



Ifremer



Modélisation hydro-sédimentaire à l'échelle du Golfe de Gascogne

Journée de rencontre des utilisateurs du Pôle de Calcul Intensif pour la Mer

13 / 03 / 2015

Baptiste Mengual, Florence Cayocca, Pierre Le Hir, & Thierry Garlan

MENGUAL Baptiste (Baptiste.Mengual@ifremer.fr)

Directeur de thèse : Thierry Garlan

Co-directeurs de thèse : Florence Cayocca / Pierre Le Hir

PLAN

I. Présentation du système de modélisation (MARS 3D)

- I.1. Configurations
- I.2. Module sédimentaire utilisé (Le Hir et al., 2011)
- I.3. Forçages

II. Axes d'étude

II.1. Influence de la résolution horizontale sur les flux hydro-sédimentaires

II.1.a. Influence sur la représentativité du forçage

II.1.b. Approche instantanée

II.1.c. Approche résiduelle

II.2. Amélioration de la représentation de la turbidité sur le plateau continental

III. Conclusions & Perspectives

IV. Quelques chiffres sur l'utilisation du cluster CAPARMOR

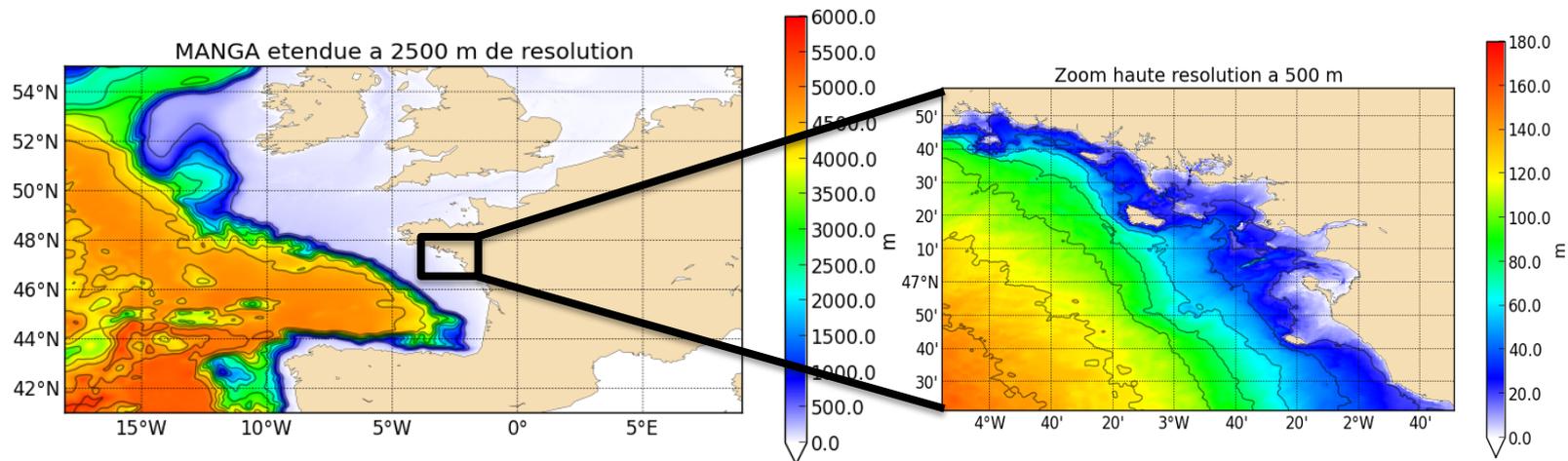
↳ Utilisation du modèle hydrodynamique MARS 3D :

- Résolution des équations de Navier-Stokes pour un fluide incompressible / hypothèse hydrostatique
- Approximation de Boussinesq
- Méthode de différences finies sur des maillages structurés

- Conservation de la masse
- Conservation de la quantité de mouvement

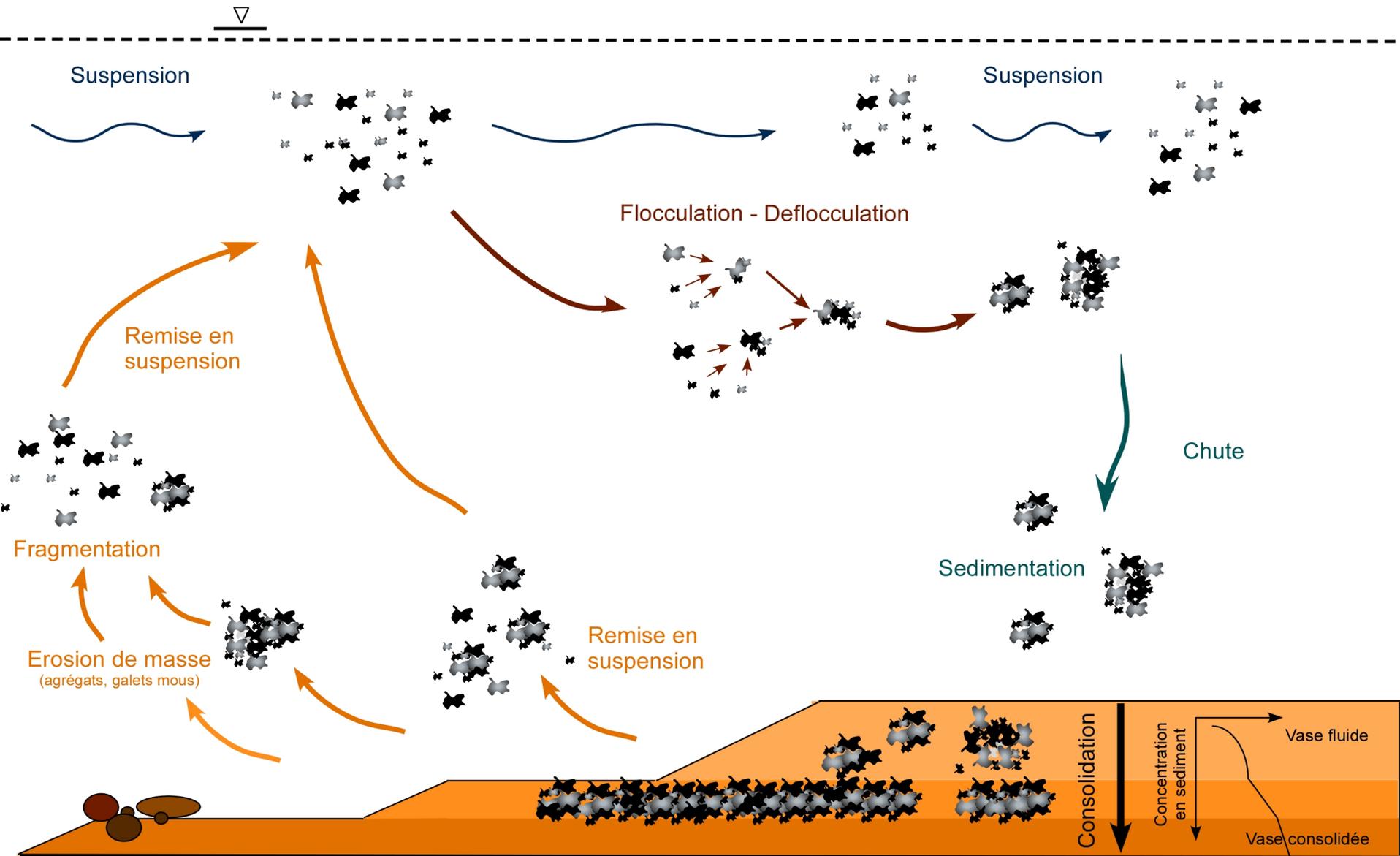
} En 3D

↳ Emprises et résolutions des configurations utilisées



Discretisation verticale : 40 niveaux sigma généralisés

↳ Rappels sur les processus de la dynamique sédimentaire



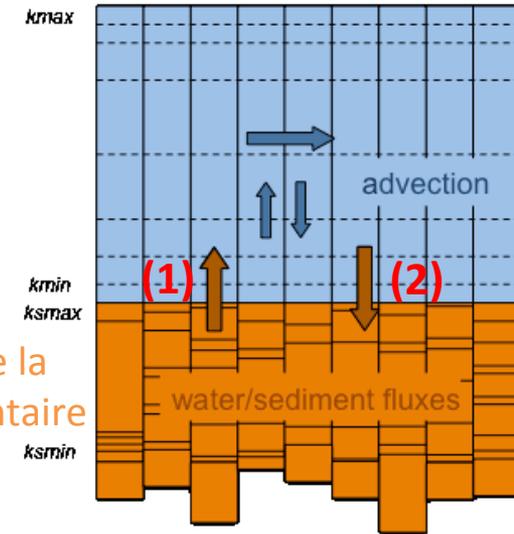
↳ Module sédimentaire MIXSED utilisé dans MARS3D
(Le Hir et al., 2011)

→ Modélisation par advection/dispersion de matière

→ 3 classes de particule utilisées :

- Un sable
 - Une vase
 - Une vase à faible vitesse de chute
- Initialisation sur le fond
- AS fluviaux

Gestion 1DV de la
colonne sédimentaire



(1) Erosion

Flux d'érosion (Loi de Partheniades, 1962):

$$E = E_0 \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}} - 1 \right)^n$$

E_0 : Paramètre d'érodabilité en $[kg.m^{-2}.s^{-1}]$

τ : Contrainte de cisaillement totale sur le fond $[N.m^{-2}]$

τ_{cr} : Contrainte critique d'érosion $[N.m^{-2}]$

(2) Dépôt

Flux de dépôt (Loi de Krone, 1962) :

$$D_i = W_{si} C_i \left(1 - \frac{\tau}{\tau_{di}} \right)$$

W_{si} : vitesse de chute $[m.s^{-1}]$

C_i : concentration de sédiment en suspension $[g.l^{-1}]$

τ_{di} : Contrainte de cisaillement critique pour le dépôt $[N.m^{-2}]$

Forçages : **Vague** / Météorologique / Fond sédimentaire / Apports Sédimentaires fluviaux / Marée

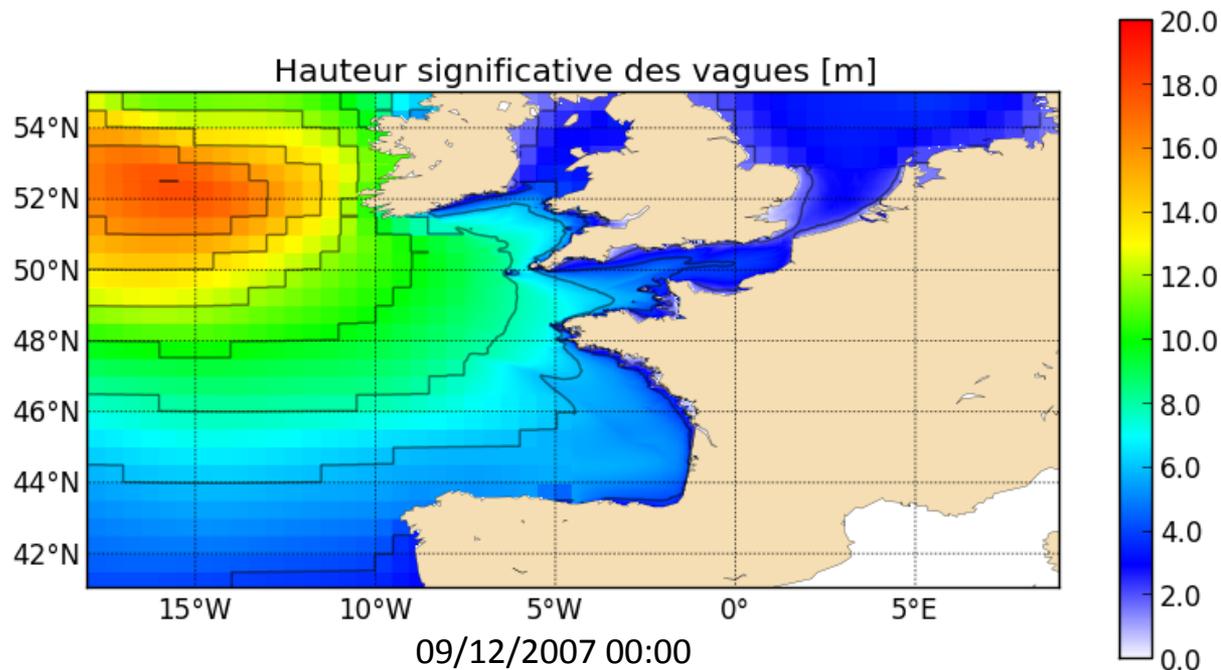
↳ Fusion de modèles WW3 (WaveWatch3)

- GLOBAL (structuré ; résolution spatiale = 0.5 °)
- NORGAS UG (non structuré)

→ Interpolation sur la grille du modèle

Variables utilisées :

- Hauteur significative
- Période de pic
- Direction
- Excursion orbitale
- Vitesses orbitales



Forçages : Vague / **Météorologique** / Fond sédimentaire / Apports Sédimentaires fluviaux / Marée

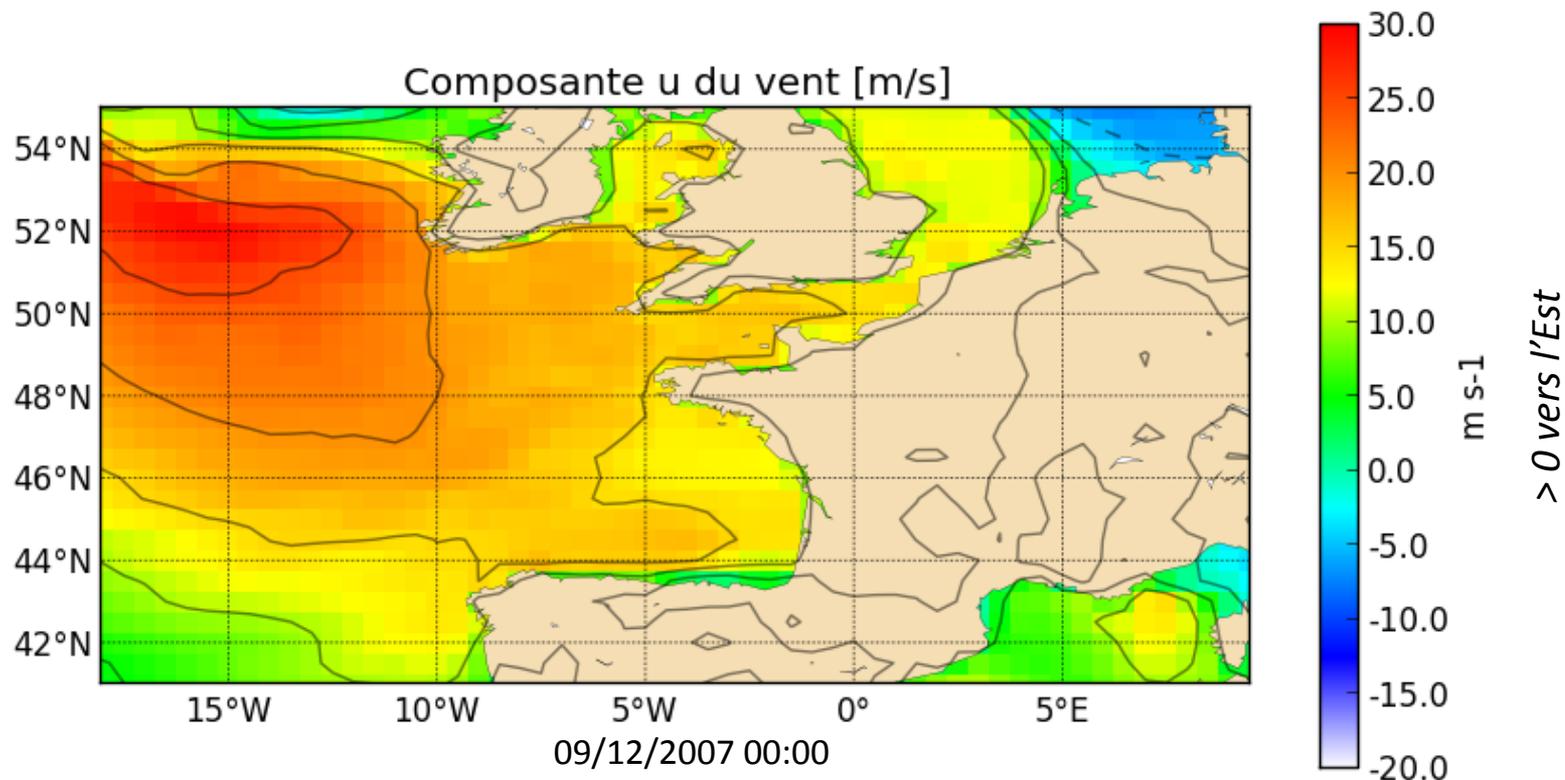
↳ Modèle ARPEGE

Résolution spatiale = 0.5°

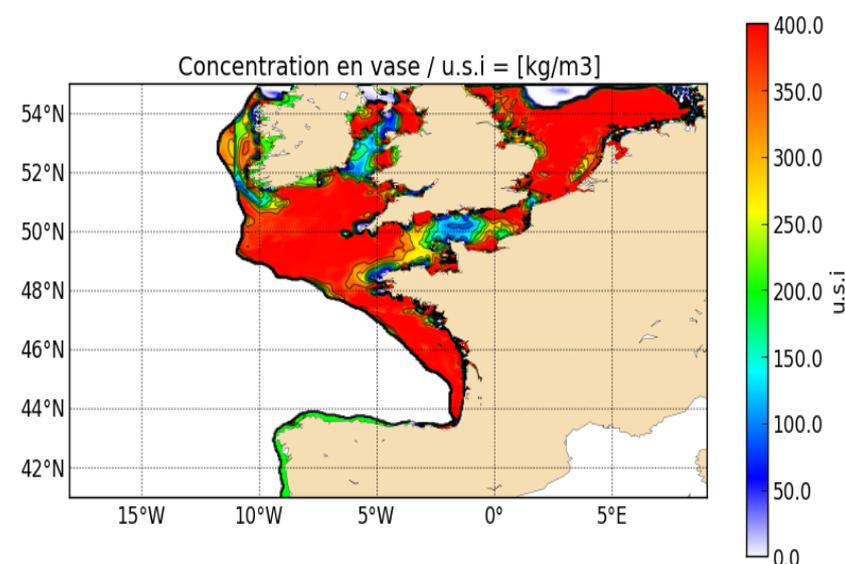
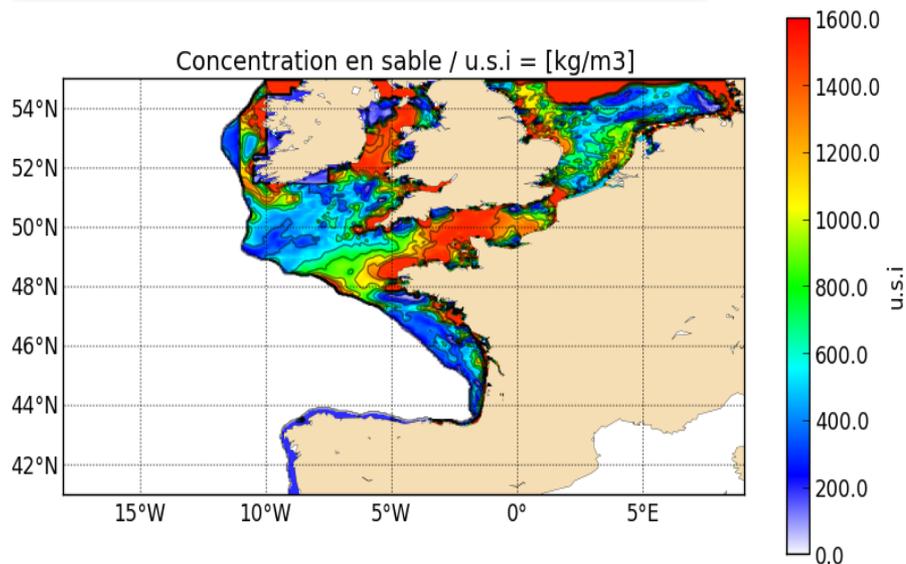
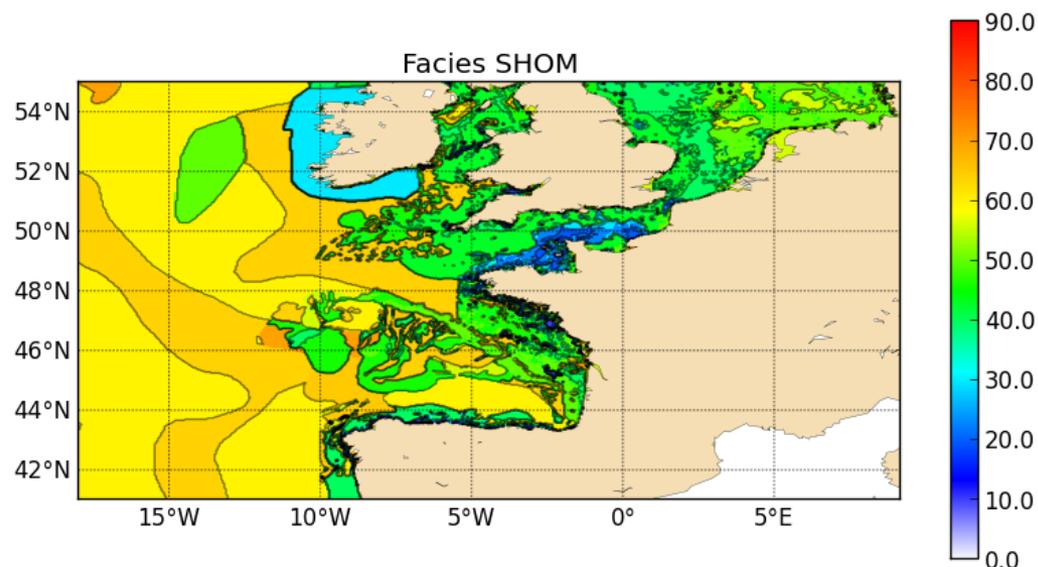
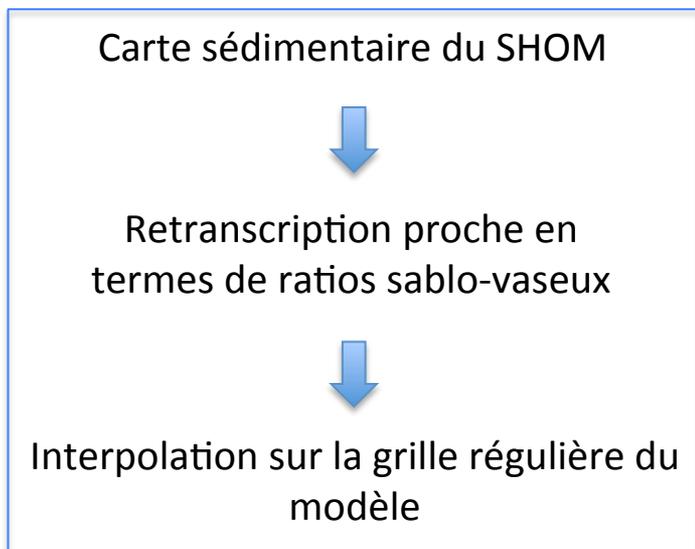
Résolution temporelle = 6h

Variables utilisées :

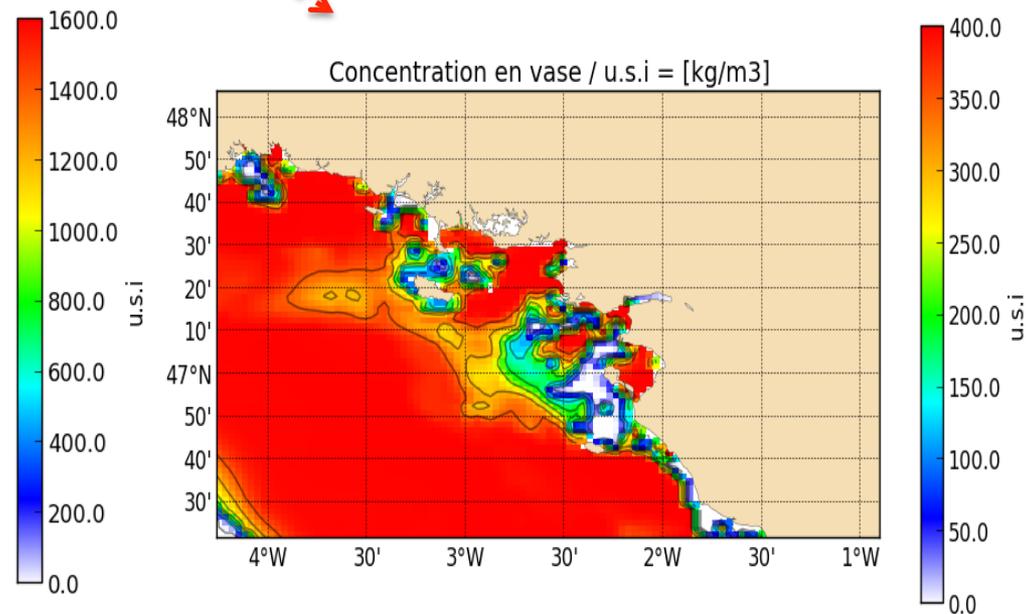
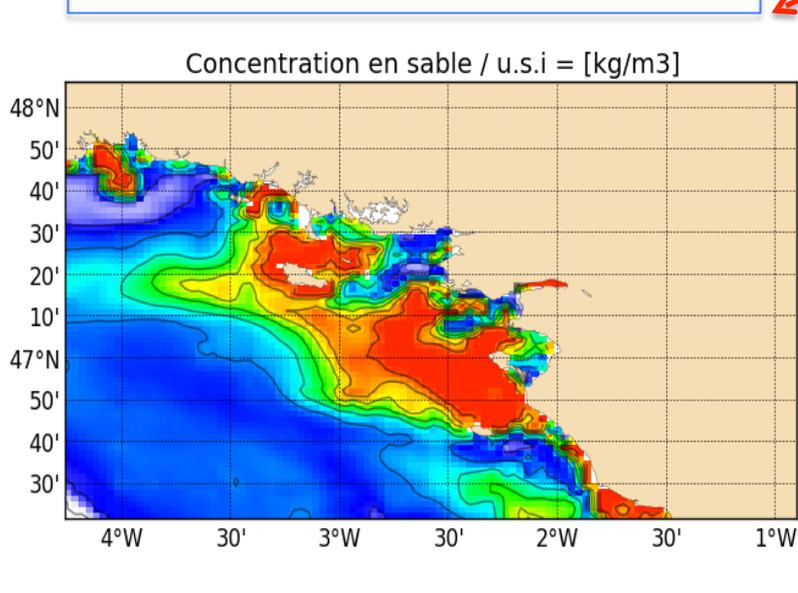
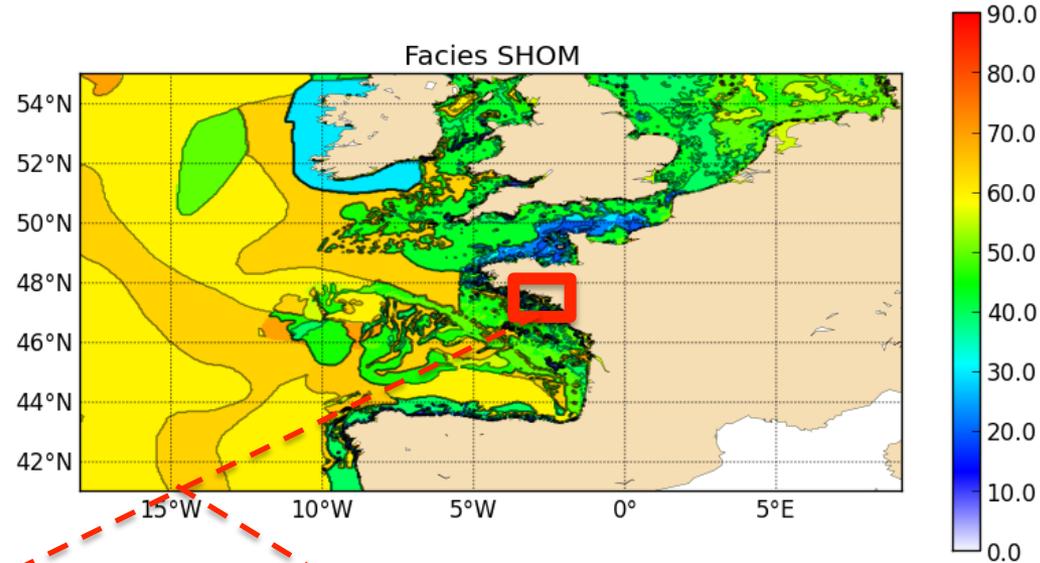
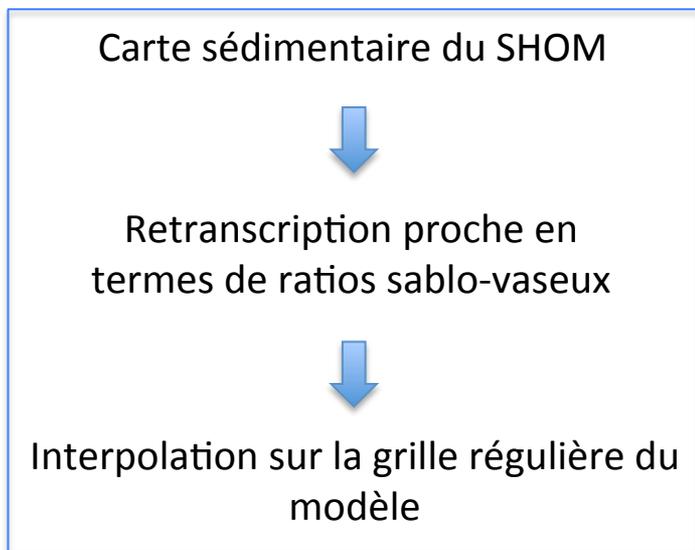
- Vitesse du vent
- Couverture nuageuse
- Humidité relative
- Pression atmosphérique



Forçages : Vague / Météorologique / **Fond sédimentaire** / Apports Sédimentaires fluviaux / Marée



Forçages : Vague / Météorologique / **Fond sédimentaire** / Apports Sédimentaires fluviaux / Marée



Forçages : Vague / Météorologique / Fond sédimentaire / **Apports Sédimentaires fluviaux** / **Marée**

↳ Apports Sédimentaires (AS) fluviaux

→ Vase à faible vitesse de chute

→ Fleuves les plus importants représentés avec des données journalières de :

- Débits
- Concentrations en Matière En Suspension (MES)

↳ Marée

→ Composition harmonique à partir du modèle numérique de marée mondiale (FES2004 ; résolution = $1/8^\circ$)

PLAN

I. Présentation du système de modélisation (MARS 3D)

- I.1. Configurations
- I.2. Module sédimentaire utilisé (Le Hir et al., 2011)
- I.3. Forçages

● II. Axes d'étude

II.1. Influence de la résolution horizontale sur les flux hydro-sédimentaires

II.1.a. Influence sur la représentativité du forçage

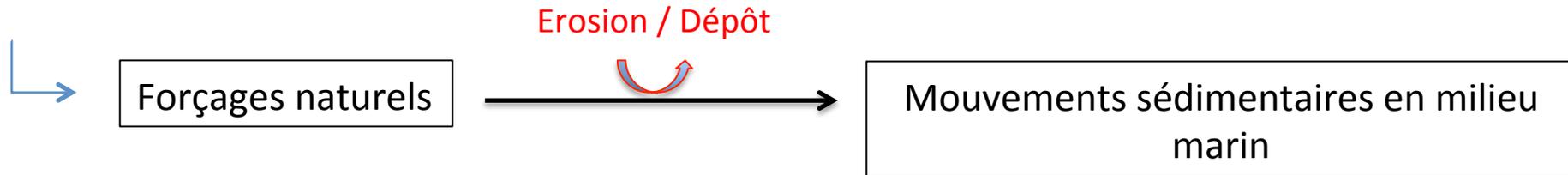
II.1.b. Approche instantanée

II.1.c. Approche résiduelle

II.2. Amélioration de la représentation de la turbidité sur le plateau continental

III. Conclusions & Perspectives

IV. Quelques chiffres sur l'utilisation du cluster CAPARMOR



↳ Importance du choix de la résolution horizontale car :

- Détermine les processus pouvant être mis en évidence
- Lié aux temps et capacités de calcul

↳ Introduction potentielle d'une variabilité sur les flux sédimentaires liée à des différences :

- de représentation du forçage (*érosion/dépôt*)
- de circulation hydrodynamique (*advection*)

En quoi la haute résolution côtière peut-elle influencer les échanges côte-large d'un point de vue de la dynamique sédimentaire ?

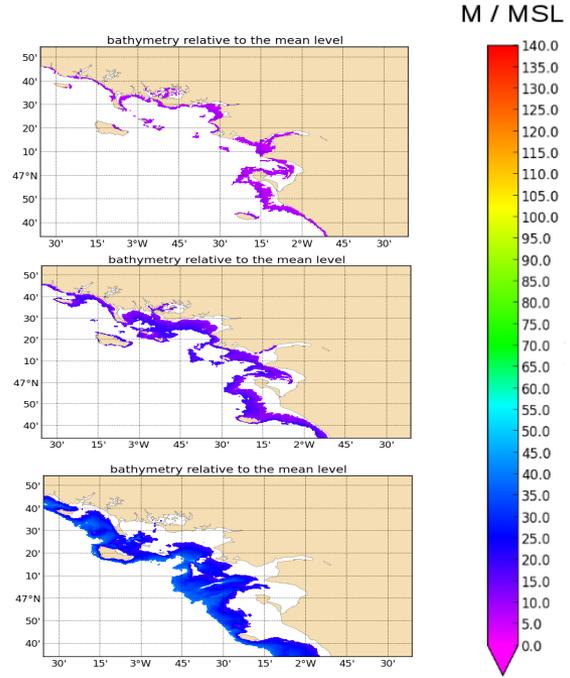
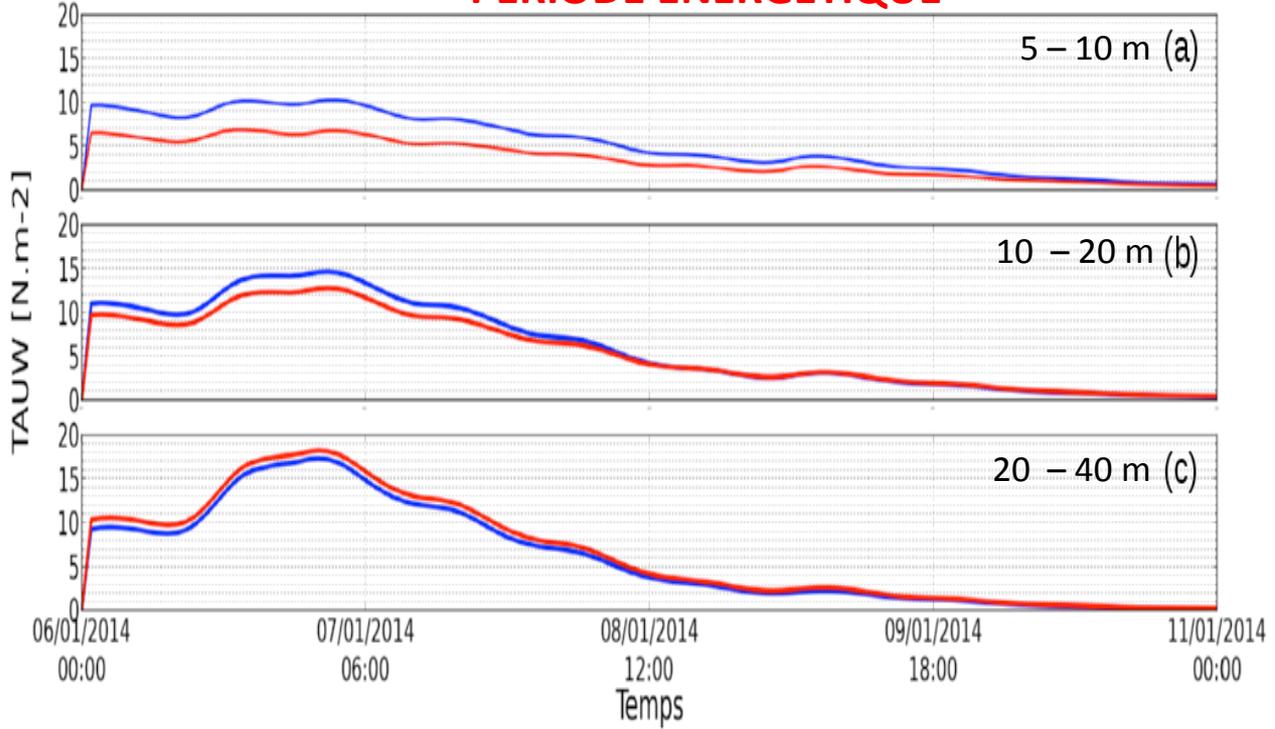
↳ Impact de la résolution sur les contraintes de cisaillement

Moyennes de la contrainte de cisaillement induite par les vagues (TAUW) par strate bathymétrique

R = 2500 m

R = 500 m

PERIODE ENERGETIQUE



- Sous-estimation de TAUW sur la grille grossière par rapport à celle haute résolution :
 - 40% entre 5 et 10 m
 - 15% entre 10 et 20 m
- Contraintes les plus élevées entre 20 et 40 m de fond (forte dissipation d'énergie au large liée à la présence de hauts fonds)

↳ Impact de la résolution sur la circulation hydrodynamique

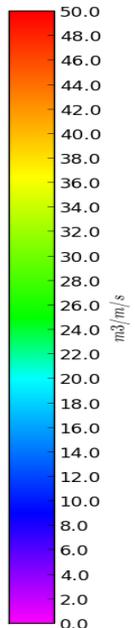
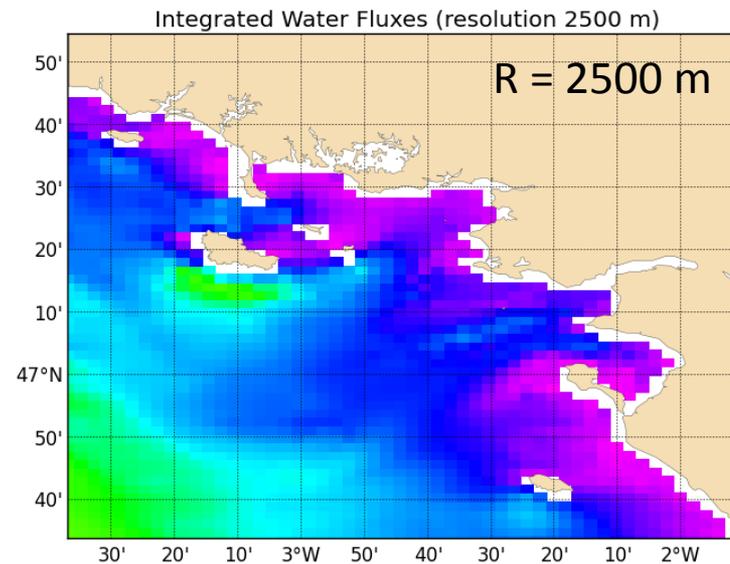
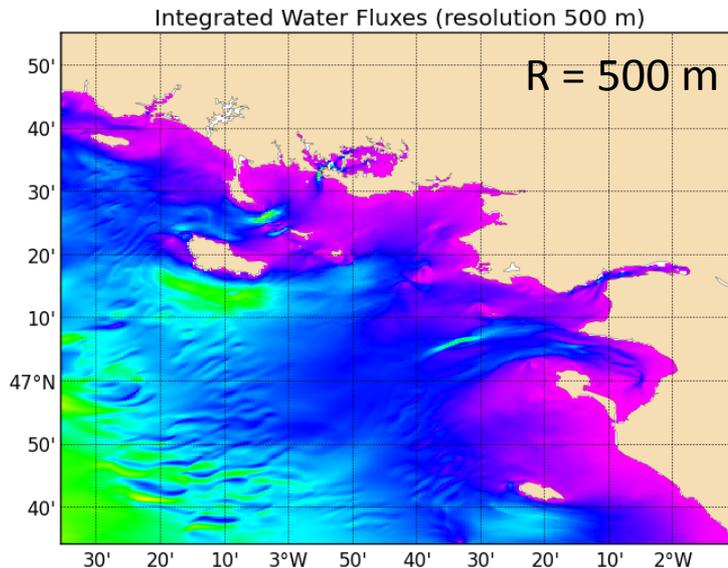
- Mise en évidence de structures de méso-échelle cisillées uniquement à haute résolution :

Gradients importants de densité sur de faibles distances (quelques centaines de mètres à quelques kilomètres)



Influencent les vitesses, et plus généralement la circulation hydrodynamique

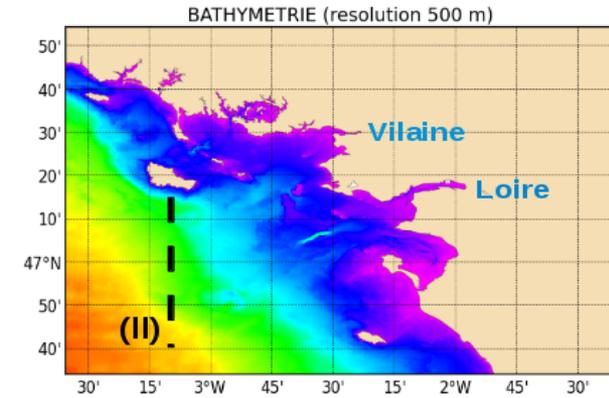
- Persistance des structures pour des valeurs élevées de viscosité horizontale turbulente (coefficients de Smagorinsky de 0.05 à 0.4)



Normes des flux hydrodynamiques intégrés sur la verticale le 07/01/2014 à 00:00

Impact de la résolution sur les flux sédimentaires

- Vase plus concentrée et présente sur l'ensemble de la colonne d'eau à haute résolution
- Profils de vitesses cisailés non visibles à basse résolution



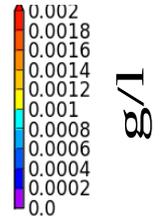
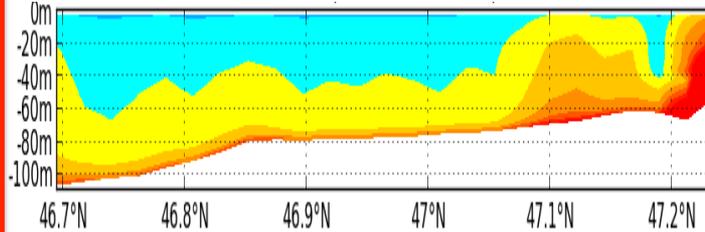
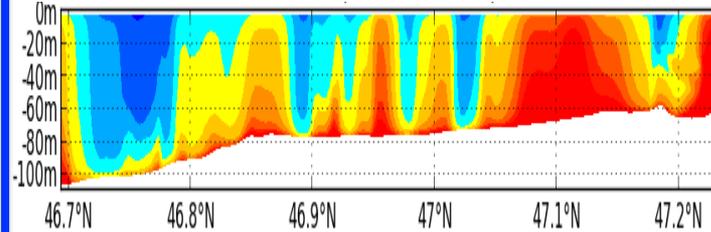
PIC DE HOULE LE 07/01/2014 à 00h00

R = 500 m

R = 2500 m

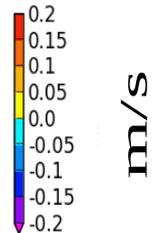
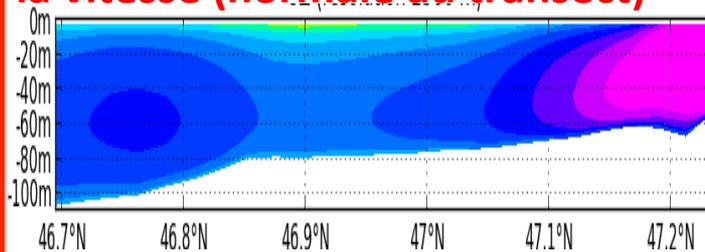
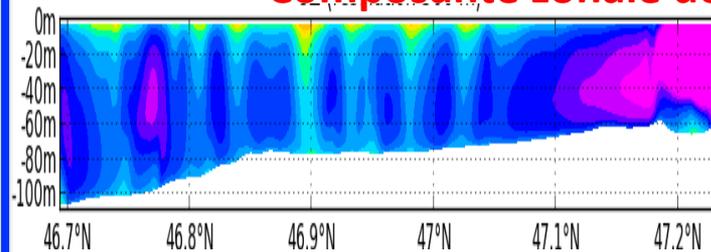
Concentrations en vase

dans la colonne d'eau



Composante zonale de

la vitesse (normale au transect)

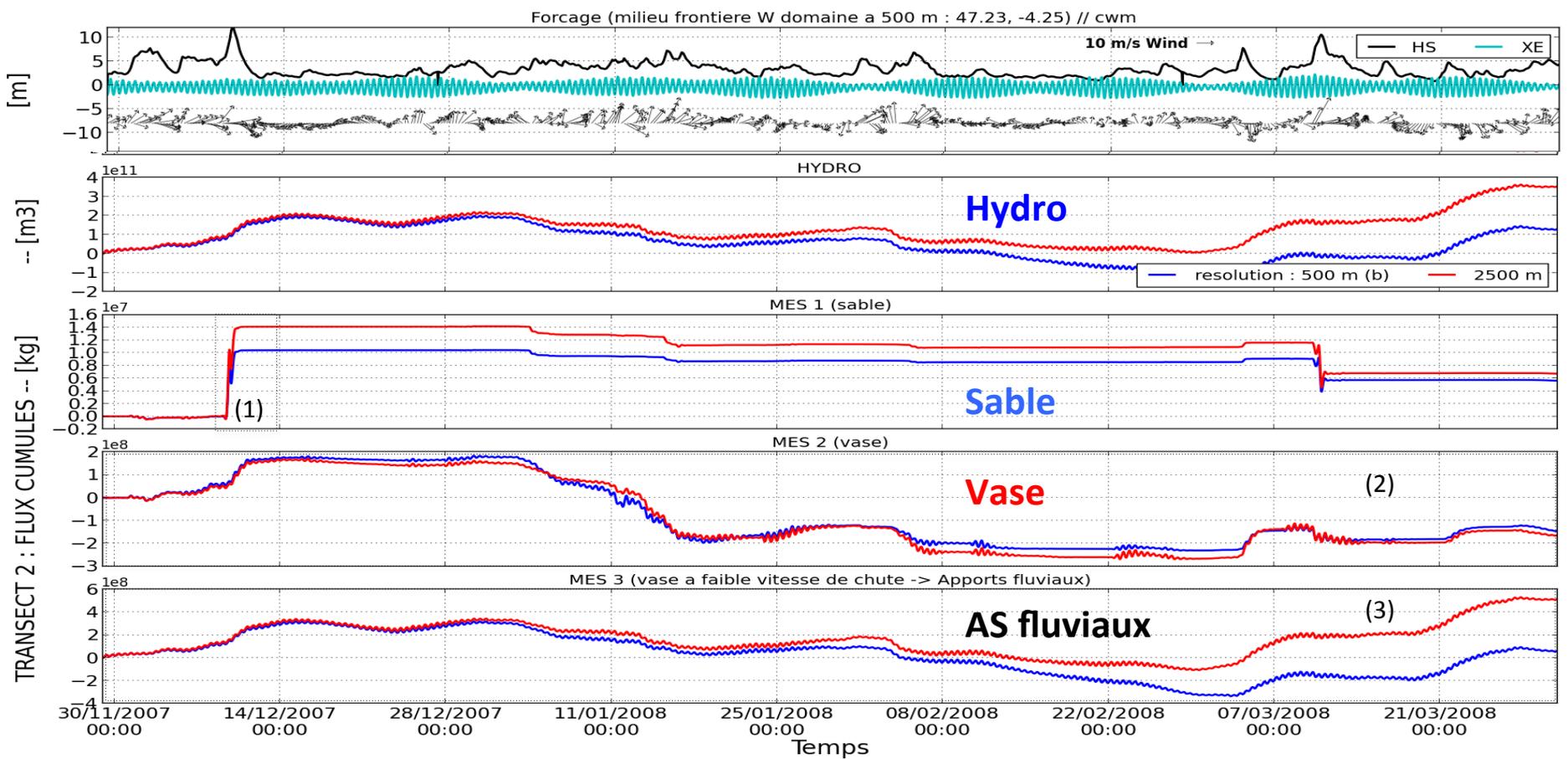
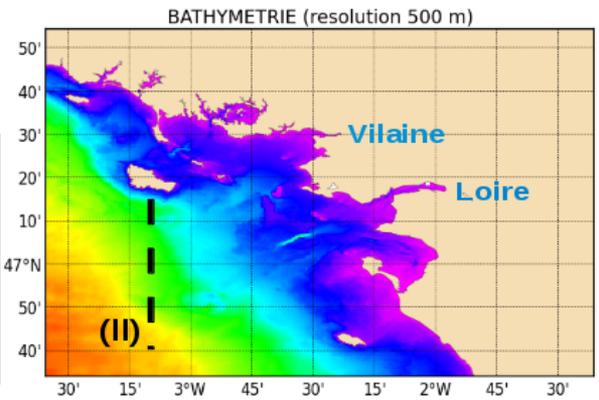


Différences se retranscrivent directement sur les flux sédimentaires associés

II. Axes d'étude → II.1. Influence de la résolution → II.1.c. Approche résiduelle

Flux cumulés à travers un transect : **Sur 4 mois**

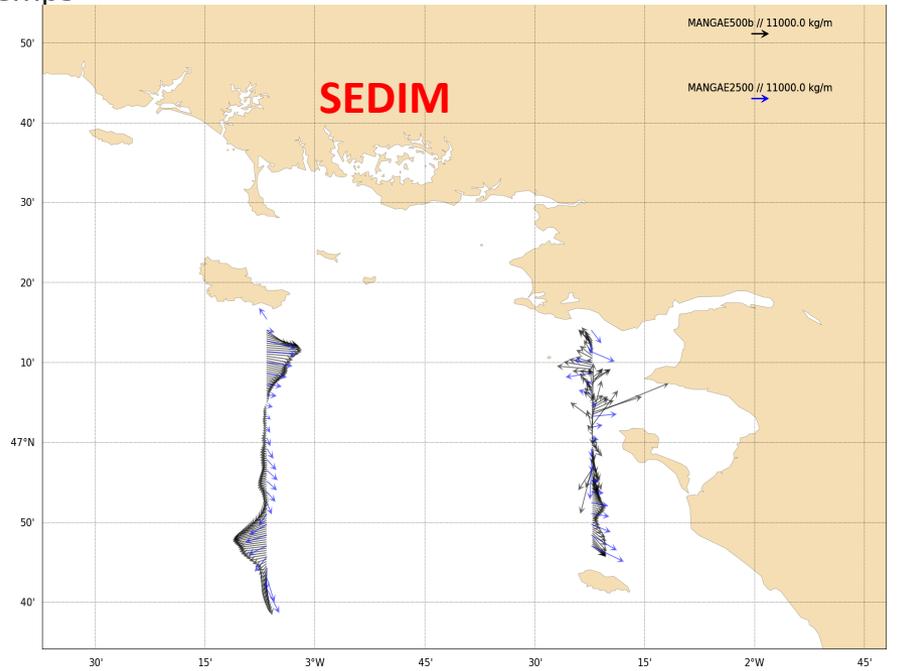
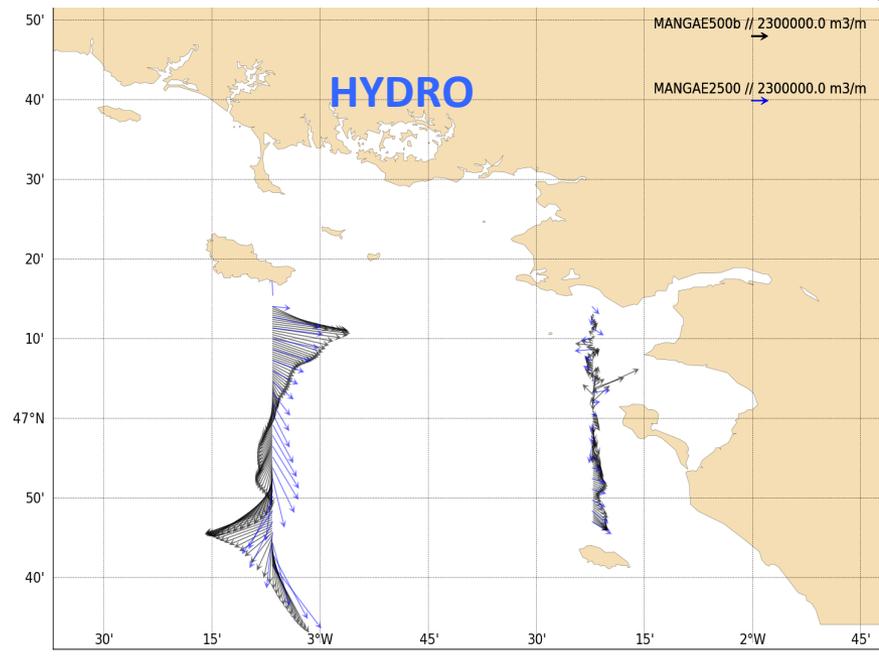
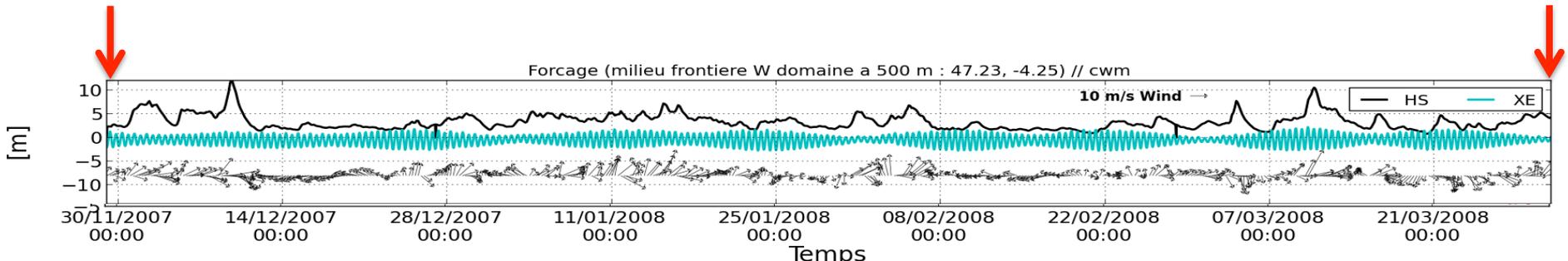
- (1) Dynamique du sable uniquement pour des évènements très énergétiques
- (2) Peu de différences, hypothèse :
→ Faibles différences de représentativité du forçage de vagues
- (3) Corrélation flux hydro / AS fluviaux (car essentiellement en suspension)



II. Axes d'étude → II.1. Influence de la résolution → II.1.c. Approche résiduelle

→ Résiduelles **sur 4 mois**

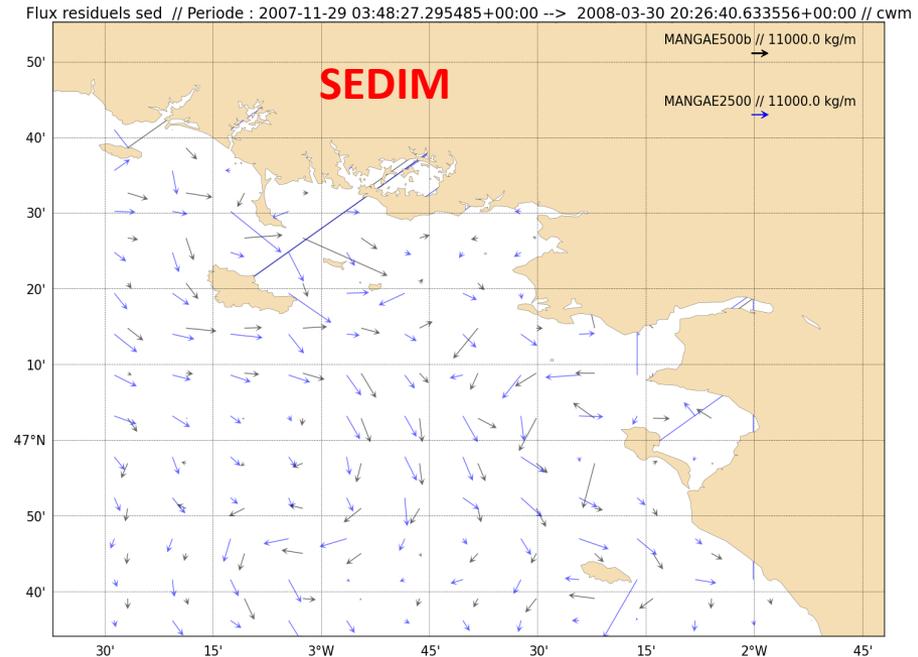
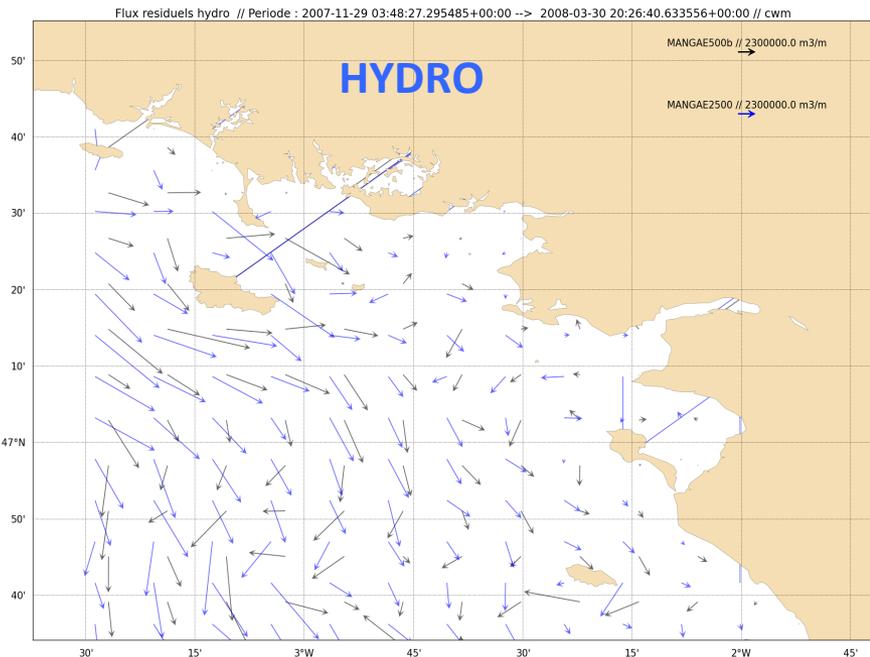
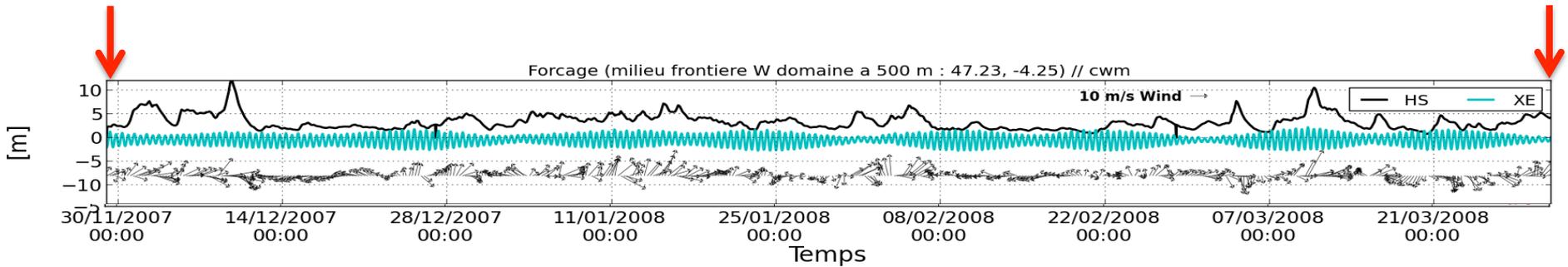
→ Différences importantes d'une résolution à l'autre en termes de flux sédimentaires directement liées à celles sur l'hydrodynamique
→ Rôle amplificateur du forçage des vagues (impact maximal visible près de la côte)



II. Axes d'étude → II.1. Influence de la résolution → II.1.c. Approche résiduelle

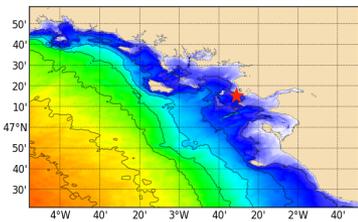
↳ Résiduelles **sur 4 mois**

→ Différences importantes d'une résolution à l'autre en termes de flux sédimentaires directement liées à celles sur l'hydrodynamique
→ Rôle amplificateur du forçage des vagues (impact maximal visible près de la côte)

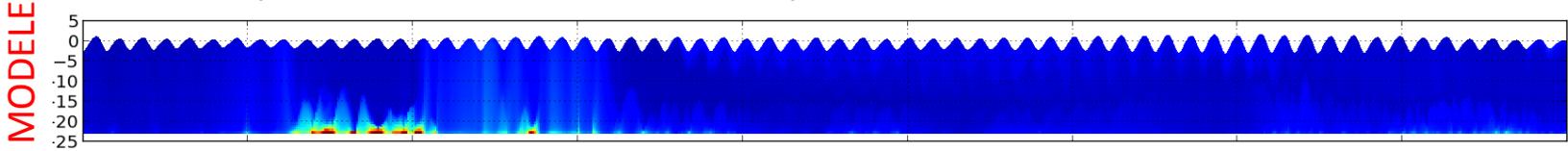


II. Axes d'étude → II.2. Amélioration de la représentation de la turbidité sur le plateau

↳ Comparaisons au point fixe du **Croisic**

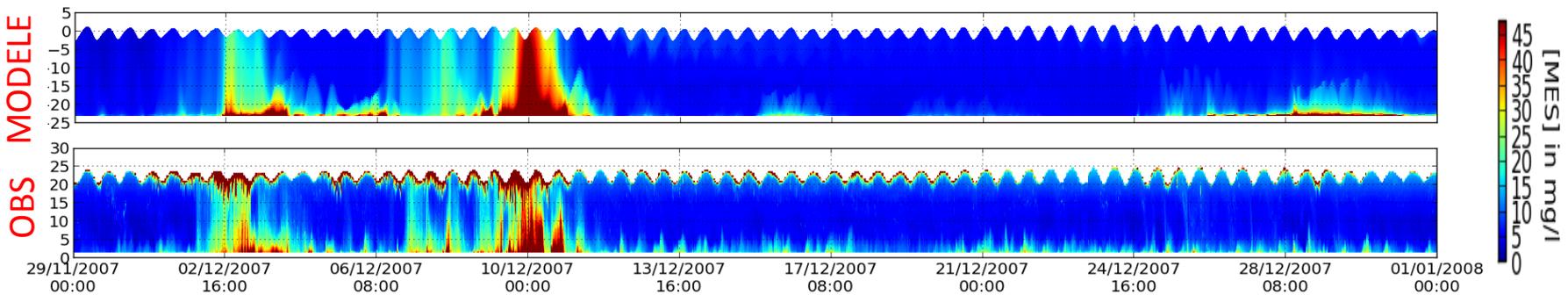


Ancienne paramétrisation de l'érosion → indépendante de la nature du fond



Exemple de nouvelle paramétrisation → Différenciation de 3 cas pour l'érosion :

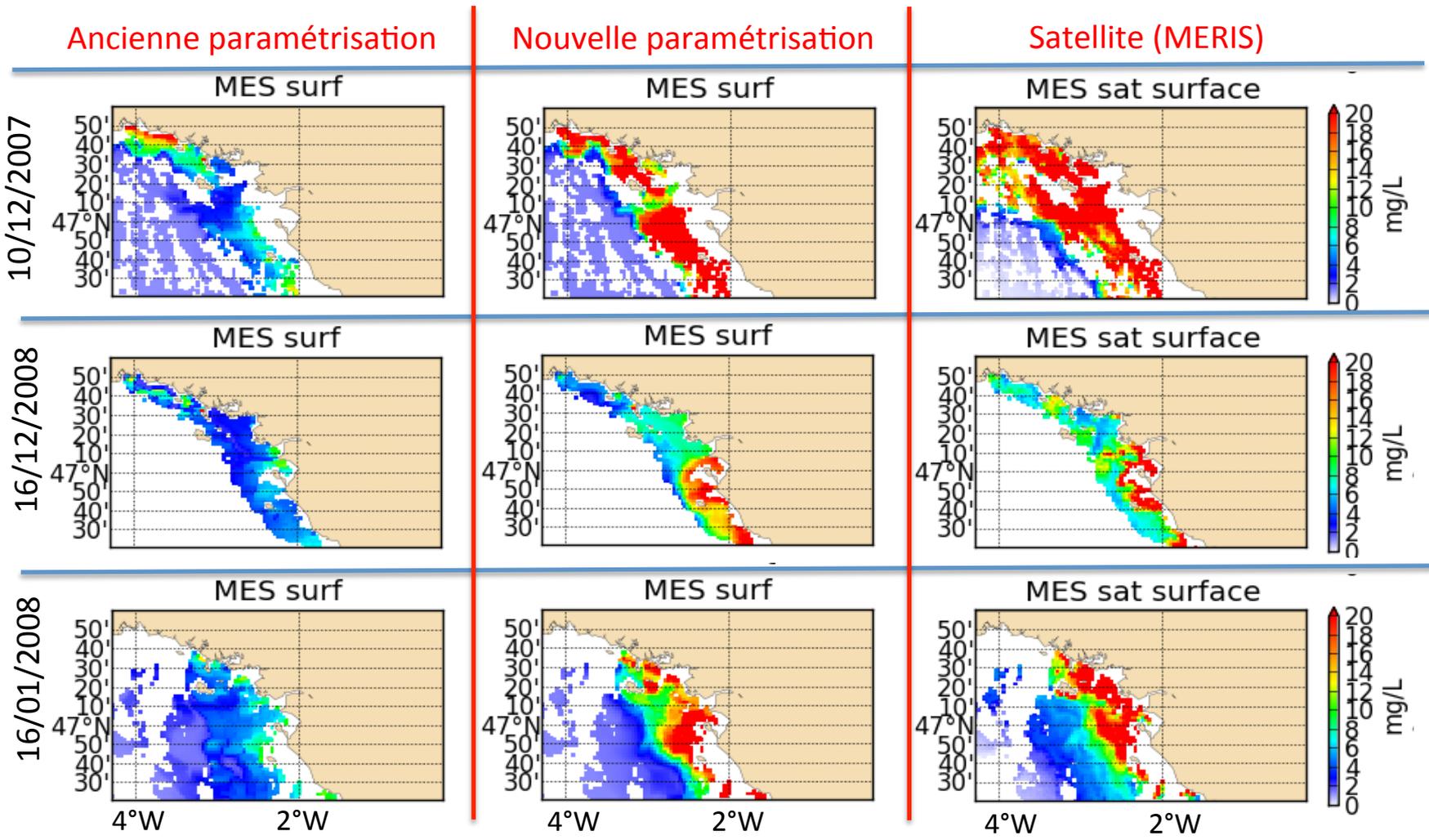
- essentiellement sableux
- intermédiaire sable/vase (formulations exponentielles des paramètres)
- essentiellement vaseux



↳ Amélioration significative de la réponse du modèle par modification de la formulation de la loi d'érosion (permettant des dynamiques conjointes du sable et de la vase)

II. Axes d'étude → II.2. Amélioration de la représentation de la turbidité sur le plateau

→ Comparaisons 2D en surface



→ Amélioration notable de la représentation de la turbidité en surface en comparaison avec les images satellites

PLAN

I. Présentation du système de modélisation (MARS 3D)

- I.1. Configurations
- I.2. Module sédimentaire utilisé (Le Hir et al., 2011)
- I.3. Forçages

II. Axes d'étude

II.1. Influence de la résolution horizontale sur les flux hydro-sédimentaires

II.1.a. Influence sur la représentativité du forçage

II.1.b. Approche instantanée

II.1.c. Approche résiduelle

II.2. Amélioration de la représentation de la turbidité sur le plateau continental

III. Conclusions & Perspectives

IV. Quelques chiffres sur l'utilisation du cluster CAPARMOR

↳ Les **tests sur la résolution** conduisent à certaines observations :

- Une meilleure représentativité du forçage des vagues près de la côte, moteur du processus érosif
- Des différences ponctuelles (à l'échelle d'un événement énergétique) mais aussi résiduelles (à l'échelle de plusieurs mois) avec :
 - Une influence accrue de la bonne représentation du forçage près de la côte (profondeur < 50 m)
 - Une influence importante des flux hydrodynamiques sur les flux sédimentaires => importance des processus d'advection

↳ Une **nouvelle paramétrisation du flux d'érosion** a permis :

- D'améliorer significativement la réponse du modèle en termes de turbidité, tant au point fixe, qu'en comparaison avec les images satellites (problèmes récurrents d'absence de turbidité en surface auparavant)

Paramétrisation des flux de remise en suspension modélisés cohérente vis à vis des observations sur plusieurs mois

- Quantification à plus longue échelle de temps de l'incertitude introduite par la résolution
- Tests éventuels sur d'autres résolutions (100 m par exemple)

Quantification de la variabilité spatio-temporelle des flux sédimentaires dans le Golfe de Gascogne (simulations sur plusieurs années)

Ajout de l'influence du chalutage de fond sur ces flux

Evaluation des contributions relatives des forçages climatiques et du chalutage de fond sur les flux sédimentaires

PLAN

I. Présentation du système de modélisation (MARS 3D)

- I.1. Configurations
- I.2. Module sédimentaire utilisé (Le Hir et al., 2011)
- I.3. Forçages

II. Axes d'étude

II.1. Influence de la résolution horizontale sur les flux hydro-sédimentaires

II.1.a. Influence sur la représentativité du forçage

II.1.b. Approche instantanée

II.1.c. Approche résiduelle

II.2. Amélioration de la représentation de la turbidité sur le plateau continental

III. Conclusions & Perspectives

● IV. Quelques chiffres sur l'utilisation du cluster CAPARMOR

IV. Quelques chiffres sur l'utilisation du cluster CAPARMOR

↳ Découpage MANGA étendue à 2500 m en MPI sur 64 processeurs

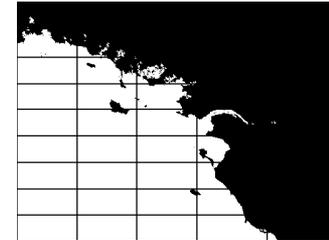
- Nombre de nœuds :
 - En j : 822
 - En i : 624
 - Sur la verticale : 40
- TOTAL : 20 517 120 nœuds**
- Pas de temps : 150 s
 - 1h pour simuler 4 jours



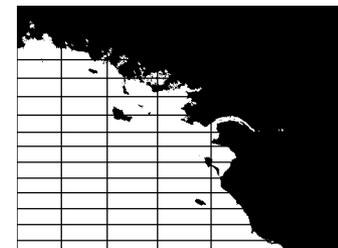
↳ Zoom à 500 m de résolution en MPI

- Nombre de nœuds :
 - En j : 499
 - En i : 388
 - Sur la verticale : 40
- TOTAL : 7 744 480 nœuds**
- Pas de temps : 30 s
 - 32 processeurs : 1h pour simuler 1.5 jours
 - 64 processeurs : 1h pour simuler 3 jours

MPI 32 processeurs



MPI 64 processeurs



The logo for Ifremer, featuring a stylized fish silhouette above the text "Ifremer" which is set against a yellow rectangular background.

Ifremer



Merci de votre attention

Baptiste Mengual, Florence Cayocca, Pierre Le Hir, & Thierry Garlan

MENGUAL Baptiste (Baptiste.Mengual@ifremer.fr)

Directeur de thèse : Thierry Garlan

Co-directeurs de thèse : Florence Cayocca / Pierre Le Hir