

# Modélisation régionale en 3D

---

## Application du modèle ROMS sur le Golfe de Cadix

M1- OCÉANIGRAPHIE

UE : OPB205 – Modélisation de la Circulation  
Océanique

Responsable UE : Andrea DOGLIOLI

Auteur : Mónica MICHEL RODRIGUEZ

13/05/2016

## Table de matières

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Abstract .....   | 1                                    |
| Resume .....   | 1                                    |
| 1. Introduction.....   | 2                                    |
| 2. Matériel et méthodes.....                                       | 2                                    |
| 2.1. Équations primitives .....                                    | 3                                    |
| 2.2. Hypothèses.....   | 3                                    |
| 2.3. Discrétisation .....  | 3                                    |
| 2.4. Fonctionnement du modèle et.....                              | 4                                    |
| 2.5. Implémentation du modèle pour la zone d'étude .....           | 5                                    |
| 3. Résultats .....   | 6                                    |
| 3.1. Diagnostique du modèle et stabilité.....                      | 6                                    |
| 3.2. Étude de la salinité et la température.....                   | 8                                    |
| 3.3. Étude de la circulation .....                                 | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 4. Discussion .....  | 11                                   |
| 4.1. Influence de la Mer Méditerranée dans l'Océan Atlantique..... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 4.2. Influence de l'ouverture de l'Étroit de Gibraltar .....       | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 5. Conclusions.....  | 13                                   |

## **Abstract**

*The Gulf of Cadi is an interesting zone due to the presence of the outflow and inflow stream between Mediterranean sea and Atlantic Ocean. The study of this region can allow us to validate theories such as  $\beta$ plumes between 700 and 1000 m in African continent slope as another fact of this two different waters. For well understanding this processes, our model for 10 years was made into two different circumstances. In one hand we have considered an open Strait of Gibraltar and in the other hand we have consider a close Strait of Gibraltar b the change of boundary conditions. Nevertheless the effect of this modification is not visible in salinity and temperature results what let us suppose that our model doesn't introduce de outflow circulation from Mediterranean Sea. The circulation in the surface shows the present of formation of eddies. This eddies which were considered as formed due to the effect of water mix can elucidate the effect of Acores Stream in the case of a circulation system conditions better kept in our model.*

## **Resume**

Le Golfe de Cadix est une région très important dans la circulation océanique parce qu'elle est proche aux points de mélange des masses d'eau Méditerranéen et Atlantique. Grâce à l'étude de cette région on peut étudier la présence de formation de masses d'eau avec une plus forte salinité et température formés à une profondeur entre 700 mètres et 1000 mètres descendent dans la plateforme continentale africaine ainsi que l'influence dans la circulation océanique de cette rencontre de masses d'eau très différente. Dans notre modèle de dix ans on a voulu évaluer cette affect à partir de l'élaboration de deux mailles de travailles différents par rapport à la fermeture de l'Etroit de Gibraltar, point d'entrée des eaux méditerranéens. Le résultats de notre modèle ont montré que dans les deux cas les résultats sont similaires donc le modèle ne prend en compte cette apport d'eau salé à l'Atlantique malgré que la circulation superficielle montre des effet de tourbillons important que au principe on peut assumer liés à la mélange des différentes masses d'eau mais que ils prouvent aussi être trouvés par l'effet de le courant des Azores et son contre-courant, donc son régime a été conservé pendant le modèle.

## 1. Introduction

Le Golfe de Cadix est la région située au sud-ouest de la péninsule Ibérique dans le côté Atlantique entre l'Étroit de Gibraltar et jusqu'à le cap Saint-Vicent. Cette région est très particulière en raison de son emplacement dans une région de rencontre de deux masses d'eaux de nature très différente. C'est à l'Étroit de Gibraltar que se produisent deux écoulements d'entrée et sortie. D'un côté on a le flux direction est provenant de l'Océan Atlantique, et de l'autre côté, on a une circulation à haute vitesse vers l'Ouest sortant de la Mer Méditerranée sous forme de plume dense et chaude descendant sur le plateau continental africain. Par contre, même si l'Étroit de Gibraltar représente un point de séparation géographique de séparation entre l'Océan Atlantique et la Mer Méditerranée, ce ne sera qu'aux régions limitrophes d'apercevoir l'influence de cette rencontre entre les différentes masses d'eau comme c'est le cas de la zone que nous occupons. Un autre des aspects du point de vue de l'océanographie physique qui vont caractériser cette région, est l'influence des deux systèmes de courants, celui issu du forçage du vent côtier de Portugal et Maroc ainsi que celui de la Courant des Azores (Baringer & Price, 1997 ; Carton *et al.*, 2001 ; Péliz *et al.*, 2007 ; )

Dans le travail qui nous occupe, on a voulu étudier d'un côté l'influence du flux de masses d'eau provenant de la Méditerranée sur le Golfe de Cadix à partir de l'étude des valeurs de salinité en surface et sur des profils de profondeur et la présence de la « longue » d'eau provenant de la Méditerranée; ainsi que la présence de différents eddies en surface et de eddies plus en profondeur (masses d'eau chaudes entre 700 et 1200 m de profondeur formées pour l'influence de l'écoulement de la masse d'eau méditerranéenne). Cette étude a été menée grâce à l'utilisation du modèle de circulation régional en 3D ROMS. Nos résultats ont été contrastés également par des valeurs trouvées à la bibliographie.

## 2. Matériel et méthodes

Pour l'étude de la circulation dans le Golfe de Cadix, on a employé le modèle ROMS. La version qui a été utilisée est ROMS\_AGRIF (AGRIF pour Adaptive Grid Refinement in Fortran), qui est une version de ROMS développée par le IRD (Institut de Recherche pour le développement) et le INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique). Le modèle ROMS est défini comme un modèle numérique hydrodynamique tridimensionnel à surface libre basé sur la résolution des équations primitives et sous l'approximation de Boussinesq. Pour la performance de la simulation avec l'utilisation du modèle ROMS, il est nécessaire aussi la définition d'une grille horizontale, la bathymétrie du sol, les conditions de forçage superficiel, les conditions de frontières ou les conditions initiales de salinité, température et élévation de la surface. Ces informations sont facilitées grâce ROMSTOOLS lequel facilite une série de scripts pour Matlab qui permettent à l'utilisateur de générer et visualiser les différentes configurations sur ROMS.

De façon générale, l'utilisation du modèle ROMS nécessite aussi de l'un équipe très puissante pour la compilation du modèle et les calculs. De cette façon, on a utilisé pour les manipulations des scripts les ordinateurs de la salle informatique du cours, et pour le calcul, le cluster du Centre Méditerranéen d'Océnologie Marseille auquel les ordinateurs de cours étaient connectés.

## 2.1. Équations primitives

Les équations utilisés par le modèle sont les équations primitives comprenant les équations du mouvement (Eq.1 et 2), l'équation de continuité (Eq: 3) ; l'équation de la chaleur (Eq. 4) et de la salinité (Eq .6), et finalement l'équation d'état de l'eau de mer IES80 (Eq. 7) :

$$(1) \frac{\partial u}{\partial t} + u\nabla - fv = \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + A_h \nabla^2 u + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$(2) \frac{\partial u}{\partial t} + u\nabla - fv = \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + A_h \nabla^2 u + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$(3) 0 = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$(4) \frac{\partial T}{\partial t} + u\nabla T = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

$$(5) \frac{\partial S}{\partial t} + u\nabla S = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\partial^2 S}{\partial z^2}$$

$$(6) \rho = \rho(T, S, z)$$

Où u et v sont les composantes de la vitesse horizontaux ; f est le coefficient de Coriolis ;  $\rho$  est la masse volumique de l'eau de mer, A et K sont des termes de la viscosité turbulente ; T est la température et S est la salinité

## 2.2. Hypothèses

Le modèle se base sur un certain nombre d'hypothèses :

- Approximation de Boussinesq : Les différences verticales de masse volumique dans l'eau de mer sont de l'ordre de un sur mil donc on peut les considérer égal à une masse volumique de référence sauf dans le terme de l'accélération de la pesanteur.
- Hypothèse hydrostatique : Le terme vertical du mouvement peut être exprimé comme une dépendance entre le gradient vertical de pression et la force de pesanteur.
- Fermeture de la turbulence : Utilisation des équations de relation entre les flux turbulents et les gradients verticaux des paramètres non turbulents, ce qui permet de résoudre les termes de flux turbulent dans les équations primitives.
- Coefficient d'échange turbulent égal dans les surfaces horizontaux isotropes.

## 2.3. Discrétisation

La discrétisation verticale se fait sur la base de l'utilisation de coordonnées sigma (parallèles au fond) et la discrétisation horizontale se fait sur la grille décentré d'Arakawa C. De plus, la résolution spatiale et la résolution temporelle sont liées par le critère de stabilité CFL (Courant Friedrich-Levy) de façon à ce qu'un processus ne se propage pas de plus d'une maille à un pas de temps donnés ( $\Delta x > c\Delta t$ ). Le critère CFL est appliqué grâce à (6) :

$$(6) \Delta t \leq \frac{1}{c} \left[ \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

## 2.4. Fonctionnement du modèle et

Pour la mise en place du modèle on part tout d'abord des data bases global (comme ceux de Wold Ocean Atlas de 2009) et on les introduit au système avec l'élaboration des fichiers qui contenant les données concernant à la grille, les forçages, la climatologie et les conditions initiales pour commencer et pouvoir visualiser les résultats et aborder des analyses à partir de fichiers du format « .nc » et « .avg » sortant du modèle. Pour cela on a suivi une série des étapes grâce à ROMSTOOLS et ses scripts de matlab (version 2012).

Dans un premier on a abordé l'étape de *preprocessing data*, on a chargé sur matlab le scrib *startup.m* avec les différents *tools* comme ceux permettant définir les coordonnées de notre région d'étude ou le calcul des paramètres pour le critère CFL. Dans un première lieu il fait définir les coordonnées du domaine d'étude et postérieurement, sur le fichier *romstools\_param.m* de ces valeurs de coordonnées ainsi que les conditions de frontière. Ensuite on a construit la grille à l'aide de *make\_grid* et les conditions de forçages et climatologie avec *make\_forcing* et *make\_clim* respectivement. La préparation du modèle a été abordé avec la modification de les fichiers *param.h* et *cppdefs.h* des clés du modèle avec la taille de la maille et les conditions de frontière sur le fichier *romstools\_param.m* (1=frontière ouverte et 0=frontière fermé, c'est-à-dire, frontière avec côte) . Cela a été suivi par la compilation avec le fichier *roms.in* et la visualisation des résultats grâce à le fichier matlab *roms\_gui*. Un aspect à tenir en compte est le changement sur le fichier *roms.in* et *roms\_inter.in* et *runs\_roms.csh* du NTIMES (nombre de fois qui va tourner le modèle ), DT (pas de temps), NFAST (pas de temps rapide qui tourne à l'intérieur du pas de temps lent dt), NAVG (paramètre pour calculer la moyenne de deux valeurs calculés par le modèle), NRST (permet de garder le modèle au points où il a été arrêté) et NWRT (intervalle qui emploie le modèle pour garder les résultats). Il est aussi important définir aussi définir les paramètres pour la simulation pluriannuelle. Dans le cas concret de notre étude, le modèle a duré 12 mois de 10 ans.

Pour réduire les problèmes associés aux simulations très longues, comme par exemple le réchauffement de l'équipe, le modèle est fait tourner à partir de microsimulations enchaînés dans les quelle les conditions initiales sont les conditions de l'environnement au point final de la simulation précédente. À la fin de la microsimulation un fichier du même extension que les conditions de forçage, grille etc. d'extension « .nc » est gardé et toutes les résultats sortant de l'ensemble de la simulation sont gardés dans un dossier individuel.

Une fois le modèle fini et la sortie des donnés, grâce à ROMSTOOLS est possible réaliser une visualisation des fichiers gardés pour chacun des les douce mois de les 10 ans sur lesquels on a des valeurs pour notre simulation. Avant la description e interprétation des résultats il faut tout d'abord analyse le diagnostic de notre simulation. Cela se fait grâce à l'analyse de le volume de notre système qui est représenté sur la figure obtenu à partir de l'ouverture du fichier *roms\_diag.m* et *plot\_diag.m* qui représente les valeurs de la anomalie du volumen de notre modèle, le volume moyenne, le salinité du volume moyenne entre autres en fonction du temps.

## 2.5. Implémentation du modèle pour la zone d'étude

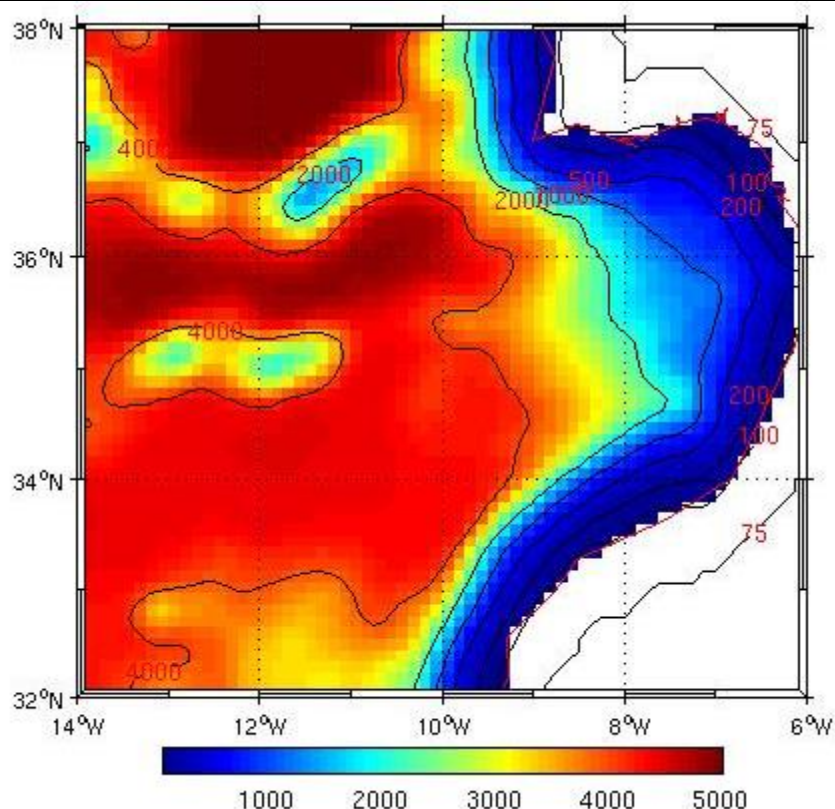
Pour l'étude de la région on a réalisé deux simulations qui avaient comme but l'étude de l'influence sur la région de la circulation de la masse d'eau intermédiaire méditerranéenne avec les formations de meddies et la longue d'eau dense descendant sur le plateau continental, ainsi que la circulation superficielle avec la formation de tourbillons. Ces objectifs ont comme objective principale l'étude de l'influence des eaux méditerranéennes dans la région atlantique du golfe de Cadix et ses effets.

Ces deux simulations ont été différenciées par rapport à l'édition du masque au moment de l'édition du fichier qui donnera lieu à la grille de travail avec *make-grid*. Dans la première simulation on a défini la région et on a réalisé l'édition du masque sans aucune variation spéciale. Dans le deuxième cas, on a fermé manuellement l'Étroit de Gibraltar pendant l'édition du masque pour former une frontière fermée.

Les coordonnées choisies pour la région d'étude sont plus large que les domaines d'extension du Golfe de Cadix comme on peut voir sur la figure 1 ainsi que sur le tableau 1 sur les quelles sont notés les valeurs de la latitude et longitude maximales. Cela répond à l'intérêt de représenter les régions plus au sud pour une éventuelle visualisation de l'évolution de la longue salée provenant de la mer Méditerranéenne.

**Tableau 1 :** Tableau récapitulatif des valeurs des coordonnées pour la région d'étude

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| <i>Latitude maximale</i> | 38°N   |
| <i>Latitude minimal</i>  | 32°N   |
| <i>Longitude maximal</i> | -6° W  |
| <i>Longitude minimal</i> | -14° W |



**Figure 1 :** Topographie de la région d'étude.

Une fois modifié les conditions initiales, il été possible le calcul de pas de temps grâce au complément de calcule CFL facilité en cours. Sur le tableau 2 on a un tableau récapitulatif de différentes paramètres de profondeur maximal et minimal, les coordonnées choisis, la taille de la grille et la clé du modèle. Le tableau 3 montre les valeurs correspondant à la sortie du calcule de pas de temps dt par CFL.

**Tableau 2 :** Paramètres de la grille

| <i>Paramètre</i>               | <i>Valeur Étroit ouvert</i> | <i>Valeur Étroit fermé</i> | <i>Définition</i>                        |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--|
| <i>1/8(°)</i>                  | 1/8                         | 1/8                        | Résolution du modèle                     |
| <i>Hmax</i>                    | 5000                        | 5000                       | Profundidad máxima (m)                   |
| <i>LLm</i>                     | 63                          | 63                         | Nombre de maille horizontal              |
| <i>MMm</i>                     | 58                          | 58                         | Nombre de maille vertical                |
| <i>[N S E W]</i>               | [1 1 1 1]                   | [ 1 1 1 0]*                | Naturese des bords par rapport à la côte |
| Clé de configuration du modèle |                             |                            | « Cadiz_LR »                             |

**Tableau 3 :** Tableau de donnés calculées pour le critère CFL

| <i>Paramètre</i> | <i>Valeur Étroit ouverte</i> | <i>Valeur Étroit ferme</i> | <i>Définition</i>  |
|------------------|------------------------------|----------------------------|--|
| <i>DTE</i>       | 24 sg                        | 12 sg                      | Pas de temps pour les équations 3D                               |
| <i>NTIMES</i>    | 1800 sg                      | 3600 sg                    | Nombre total de fois qui tourne le boucle                        |
| <i>NFAST</i>     | 60 sg                        | 60 sg                      | Pas de temps dans les équations 2D compris dans les équations 3D |
| <i>NWRT</i>      | 180                          | 360                        | Fréquence de saugarde pour sorties instantanées                  |
| <i>NAVG</i>      | 180                          | 360                        | Fréquence de saugarde pour sorties moyennes                      |

### 3. Résultats

#### 3.1. Diagnostique du modèle et stabilité

Pour chaque simulation qui a été lancé on a analysé les graphes correspondants au diagnostic. Le premier résultat qu'on peut observer et que la forme de les graphes reste égal pour les deux simulations, la seul différence est que pour la premier simulation le modèle compte avec une quantité plus grand de valeurs sortants pour chaque année de simulation. La figure 2 semble être plus longue que la figure 3. Dans les deux cas on observe alors que les valeurs moyennes pour chaque année restent stables tout au long de la simulation de dix ans. On observe également le fait que pour la plus part de variables de volume soit moyenne de surface cinétique ou anomalie de volume, les valeurs sont autours de la ligne de stabilité, sauf pour le cas de *volume averaged selt* qui est le valeur de la salinité du volume total de notre modèle au cours de temps. Le graphe montre ainsi que la salinité sera stable au tour d'un valeur de 34.78 à partir du troisième année.



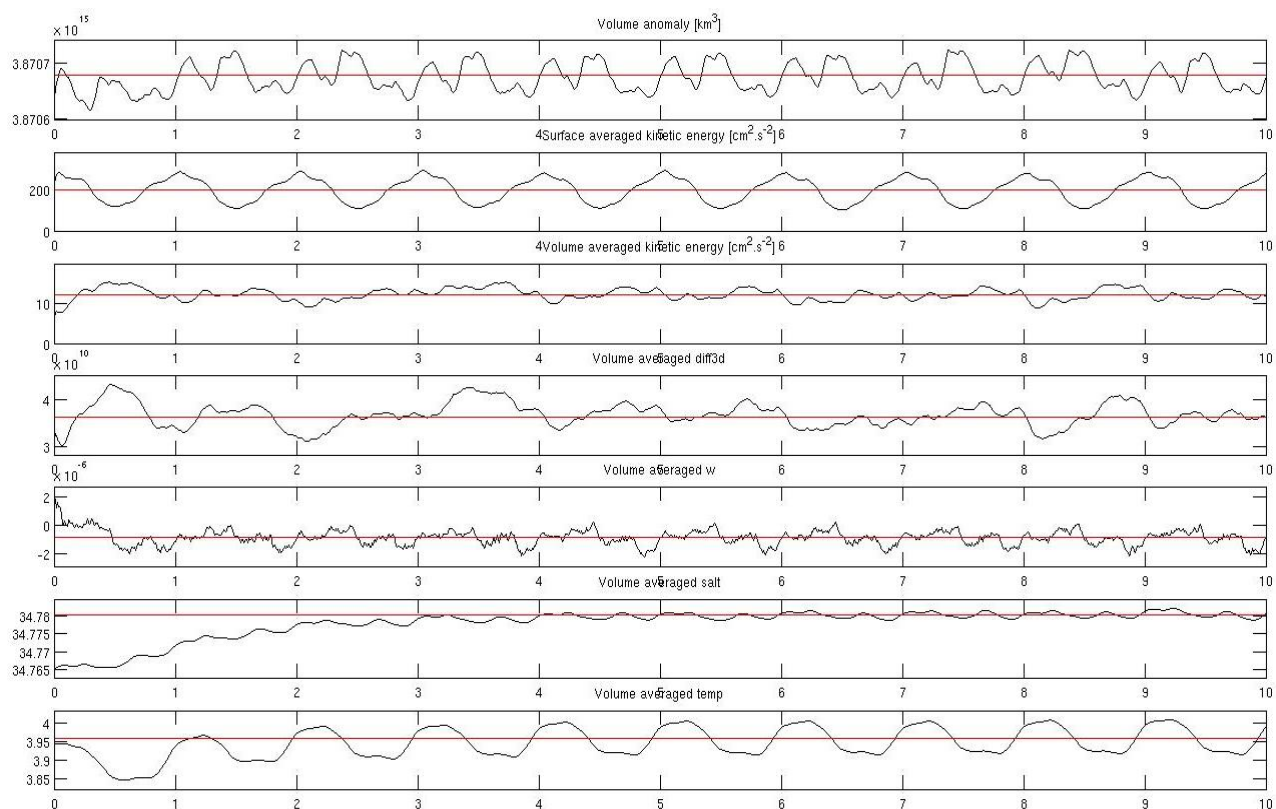
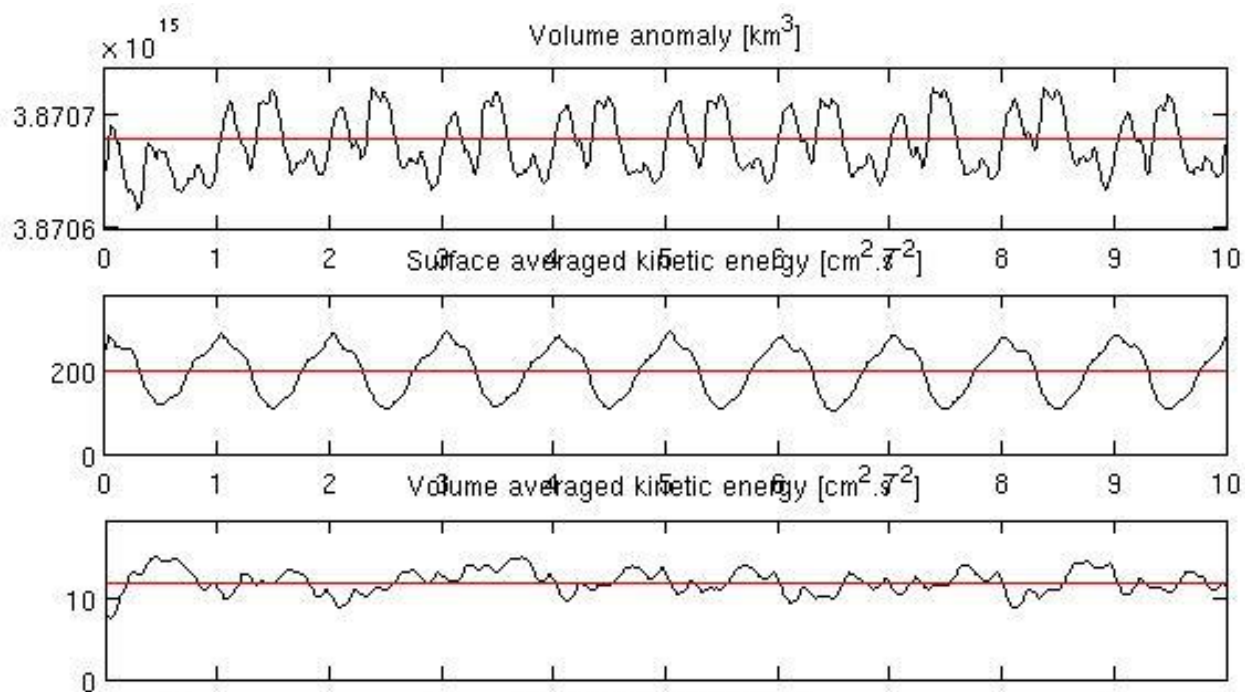
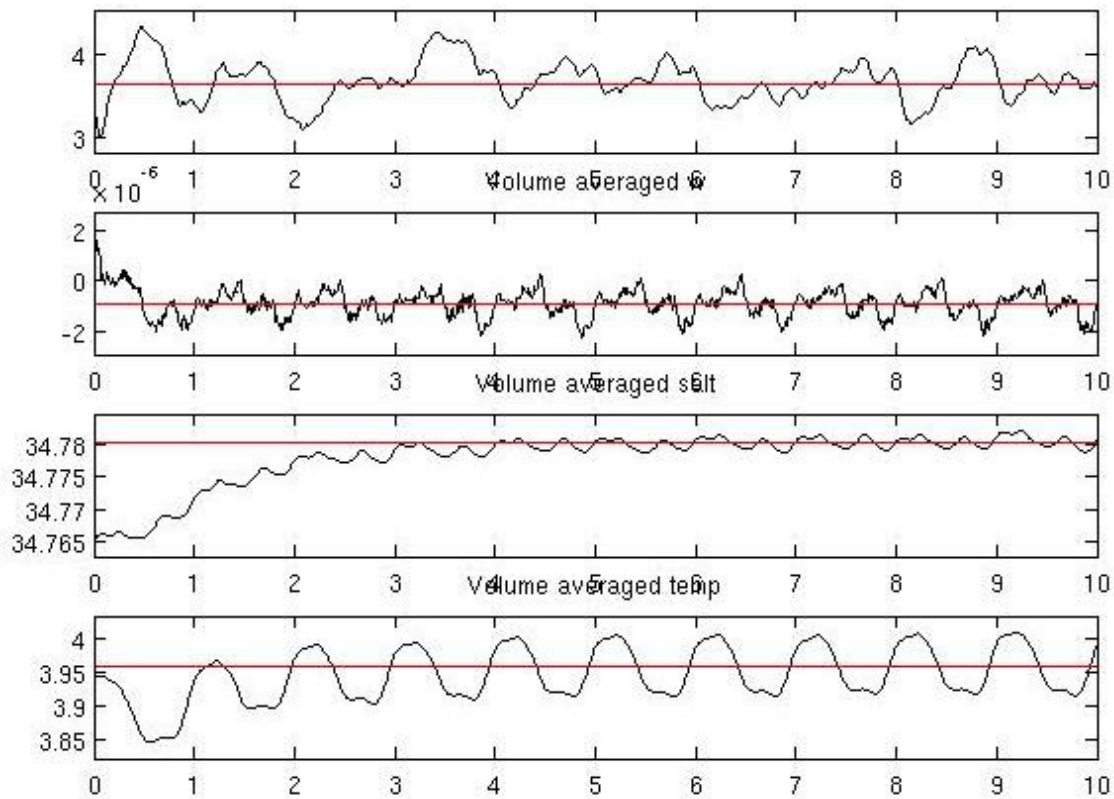


Figure 2 : Graphes pour le diagnostic du modèle avec l'Étroit de Gibraltar ouvert.





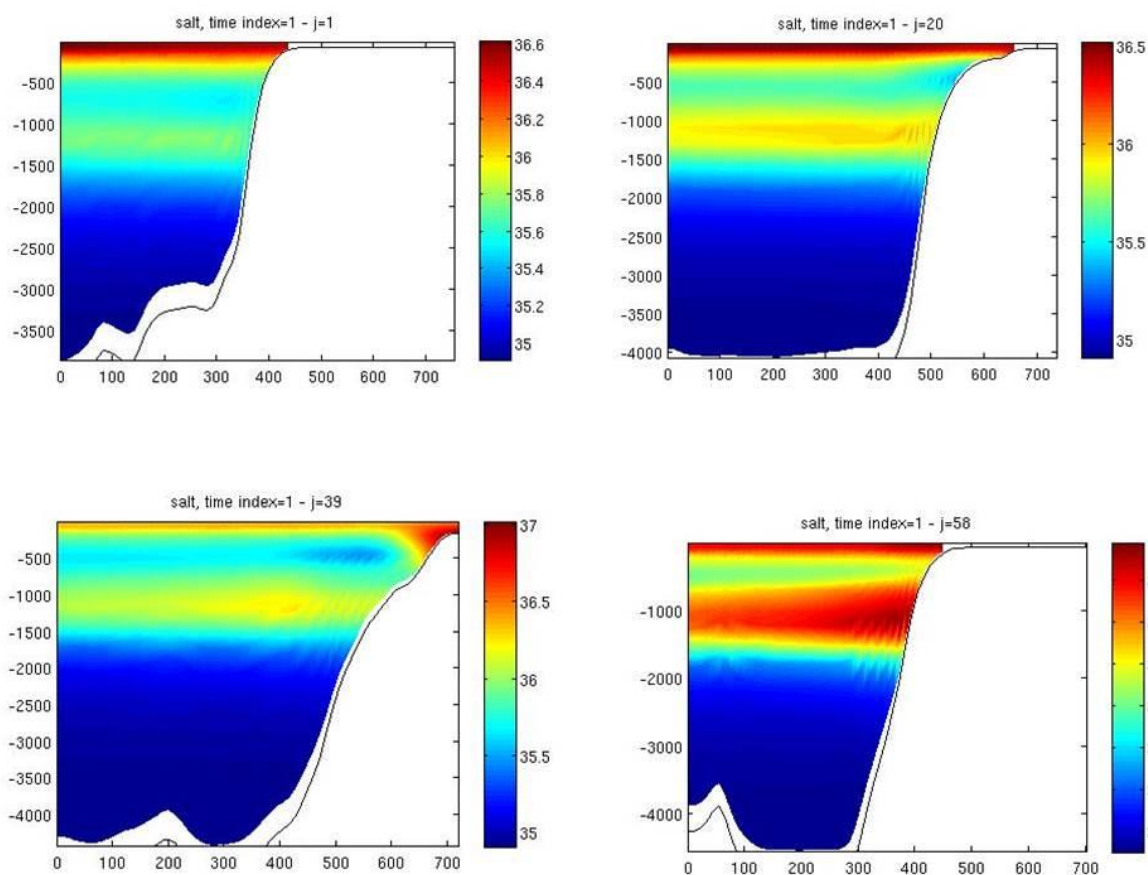
**Figure 3 :** Graphes pour le diagnostic du modèle avec l'Étroit de Gibraltar fermé.

### 3.2. Étude de la salinité et la température

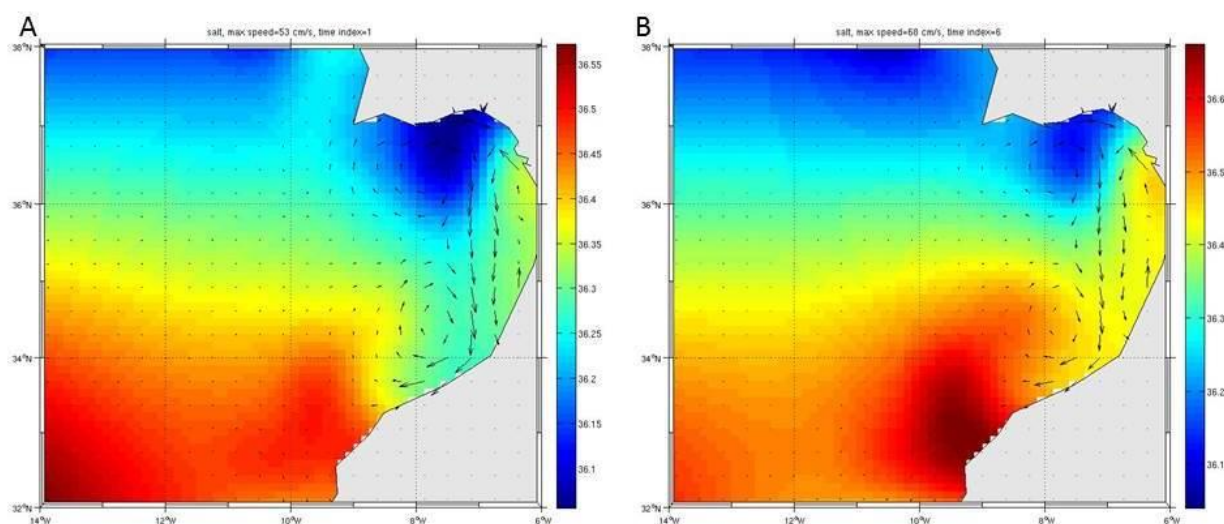
De la même façon que pour le diagnostic du modèle, on trouve aussi les mêmes valeurs sortant pour les conditions initiales pour la de salinité et température, pour les valeurs de conditions initiaux climatologiques et de forçages dans le deux cas de simulation comprises pour le modèle initialement.

Les conditions initiales de la salinité qui ont été prises pour la climatologie (Figure 4) montrent que la salinité a des valeurs élevées initialement en surface. Au cours des premiers 20 jours, il commence à augmenter la salinité à une profondeur de 1000 m de profondeur et au cours de 39 jours on peut observer comme les valeurs de salinité élevée sont trouvés que dans le côté de la côte africaine. Les derniers 60 jours vont montrer une forte salinité de 36 unités approximativement à la profondeur de 1000 m. La même tendance initiale et le même enregistrement est enregistré pour le cas de fermeture de l'Étroit de Gibraltar.

Les conditions de température (Figure 5) montrent également une région de température plus élevé du côté est de la côte africaine avec une augmentation de la vitesse parallèlement de de la vitesse maximale en direction orienté vers le sud. Les valeurs de plus forte température sont associées à des régions de circulation avec de vecteurs formant une région de circulation dans le sens horaire.

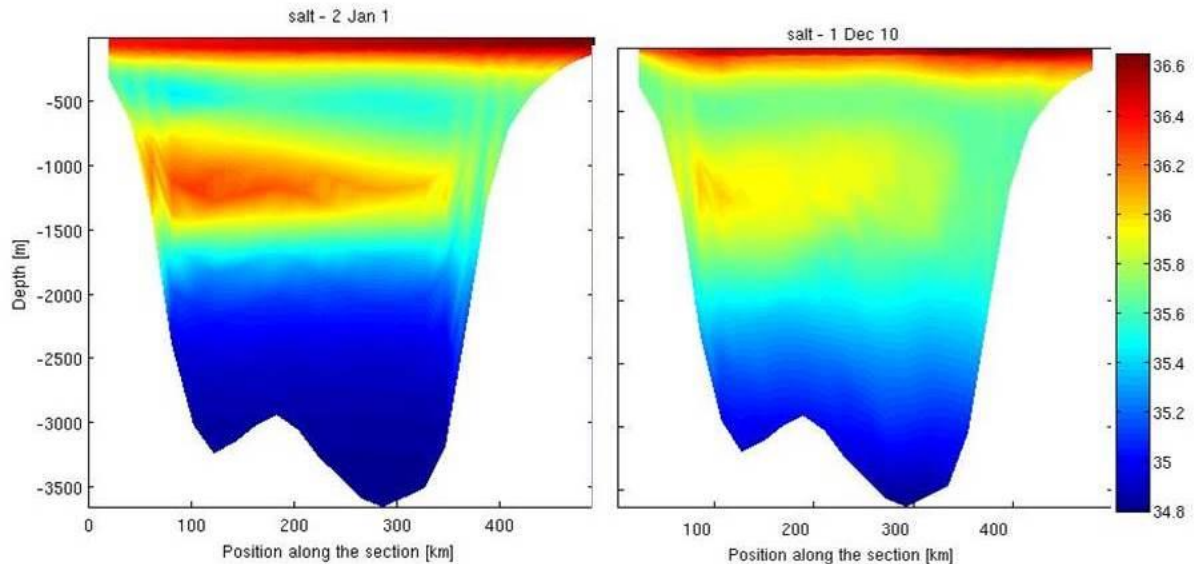


**Figure 4 :** Valeurs des premiers 60 jours pour la salinité tenues en compte comme conditions initiales climatologiques par le modèle. La barre de couleur montre la graduation pour la salinité



**Figure 5 :** Température pour le premier pris en compte dans les conditions initiales. A montre les valeurs pour le premier jour et B celui du dernier. La barre de couleur montre la graduation de la salinité

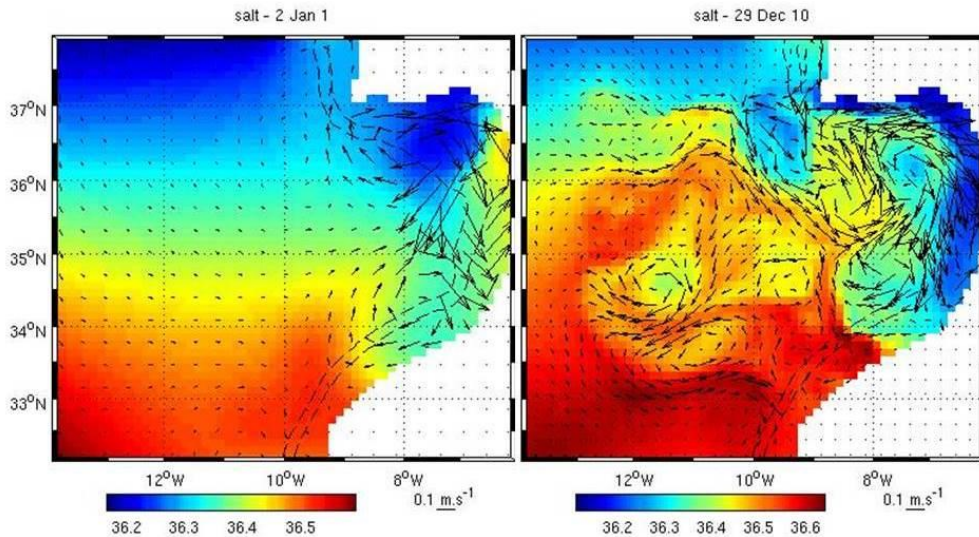
Une fois lancé le modèle, un des résultats principal est la disparition de la masse d'eau salé à 1000 mètres approximativement au cours de les 10 ans. La représentation de profils sections verticaux entre le Cap de Saint-Vicent jusqu'à la côte africaine, montrent entre 700 m et 1000 m la présence d'une masse d'eau salé. Par contre au cours des 10 ans , cette masse d'eau est disparue et reste une masse légèrement plus salé.



**Figure 6 :** Représentation de la salinité dans une section verticale entre le le cap de Saint Vicent et la côte africaine.

Une représentation de la salinité avec les vecteurs des respectifs vecteurs de vitesse montre une différence entre les valeurs de premier jour de modèle avec ceux du dernier jour de modèle. Dans la figure 7 on peut remarquer l'existence d'un développement de tourbillons superficiels dans la région sud du golfe de Cadix avec de masses d'eau plus salés. Cette figure montre au même temps le fait d'une diminution de sa salinité dans les points de sortie de la Mer méditerranéen qui sont moins forts que au debout d'avoir lancé les modèles. Les masses d'eau chaudes et salés laissent derrière de masses d'eau avec une salinité pas plus forte que les valeurs moyennes qu'on trouve dans les masses d'eau de l'Atlantique.





**Figure 7 :** Représentation de la salinité à 10 m de profondeur avec les vecteurs de vitesses. À gauche on a les valeurs pour le deuxième jour de modélisation correspondant au premier année et à droite celui de le dernier jour du dixième année de modélé. L'échelle de salinité se trouve dans la bar de couleur inférieure.

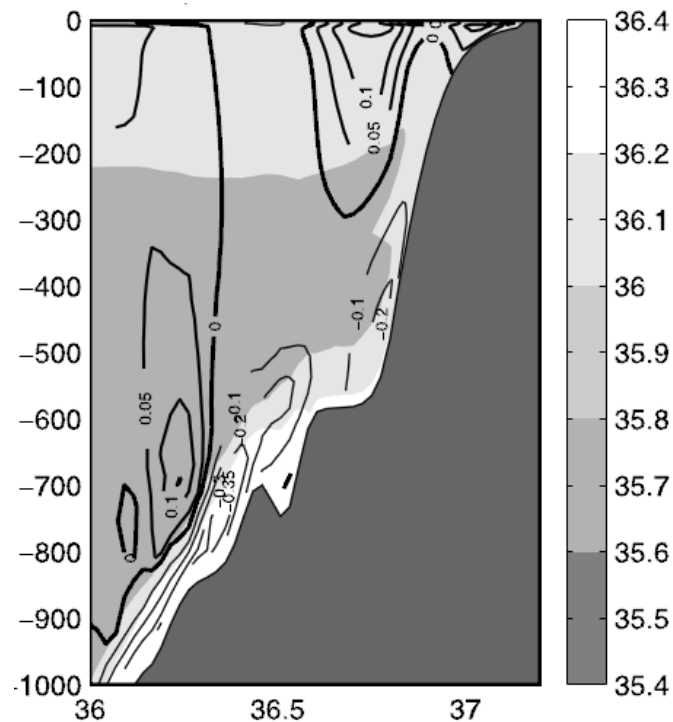
#### 4. Discussion

Un des premiers points qu'on doit discuter c'est le fait du manque de différence entre les résultats obtenus lors de la modélisation avec une frontière ferme dans l'Étroit de Gibraltar et ceux correspondant à des conditions normaux de circulation ouverte. Pour tout le cas de diagnostic, conditions initiales et valeurs de la salinité pendant le modèle montrent les mêmes valeurs. Cela implique pourtant que le modèle ne tiens pas en compte une circulation sortant de la méditerranée. Elle est prise en compte dans les conditions initiales parce qu'elles sont dans les valeurs des Atlas climatologiques mais en suite, la manque d'un apport d'eau salé et chaude fait que le modèle se stabilise au tours de valeurs plus faibles de salinité et température. On le voit sur la figure 2 et 3 dans laquelle la salinité du volume total du modèle descend de un valeurs proche à 36 à un valeur au tour pas plus élevé de 35 unités.

La première observation de la manque d'influence des de la méditerranée dans l'Atlantique conservé dans le temps est observable dans la figure 6 dans laquelle on peut apercevoir la présence de meddies au debout de notre modèle vont disparaître dans la troisième année comme est indiqué dans les graphes diagnostic (figure 2 et 3). De la même façon qu'on suppose cette disparition de meddies on peut aussi dire que la théorie de b-plume (plume ou longue salé descendant dans la plateforme africaine) (Kida 2006 ; Péliz *et al*, 2007) n'est pas soutenu par notre modèle.

Il existe des autres modèles actuelles dans la même région (Peliz *et al*, 2007) dans lequel la circulation de la mer méditerranéenne vers l'Atlantique a dû être introduite de manière explicite dans la configuration du modèle. Dans le moment que notre modèle ne contient pas ce flux méditerranéen explicite, les modèle considère les conditions initiales mais après il n'évolue pas pour maintenir ces valeurs de salinité principalement.

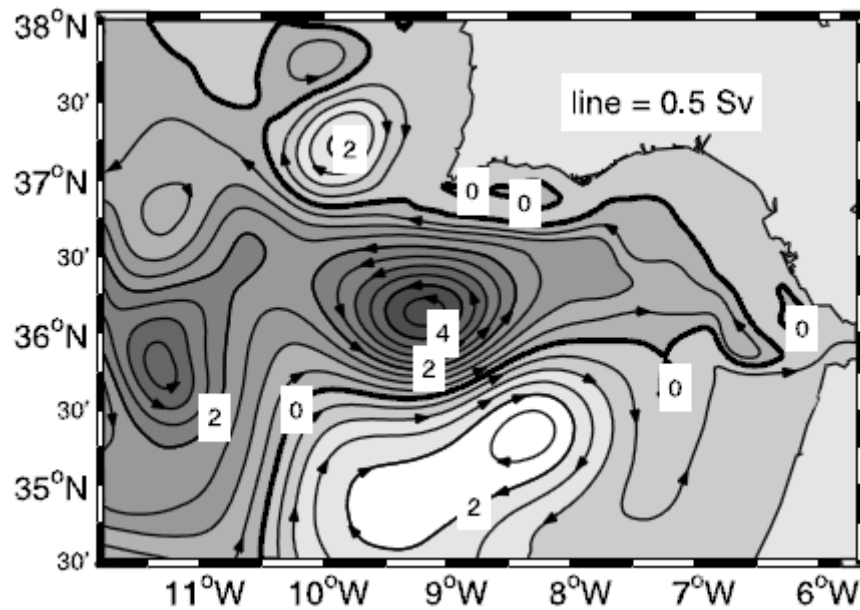
Les valeurs de présence une masse d'eau plus salé entre 700 mètres et 1200 mètres dans les conditions initiales sont validés aussi validés pour les résultats dans la même région qui ont été mesurés lors des campagnes dans la même région (entre 36 et 37 à une profondeur entre 6700 et 100 mètres dans le travail de Ambar y Howe en 1978) ainsi comme des valeurs obtenus lors des modèles avec l'introduction de la circulation sortant de la méditerranée de forme explicite (Figure 8), ce qui valide les valeurs de conditions initiales climatologiques.



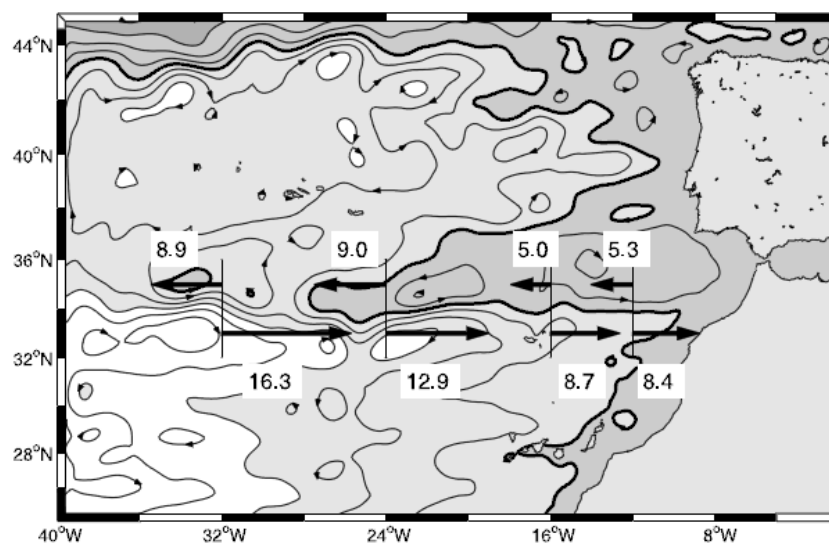
**Figure 8 :** Valeurs obtenus dans une section vertical de salinité jusqu'à 1000 mètres pour un période d'été (choisi pour le montrer dans cette étude qui nous occupe pour être celui avec une plus forte valeur). L'axe vertical montre la profondeur en mètres, et l'axe en horizontal la latitude. L'échelle de coules grises montre les valeurs de salinité.

Malgré que la salinité ne soit pas conservée dans notre modèle, il existe la présence d'une circulation superficielle avec la formation de tourbillons de différence de salinité que le reste de la région (figure 7). Ces tourbillons ont été aussi représentés dans les résultats aboutis lors du modèle de Peliz et collaborateurs en 2007 avec son modèle de circulation Méditerranéen explicite (Figure 9). Un fait qu'on doit discuter par contre est le fait d'avoir conservé les conditions de circulation superficielle et ceux des eaux profondes. D'un côté on peut supposer que notre modèle ne conserve la salinité pour la manque explicite de la présence de MU (mediterranean underwaters) sortant de le bassin méditerranéen, mais il existe la possibilité que la circulation a été introduit par un autre valeur de la climatologie globale qui lui aide à mieux conserver ses caractéristiques. Peliz et ses collaborateurs en 2007, on montré l'importance du Courant des Açores dans la région du Golfe de Cadix et une possibilité poudrais être que ces tourbillons superficielles soient la réponse au régime de circulation de contre courant au lieu de l'influence des masses d'eau denses dans l'Atlantique (Figure 10).

Par contre ces suppositions devront être appuyées sur de représentation avec de vecteurs de vitesses à 100 mètres et la figure 7 est réalisé à 10 mètres de profondeur.



**Figure 9 :** Représentation d'une section verticale avec des lignes de circulation entre 0 et 600 m avec de lignes représentés chaque 0,5 Sv. Valeurs obtenus lors du modèle de Peliz et collaborateurs en 2007.



**Figure 10 :** Courant intégré entre 0 et 1000 mètres représentant le transport de masse d'eau et la présence du Courant et contre-courant (vers l'est et l'ouest respectivement) dans le modèle de Peliz *et al*, 2017

## 5. Conclusions

La premier conclusion est que le modèle ne prend pas en compte la circulation subsuperficial sortant de la Méditerranée et il est nécessaire une expression explicite ans le modèle. Une implémentation de notre part dans le futur doit avoir cette amélioration. Cette manque

d'introduction de la circulation de masses d'eau n'empêche pas par contre le fait que le modèle reste correcte pour des autres études comme celui de la circulation superficielle. La plume d'eau dense méditerranéen n'est pas conservé mais la formation de tourbillons entre le Cap de Saint-Vicent et la côte africaine oui. Par contre il aurait été nécessaire dans la élaboration de notre modèle une meilleure intégration de la circulation et 'étude de celui sur de couches autres que les superficielles.

## 6. Bibliographie

Ambar, I., & Howe, M. R. (1979). Observations of the Mediterranean outflow—I mixing in the Mediterranean outflow. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 26(5), 535-554.

Baringer, M. O. N., & Price, J. F. (1999). A review of the physical oceanography of the Mediterranean outflow. *Marine Geology*, 155(1), 63-82.

Carton, X., Chérubin, L., Paillet, J., Morel, Y., Serpette, A., & Le Cann, B. (2002). Meddy coupling with a deep cyclone in the Gulf of Cadiz. *Journal of Marine Systems*, 32(1), 13-42.

Peliz, A., Dubert, J., Marchesiello, P., & Teles-Machado, A. (2007). Surface circulation in the Gulf of Cadiz: Model and mean flow structure. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 112(C11).

Autres sources :

Doglioli, A. M. (2015), Notes de Cours et Travaux Dirigés de Modélisation de la circulation Océanique, Université d'Aix-Marseille, Marseille, France.

[www.mio.univamu.fr/~doglioli/Doglioli\\_NotesCoursTD\\_ModelisationCirculationOceanique.pdf](http://www.mio.univamu.fr/~doglioli/Doglioli_NotesCoursTD_ModelisationCirculationOceanique.pdf)