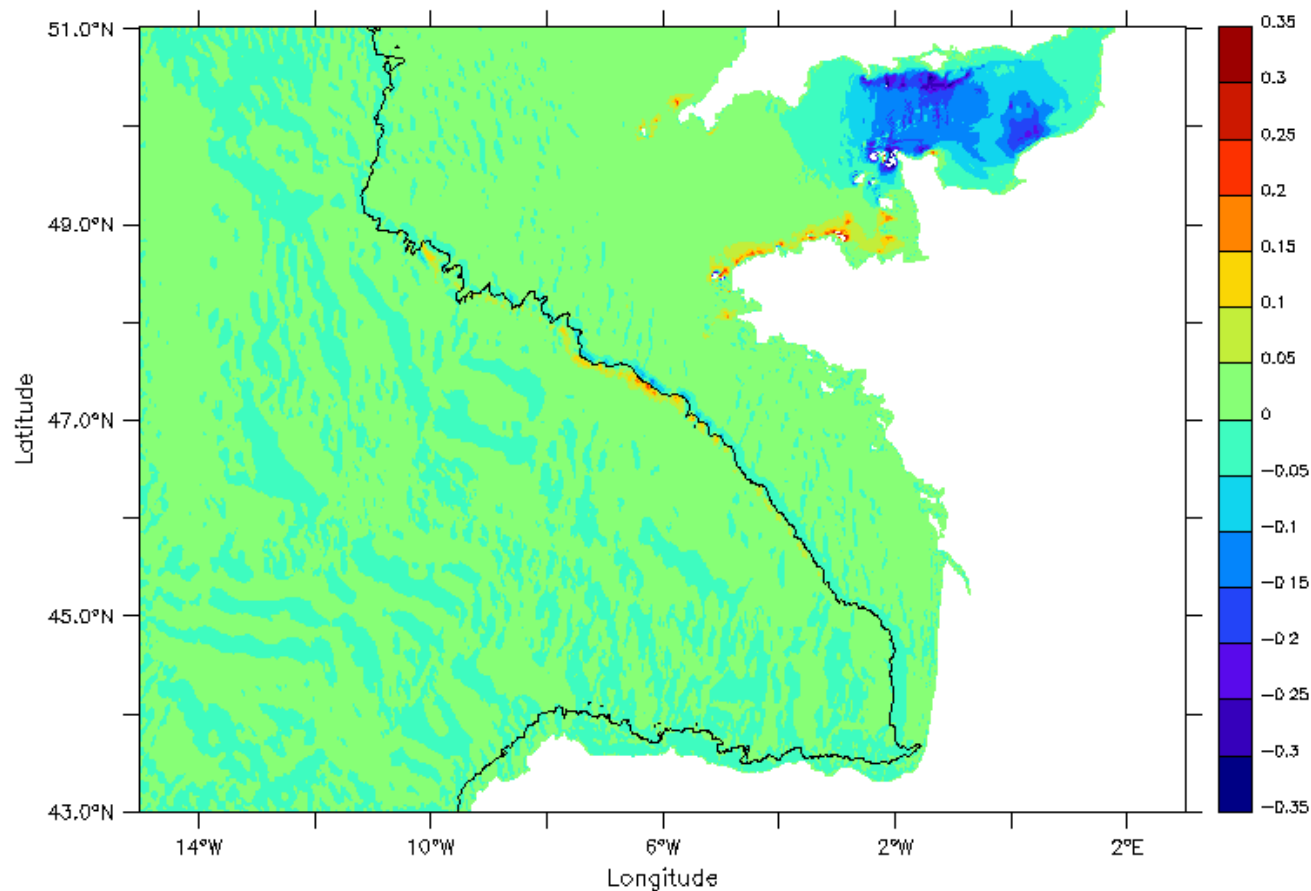


Figure 3, Pichon

## Modélisation HYCOM en mode adiabatique avec forçage de marée seul

**Courant Est Ouest** dans la couche de surface sous l'action d'un forçage de marée semi-diurne. L'évolution sur 5 cycles de marée en partant de conditions initiales nulles en courant, montre **un mode transitoire** qui met en évidence les zones de génération (talus) et la propagation de l'onde interne sur tout le domaine.

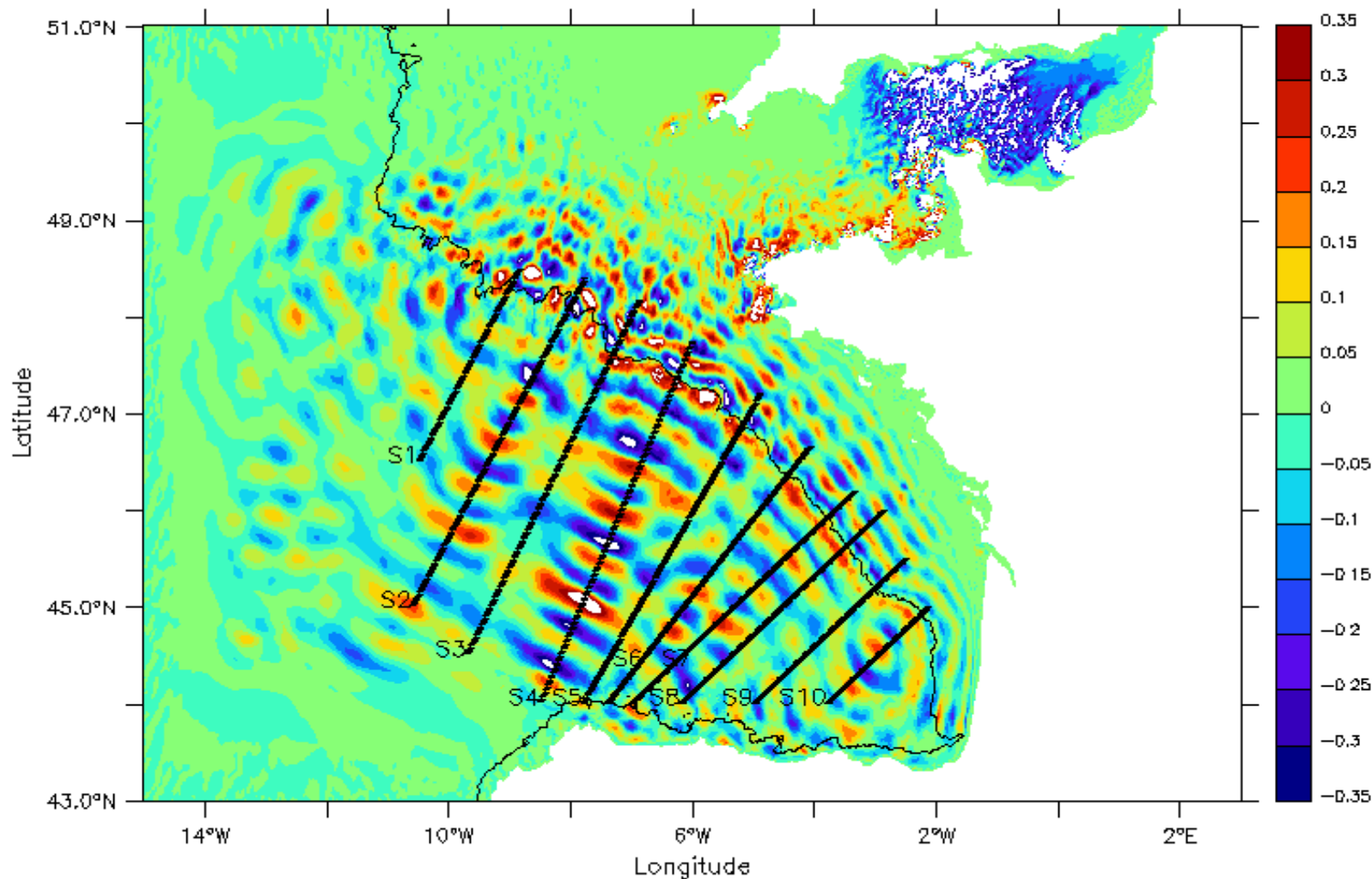


Day0+3h. East–West baroclinic current (m/s) at layer 1(22m)



## Modélisation HYCOM en mode adiabatique avec forçage de marée seul

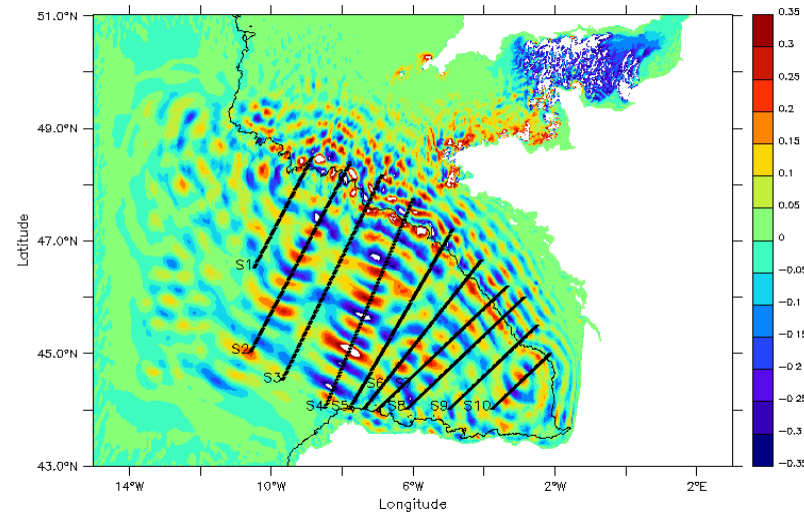
**Courant Ouest** dans la couche de surface sous l'action d'un forçage de marée semi-diurne. **Mode établi** après 20 jours de simulations. **Est** de



Day20. East-West baroclinic current (m/s) at layer 1(22m)

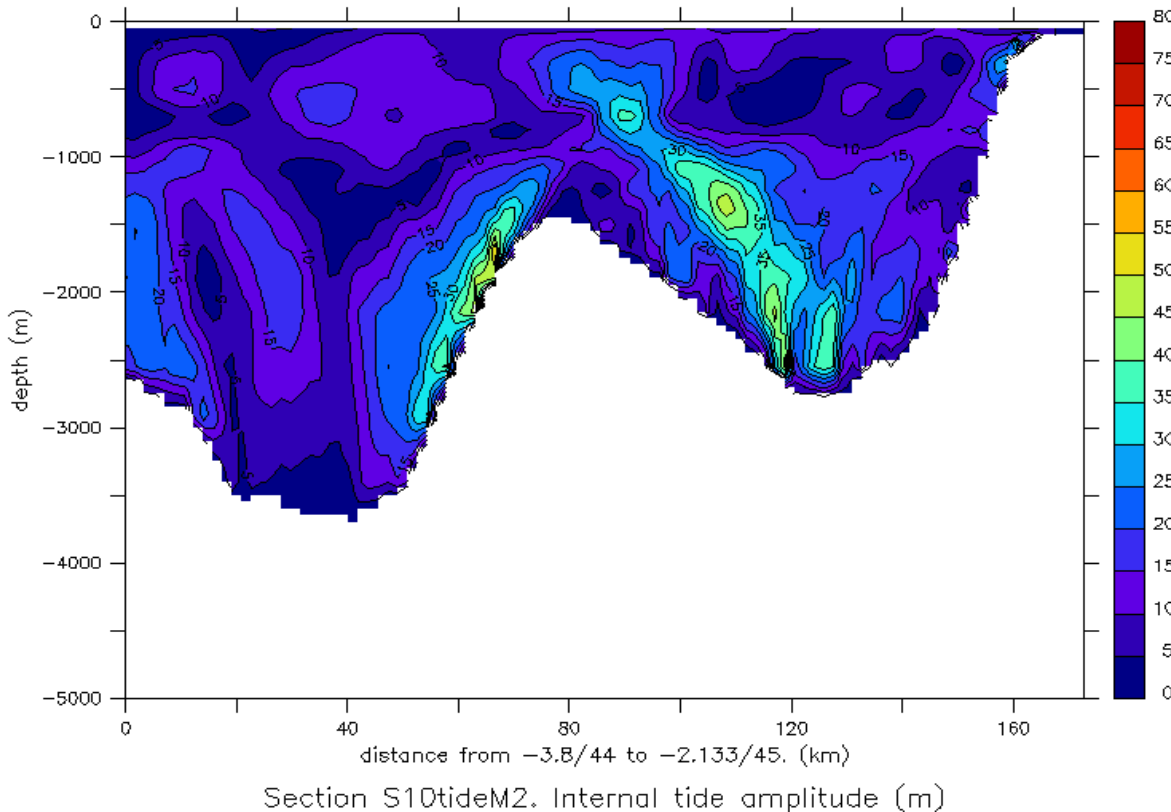
## Modélisation HYCOM en mode adiabatique avec forçage de marée seul

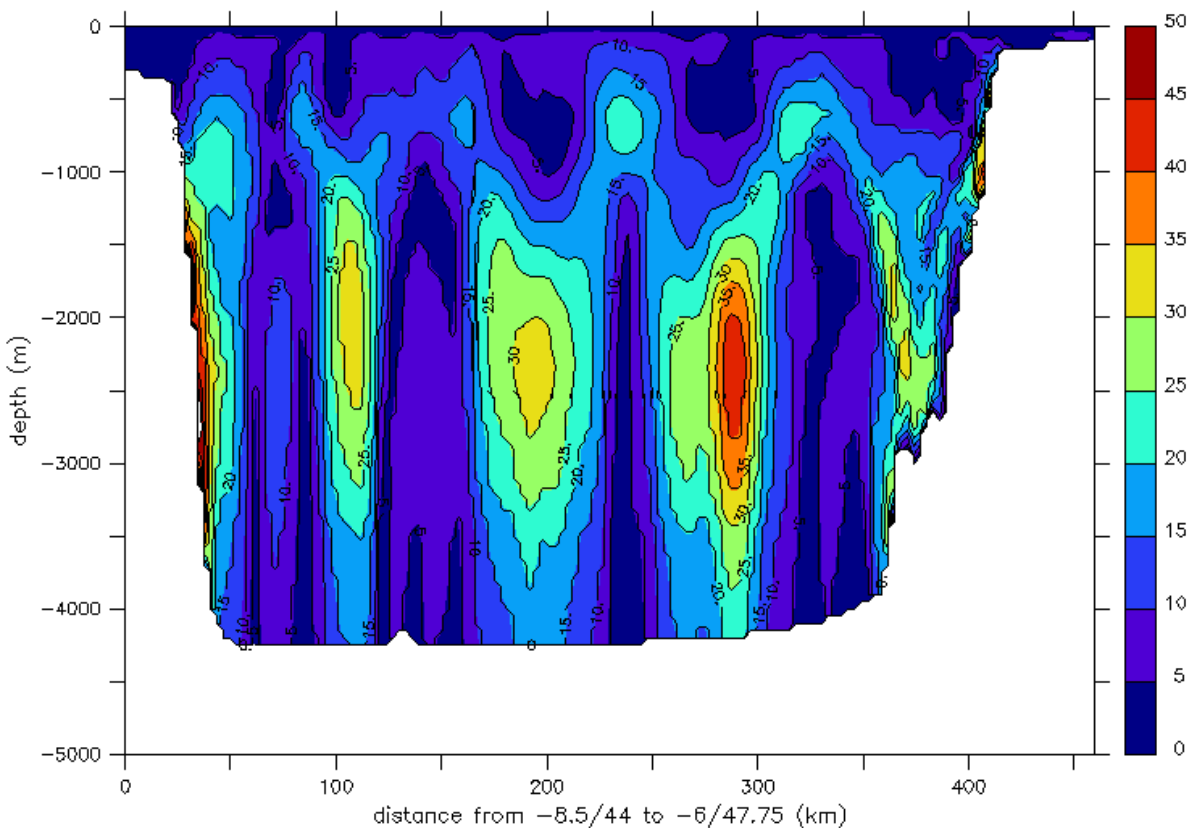
Répartition verticale de l'amplitude de l'onde interne M2 extraite des résultats par analyse de Fourier le long des sections S1 à S10



Day20. East-West baroclinic current (m/s) at layer 1(22m)

- S1: focalisation de l'amplitude le long du talus (caractéristique tangente à la pente)
- S4: maximum d'amplitude 70m pour M2 à 2000m
- S4-S7: réflexion de l'onde sur la talus ibérique → disparition de la focalisation le long des rayons
- S8-S9: distance entre les deux talus proche de  $n \cdot \lambda_1$  → rayon
- S10: maximum au fond lors du franchissement du plateau des Landes



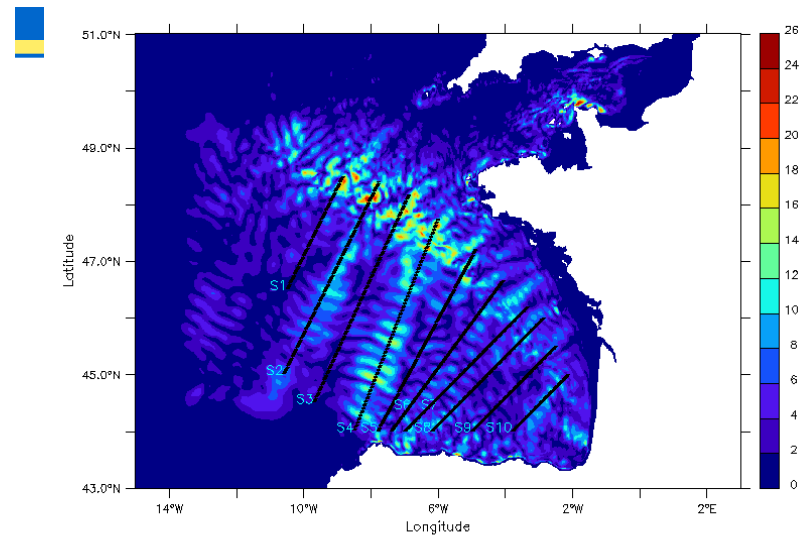


Section S04. S2 Internal tide amplitude (m)

**Cas réaliste: la dépendance de la pente des caractéristiques en fonction de la fréquence se matérialise par des rayons d'énergie légèrement plus raides pour S2 que pour M2 avec pour conséquence un système de réflexion entre les deux talus moins destructif pour S2 que pour M2**

**Cas schématique (S)**

$\text{tg}^2(\alpha) = (N^2 - \sigma^2) / (\sigma^2 - f^2) \sim N^2 / (\sigma^2 - f^2)$  (approximation hydrostatique)

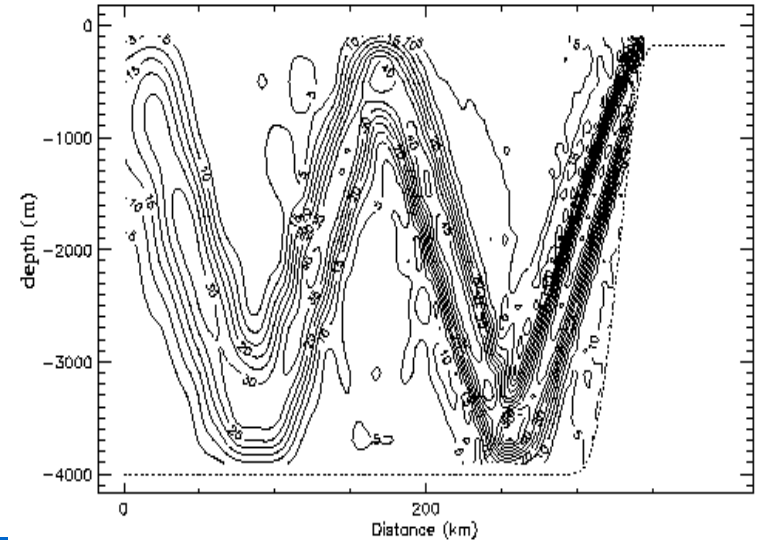


M2 internal tide amplitude (m) at layer 6 (45m)

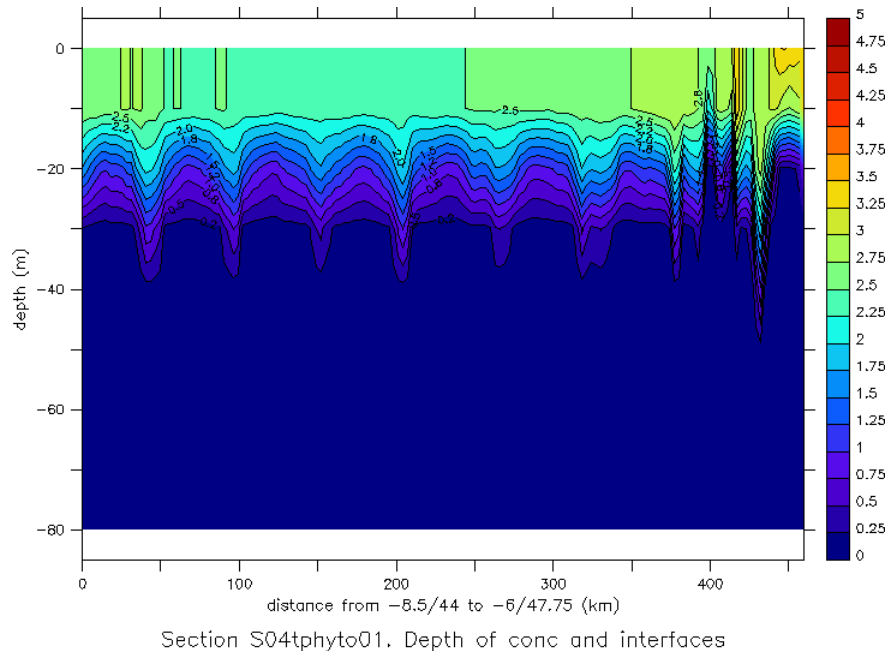
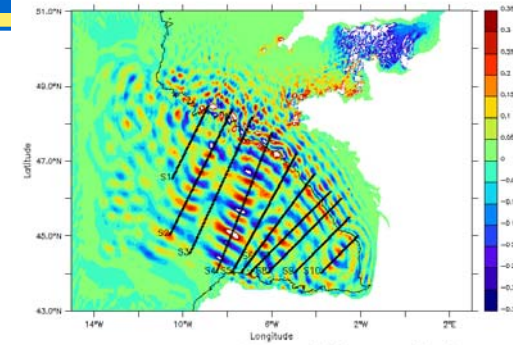
**Cas schématique (S)  $N = \text{cte} = 2 \cdot 10^{-3} \text{s}^{-1}$**

**DZ = 200m**

Internal Tide M2 amplitude (m)

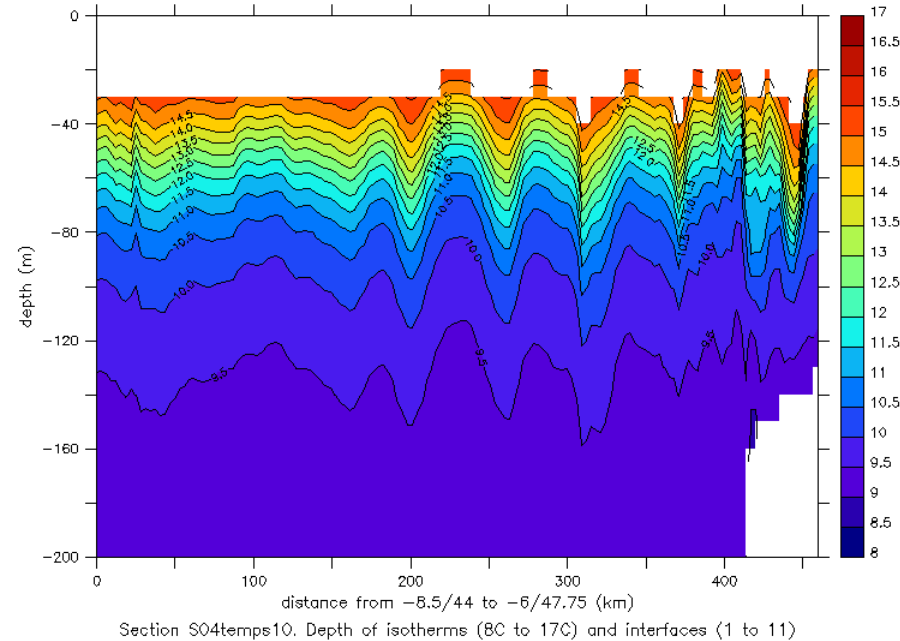


**Modélisation HYCOM en mode adiabatique avec forçage de marée seul.  
Tests du modèle de biologie, forçages schématisques,  
éclairage constant en surface. Loyer S. Atlantide/Brest**



Section S04tphyto01. Depth of conc and interfaces

**Mode établi: répartition verticale de la concentration de phytoplancton ( $\mu\text{mol/l N}$ ) le long de la radiale S4 sur 24h.**



Section S04temps10. Depth of isotherms (8C to 17C) and interfaces (1 to 11)

**Mode transitoire: répartition verticale de la température le long de la radiale S4.**

## Coût calcul (tests sur l'IBM du SHOM)

### Maquette Manche-Gascogne 720x471x32 points, 4 ondes de marée

Parallélisation MPI sur 12 processeurs : **1.15Go** par processeur et 34.5h de calcul pour 30 jours de simulation.

Rajout de tableaux pour diagnostics de marée → **2Go** par proc

Parallélisation MPI sur 8 processeurs

+15 traceurs pour le modèle de biologie

+20 flotteurs pour le suivi de particules

40 niveaux sur la verticale

Sans diagnostic de marée → **4.1Go** par proc

Utilisation en mode de prévision temps réel :

simulations journalières sur une durée de 3 à 7 jours : ~ 3h à 4h de temps calcul

(12 processeurs). Objectif à moyen terme: avoir un créneau sur une file d'attente spécifique ayant au moins 3 nœuds de 4 processeurs

### Zone Atlantique au 1/12deg sans assimilation 1678x1609x28

Parallélisation MPI sur 12 processeurs : ~ **6Go** par processeur et 48h de calcul pour 21 jours de simulation (coût d'un pas de temps 24s).

16 processeurs (**4.8Go**)

L'IFREMER **COMPAQ ES45**

**32** processeurs AlphaEV68(1Ghz).

8 nœuds, dont **6 nœuds à 8GB** et 2 nœuds à 32GB.

Le SHOM **IBM Power4**

**64** processeurs Pseries655+ (1,7Ghz).

16 nœuds dont **15 nœuds à 16GB** et un nœud à 32GB.

**La performance de l'IBM est de 2 à 3 fois supérieure à celle du COMPAQ**

# Prospectives

## **-Validation de la maquette Manche-Gascogne**

(flux CI et CR) sur simulations 2004 → 2007 en configuration réaliste  
introduction de traceurs biologiques supplémentaires et suivi de flotteurs  
→ augmentation de la mémoire à prévoir

## **-Développement en court**

Mer d'Iroise (*Casagrande G. CMO/BREST Baraille R. CMO/Toulouse*)

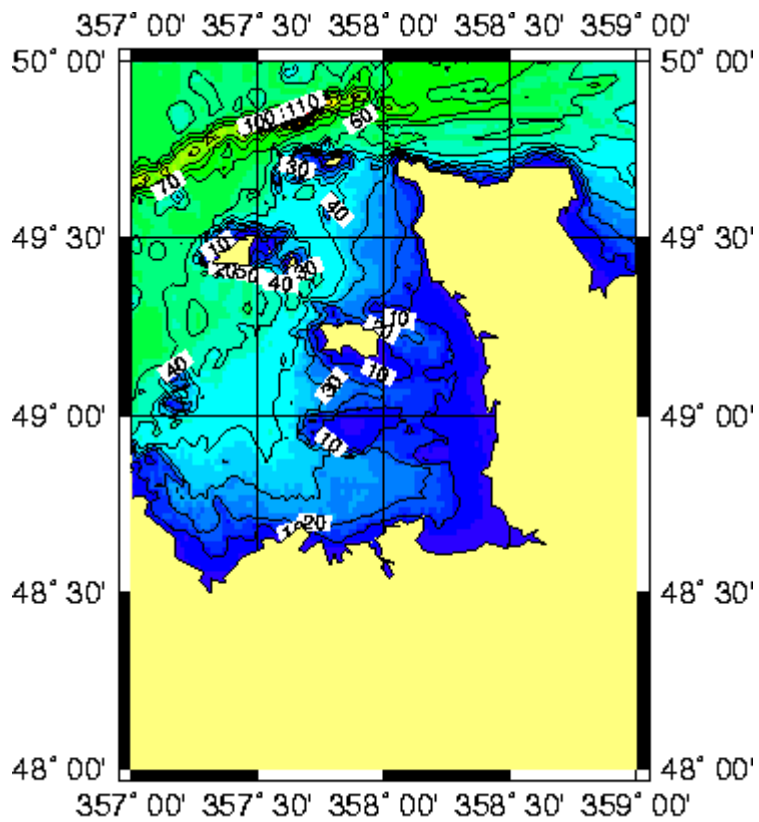
## **-Développement à court terme (un an)**

Baie du Mont St Michel très haute résolution, 150m (1200x900x1) (*Morel Y. CMO/Toulouse*)  
Zone Cadix Portugal à la même résolution que le modèle Manche Gascogne (~2km ~ 700X400x30)

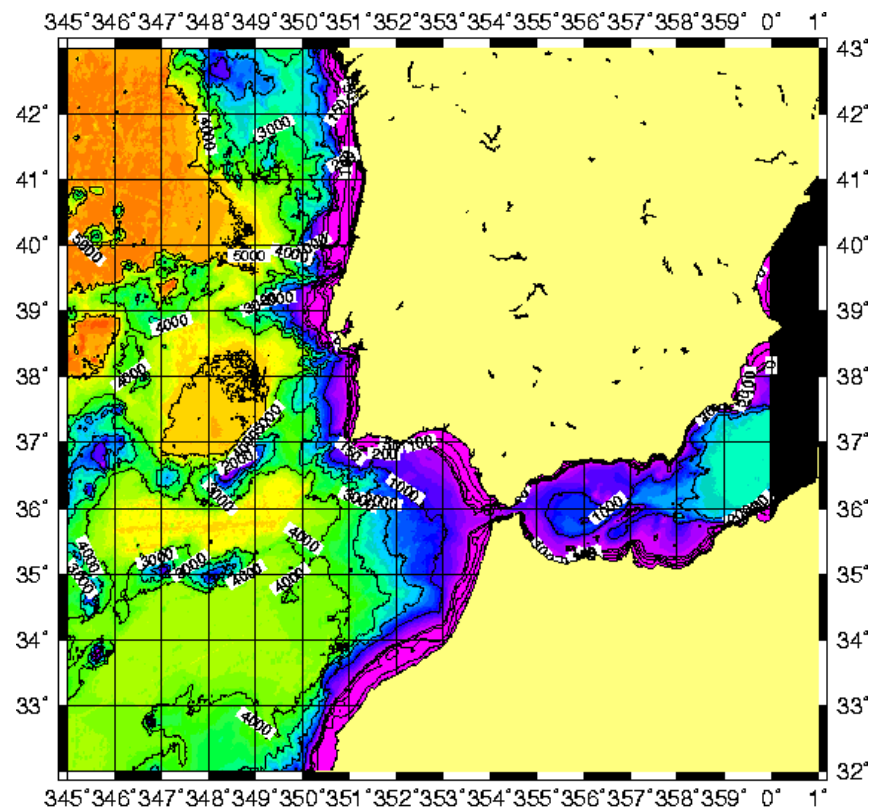
## **-Développement à moyen terme**

Zone Atlantique au 1/12deg avec assimilation (*Baraille R. Louazel. S Gavart M.*) (1678x1609x28)  
Passage de la maquette Manche-Gascogne en mode prévision temps réel





Topographie de la Baie du Mont St-Michel



Topographie de la maquette Cadix-Portugal