

Application du model ROMS dans le golfe de Gascogne

1 année master océanographie physique biogéochimique

Sibachir Mohamed Amine

Enseignant: Andrea M.Doglioli

Promotion (2011-2012)

La circulation saisonnière dans le Golfe de Gascogne a été beaucoup moins observée et décrit. Les ensembles de données les plus remarquables comprennent un peu de mouillages [Pingree et al, 1999] Ou de flotteurs lagrangiens [Serpette et al, 2006]. Cependant, toutes ces observations suggèrent également renversement occasionnelles des courants de pente. L'ensemble le plus complet de données a été obtenu lors de l'expérience des arcanes, qui consistait en un large échantillon de flotteurs lagrangiens et des bouées dérivantes libéré dans le nord-est de l'Atlantique [Bower et al, 2002.]. Les trajectoires de ces flotteurs ont révélé une forte saisonnalité de la circulation dans le golfe de Gascogne [Serpette et al, 2006].

Notre étude vise à mieux comprendre la circulation dans le golfe de Gascogne. Un système de modélisation régional [ROMS] est utilisé afin de présenter la circulation saisonnière dans la région dans son intégralité. En particulier, les caractéristiques dynamiques obtenues dans cette simulation réaliste sont comparées à un autre modèle utilisé dans l'article et à des observations chaque fois que possible.

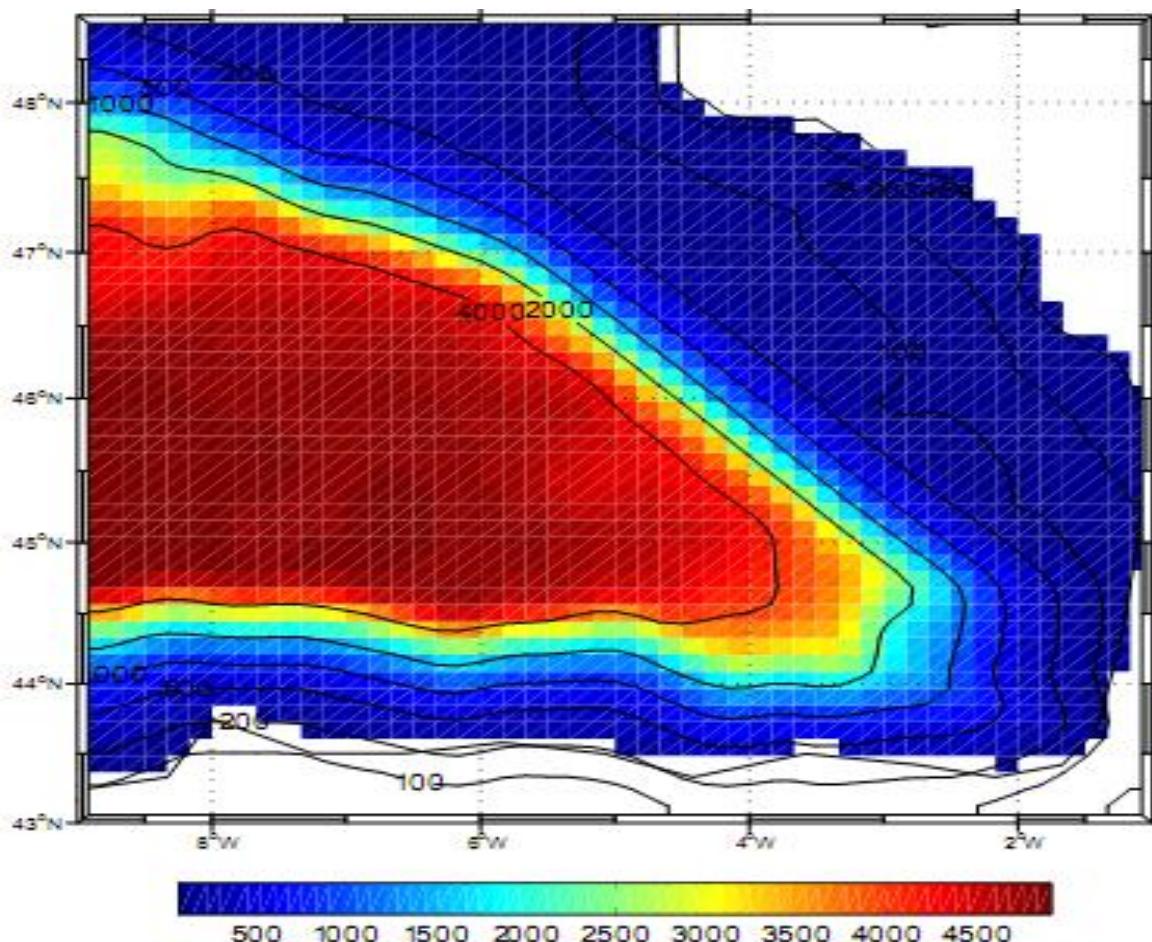


Figure n°1 : Carte bathymétrique de la zone d'étude obtenue par le modèle Roms.

- Le golfe de Gascogne est essentiellement marqué par la séparation du domaine en plateau continental, plaine abaisse et à leur limite, talus continental. Fig n°1

- La plaine abyssale se situe à près de 4000 m de profondeur (elle peut dépasser les 5000 m de profondeur à certains endroits).

Le forçage du vent mensuelle a été analysé à partir des données de COADS

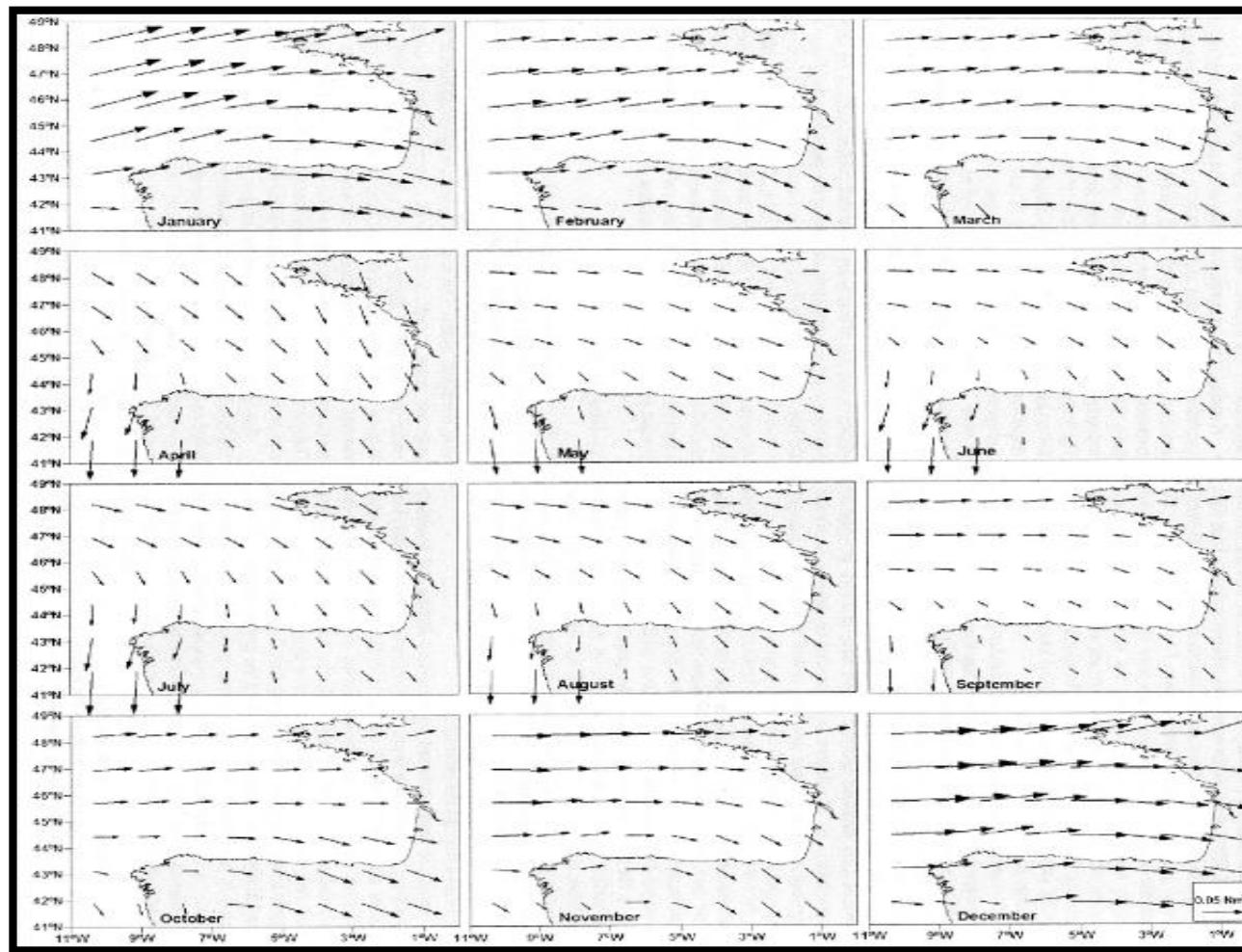


Figure n°2 : Evolution mensuelle du vent de la base de COADS pour le Golfe de Gascogne.

- Les conditions de vents de l'été provoquent un flux vers le sud à proximité de la surface.

- Les conditions de vent de l'hiver permettent le développement vers le pôle de courant de plateau

- Les eaux dites « modales » sont formées en surface, à des endroits précis de l'océan puis advectées vers différentes régions et profondeurs. Elles gardent dans le temps leurs caractéristiques en température et salinité. Nous allons ici décrire, suivant la profondeur, les eaux modales présentes dans le Golfe de Gascogne et les régions avoisinantes. (Tableau suivant)

Eaux modales	Z(m)	T(°C)	S	σ (kg.m ⁻³)
ENACW(branche subtropicale)	< 300	>12 .5	>35.75	<27.05
ENACW(branche subpolaire)	< 400	10.5-12.5	35.55-35.70	27.05-27.15
ENACW(Golfe de Gascogne)	< 600	10.5-11.5	35.55-35.60	27.15-27.25
MW(coeur de surface)	400-700	11.8-12.2	35.80-35.90	27.20-27.30
MW(coeur inférieur)	700-900	10.5-13.5	35.80-36.80	27.40-27.65
MW(coeur supérieur)	1000-1500	9.5-12.5	35.80-37.50	27.70-27.85
EASAIW	500-1500	6.0-9.0	35.10-35.30	27.40-27.60
LSW	1500-3000	3.4-4.0	34.90-34.95	27.70-27.80
LDW	> 3000	<3.3	34.90-34.95	>27.80

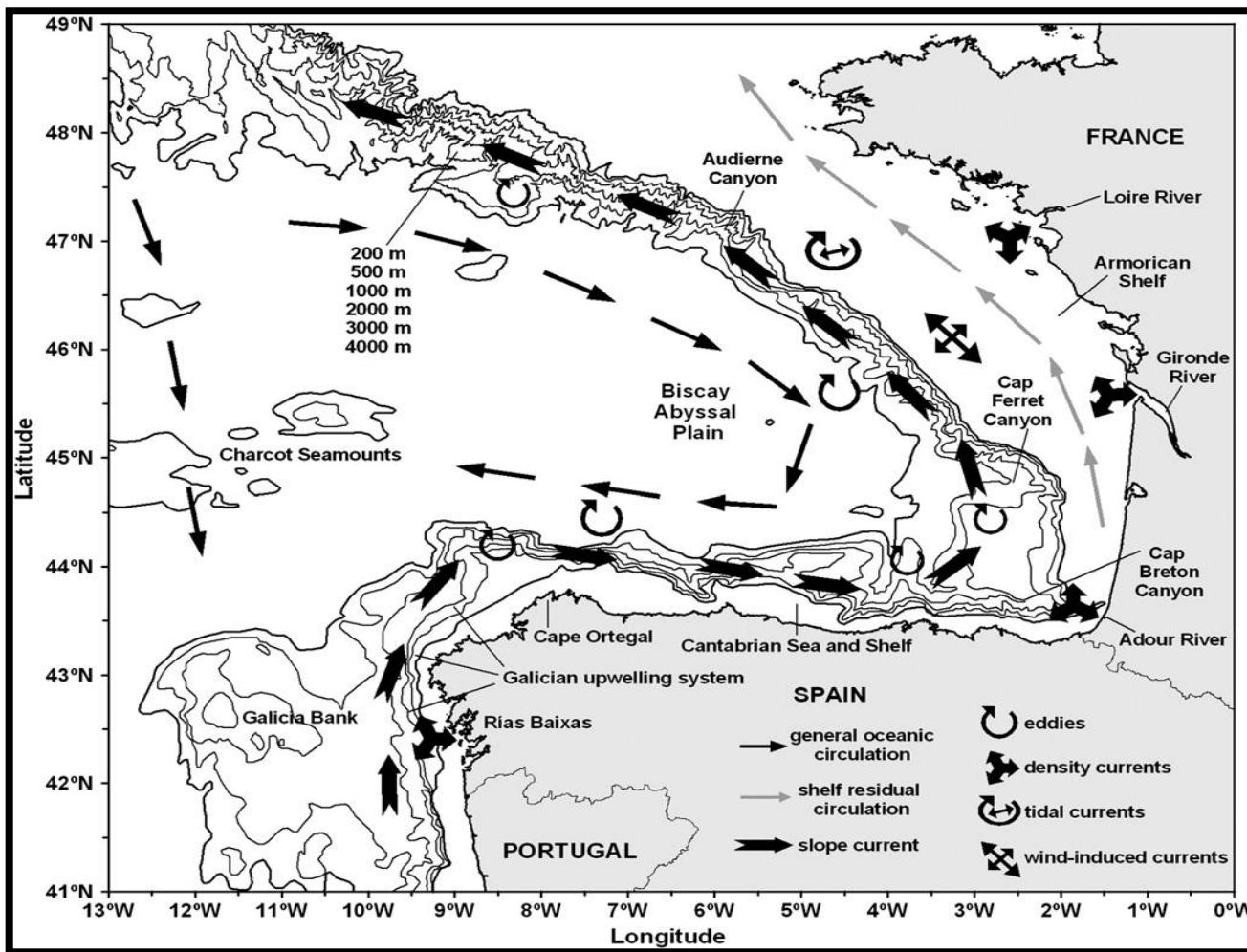


Figure n°3: La circulation général des eaux dans le golf de Gascogne (modifié à partir Ferrer et al,2009)

Les principales caractéristiques sont:
 Faible circulation océanique avec la présence des tourbillons et un flux persistants vers le pôle (courant de pente) de 5cm/s dans le Golf de Gascogne (Koutsikopoulos et le cann 1996).

- Le modèle numérique d'hydrodynamique côtière **ROMS (Regional Ocean Model System)** est un modèle tridimensionnel qui permet le calcul de la température, la salinité, les vitesses de déplacement, l'élévation de la surface libre.
- Les équations résolues par les modèles sont des équations primitives.
- le modèle Roms utilise la méthode de séparation du pas de temps.

phénomènes lents en 3D RANS
(Reynolds et Navier-stokes)

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + fv - \frac{\partial \bar{u}'u'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{u}'v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{u}'w'}{\partial z}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - fu - \frac{\partial \bar{v}'u'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{v}'v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{v}'w'}{\partial z}$$



Fermeture de la turbulence KPP



Les équations de RANS deviennent donc :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + fv + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - fu + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$



Equation de conservation
de la température

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = A_h^{tr} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + A_z^{tr} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{Q_c}{\rho_0 C_p} \frac{\partial I}{\partial z}$$

Equation de conservation
de la salinité

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = A_h^{tr} \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \right) + A_z^{tr} \frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$$

Equation de
continuité

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \rho = \rho(T, S, p)$$

Equation d'état
de l'eau de mer

.Discrétisation Spatiale :

Zone d'étude : 43°N et 48,5°N de latitude.

1°W et 8°W de longitude.

Résolution : 1/6.

Frontières : [S E N W]  [0 0 1 1].

Grille horizontale : La grille utilisée est une grille C selon la classification d'Arakawa et Lamb. Sur cette grille, les composantes u, v et w sont séparées.

Grille verticale : Sur la verticale, le modèle ROMS utilise des coordonnées de type sigma généralisée. Ces coordonnées suivent la topographie, faisant ainsi apparaître les défauts de bathymétrie et la surface libre.

•Discrétisation temporelle :

Les choix de paramètres temporels se font avec le calcul du critère CFL (Courant- Friedrich-Levy).

$$\Delta t_E \leq \frac{1}{C_t} \left| \frac{1}{\delta x^2} + \frac{1}{\delta y^2} \right|^{-1/2}$$

Dans le modèle nous avons pris $\Delta t_E = 18$ sec avec 60 itérations ce qui nous fait un pas de temps interne $\Delta t_i = 1080$ sec.

•Les Conditions initiales et les forçages :

-Après avoir calculé les critères CFL on exécute les scripts make_forcing.m et make_clim.m qui vont calculer les conditions aux frontières ainsi que les forçages du modèle.

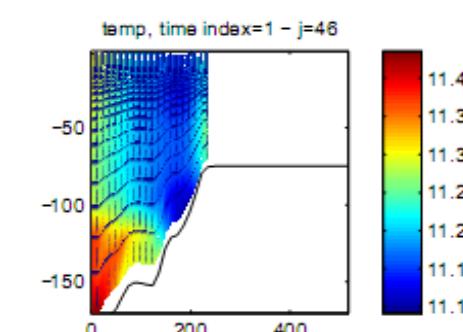
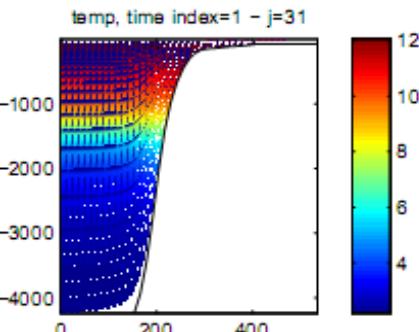
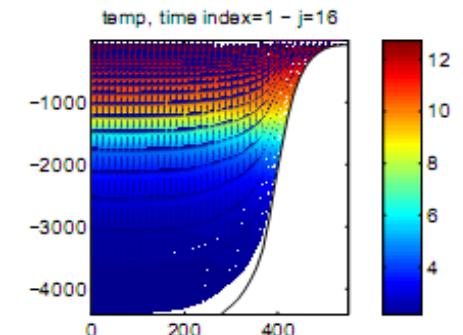
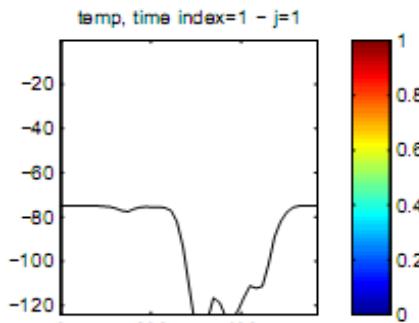
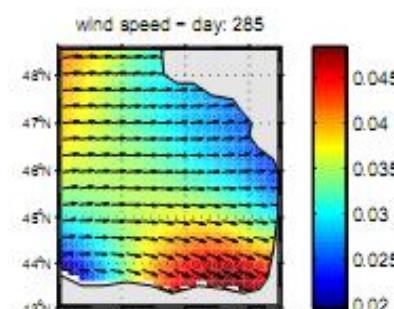
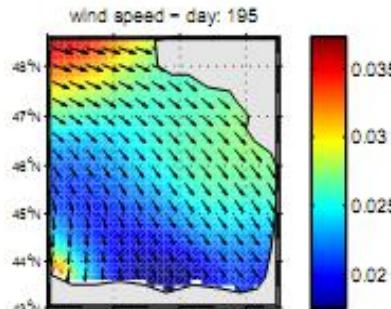
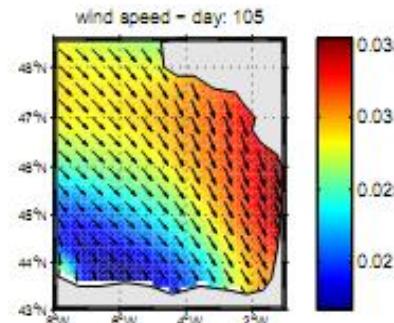
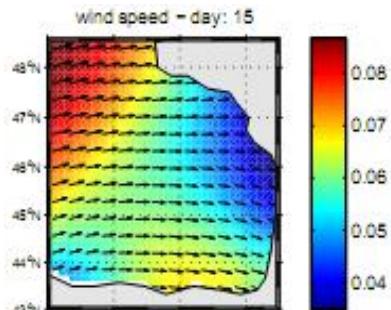


Figure n°4 : Les conditions des températures initiales dans la zone d'étude index=1:janvier.

Figure n°5 : forçage des vents dans la zone d'étude pour les 4 saisons

Diagnostic du modèle

-Le modèle a mis presque 5 ans pour se stabiliser sur tous les paramètres surtout pour la salinité.

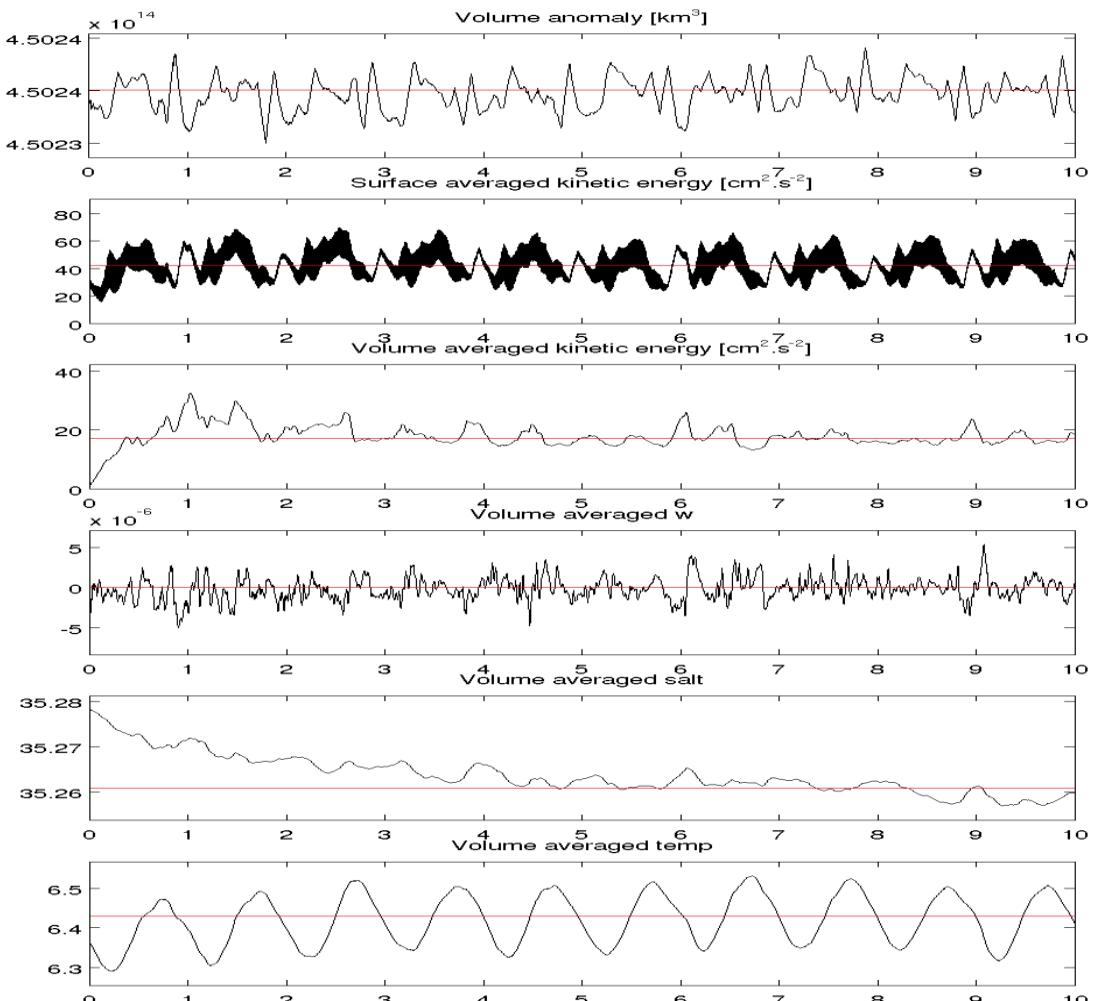


Figure n°6: Diagnostic de stabilité du modèle

-Propriétés hydrologiques :

D'une manière générale les différentes masses d'eau et leurs propriétés thermo-halines sont rendues d'une manière acceptable par le modèle Roms.

la couche de mélange → des valeurs de température de 13 à 14°C ce qui fait 2° moins des valeurs typiques. mais des valeurs typique de salinité avec 35,55.(fig n°7-8)

Les propriétés thermo-halines de ENACW sont bien reproduites par Roms avec des températures de plus de 11°C et une salinité de 35,6 psu.(fig n°7-8)

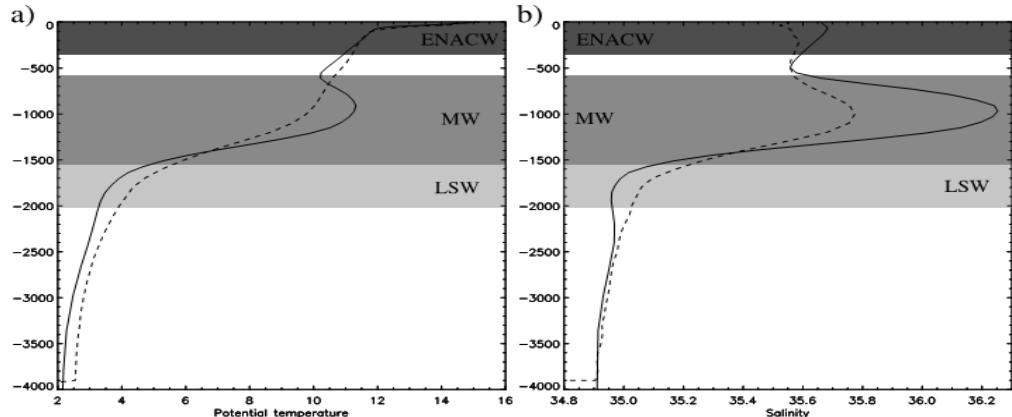


Figure n°7 : profils température(a) et salinité(b) [Y.Friocourt et al.2007]

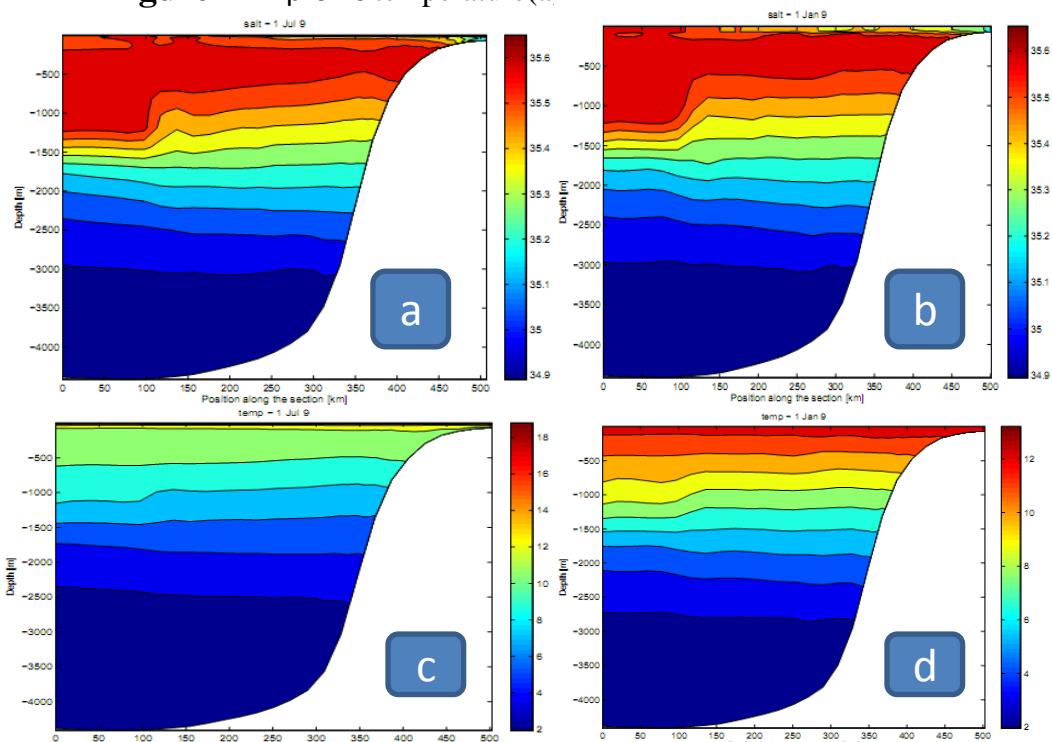


Figure n°8 : section verticale de température et de salinité [45°N, 1-8°W] : a-c juillet, b-d janvier

L'intervalles de profondeur de MW dans ROMS est satisfaisants, même si il est moins chaud avec des température de 9 à 10 °C et moins salée avec des valeurs de plus de 35,6psu par rapport aux observations (fig n°8).

(LSW) → Avec Roms on obtient des valeurs typiques de températures de 4 à 6°C et une salinité de 35,1psu et d'environ 0,1 plus salée par rapport aux observations (fig n°7-8).

(NEADW) → La salinité obtenue dans ROMS est très similaire à celle observée, mais la température est d'environ 0,5 °C trop froid. (fig n°7-8)

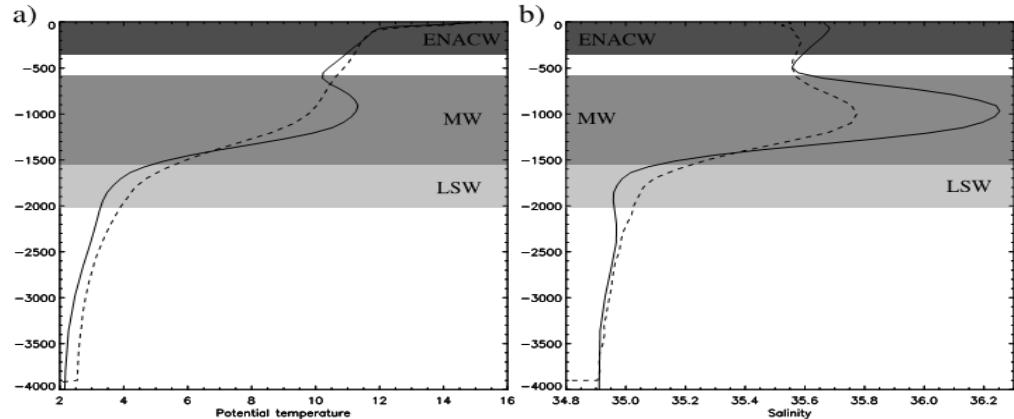


Figure n°7 : profils température(a) et salinité(b) [Y.Friocourt et al.2007]

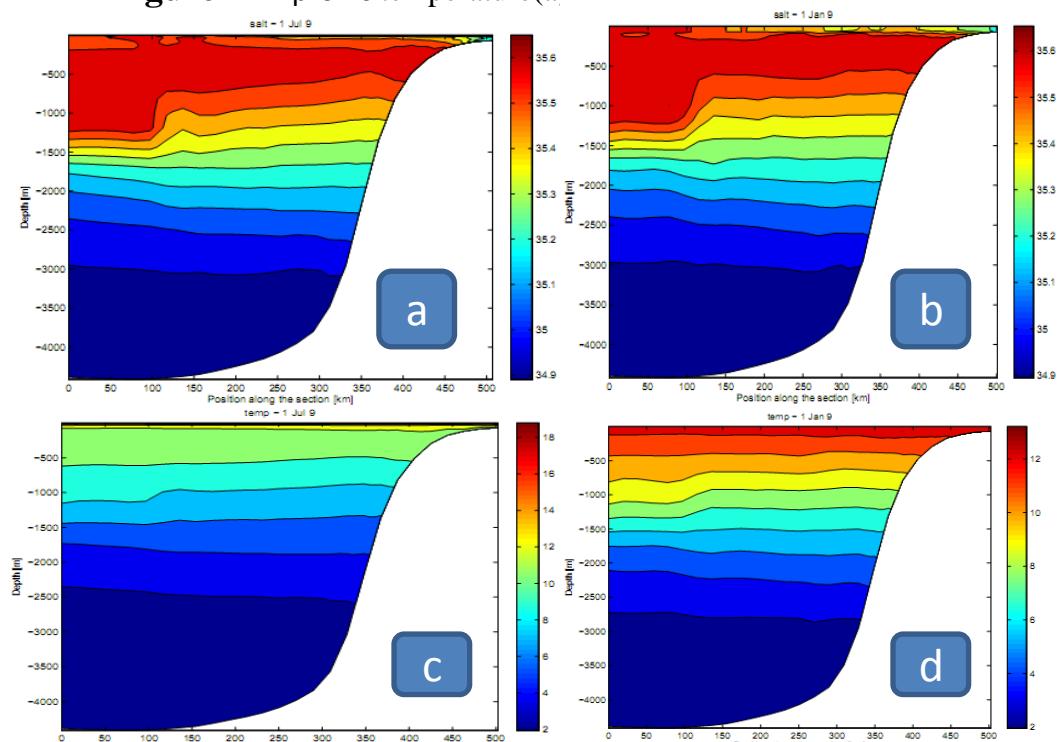


Figure n°8 : section verticale de température et de salinité [45°N, 1-8°W] : a-c juillet, b-d janvier

La circulation le long du talus est sur le plateau :

-Les instabilités au voisinage d'accidents topographiques génèrent des tourbillons permettant des échanges entre les deux régions (Fig n°9 a-b).

-La vitesse moyenne du courant de pente est généralement de l'ordre de 5cmS^{-1} et sa variation saisonnière est bien marquée (fig n°9 a-b).

-le débit était vers le pôle au cours de la partie supérieure de la pente en hiver avec des vitesses de 5 cm S^{-1} [Pingree et al. 1999]. Le courant de pente qui devient plus faible particulièrement en surface (plateau continentale) inverse vers l'équateur en été. avec des vitesses de 3 cm S^{-1} .

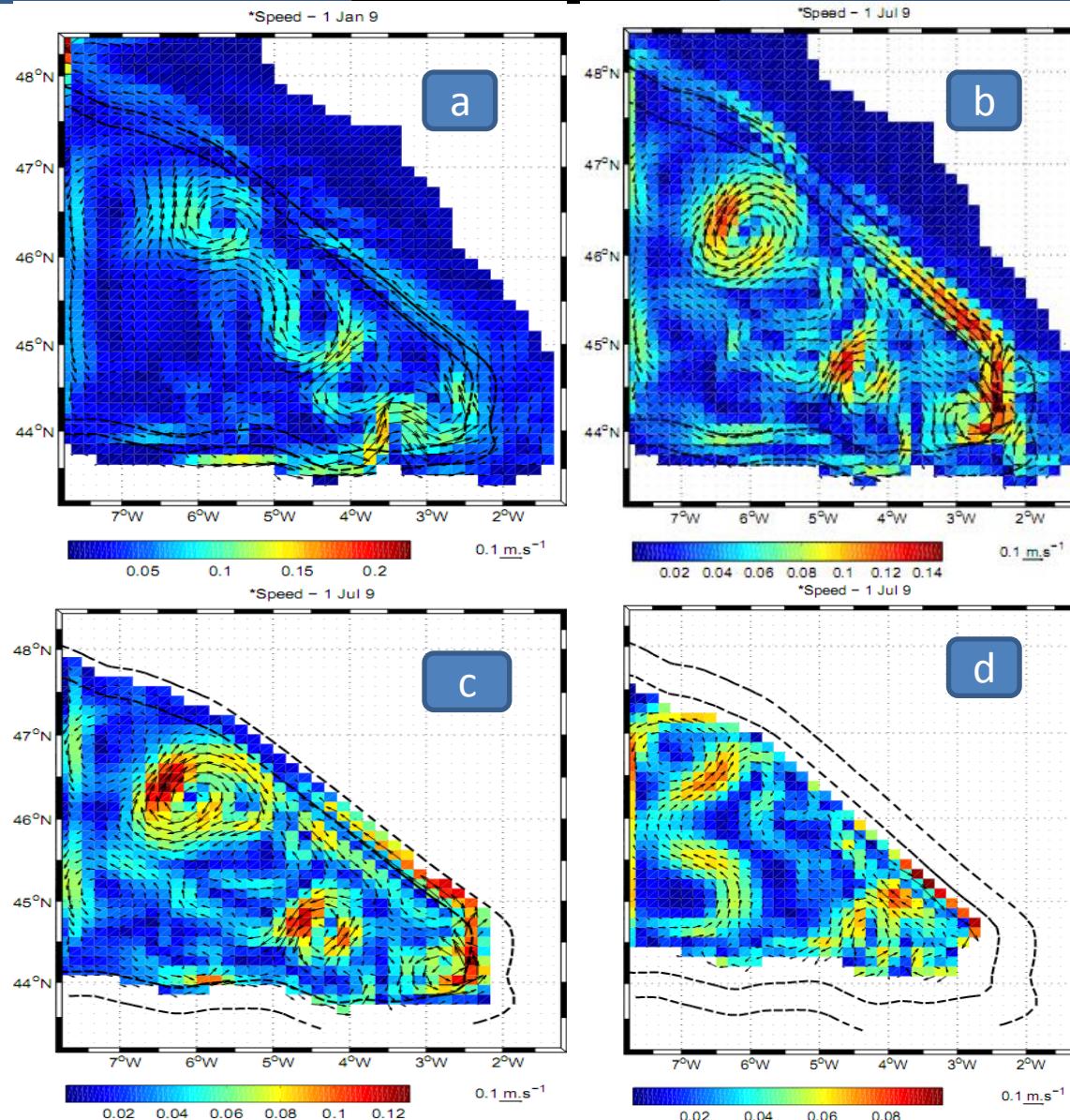


Figure n°9 : la vitesse moyenne dans différentes profondeurs et différentes mois :

a- 80 m (janvier) b- 80m(juillet) c- 450m(juillet) d- 1600m(juillet).

- MW → le courant de pente est principalement dirigé vers le pôle. (fig n°9 c).

- LSW → principalement dirigé vers l'équateur. (fig n°9 d)

la circulation dans la plaine abyssale :

- la variabilité temporelle est grande par rapport à la circulation moyenne, mais la saisonnalité est bien modélisée.

- il n'y a pas de jets bien définis ou des courants, mais il ya un écoulement continu dont la position varie dans le temps et se dirige généralement vers l'ouest (fig n°9).

- Les vitesses obtenue par Roms son similaire au vitesse typique et varient entre 3 et 8cmS^{-1} sauf dans les tourbillons ou en remarque des vitesses qui peuvent atteindre 15cmS^{-1} .

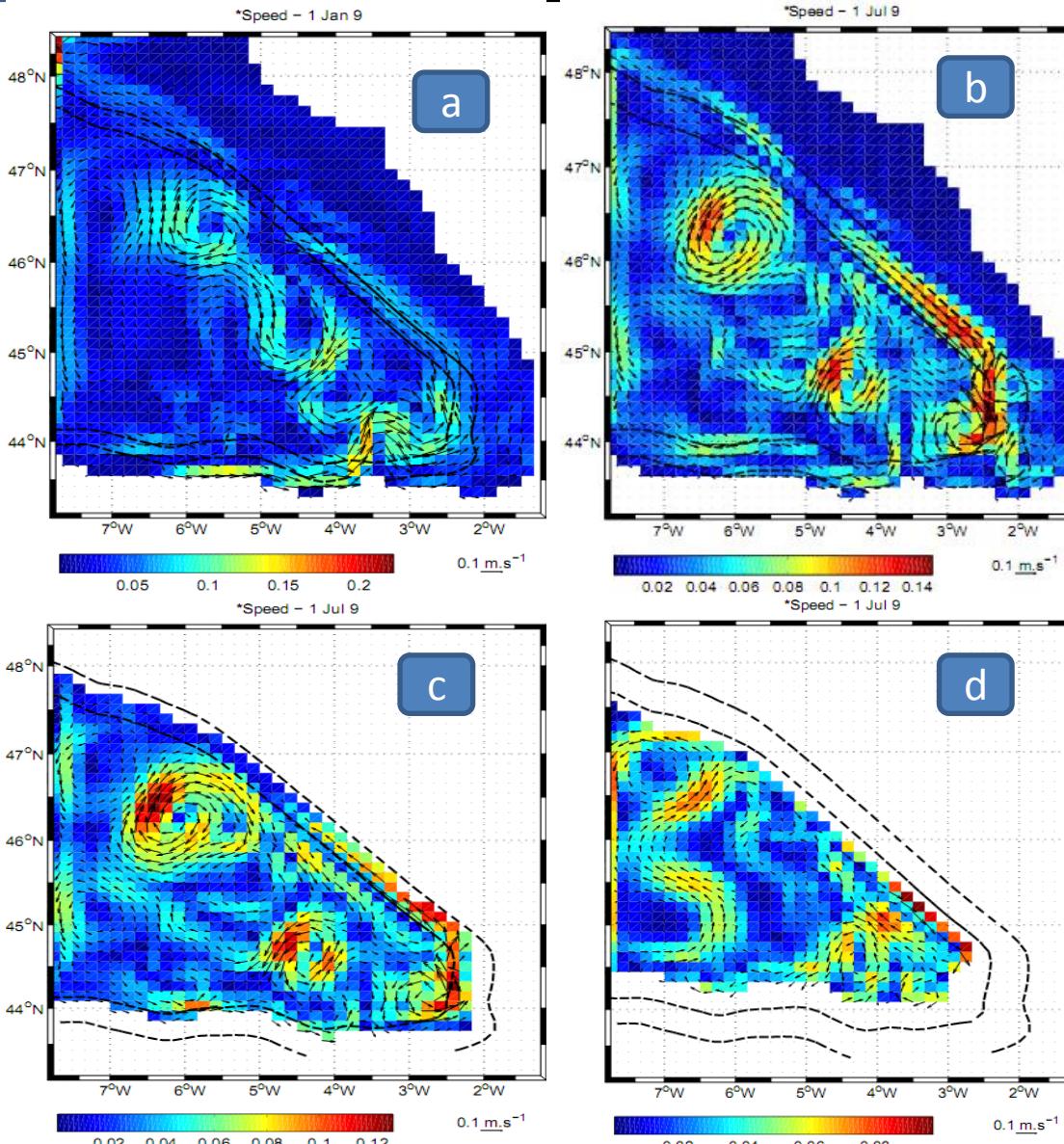


Figure n°9 : la vitesse moyenne dans différentes profondeurs et différentes mois :

a- 80 m (janvier) b- 80m(juillet) c- 450m(juillet) d- 1600m(juillet).

étude des tourbillons

-Dans le golfe de Gascogne, des tourbillons générés par le courant de plateau ont été nommés SWODDIES, par (Pingree et Le Cann, 1992).

-SWODDIES sont le résultat d'instabilités des courants de La marge continentale, en interaction avec la topographie du fond.

Acronym	Persistence (months)	Latitude (°N)	Longitude (°W)	Diameter (km)	Migration speed (cm s ⁻¹)
---------	-------------------------	------------------	-------------------	------------------	--

Third year of simulation

OA	April-December	44,7	7	130	1,1
FA	May-December	45,8	4,9	100	1,5
BA	May-December	44,2	3,7	60	1,6
OC	July-November	44,2	8,4	70	1,1

Tableau qui montre les différents tourbillons persistants pour la 3eme année de la simulation (Luis ferrer et ainhoa caballero, 2011).

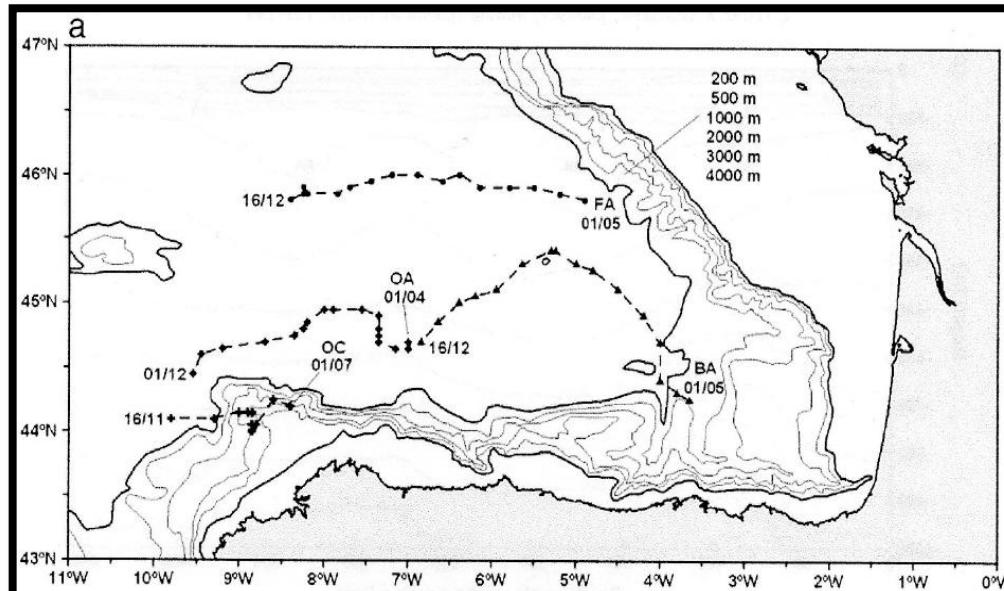
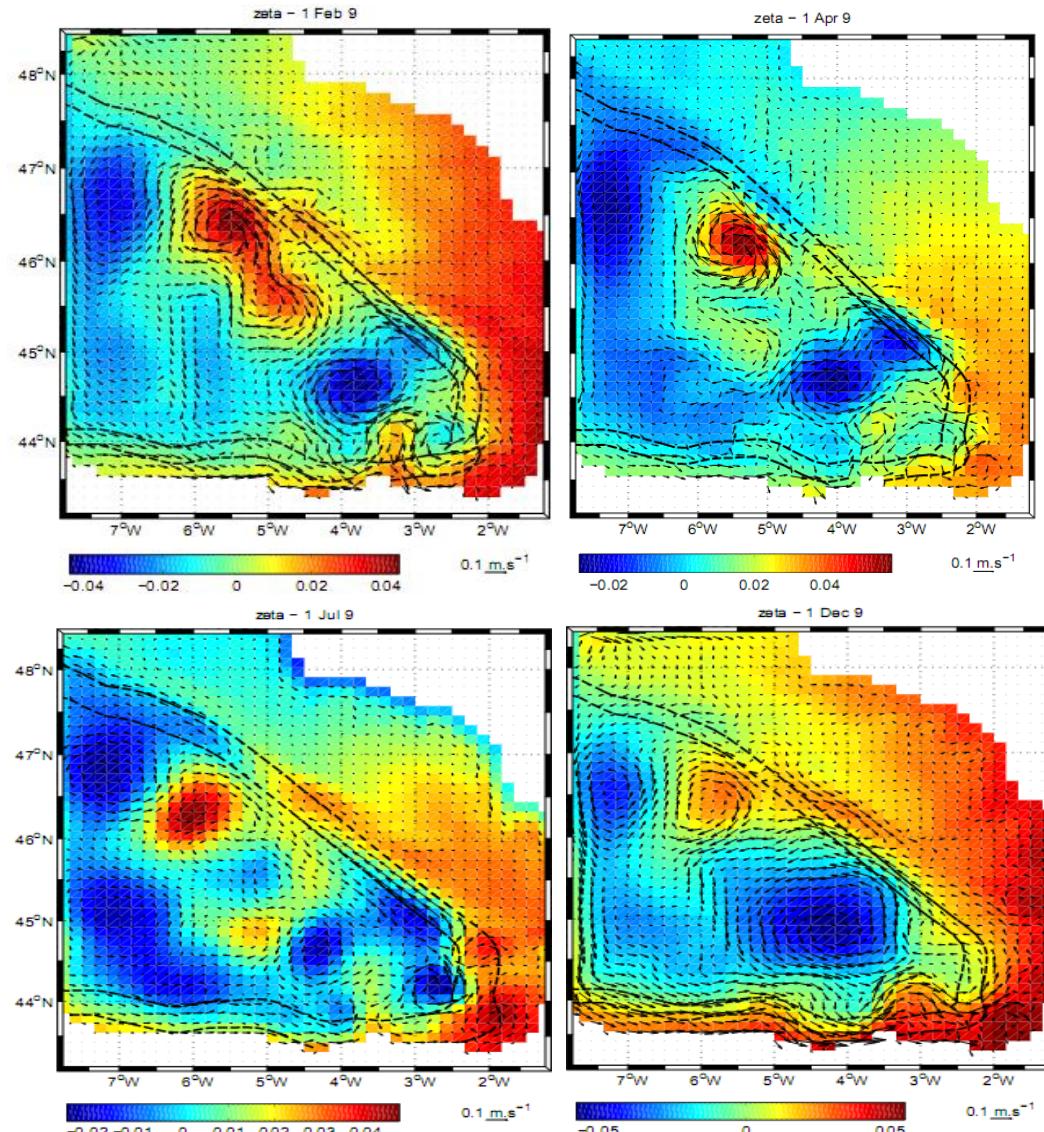


Figure n°10 : L'emplacement des tourbillons les plus persistants pour la 3ème année de la simulation (Luis ferrer et ainhoa caballero, 2011).

-Luis ferrer et ainhoa caballero en 2011 ont étudié ces SWODDIES à l'aide d'une simulation de 3 ans on utilisant le modèle Roms et leur résultats étaient 4 tourbillons dans un est localisé en dehors de notre zone d'étude et les trois apparaissent dans notre zone son de type anticyclonique Fig n°10.

-Ces résultats montrent effectivement la présence des tourbillons FA et BA, ces deux tourbillons sont observables pendant toute l'année mais le troisième tourbillon qui est le OA n'apparaissent jamais dans notre simulation (fig n°11).



-Autre tourbillon cyclonique ont été observé par le modèle on prenant comme exemple le tourbillon de [44N, 4,5w] et le tourbillon [47N, 7w], ces tourbillons n'étaient pas observé dans la simulation de 3ans (fig n°11).

Figure n°11 : représentation des tourbillons en fonctions des élévations pour les 4 saisons
 ((a)1 février, (b)1 avril, (c)1 juillet, (d)1 décembre).

-Le modèle Roms nous a permis de mettre en valeur les masses d'eau qui coule dans le golfe de Gascogne et la circulation des courants ainsi que leur principales caractéristiques (vitesse, direction). On a pu aussi isoler un phénomène dynamique intéressant : les tourbillons.

-Nous constatons que le rendu des propriétés thermo-halines moyennes et les gammes de profondeur des masses d'eau par le modèle est en accord raisonnable avec les observations. En particulier, la totalité des masses d'eau sont situés dans la bonne profondeur, avec quelque différence dans les valeurs exactes de température et de salinité.

-Les marées sont importantes dans la région, en particulier dans le golfe de Gascogne au nord du 45 ° N. Et comme les forçages des marées n'ont pas été inclus dans la simulation, le modèle manque un élément clé pour la reproduction d'une circulation réaliste sur les étagères armoricaines et Celtique.

-Les différences entre les valeurs obtenues dans les observations et nos valeurs des paramètres thermodynamiques (surtout en surface), nous montrent que ces paramètres dépendent fortement des conditions atmosphériques. Par ailleurs il est difficile de retrouver, avec un modèle qui utilise des conditions climatologiques générales, les mêmes résultats que ceux obtenus su le terrain.

Bibliographie

1-Doglioli A.M. (2010a), Notes de Cours et Travaux Dirigés de Modélisation de la Circulation Régionale 3D, Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université, Marseille, France.

2-LuisFerrer ,AinhoaCaballero 2011 Eddies in the Bay of Biscay:A numerical approximation Journal of Marine Systems 87 (2011) 133–144.

3-THESE présentée par Grégoire BROQUET, 2007, Caractérisation des erreurs de modélisation Pour l'assimilation de données dans un modèle océanique régional du Golfe de Gascogne, UNIVERSITE JOSEPH FOURIER-GRENOBLE1

4-Y.Friocourt, B.Levier, S.Speich, B.Blanke, and S.S.Drijfhout 2007 A regional numerical ocean model of the circulation in the Bay of Biscay JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.112,C09008,doi:10.1029/2006JC003935,2007.

5-http://www.ermma.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=11.

6-<http://www.actimar.fr/index.php>.