

### ***MARS3D, le code de modélisation côtière de l'Ifremer : progrès et perspectives.***

V. Garnier<sup>1</sup>, F. Dumas<sup>1</sup>, P. Garreau<sup>1</sup>, G. Herbert<sup>1</sup>, L. Debreu<sup>2</sup>, Marc Honnorat<sup>2</sup>, Thomas Duhaut<sup>1,2,3</sup>, Sébastien Petton<sup>2,4</sup>, C. Heyraud<sup>5</sup>, P. Craneguy<sup>5</sup>, S. Raynaud<sup>5</sup>, J. Wilkins<sup>5</sup>, G. Charria<sup>1</sup>, T. Odaka<sup>6</sup>, A. Ménesguen<sup>7</sup>, P. Vandromme<sup>7,8</sup>, M. Sourisseau<sup>7</sup>, B. Thouvenin<sup>1</sup>, M. Huret<sup>9</sup>, A-C Bennis<sup>1,10</sup>

(1) IFREMER, DYNECO-PHYSED

(2) INRIA, MOISE project team

(3) Observatoire Midi-Pyrénées, Laboratoire d'Aérodynamique

(4) IFREMER, RBE-PFOM

(5) Actimar

(6) IFREMER, IMN-IDM

(7) IFREMER, DYNECO-BENTHOS

(8) GEOMAR, Kiel Center, Marine Biogeochemistry

(9) IFREMER, RBE-STH

(10) Laboratoire M2C, Univ. Caen Basse Normandie

# Model for Applications at Regional Scales



Applications halieutiques



Production primaire



Couplage vagues-courant



Contamination chimique



Coeur hydrodynamique



Dynamique lagrangienne



Espèces biologiques



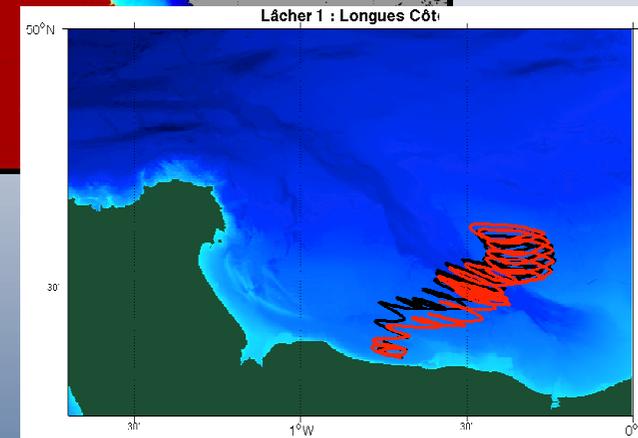
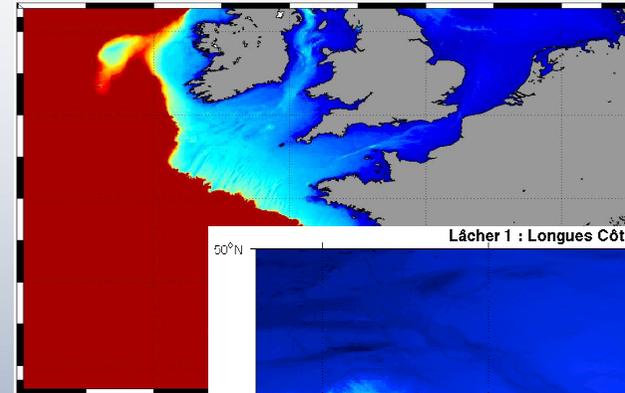
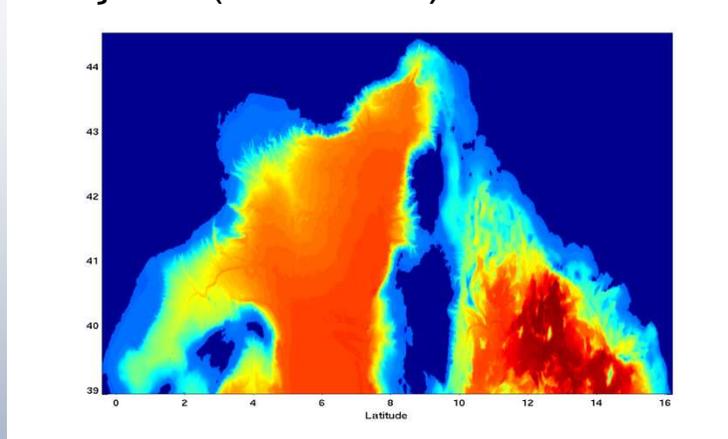
Dynamique sédimentaire

## Plan de la présentation

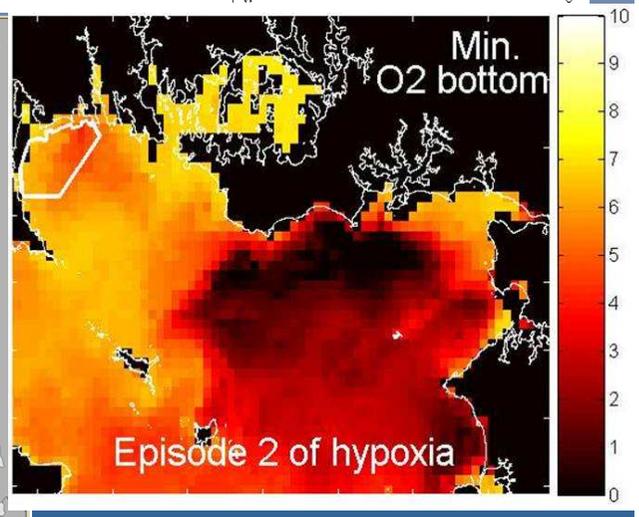
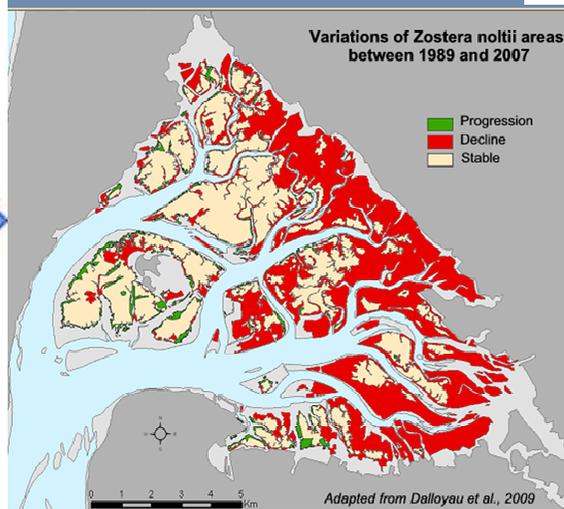
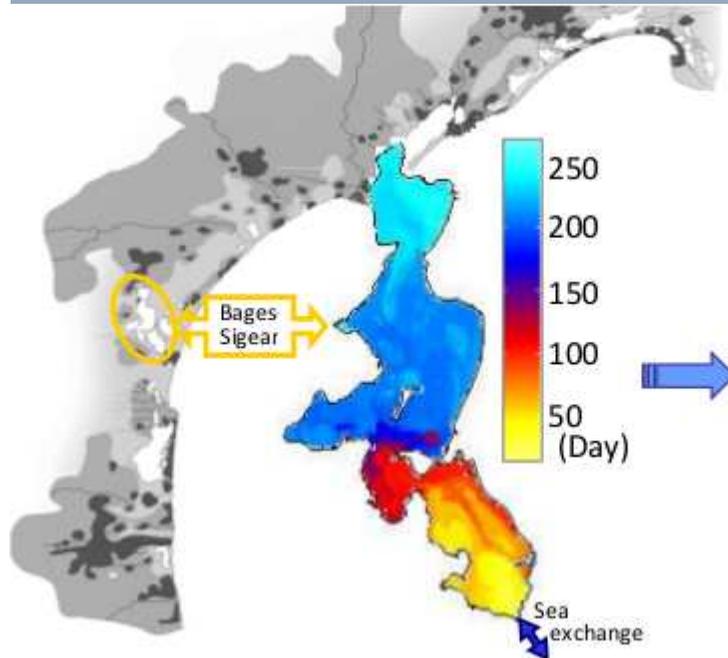
- ❖ Modélisation / notion numérique
- ❖ Evolutions numériques
- ❖ Configuration réaliste hydrodynamique
- ❖ Eco-MARS, modélisation biogéochimique
- ❖ Coarsening
- ❖ Simulations lagrangiennes
- ❖ Assimilation / spectral nudging
- ❖ Couplage dynamique hydro / atm / vagues
- ❖ Architecture idéale ( point de vue scientifique) de la machine Datarmor

# Configuration réaliste

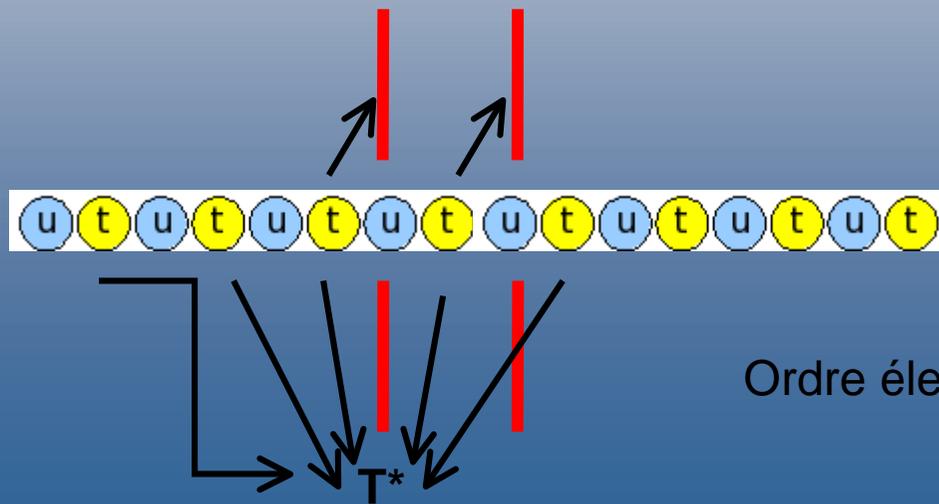
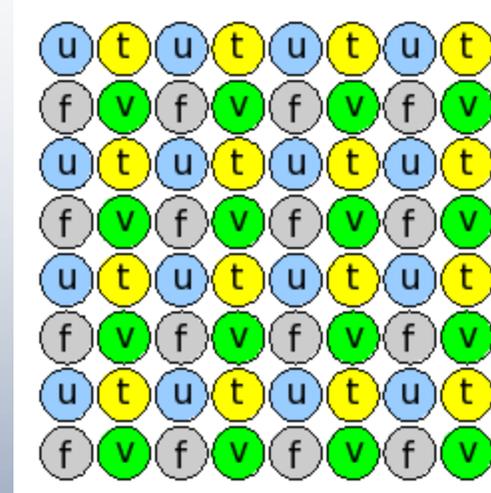
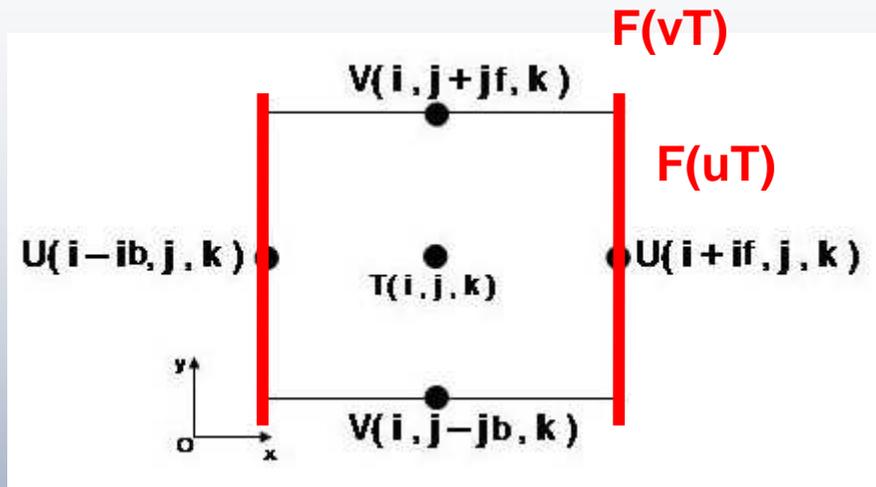
## Modèle de façade (DYNECO)



## Modèle locaux (DYNECO + UL)



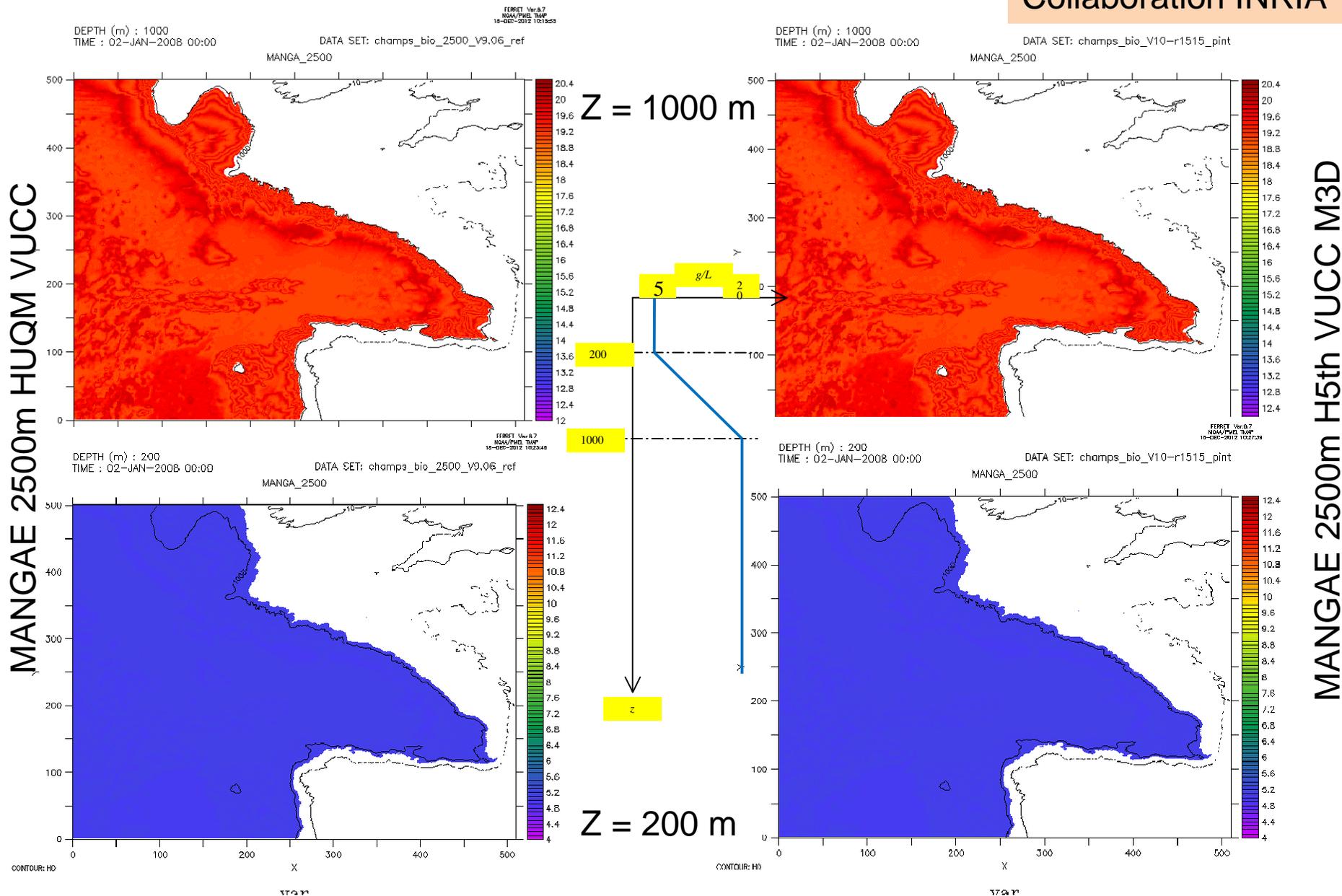
# Notion sur les schémas numériques



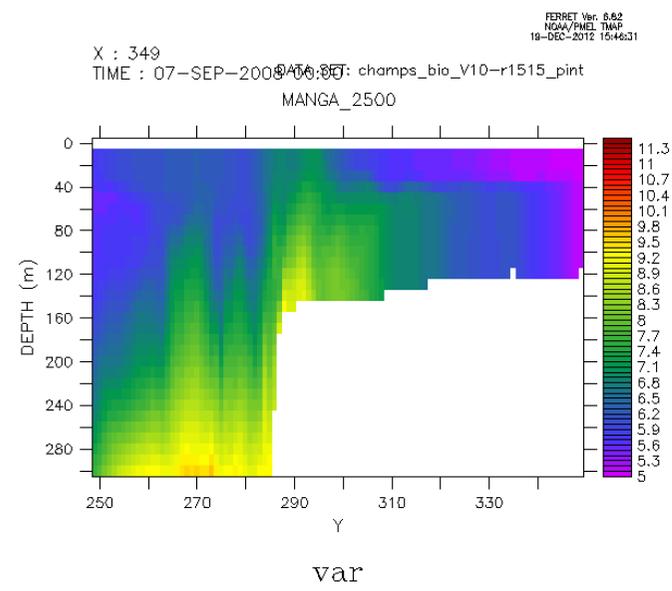
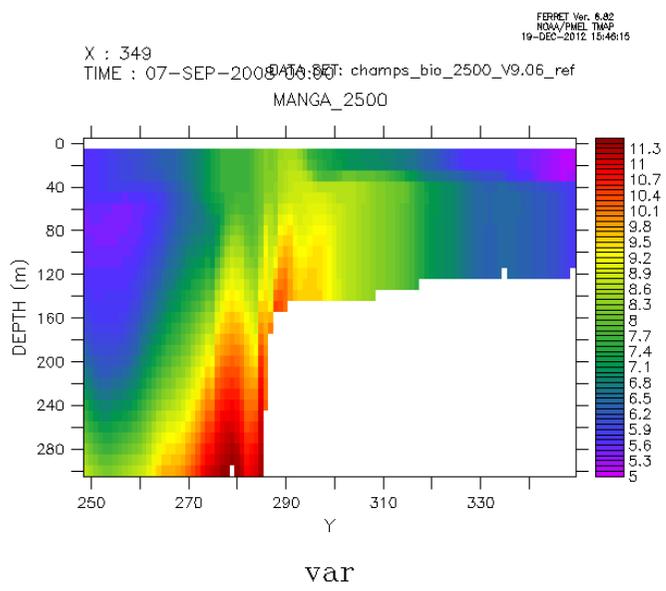
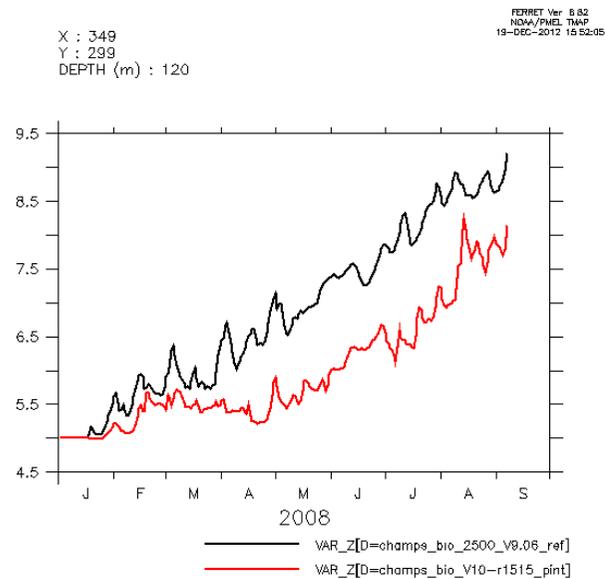
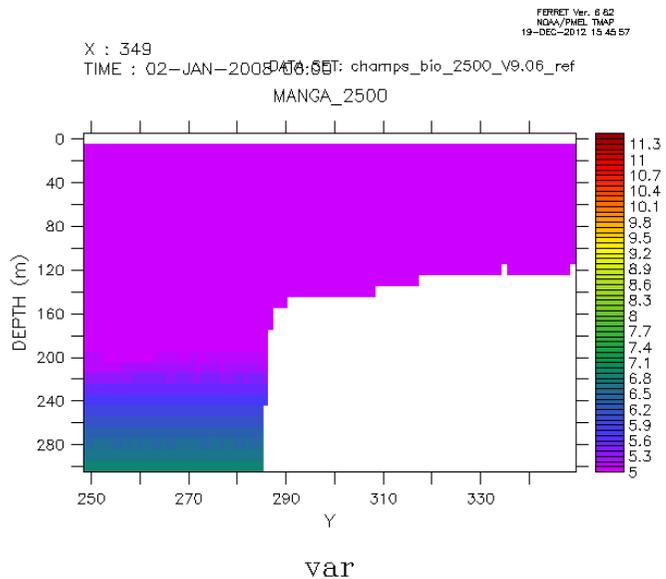
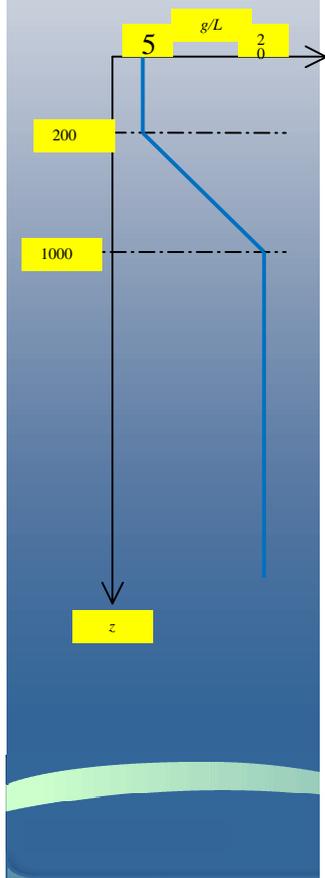
Ordre élevé : meilleur mais plus coûteux

# Evolution numérique : advection de traceurs

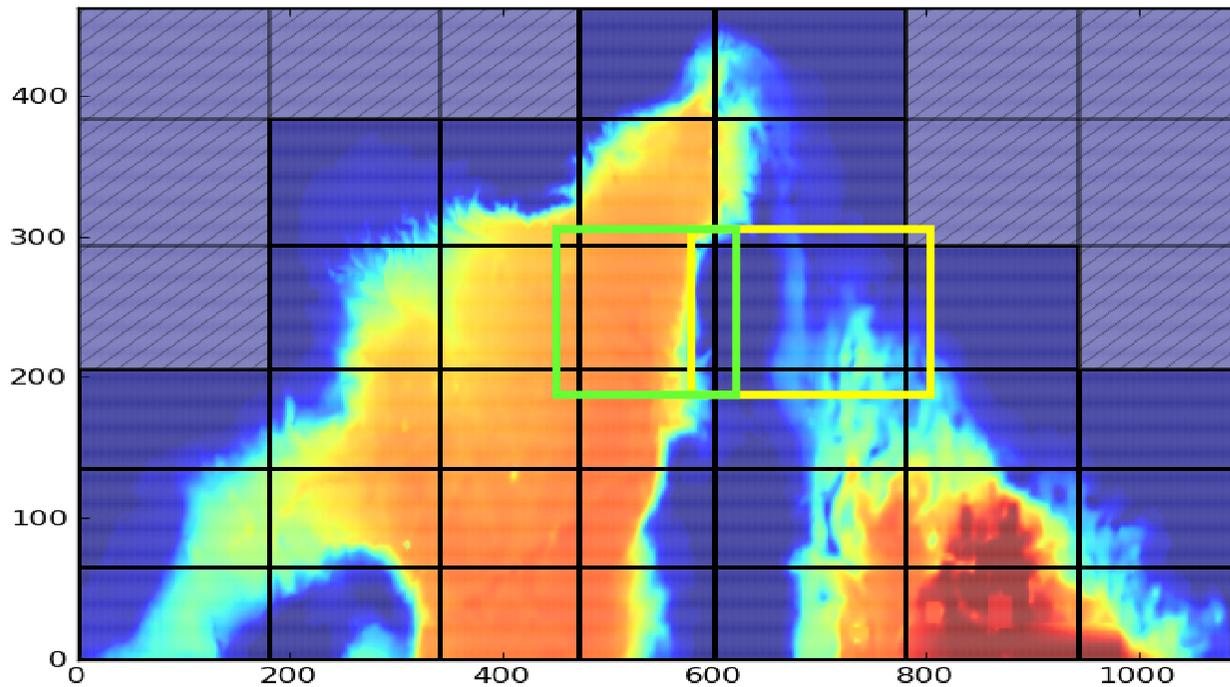
Collaboration INRIA



# Evolution numérique - advection de traceurs



## Implication sur la parallélisation



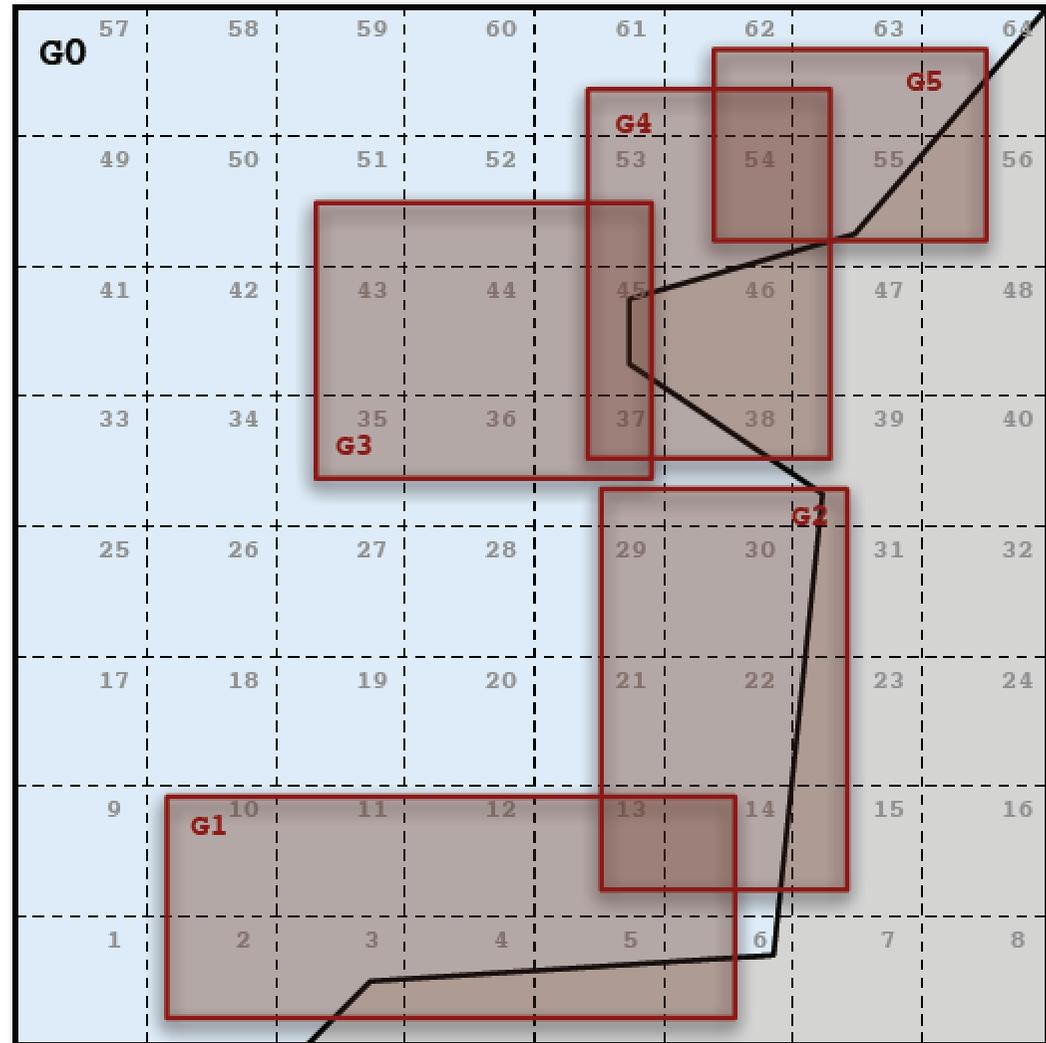
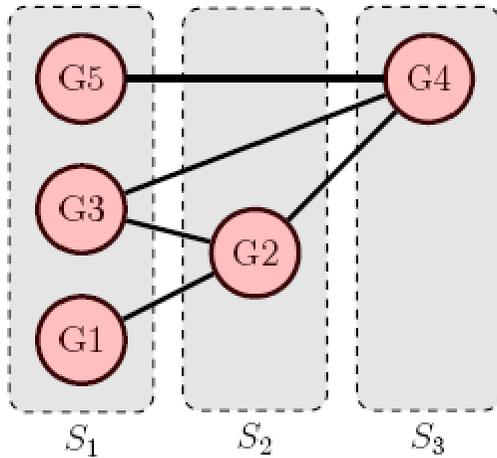
### Structuration de la machine

- ✓ cpu discutent entre eux (parallélisation hybride),
- ✓ écriture parallèle massive sur un disque
- ✓ stockage

# Raffinement online AGRIF

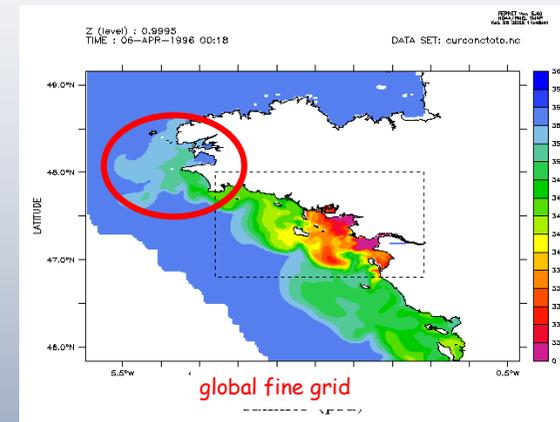
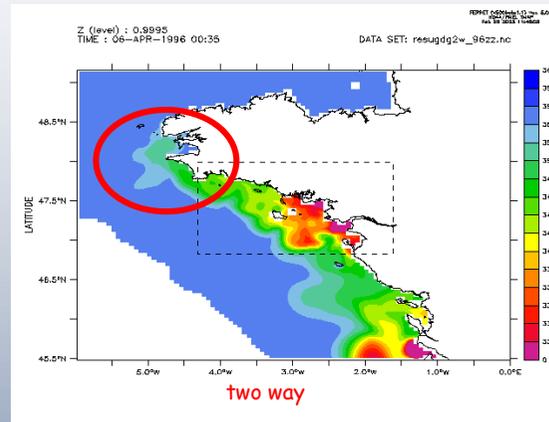
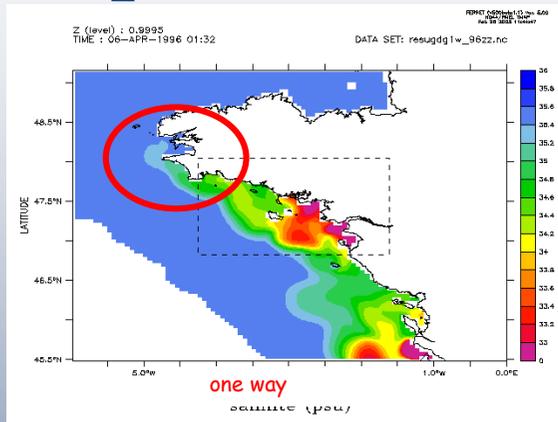
Collaboration INRIA

Exemple 1

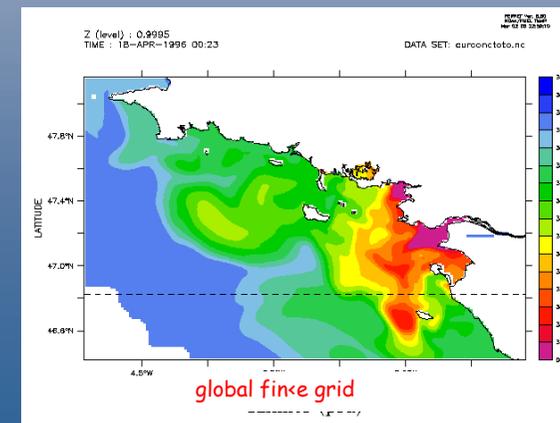
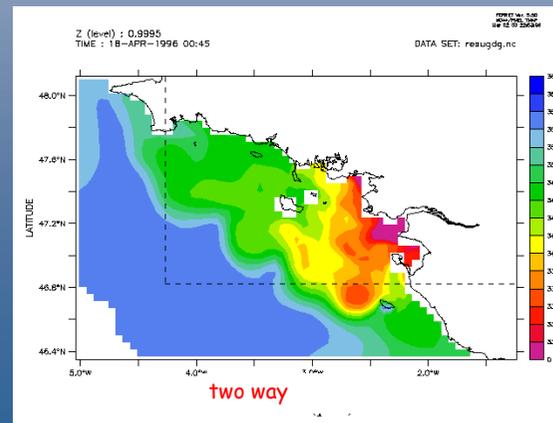
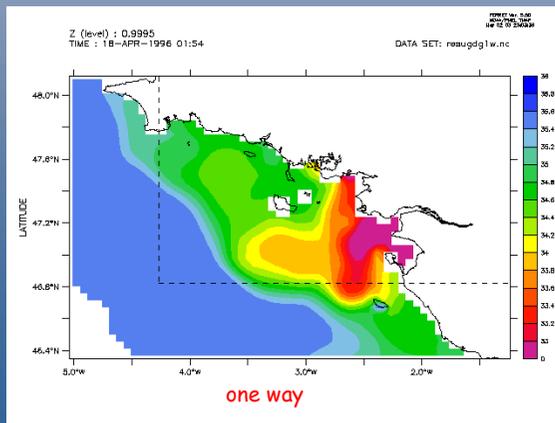


# Raffinement online AGRIF

## Impact au-delà de la zone de raffinement



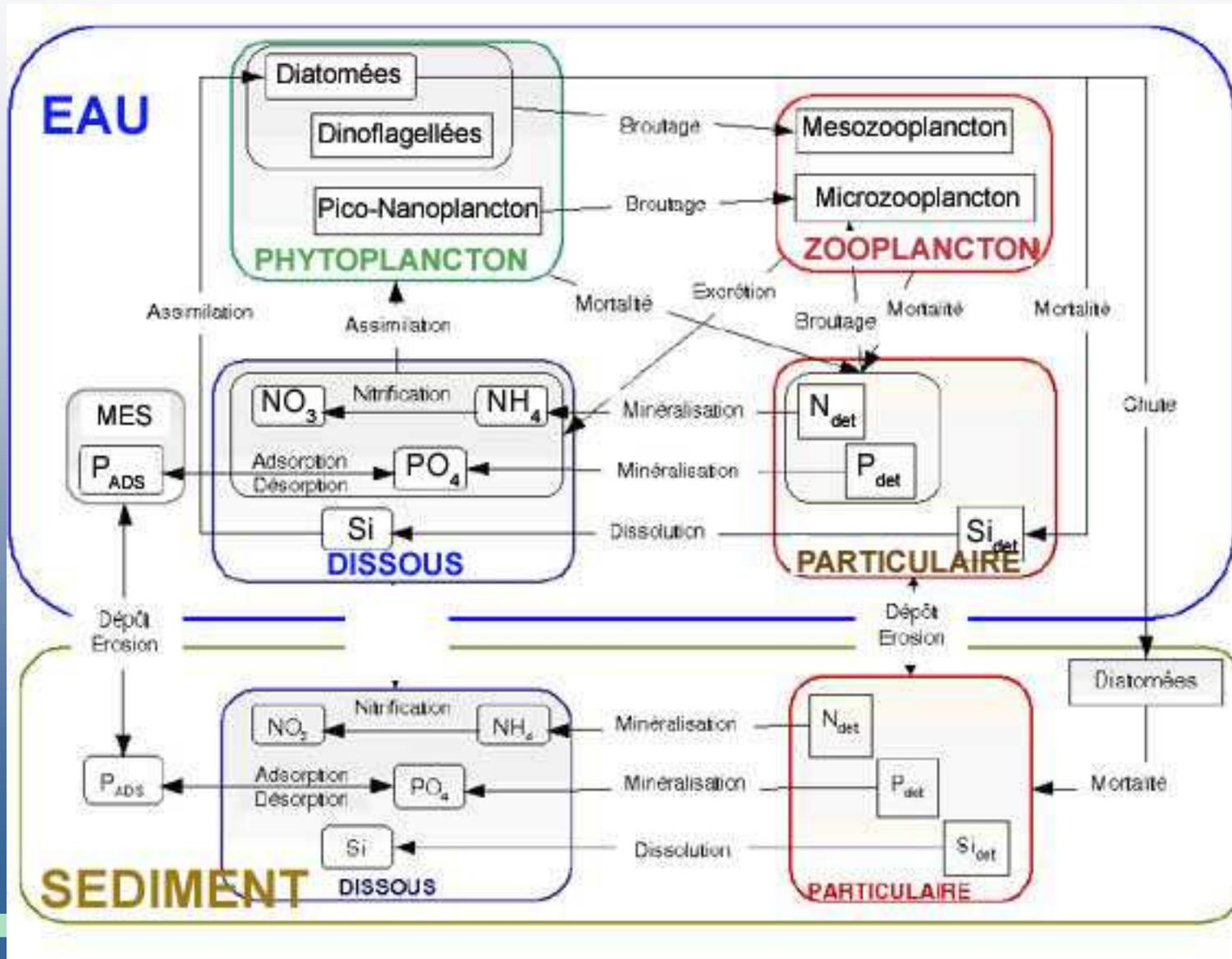
## Cohérence des informations aux frontières



Collaboration INRIA

# ECO - MARS

2 + 13  
traceurs

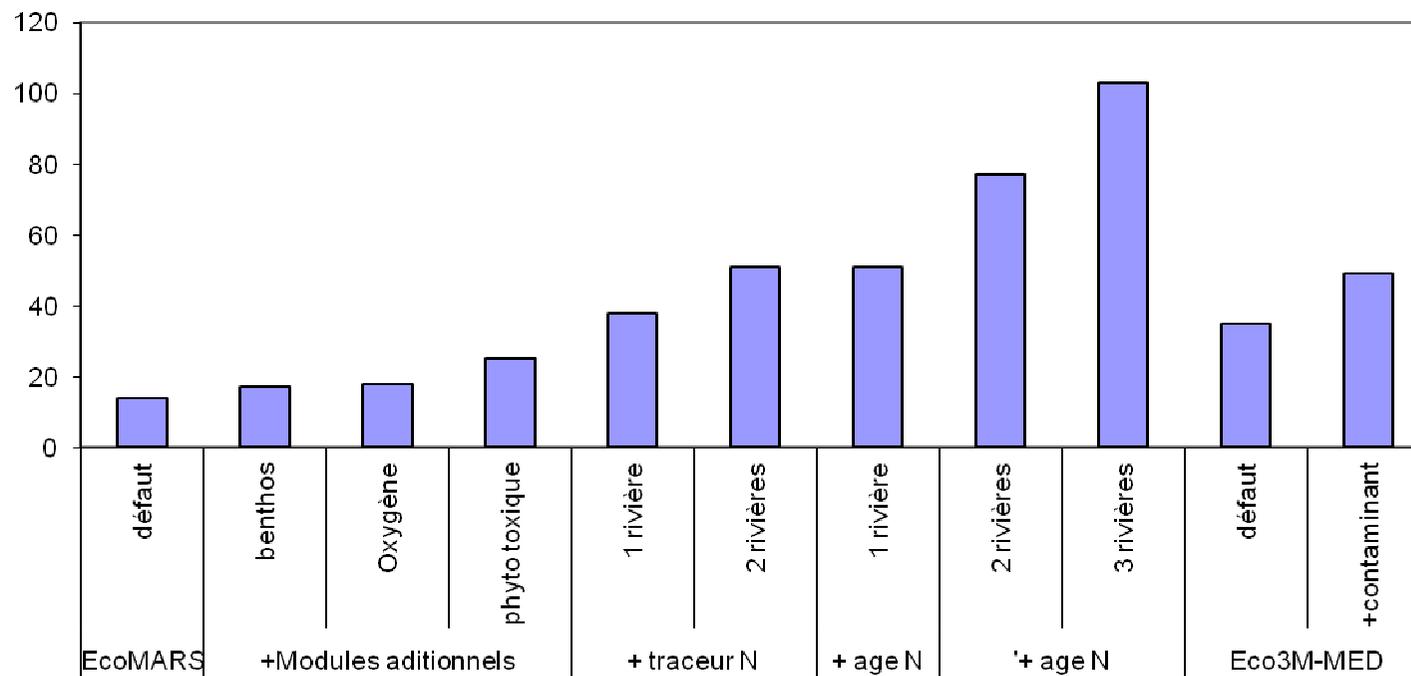


## ECO-MARS

Simulation	Zone	Nx x Ny x Nk	N subs	N procs	durée	Temps élapé
MANGAE	GdG 4 km	514x390x30		63	3,5 ans	24 h
			20	63	~8 mois	24 h
MANGA small	GdG 8°W 4 km	244x265x30		60	6,9 ans	
			25	60	14 mois	24 h

# ECO-MARS

Nombre de variables d'état transportées (+ salinité+température)  
si ajout de modules BIO et contaminant



## ECO-MARS

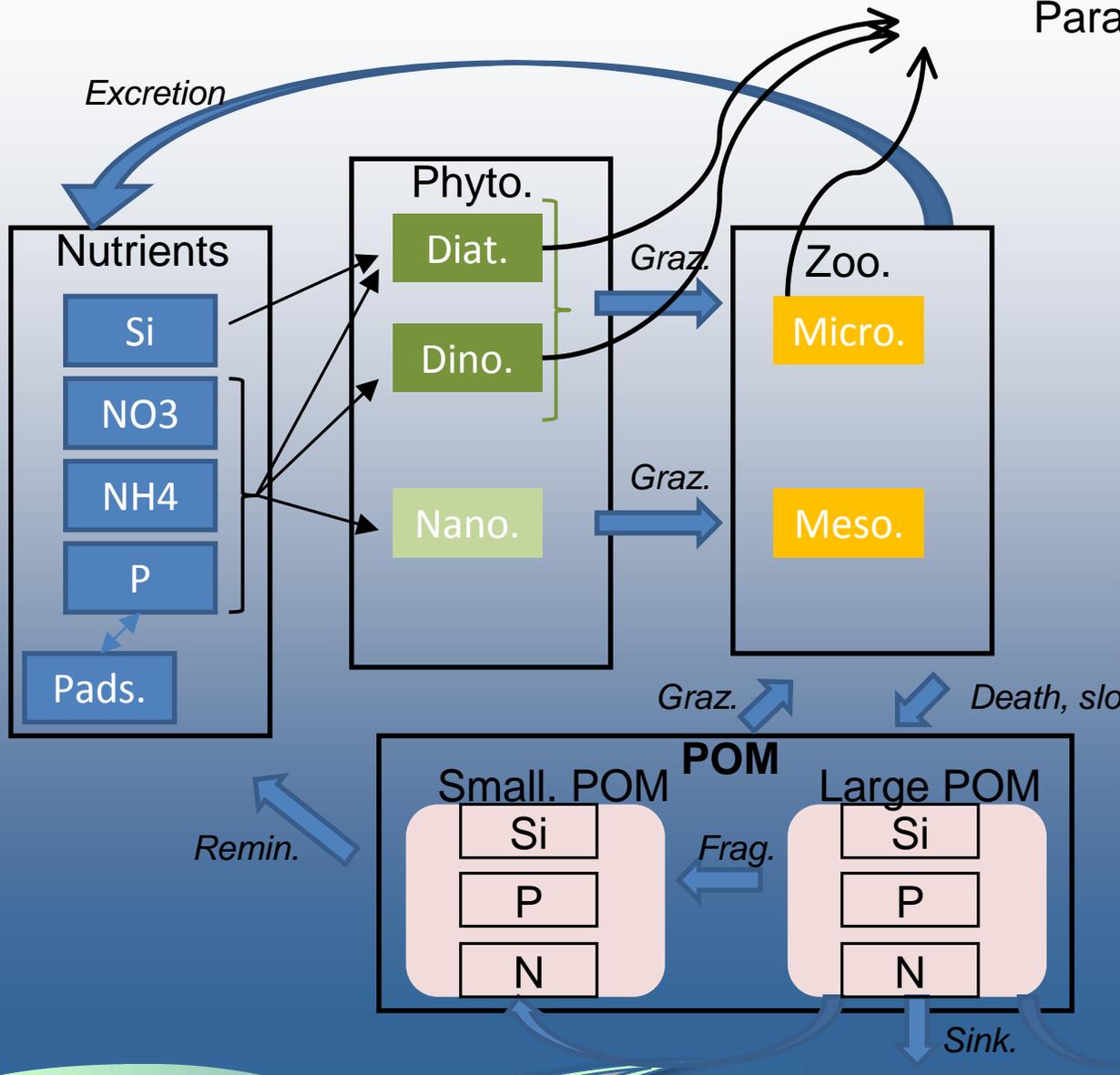
Simulation	Zone	Nx x Ny x Nk	N subs	N procs	durée	Temps élapé
MANGAE	GdG 4 km	514x390x30		63	3,5 ans	24 h
			20	63	~8 mois	24 h
MANGA small	GdG 8°W 4 km	244x265x30		60	6,9 ans	
			25	60	14 mois	24 h
	+ 1 rivière		51	60	7 mois	24 h
	+ 3 rivières		103	60	3,8 mois	24 h

# Modélisation des écosystèmes : BGC

~~Paramètres moyens ( $\mu, K, m, \dots$ )~~

Distribution statistique des paramètres ( $n$  « species »)

**-Adaptation des communautés**  
**-Processus physiologiques structurants vs facteurs biotiques et abiotiques**

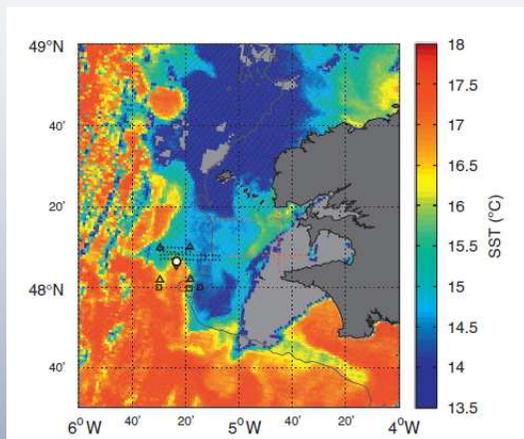


Sediment

## Modélisation des écosystèmes : BGC

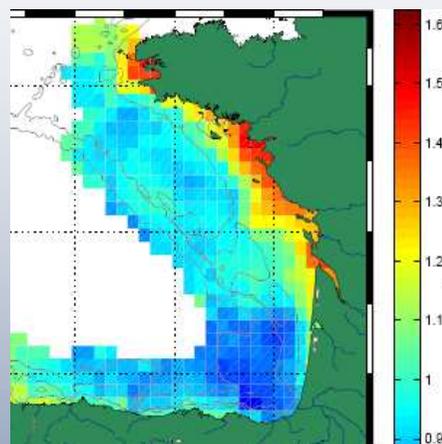
-plusieurs modèles couplés (ROMS, MARS)

### *Le front d'Ouessant*



Thèse M. Cadier  
(Phytoplancton en zone  
côtière; IUEM, Ifremer)  
15 jours ,16 CPUs = 1an sim.

### *Golfe de Gascogne*



Post-doct. K. Davies (Zooplancton et  
transfert trophique sur le plateau  
continental; Ifremer)  
5j , 64 CPU = 1 an sim.

-Augmentation significative du nombre de traceur (plusieurs centaines de traceurs).



Besoins croissants du Nb. de cpus & durée des runs mais aussi de stockage  
(0.5 à 1T /run)

# Coarsening

Collaboration INRIA

## Utilisation d'AgriF

### Motivations

Tirer parti de la meilleure résolution possible de la physique,

Pour transporter de nombreux champs de traceurs (modèles biogéochimiques) à des résolutions plus basses

### Intérêt:

AGRIF déjà disponible dans Mars

Intégration d'une hiérarchie complexe de grille fille

Fonction élaborée dans AGRIF pour la construction de champs dynamique non divergents

Gestion de la parallélisation faite par AGRIF

Approche simple et peu intrusive

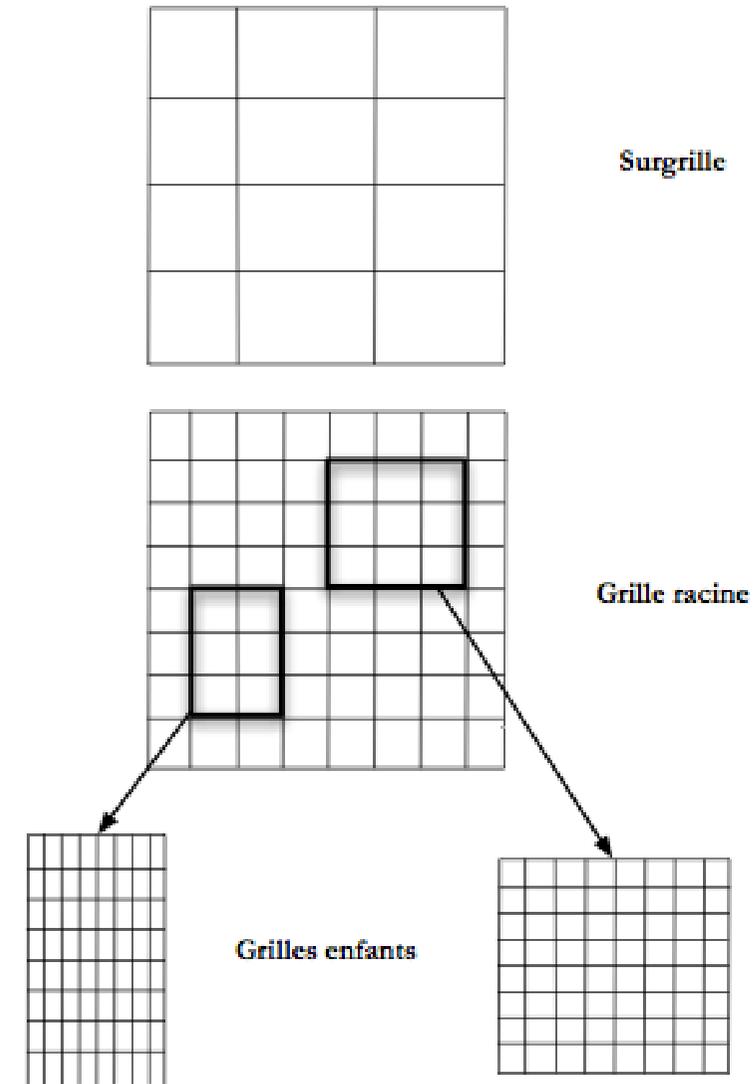
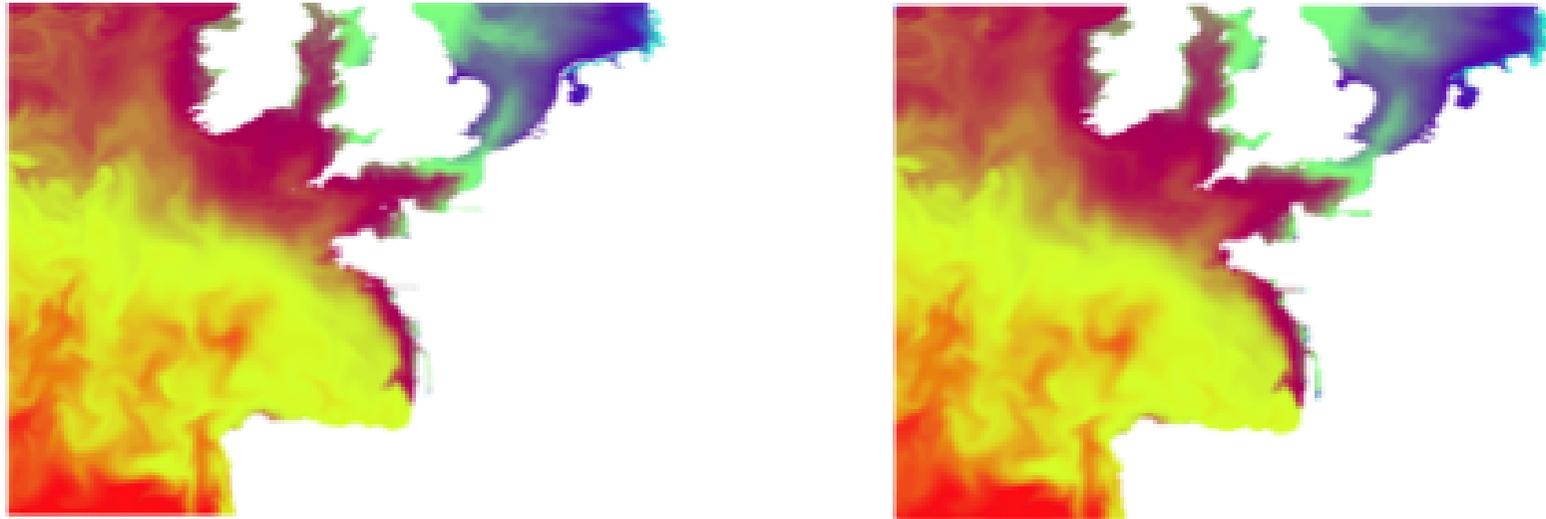


FIGURE 1 - Hiérarchie de grille

# Coarsening

Collaboration INRIA

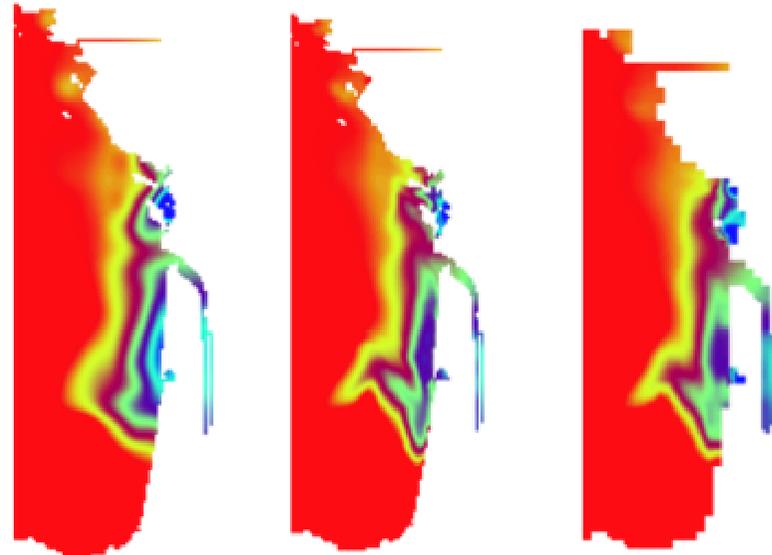


**Sanity Test effectués.**

**Test en situation réaliste sur de longues période de temps**

**Optimisation de la parallélisation**

**Reste à gérer :** Descente d'information de la grille grand-mère vers les grilles filles (eg flux exportés de la colonne d'eau dans un modèle biogéochimique)

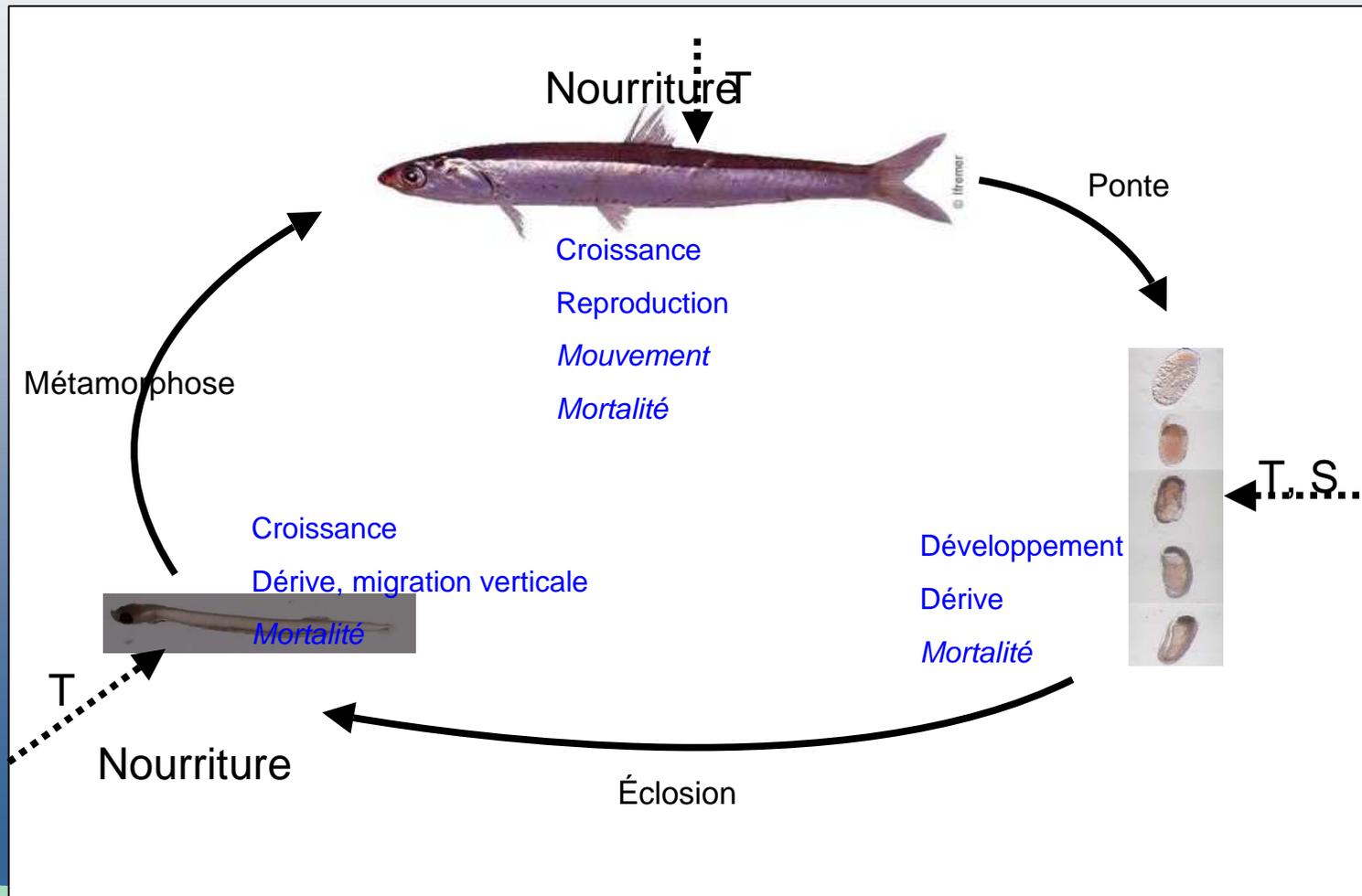


# Simulation lagrangienne

IBM du cycle de vie

ECO-MARS

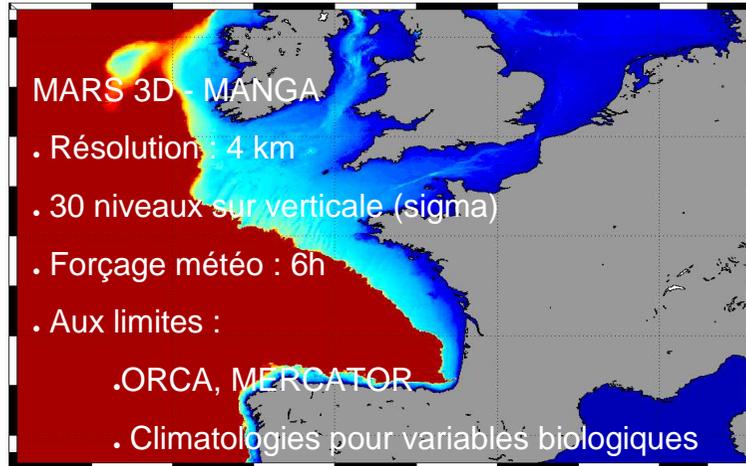
Modèle bioénergétique (DEB)



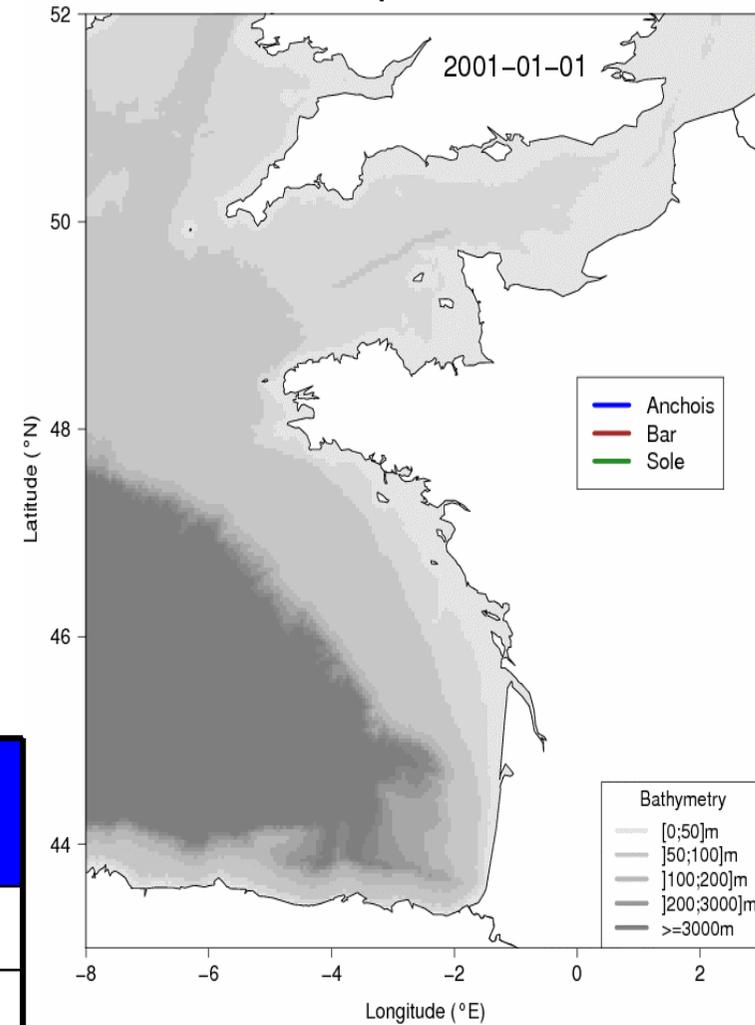
Petits pélagiques, Bar

# Simulation lagrangienne

## Processus de dérive larvaire (bar, anchois, sole)



### Simulation de la dispersion des oeufs et larves

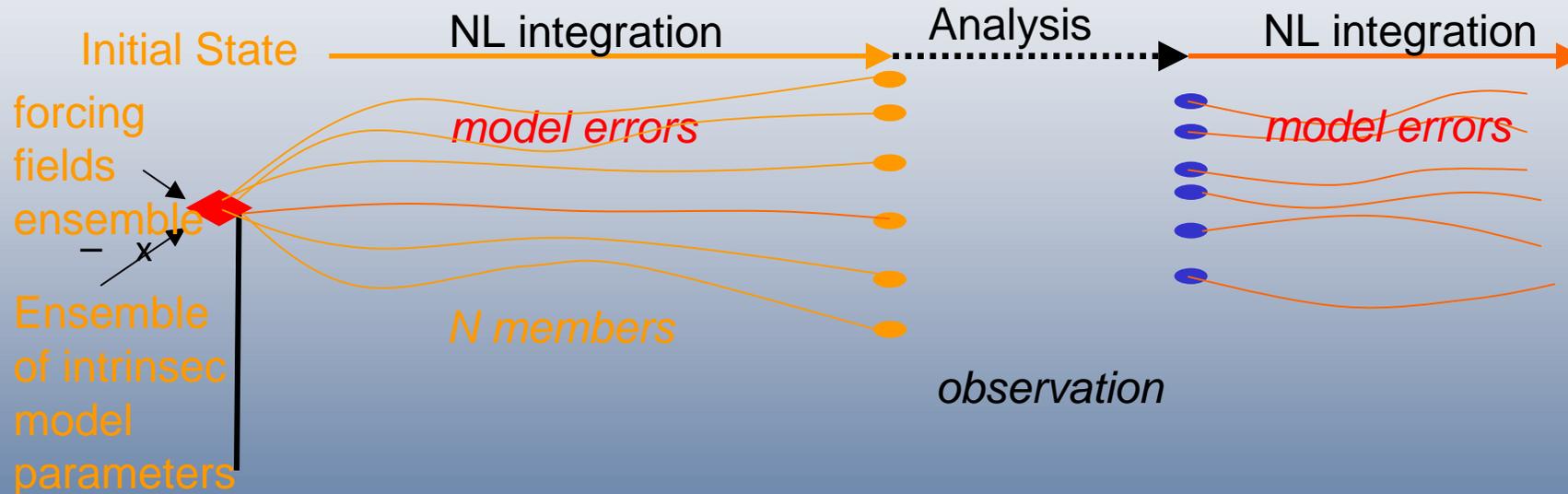


Simulation	Zone	N procs	durée	Temps élapsé
MANGA	GdG	63	1 an	3 h
	50 K part	63	1 an	24 h

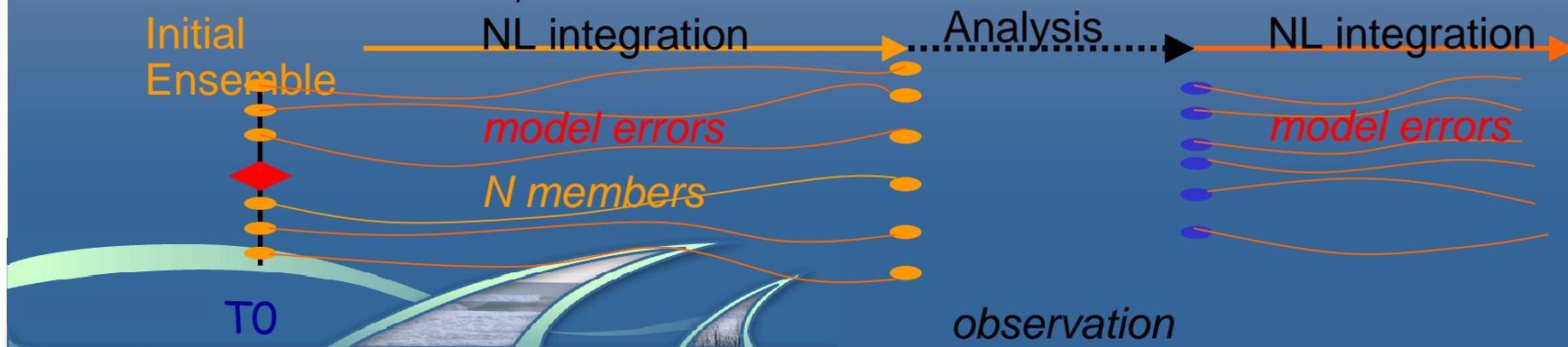
# Assimilation : méthode d'ensemble

Sous-traitance Actimar

- Erreurs de prévision du modèle liées aux paramètres internes du model ou aux erreurs sur les forçages (météo, limites...)



- Erreurs de prévision du modèle liées à la représentation de l'état initial (génération d'un ensemble d'état initial)



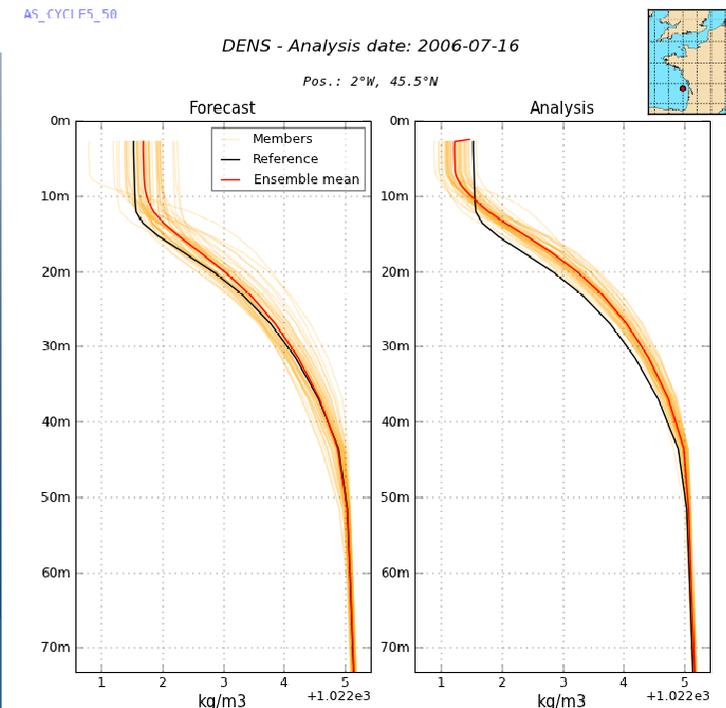
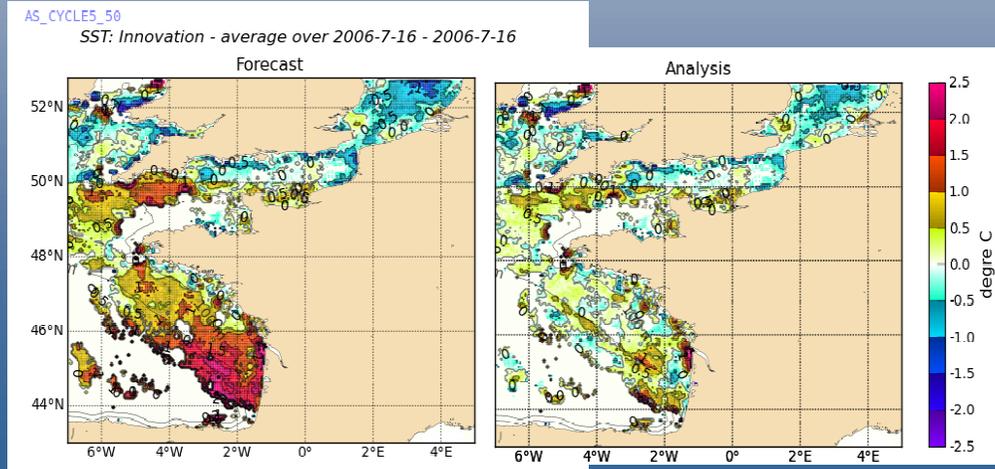
# Assimilation : méthode d'ensemble

Sous-traitance Actimar

## Assimilation des SST

Expérience en été 2006 - 6 cycles: 1 analyse tous les 4 jours

- SST: 30% d'amélioration des RMSe (par rapport au run de référence) en moyenne dans tout le domaine MANGA. Bénéfice de l'assimilation conservé 4 jours puis décroissance significative
- Meilleure stratification: de l'océan grâce à l'assimilation (augmentation de la stratif).

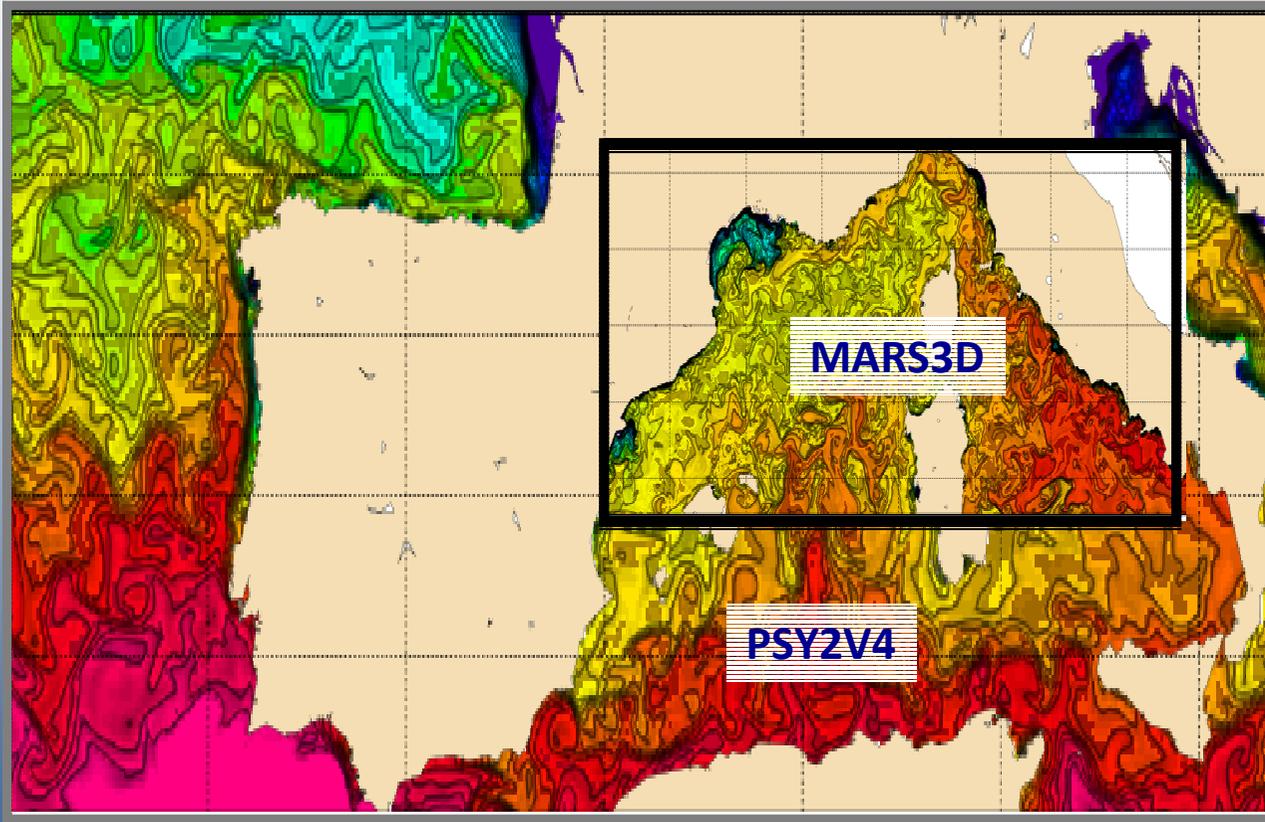


## Assimilation : coût informatique

Sous-traitance Actimar

- Préliminaires: Sensibilité généralisée (paramètres internes du modèle +/-10 à 20%, étude saisonnière, combinaisons aléatoires des sources d'erreur...) → génération d'ensembles
- Ensembles de prévision:
  - Run Mars Sequentiel: 50 simulations
  - Stockage espace disque: 50 membres sauvegardés (MANGA 3D, journaliers)
- Analyses: (2013: codage nouveau noyau d'analyse S. Raynaud)

	Nombre de membres	Ancien noyau Job seq	Nouveau noyau OAK Job seq	Nouveau noyau OAK Job OMP parallel8
1 analyse	5	3h40	30min	7min
1 analyse	30			12 à 17 min
3 cycles	50			5h

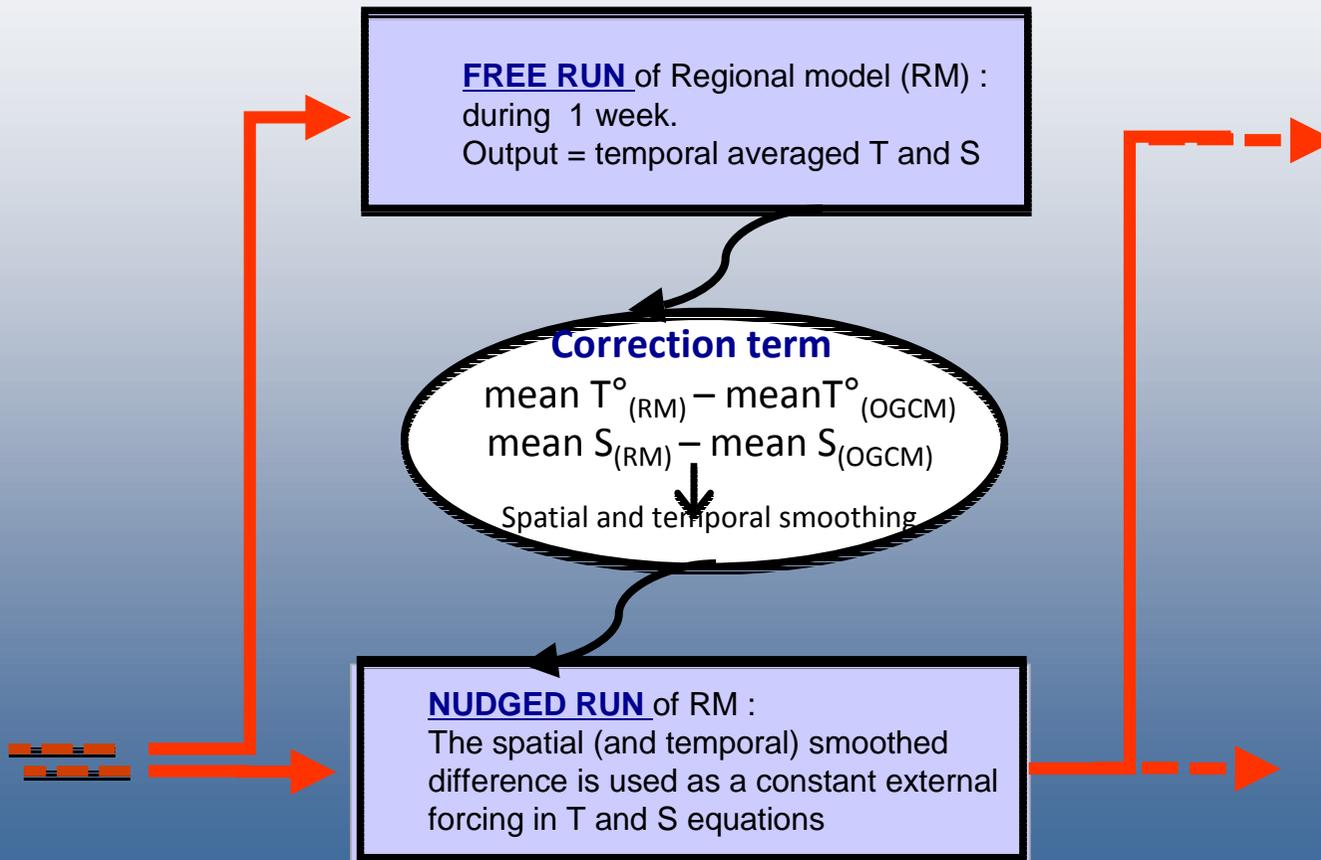
**MARS3D**

Resolution hor. : 1.2km  
Non assimilé

**PSY2V4**

Resolution hor. : 6 km  
Assimilé en SSH, T, S

Comment améliorer la représentation des grandes échelles dans le modèle régional tout en gardant sa capacité à représenter les plus petites ?

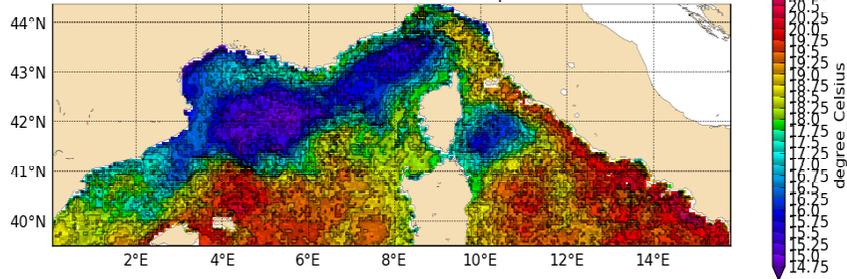


T = one week

WINDOW

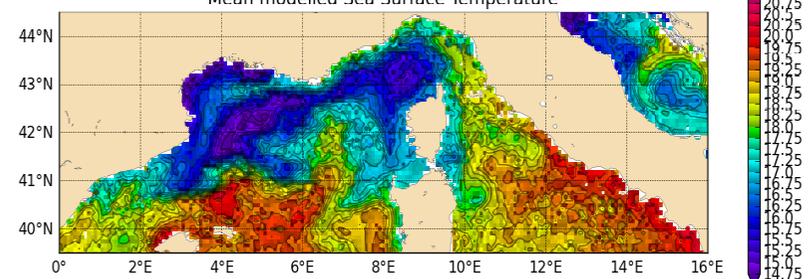
## OBSERVATIONS

Mean observed Sea Surface Temperature



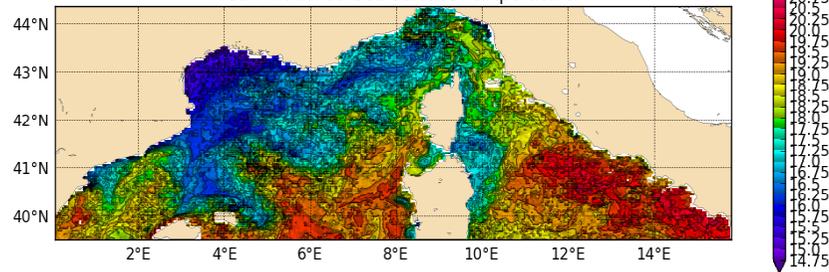
## PSY2V4

Mean modelled Sea Surface Temperature



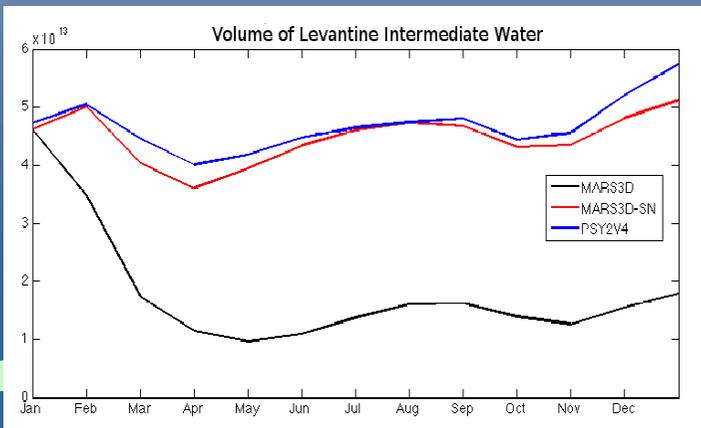
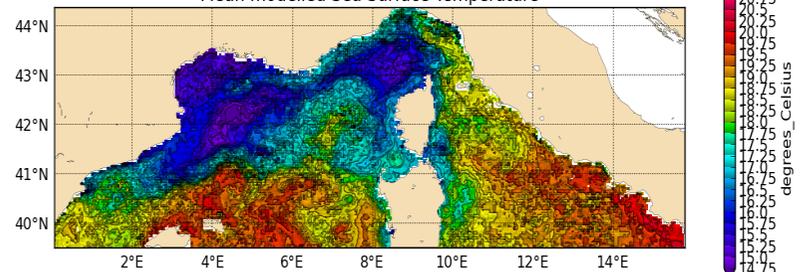
## MARS3D

Mean modelled Sea Surface Temperature



## MARS3D-NUDGED

Mean modelled Sea Surface Temperature



- ✓ Amélioration
  - en surface
  - en profondeur
- ✓ Activité mésoéchelle conservée
- ✓ Double run

# Couplage dynamique avec autre code

## Océan – atmosphère

upwelling, rétroaction zone frontale,...

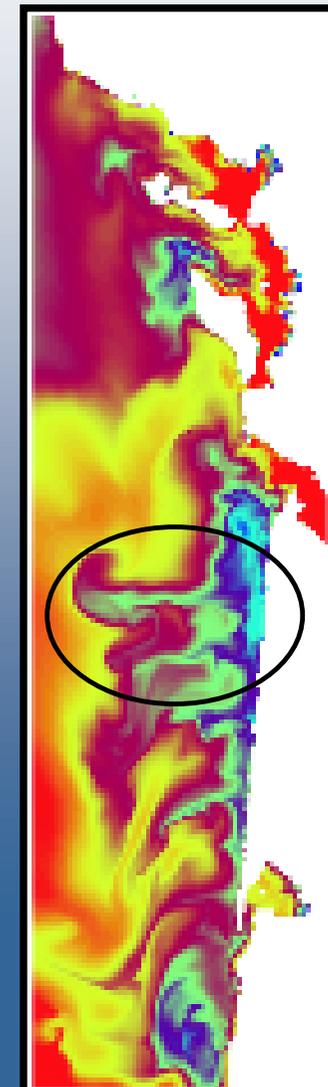
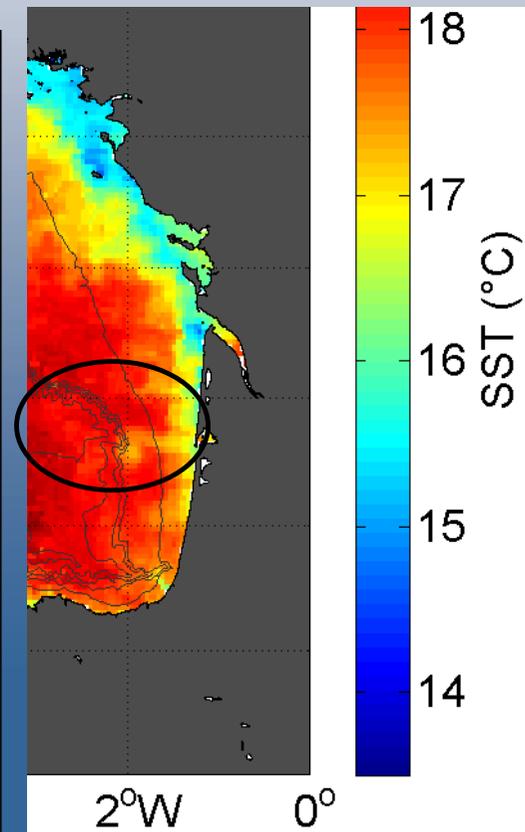
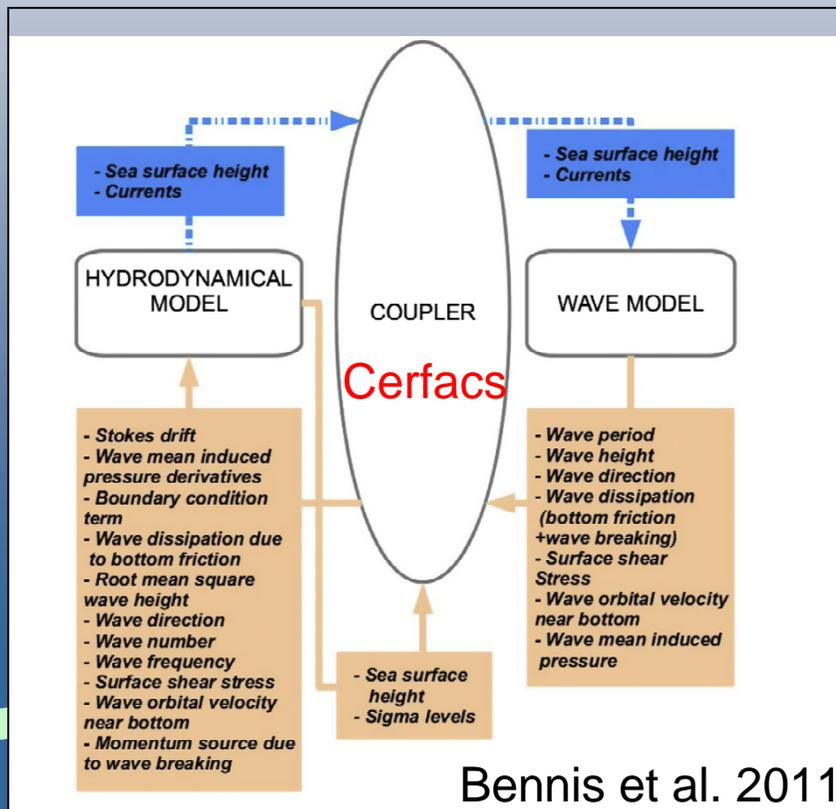
## Océan – vagues

À très petite échelle, dès que courant à impact sur le vent

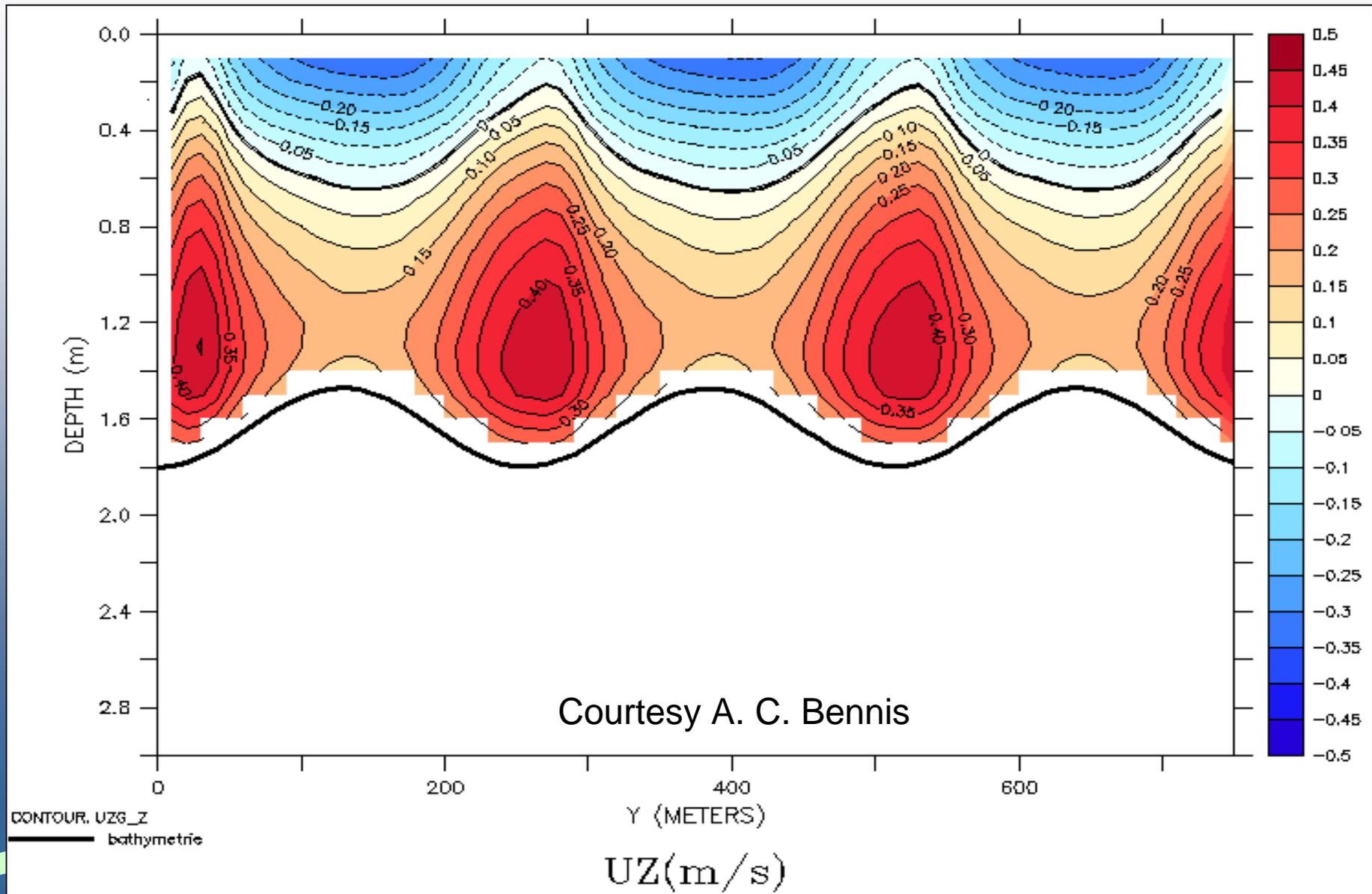
## Océan – vagues – atmosphère

Couche limite atmosphérique, Post-Doc J. Pianezze

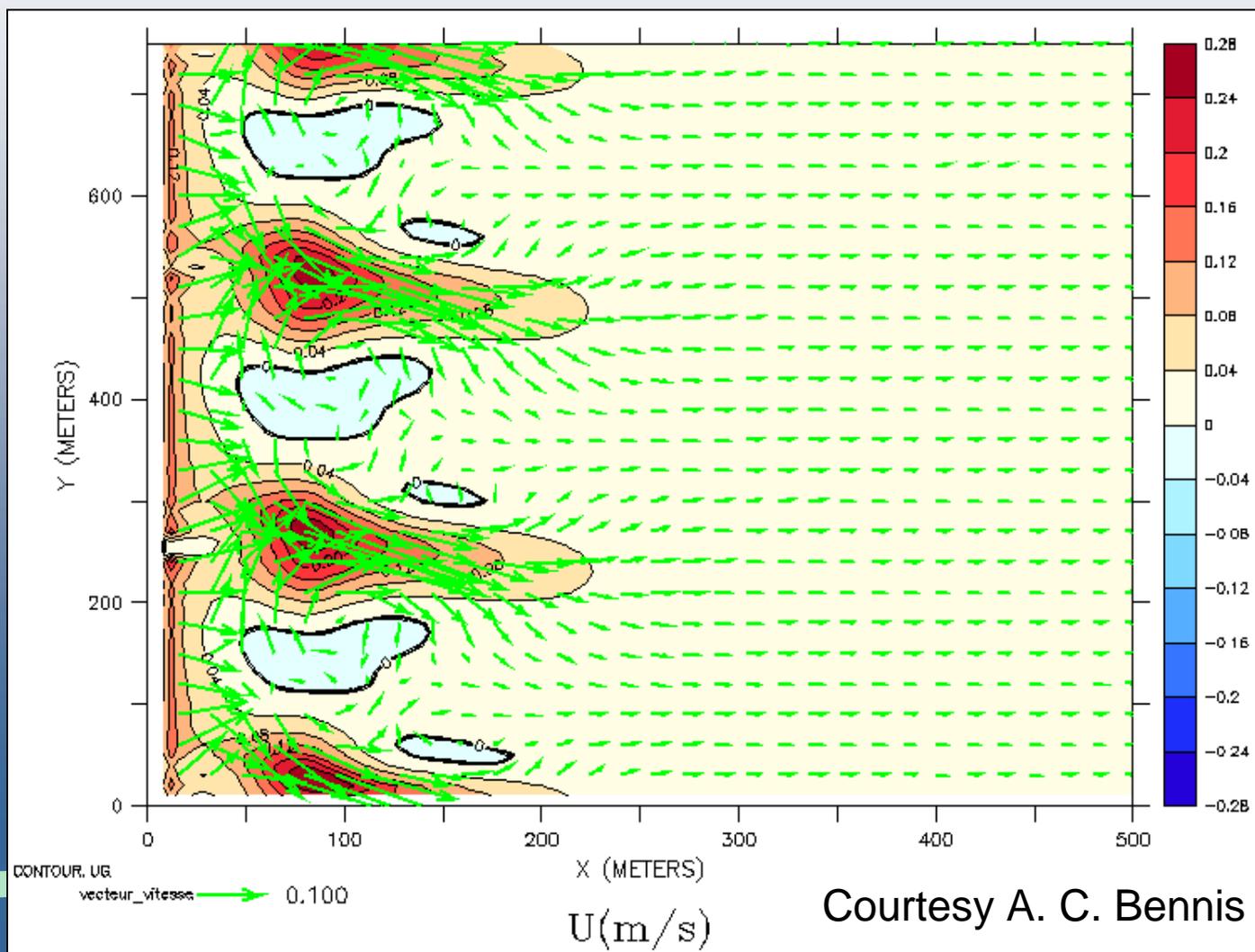
Expérimental



# Vagues - courant



# Vagues - courant



# Validation : mesure / modèles

Collaboration Actimar

Observations

MARS

Colocalisation

VACUMM  
Mesures  
Multi-modèles

Diagnostics validation

Visualisation

« Qualité » simulation  
et indicateurs



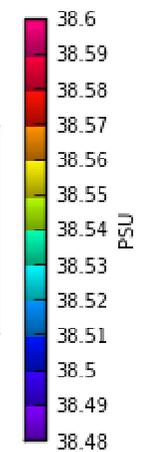
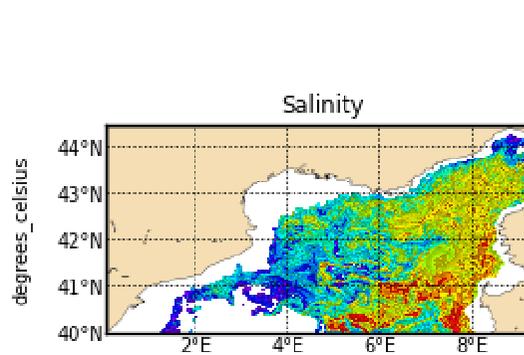
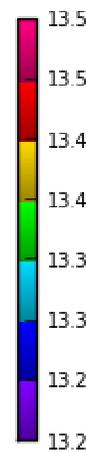
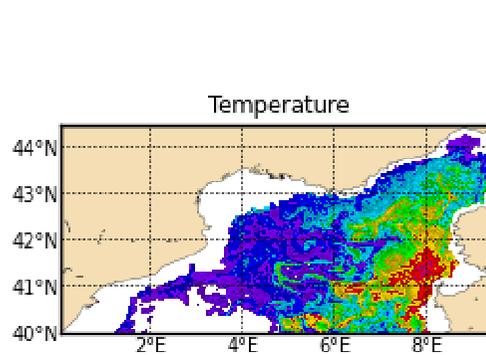
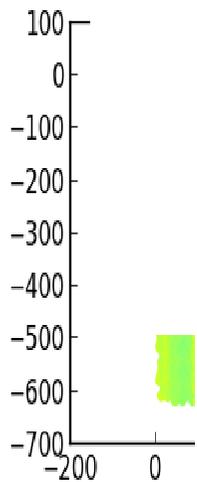
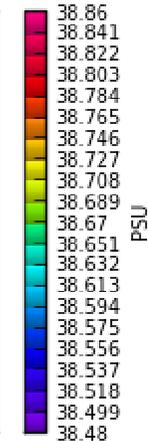
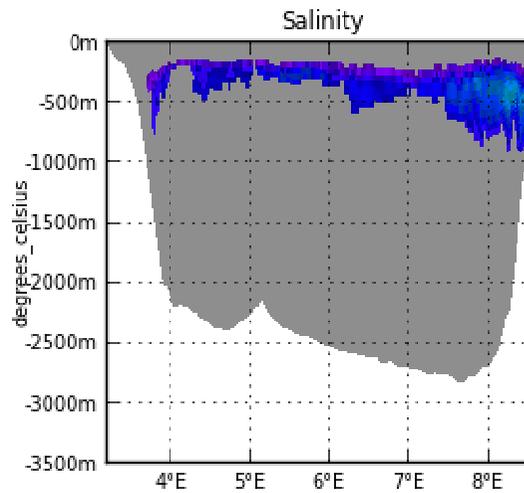
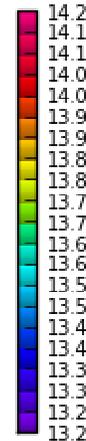
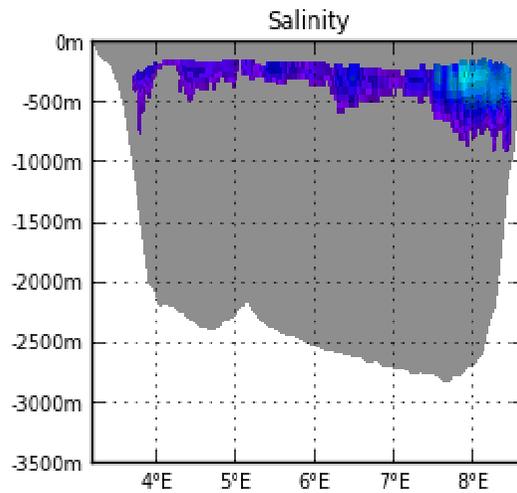
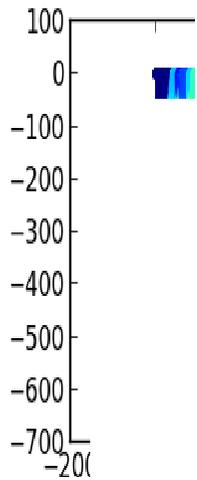
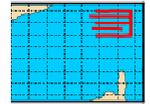
Entrées

Outil de validation

Sorties

# Validation : Librairie VACUMM

LEVANTINE\_INTERMEDIATE\_WATER2010\_09\_28



38.2536

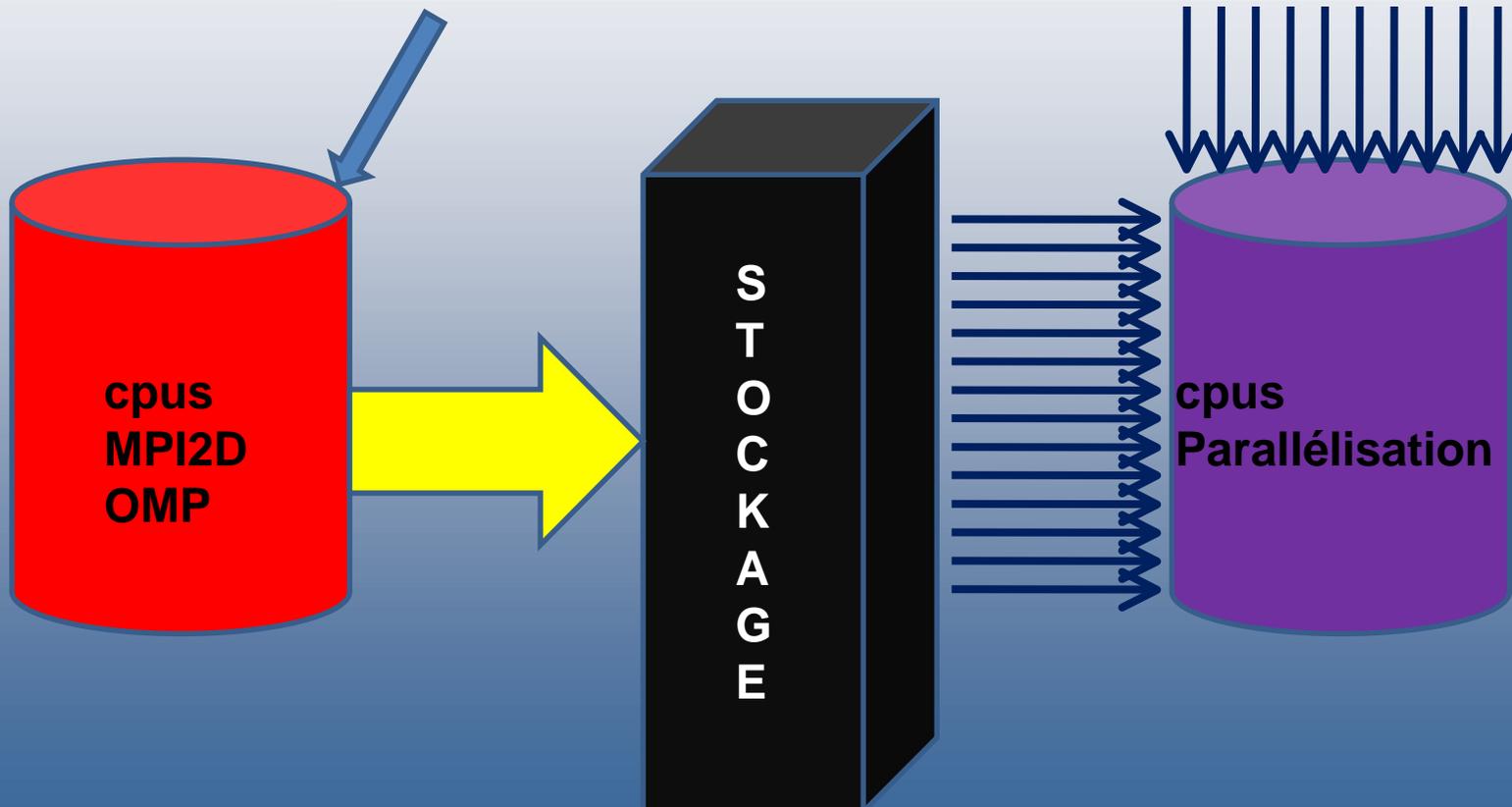
38.72

## Conclusion

- Modélisation = complément observations et expérimentations
  - interprétation des observations / processus
  - interactions de processus
  - création d'informations non mesurées
- Activité de modélisation de l'écosystème côtier a besoin d'un ordinateur performant et d'une base de données (forçage, validation)
  - Calcul numérique avec parallélisation (nb cpus, durée des queues, stockage)
  - Diagnostic et validation avec comparaison aux mesures satellitales et in-situ (stockage, accès, efficacité)
- DYNECO, UL, RBE, PFOM, partenaires institutionnels, sous-traitants

## Caractéristiques idéales Datarmor

DATA / base de données



Calcul numérique

Validation diagnostics