

Modélisation du plateau de Kerguelen

A l'aide du modèle ' RomsTools '



Morisset Simon

Enseignant responsable : A. Doglioli

Introduction :

L'océan austral est une zone de faible niveau en chlorophylle due au manque de fer ce qui limite la production en phytoplancton. Cependant il existe quelques zones où l'on observe un bloom. C'est le cas à l'est-nord-est des Kerguelen. L'origine de ce bloom est mal comprise. Cependant, cette zone est connue pour sa forte activité tourbillonnaire ce qui pourrait expliquer en partie ce phénomène (mise en suspension des sédiments). Afin de mieux comprendre ce processus physique, une modélisation de cette zone doit être réalisée.

Pour cela, le modèle RomsTools (Regional Oceanic Modeling System Tools) est alors utilisé pour modéliser le plateau de Kerguelen.

Table des matières :

1. Utilisation et paramètre du modèle	4
1.1. Description de RomsTools.....	4
1.1.1. La grille.....	4
1.1.2. Système d'équation.....	5
1.1.3. Base de donnée	5
1.2. Parametre de la modélisation	6
2. Résultats et validation	8
2.1. Résultat du modèle.....	8
2.2. Comparaison à la mesure	10
2.2.1 Profile verticale a la station A4 et C6 :.....	11
2.2.2 Coupe vertical sur la section B (température et salinité).....	12
2.2.3 Coupe vertical sur la section B (Vitesse du courant).....	14
2.2.4 Principaux courant du plateau	15

1. Utilisation et paramètre du modèle

1.1. Description de RomsTools

RomsTools est un programme qui permet de modéliser n'importe quel endroit des océans de la planète. Pour cela différentes techniques de modélisation sont utilisées et différents paramètres doivent être rentrer dans le programme.

1.1.1. La grille

La dimension de la grille représente la zone de modélisation. Pour la définir il faut modifier le scripte `romstools_param.m` ainsi que le scripte `param.h` dans le dossier Run. La longitude max et min et la latitude max et min doivent alors être modifier en degré.

La résolution horizontale doit être également modifier dans le même scripte (elle s'exprime également en degré). Cette résolution ne sera pas constante, en effet, Roms la fait varier plus ou moins selon la bathymétrie.

Ensuite il faut définir le nombre de niveau horizontal de la grille pour les calculs baroclines car le modele fonctionne avec la technique appelée 'S-coordinate model'.

Après avoir choisi cela il faut exécuter `make_grid`. La grille peut être alors visualisé par l'utilisateur qui doit ensuite choisir les zones de la grille devant être non immergé.

Afin d'avoir une fine résolution spatiale, le modèle utilise une grille d'Arakawa (grille C) qui est la suivante :

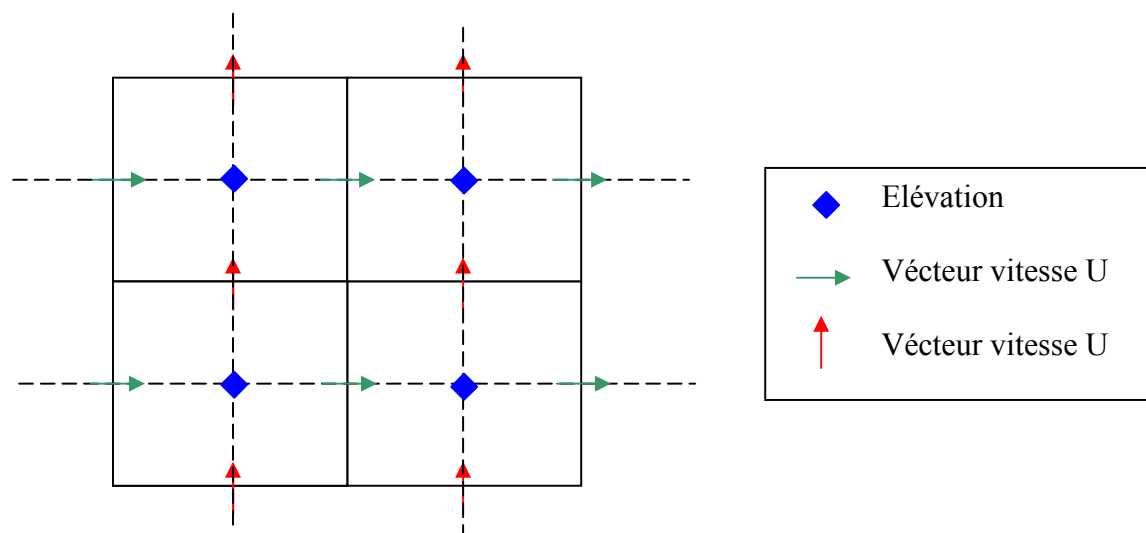


Figure 1 : Grille d'Arakawa

1.1.2. Système d'équation

Roms résout dans les trois dimensions les équations primitives basées sur l'approximation de Boussinesq et sur l'équilibre hydrostatique.

Cependant, les équations ne sont pas résolues dans les trois dimensions à chaque pas de temps. En effet, il existe deux modes :

- le mode barotrope, qui résout les équations seulement sur l'horizontal (intégration sur la verticale) ce qui permet une forte résolution temporelle et un gain de temps sur la durée de simulation (pas de temps barotrope = Δt_e).
- le mode barocline, qui résout les équations dans les 3 dimensions mais qui est calculé moins souvent que le mode barotrope (pas de temps barotrope = Δt).

Ces deux pas de temps ainsi que le nombre d'itération doivent être définis dans `roms.in`.

Ensuite, pour définir les conditions aux frontières, il faut définir si les frontières du modèle sont ouvertes ou fermées. Ceci se fait dans le scripte `'romstools_param.m'`. Une fois cela enregistré, Roms choisit ensuite automatiquement, pendant la simulation, entre différentes équations de frontière qui lui semble le mieux adapté.

1.1.3. Base de donnée

Roms utilise différentes bases de données couvrant la globalité des océans de la planète, provenant de différents organismes. Ces données sont principalement des mesures réalisées par satellite.

Tout d'abord, en exécutant `make_grid.m`, Roms va charger la bathymétrie de la grille définie précédemment (figure 2).

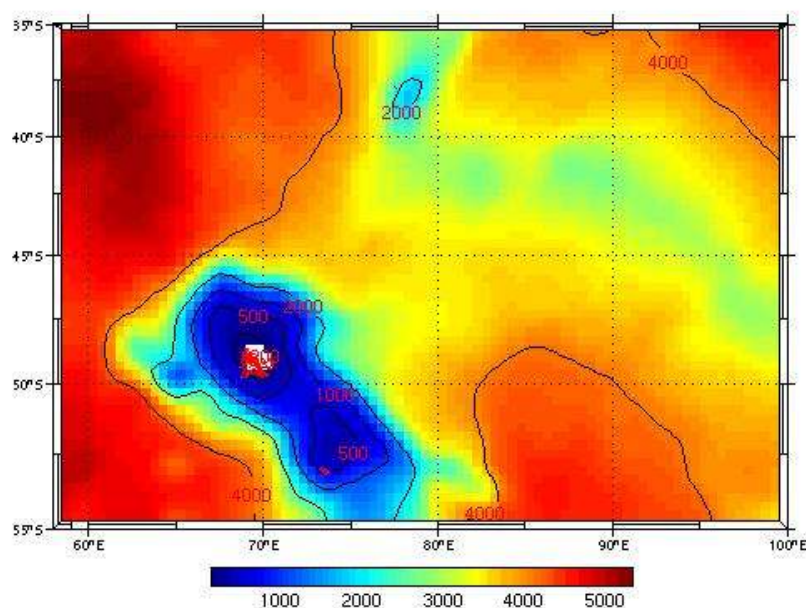


Figure 2 : Bathymétrie de la zone de simulation

Pour réaliser la simulation, le modèle à besoin de différentes données pour tout ce qui est condition initial (salinité, température) et forçage extérieur (forçage atmosphère-océan et marée). Il prend également en compte les principaux courants des différents océans.

Toutes ces données sont mesurées tout au long l'année. Roms n'utilise pas les données d'une seule année pour une année de simulation mais il utilise la moyenne de plusieurs années de données.

En exécutant `make_forcing`, Roms charge pour chaque jour de l'année moyennée, la vitesse et l'orientation du vent, le flux d'eau douce (évaporation-précipitation), la température de surface, la salinité de surface

En exécutant `make_clim`, Roms charge pour chaque jour de l'année moyennée, les courants et, la salinité et la température en profondeur.

En exécutant `make_tides`, Roms charge pour chaque jour de l'année moyennée, l'élévation du plan d'eau due à la marée.

1.2. Parametre de la modélisation

Grille :

`lonmin` = 58.0°

`lonmax` = 100.0°

`latmin` = 55.0°S

`latmax` = 35°S

Résolution horizontale = 0.5°

Nombre de niveau vertical = 32

Frontière ouverte = les 4 cotés de la grille

Détermination du pas de temps :

Objectif : On souhaite réaliser une simulation de 10 ans. Afin de pouvoir surveiller la simulation durant sa réalisation et d'obtenir plusieurs fichiers résultats ce qui permettra de garder seulement ceux qui sont utiles (économie de l'espace disque), la simulation sera divisée en plusieurs parties.

Les paramètres de simulation seront réglés pour un mois. Grâce au programme `run_roms.csh` une fois que la simulation d'un mois se termine, une autre est lancée en ce servant du dernier résultat précédent comme valeur initiale. On peut alors réaliser une simulation de 10 ans fragmentée en mois (10×12=120 mois de simulation).

Quand on utilise ce principe de modélisation, les paramètres de pas de temps doivent alors être rentrés dans `roms_inter.in` et non dans `roms.in`.

Détermination des pas de temps :

$$\Delta t \leq \frac{1}{2\sqrt{gH}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2}}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Profondeur max} \approx 5500\text{m} \\ \Delta x \text{ min} = 31.87 \text{ Km} \\ \Delta y \text{ min} = 31,98 \text{ Km} \end{array} \right\} \Delta t_e \leq 48.62\text{s}$$

On choisi alors $\Delta t_e = 48\text{s}$

On choisi de faire un calcul en mode barocline tout les 60 pas de temps barotrope.

$$\Delta t = 48 \times 60 = 2880\text{s}$$

$$\text{Nombre d'itération barocline} = 1 \text{ moi} / \Delta t = 900$$

Acquisition : On veut que les résultats soit enregistrés tout les 5 jours :

5 jours / $\Delta t = 150 \rightarrow$ les résultats sont enregistrés toute les 150 itérations barocline.

2. Résultats et validation

2.1. Résultat du modèle

Une fois la simulation terminée, les résultats peuvent être présentés à l'aide du scripte `roms_gui` dans Matlab (attention: charger au préalable, les paths à l'aide du programme `start.m`).

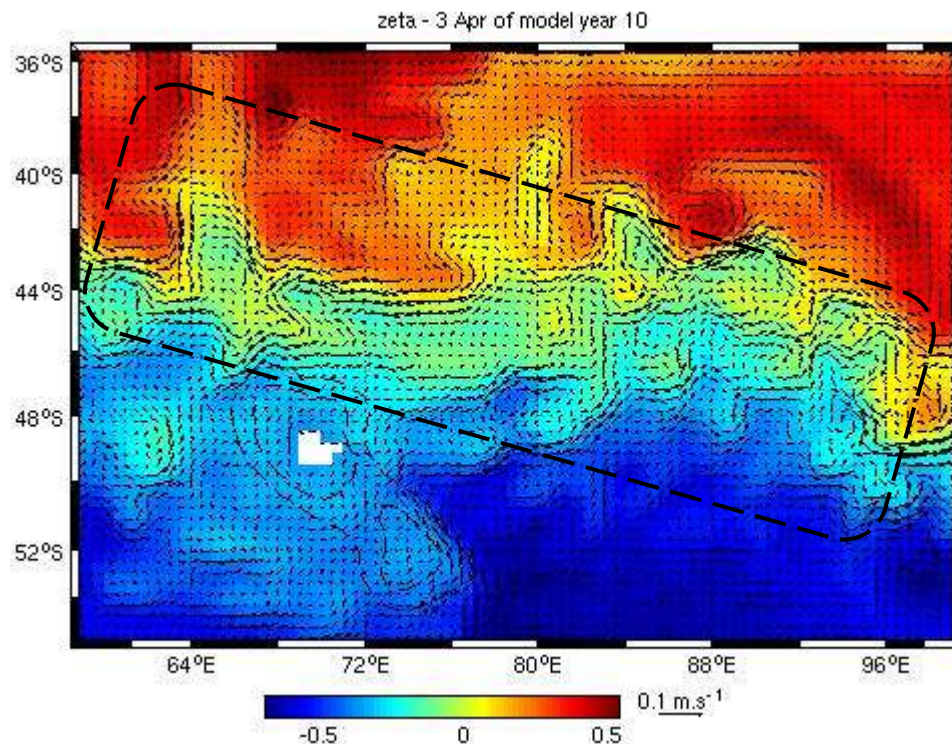


Figure 3 : élévation et champ de courant à 15 mètres de profondeur au bout de 10 ans, 3 mois et 3 jours de simulation

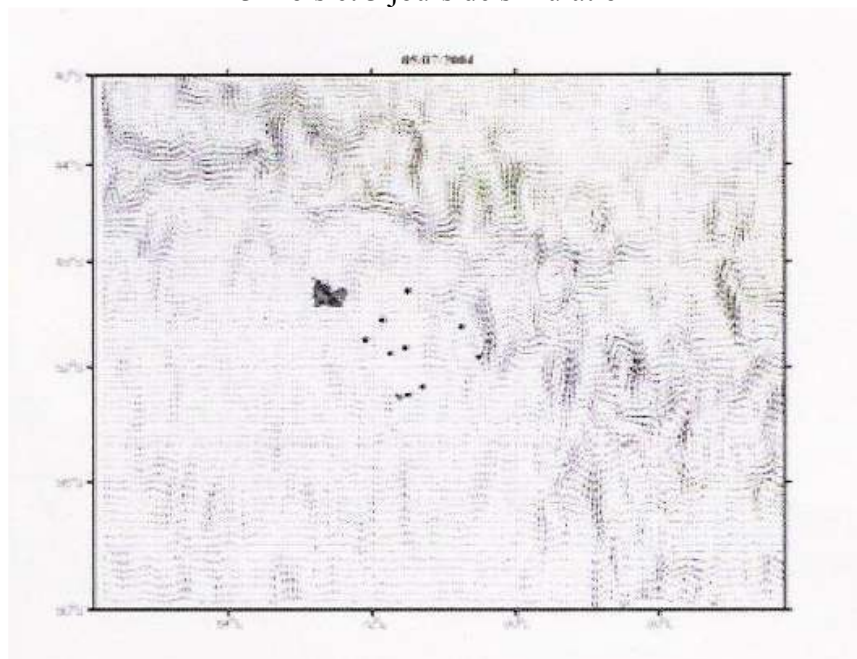


Figure 4 : Champ de courant observé par TOPEX poseidon

On observe bien sur les champs de courant généré par le modèle (figure 3) une forte ressemblance avec les mesures réalisées par TOPEX poseidon (figure 4). Tout deux montrent une forte zone de turbulence au nord, au nord-est et à l'est du plateau de Kerguelen.

En exécutant le scripte `plot_diags.m` dans Matlab, différents graphes sont générés sur les dix ans de simulation ce qui permet de suivre l'évolution et la stabilité du modèle (figure 5) :

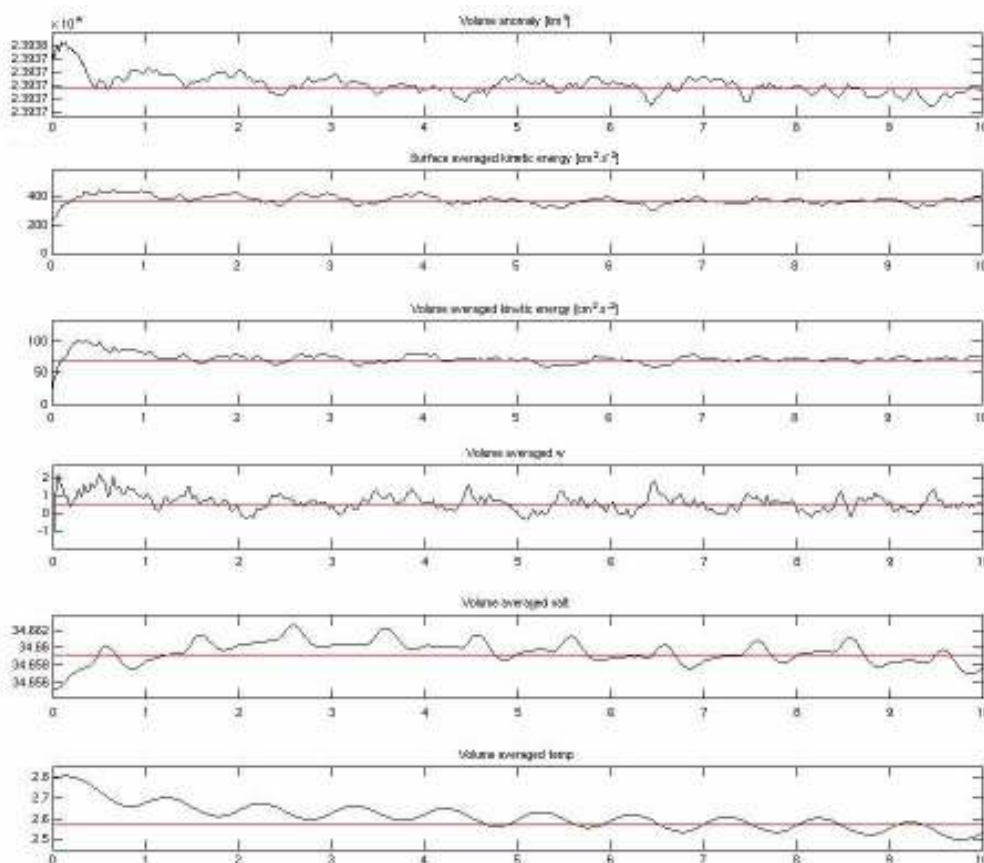


Figure 5 : Diagnostic de la simulation

On remarque sur ces graphes que le modèle met environ 1 an à se stabiliser (l'énergie et l'anomalie de volume ne sont pas nul la première année).

On remarque également qu'il y a une légère instabilité sur la valeur de température et très légèrement sur la salinité sur les 10 ans de simulation ce qui montre une très légère instabilité du modèle.

La fluctuation saisonnière se retrouve sur toutes les courbes.

On peut donc en conclure que le modèle est approximativement stable sur les résultats de la dixième année.

2.2. Comparaison à la mesure

Le département Milieu et Peuplements Aquatiques, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris en collaboration avec le centre Océanologique de Marseille ont étudié la circulation à travers le plateau de Kerguelen. Ils ont, pendant une campagne en mer en Janvier-Février 2005, réalisé différentes mesures. Ils ont posé différentes bouées CTD sur 3 sections principales A, B et C (voir figure 6) et à différentes profondeurs.

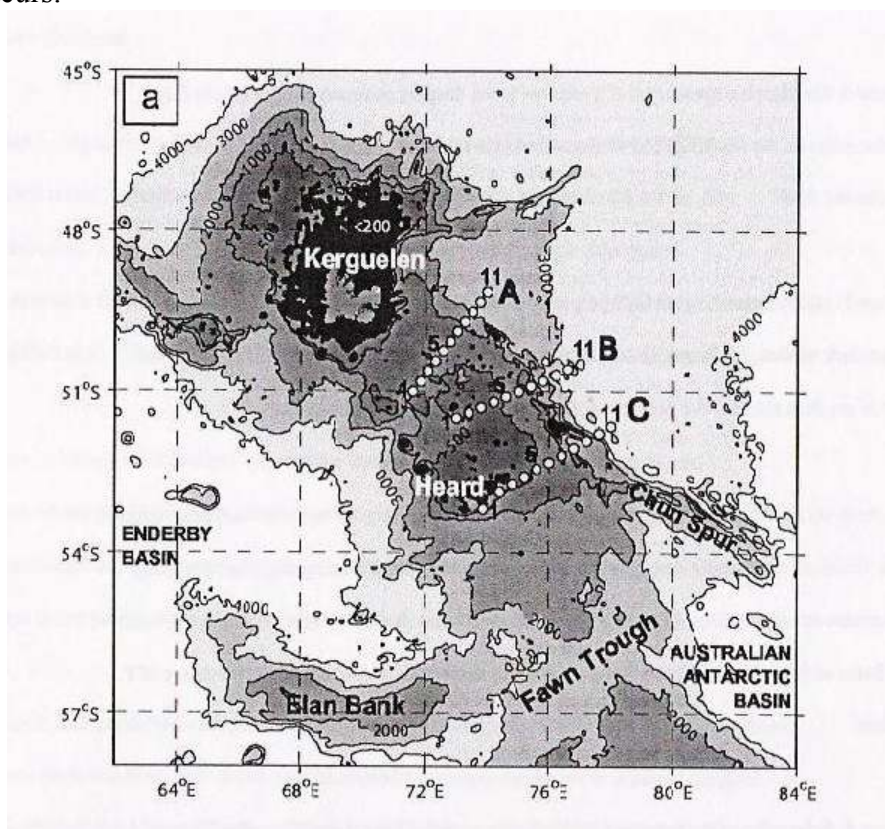


Figure 6 : Position des trois section de CTD

Ce dispositif permet de réaliser des profils horizontales et verticales ainsi que différentes coupes. Il est alors possible de comparer les résultats de cette campagne avec ceux de la modélisations de la dixième année au début du moi de février.

2.2.1 Profile verticale à la station A4 et C6 :

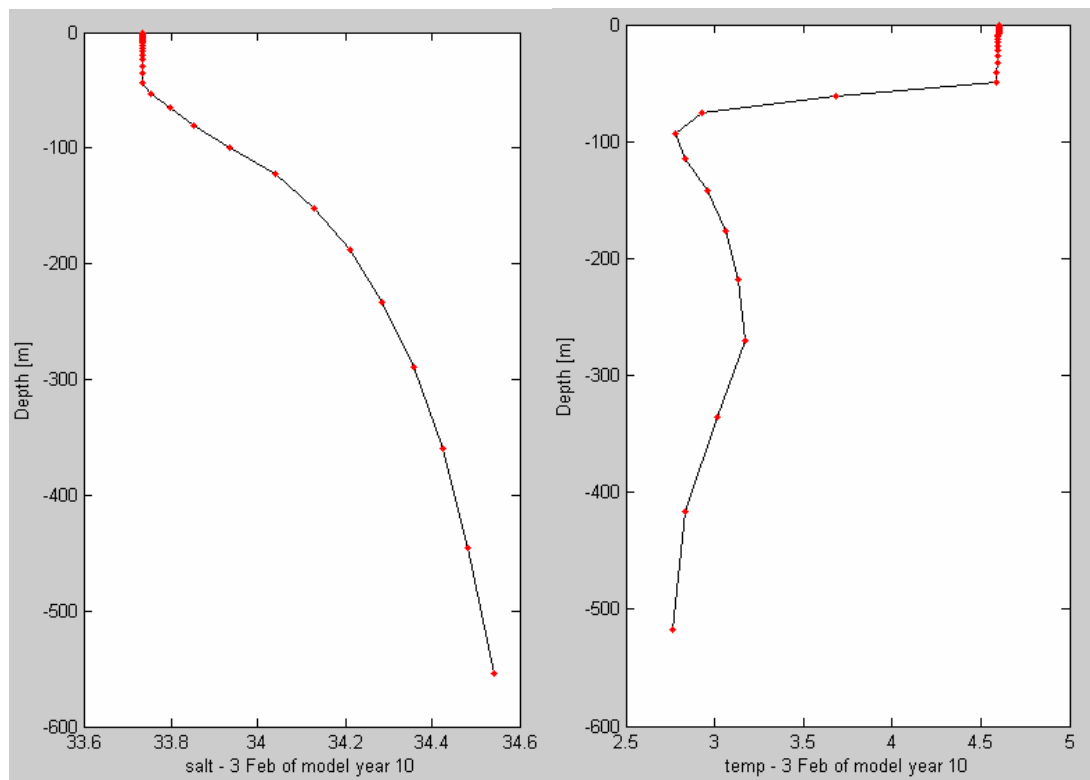


Figure 7 : résultats simulation, station A4 (salinité et température)

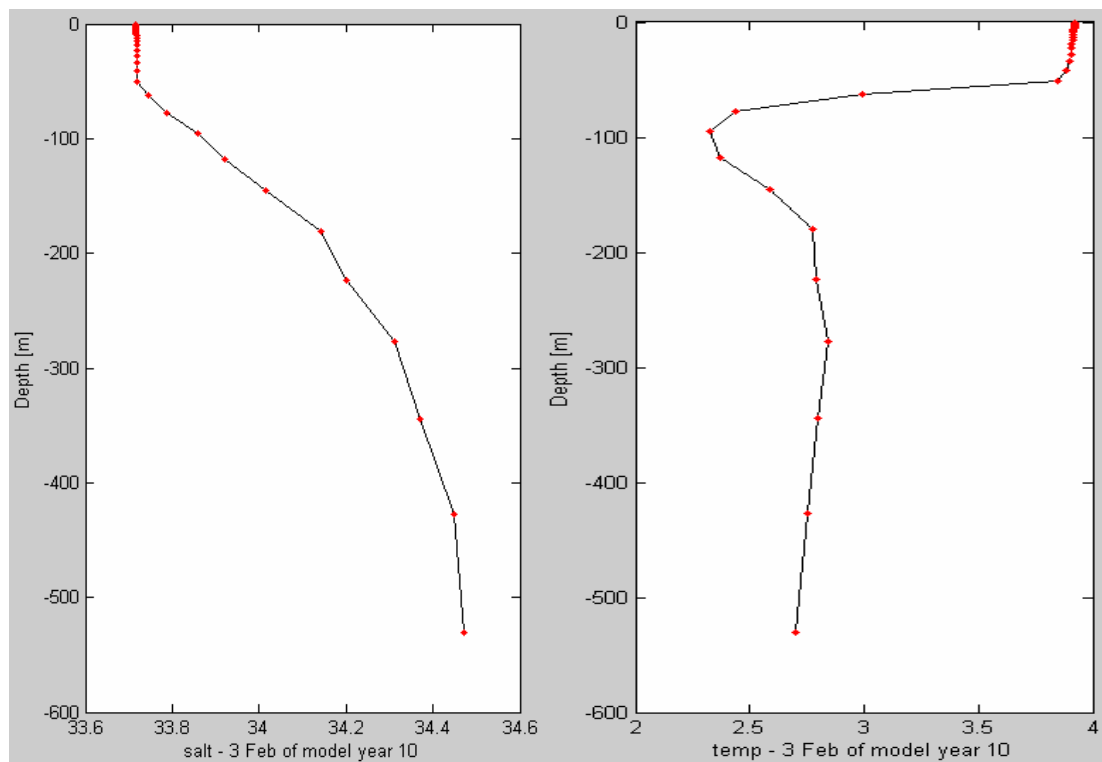


Figure 8 : résultats simulation, station C5 (salinité et température)

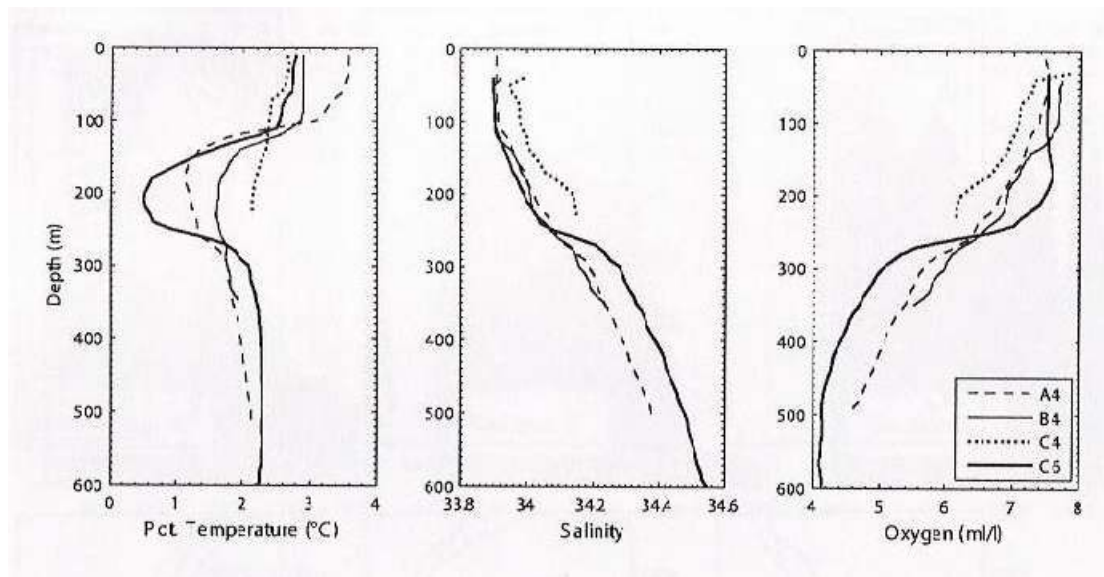


Figure 9 : Résultat de la campagne, Température, Salinité et Oxygène

On peut observer une très forte corrélation (figure 9 et 8) pour la station C5 entre la simulation et la campagne (aussi bien pour la salinité que pour la température). Cette corrélation est légèrement moins importante pour la station A4 (figure 7 et 9).

2.2.2 Coupe vertical sur la section B (température et salinité)

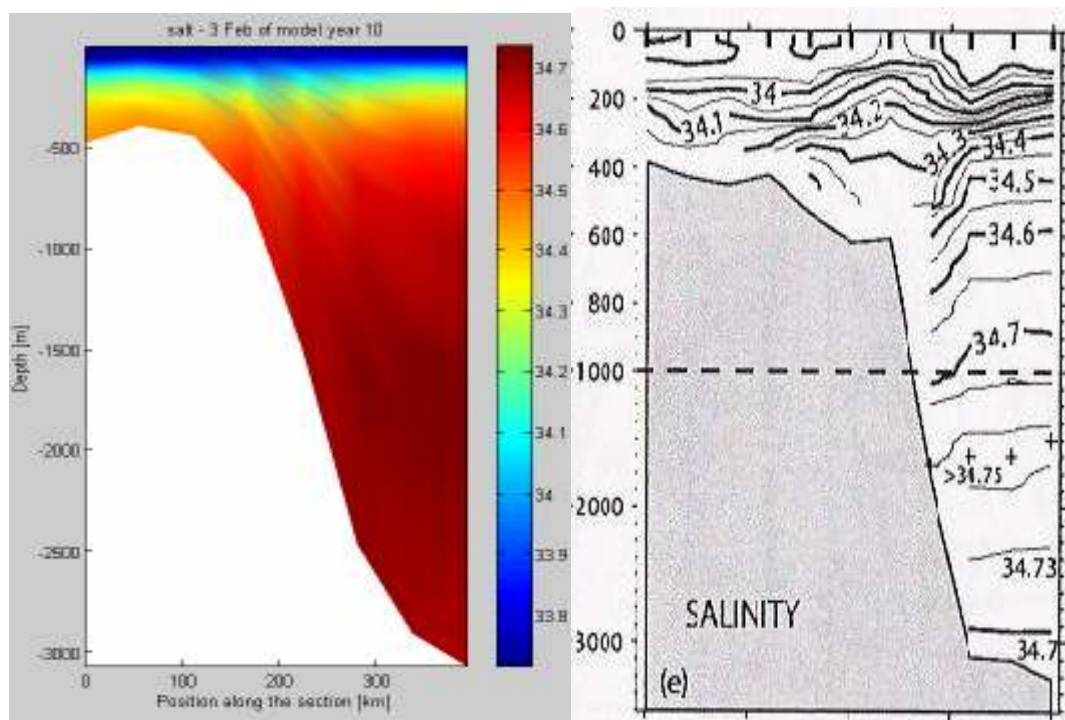


Figure 10 : Salinité sur la section B, Modèle/mesure

Attention, l'axe des ordonnées du graphique représentant les mesures, n'est pas linéaire.

Les lignes isotopes de la salinité sur la modélisation et sur la mesure se retrouvent approximativement aux mêmes endroits et surtout aux mêmes profondeurs (figure 10).

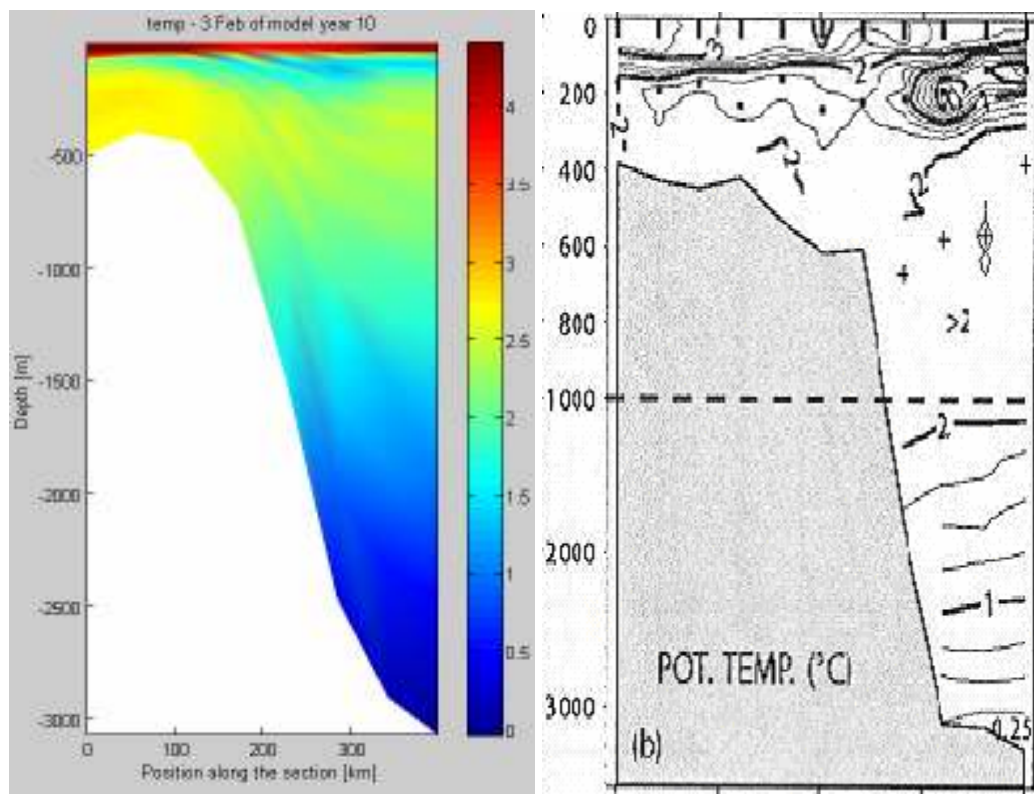


Figure 11 : Température sur la section B, Modèle/mesure
 Attention, l'axe des ordonnées du graphique représentant les mesures, n'est pas linéaire.

La corrélation entre la température du modèle et de la mesure sur la section B n'est pas évidente. Sans observer la première couche du modèle qui est saturée et donc non significative, on remarque que la température du modèle est très légèrement plus importante. Ceci peut provenir d'une fluctuation du temps. En effet le forçage extérieur du modèle est moyenné sur plusieurs années alors que la campagne de mesure a été réalisée en 2005.

2.2.3 Coupe verticale sur la section B (Vitesse du courant)

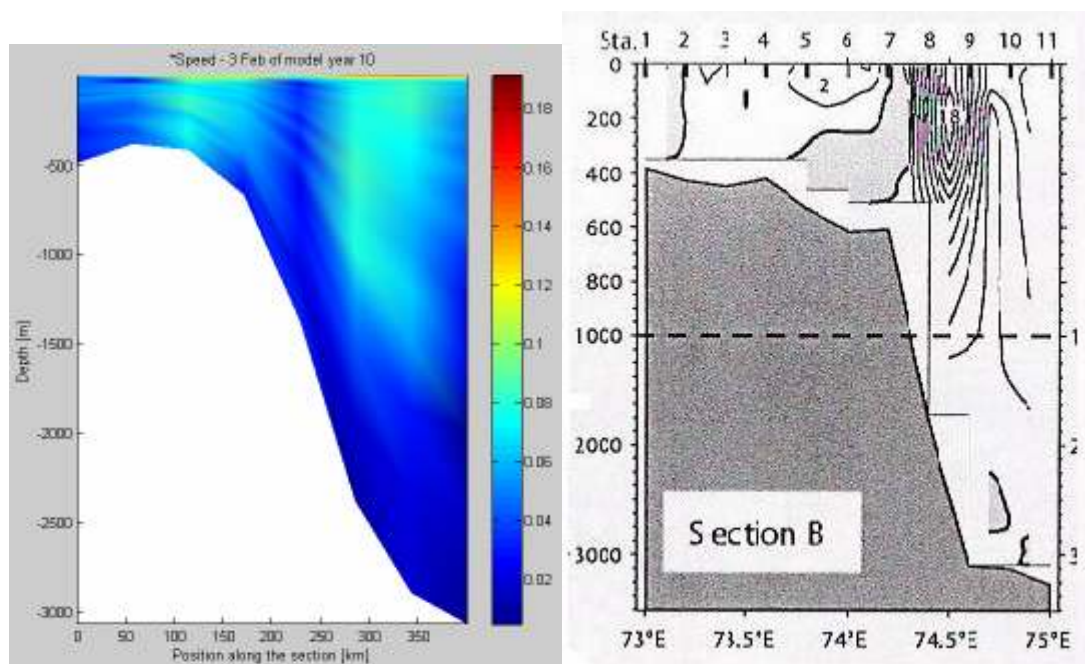


Figure 12 : vitesse du courant sur la section B, Modèle (m/s) / mesure (cm/s)

Sur les deux profils de courant (modèle et mesure, voir figure 12), on retrouve, positionné au même endroit, une veine de courant (environ autour de 74.5°E). Cependant elle n'ont pas la même intensité. Les mesures montrent un maximum de 18 cm/s alors que le modèle montre un maximum de 8 cm/s. Comme précédemment, cela peu s'expliquer avec la différence de condition météorologique.

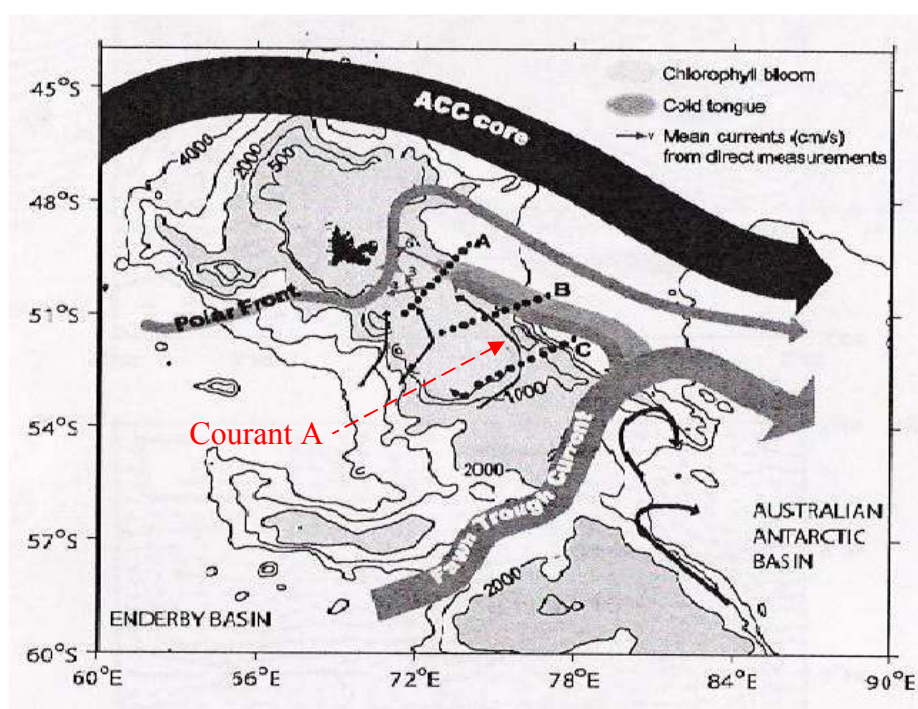


Figure 13 : principaux courants du plateau de Kerguelen

On remarque sur la carte des principaux courants du plateau (figure 13) que le 'Fawn Trough Current' traverse la section B ce qui correspond exactement à la veine de courant observé précédemment.

Sur le modèle, on observe aussi une plus petite veine de courant à gauche sur la coupe (figure 12) qui pourrai provenir du plus petit courant qui traverse la section B (Courant A, voir figure 13).

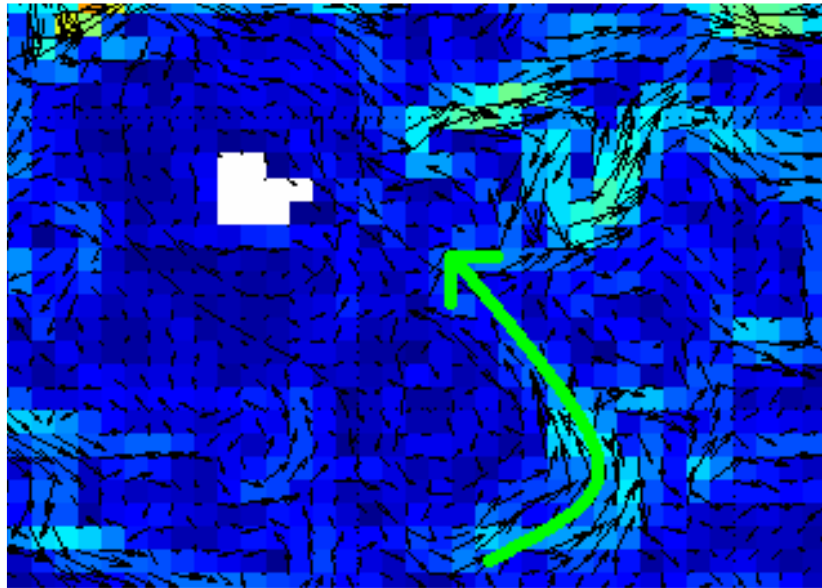


Figure 14 : Courant A

Sur la carte des champs de courant du modèle (figure 14), on retrouve bien ce courant (courant A) représenté ici avec la flèche verte.

Le modèle respecte donc très bien les courants principaux de la région au niveau de la section B.

2.2.4 Courant circum polaire (ACC core)

Le courant circum polaire est principalement orienté sur l'axe est-ouest. Il est donc intéressant d'observer l'intensité du courant du modèle sur cet axe :

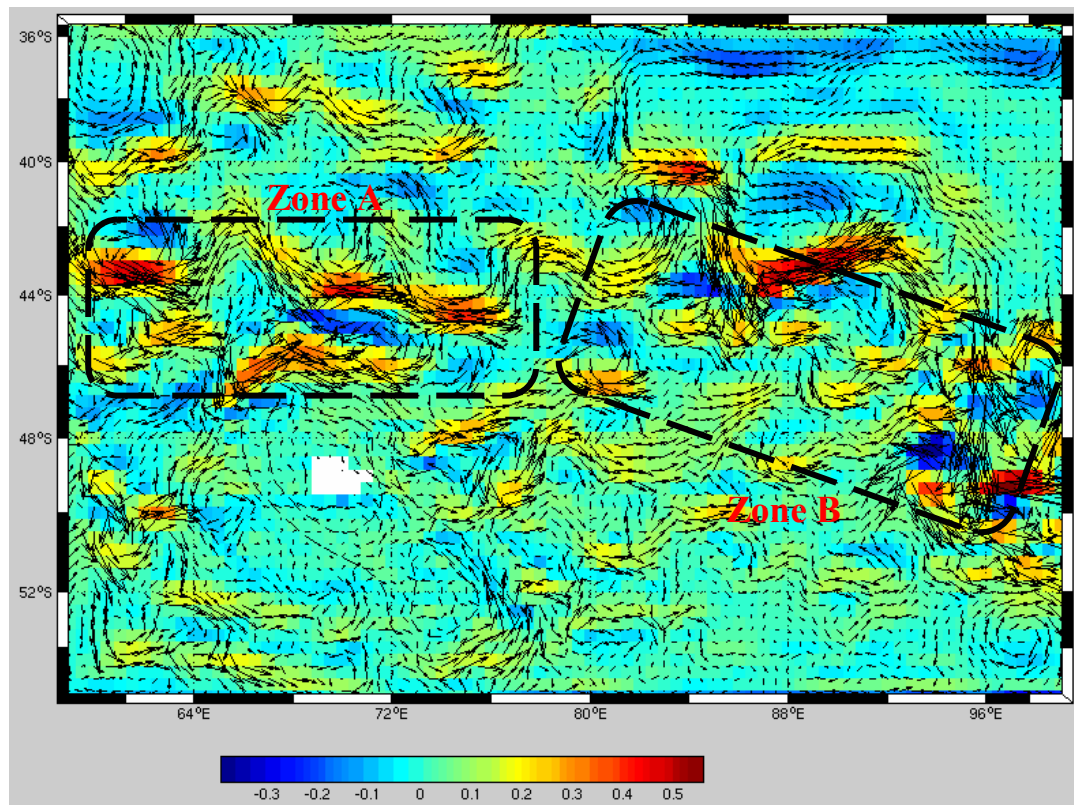


Figure 15 : Vecteur vitesse et valeur de la vitesse sur l'axe Est-Ouest
(positive vers l'est)

On constate bien au niveau de la zone A une forte dominance du courant vers l'est, ce qui correspond bien au courant circum polaire (figure 13). Cependant dans la zone B, cette dominance n'est pas évidente. De fortes turbulences rendent difficile l'interprétation du transport résultant qui selon la figure 13 devrait être également orienté vers l'Est.

Conclusion :

Le modèle est tout à fait cohérent avec la réalité dans la plus part des cas. De petites instabilités existent mais assez légère pour être négligé. Des petites différences peuvent être observées avec les mesures mais cela peut être expliqué avec les différences de forçage externe (condition météorologique).

Le modèle est donc très fiable et peut donc être utilisé pour des interprétations scientifiques.