

Modélisation en 3 dimensions du Passage de Drake et utilisation du pack ROMS : Description et analyse du modèle

OPB 205 – Modélisation 3D océanique

Master I Science de la mer

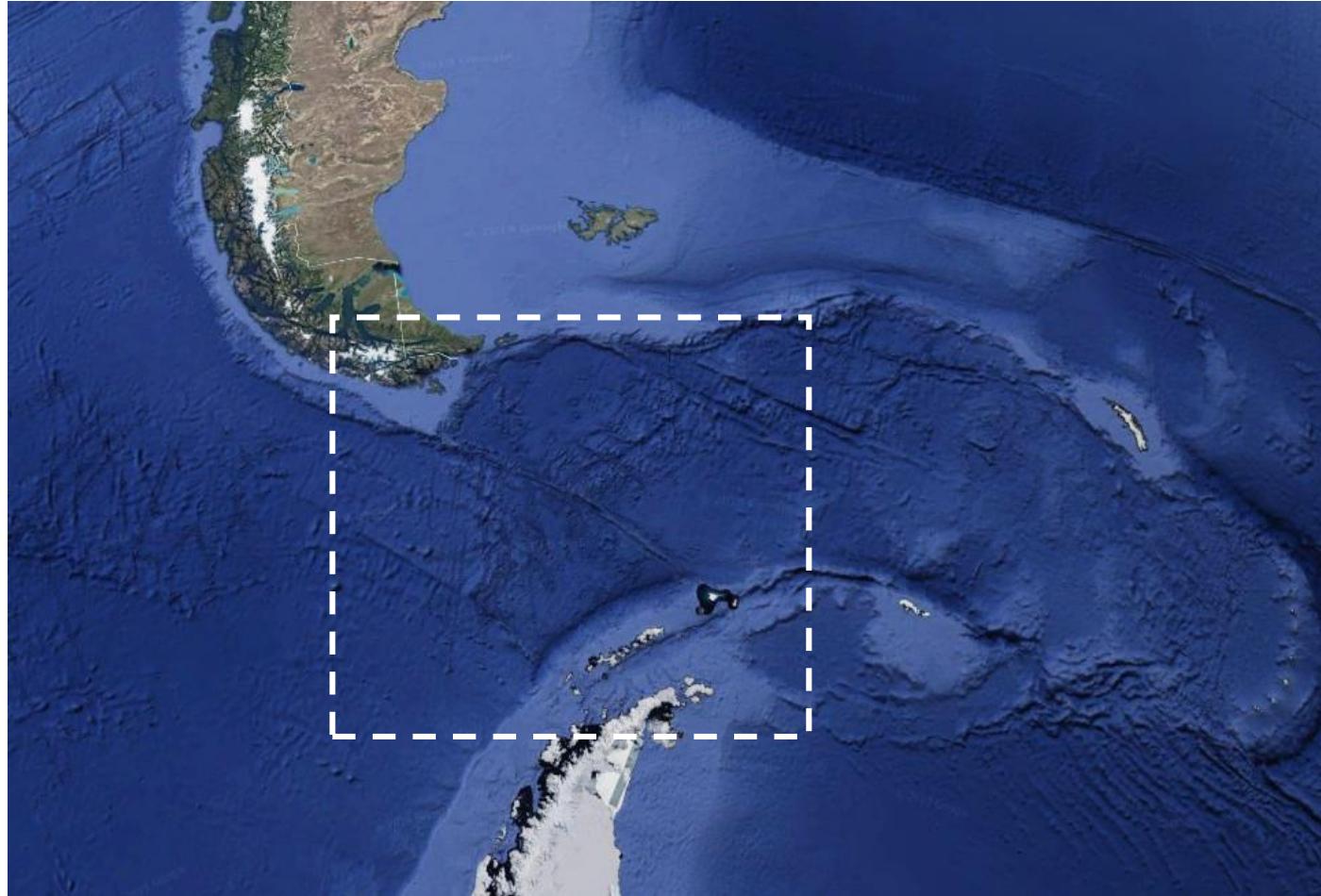
Université Aix-Marseille

Objectifs :

- Établir une modélisation océanique en trois dimensions d'une région d'intérêt à l'aide du pack ROMS_AGRIF
- Valider le modèle à partir de la littérature scientifique

Zone d'étude :

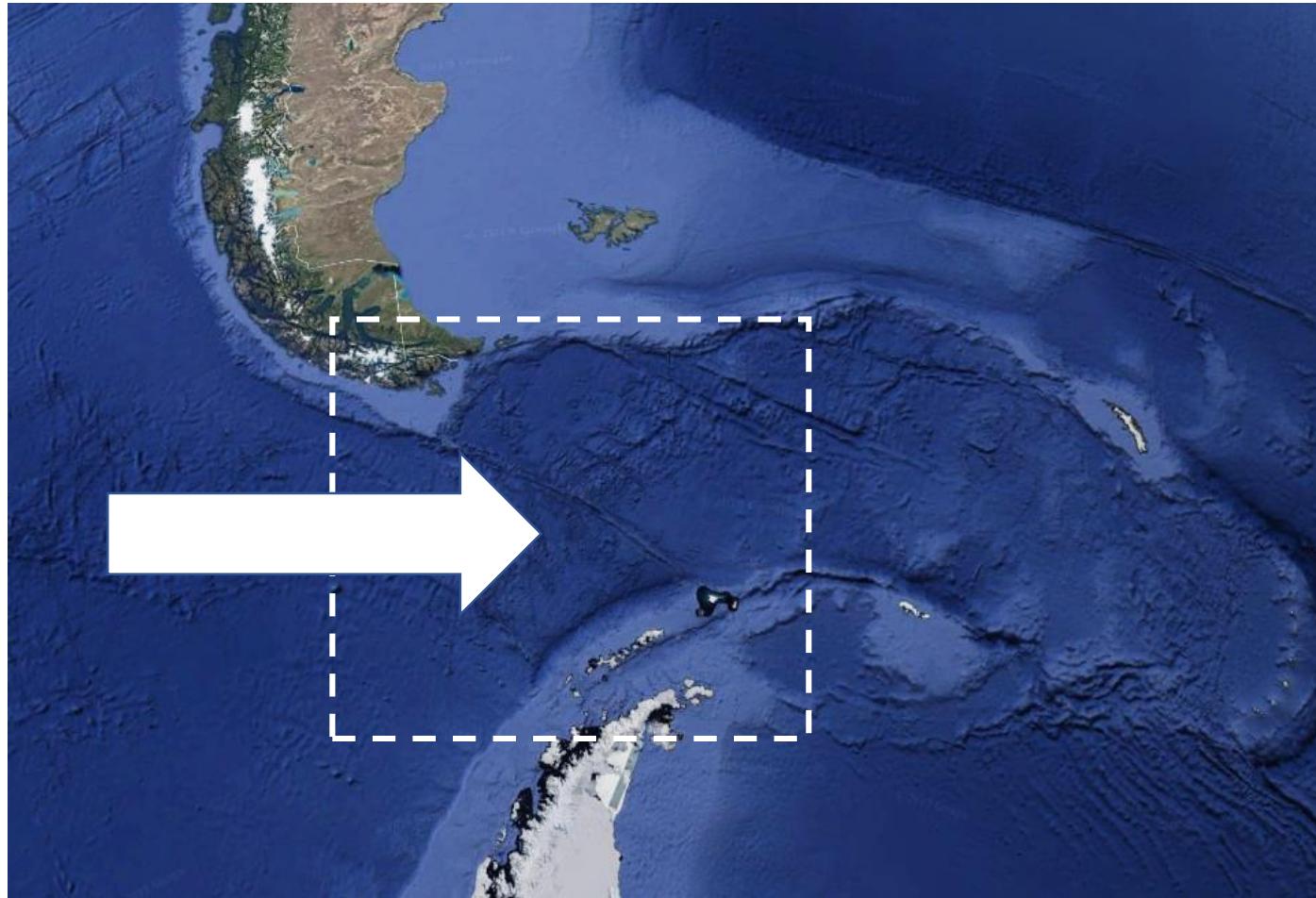
Passage de Drake et mer de Scotia



- Resserrement de l'Océan Austral entre la péninsule Antarctique et la pointe argentine de la Terre de Feu

Zone d'étude :

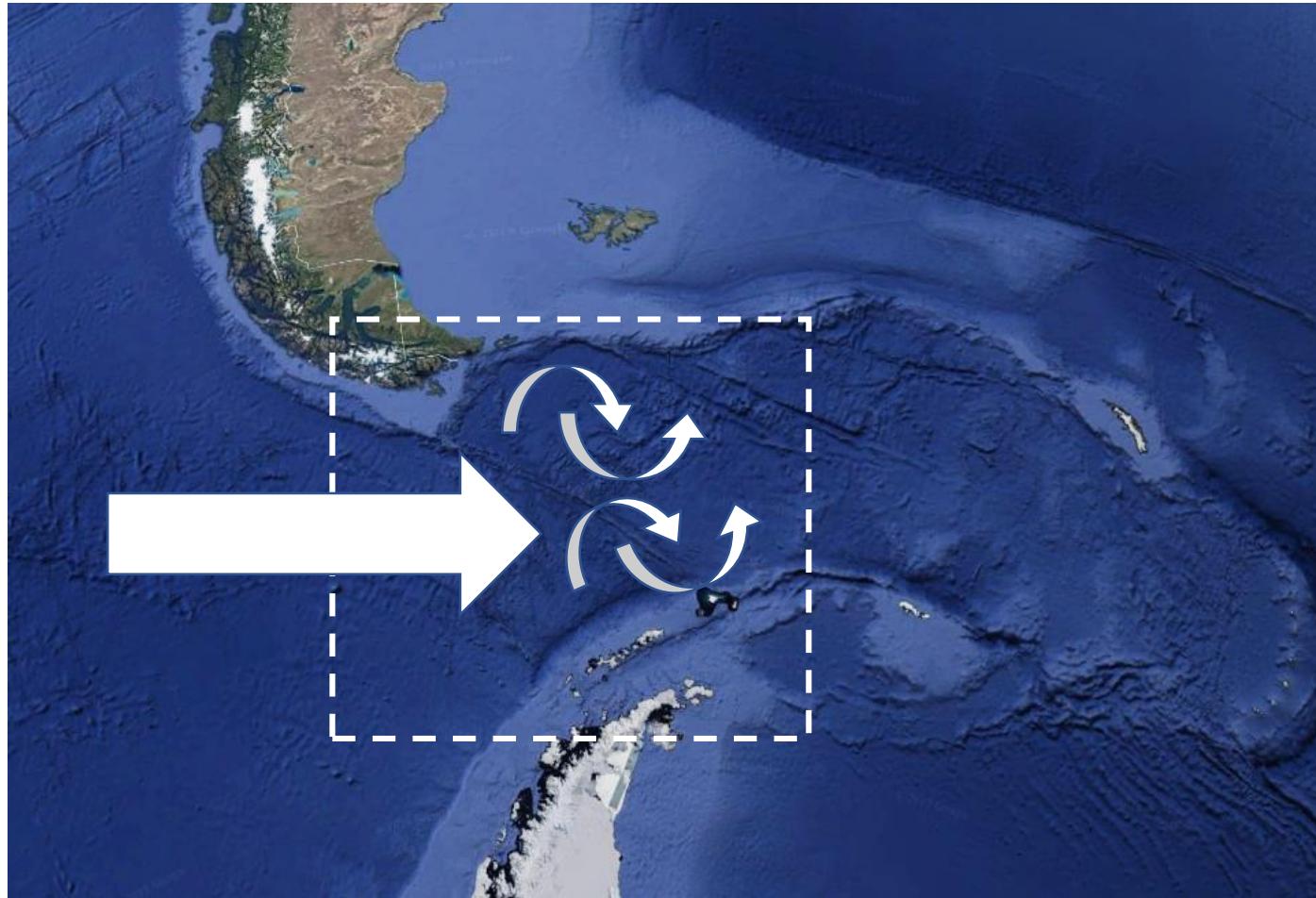
Passage de Drake et mer de Scotia



- Resserrement de l'Océan Austral entre la péninsule Antarctique et la pointe argentine de la Terre de Feu
- Traversée d'Ouest en Est par le courant circumpolaire

Zone d'étude :

Passage de Drake et mer de Scotia



- Resserrement de l'Océan Austral entre la péninsule Antarctique et la pointe argentine de la Terre de Feu
- Traversée d'Ouest en Est par le courant circumpolaire
- Agitation de surface et vorticité très importantes

ROMS_AGRIF :

(Regional Oceanic Modeling System, Adaptive Grid Refinement in Fortran)

Approximations et Hypothèses :

- Hypothèse de l'hydrostatique

$$P(z) = P_a + g \int_z^{\eta} \rho \ dz$$

ROMS_AGRIF :

(Regional Oceanic Modeling System, Adaptive Grid Refinement in Fortran)

Approximations et Hypothèses :

- Hypothèse de l'hydrostatique
- Approximation de Boussinesq

$$\rho = \rho_0 + \rho'(x,y,z,t)$$

ROMS_AGRIF :

(Regional Oceanic Modeling System, Adaptive Grid Refinement in Fortran)

Approximations et Hypothèses :

- Hypothèse de l'hydrostatique
 - Approximation de Boussinesq
 - Fermeture Newtonienne de la turbulence

Sur l'horizontal : Mellor et Yamada (1974)
Sur la verticale : Large et al. (1994)

ROMS_AGRIF :

(*Regional Oceanic Modeling System, Adaptive Grid Refinement in Fortran*)

Équations primitives :

- Équations du mouvement

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + fv - \frac{\partial \bar{u}'u'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{u}'v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{u}'w'}{\partial z} \\ \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - fu - \frac{\partial \bar{v}'u'}{\partial x} - \frac{\partial \bar{v}'v'}{\partial y} - \frac{\partial \bar{v}'w'}{\partial z} \\ \\ 0 = \frac{\partial P}{\partial z} + \rho g \end{array} \right.$$

ROMS_AGRIF :

(*Regional Oceanic Modeling System, Adaptive Grid Refinement in Fortran*)

Équations primitives :

- Équations du mouvement
- Équations de diffusion du sel et de la chaleur

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} T = \frac{\partial \overline{T'u'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{T'v'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{T'w'}}{\partial z} + \frac{H_c}{\rho_0 C_p} \frac{\partial I}{\partial z} \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} S = \frac{\partial \overline{S'u'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{S'v'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{S'w'}}{\partial z} \end{array} \right.$$

ROMS_AGRIF :

(Regional Oceanic Modeling System, Adaptive Grid Refinement in Fortran)

Équations primitives :

- Équations du mouvement
- Équations de diffusion du sel et de la chaleur TEOS-10
- Équation d'état de l'eau de mer

Discrétisation et stabilité :

Discrétisation horizontale :

- Grille d'Arakawa C

Discrétisation verticale :

- Grille σ généralisée

Discrétisation temporelle :

- Time-splitting

Critère de stabilité CFL : (Courant-Friedrichs-Levy)

- Nécessité d'accorder pas de temps et d'espace en fonction du phénomène le plus rapide

Forçages, et conditions initiales et aux frontières :

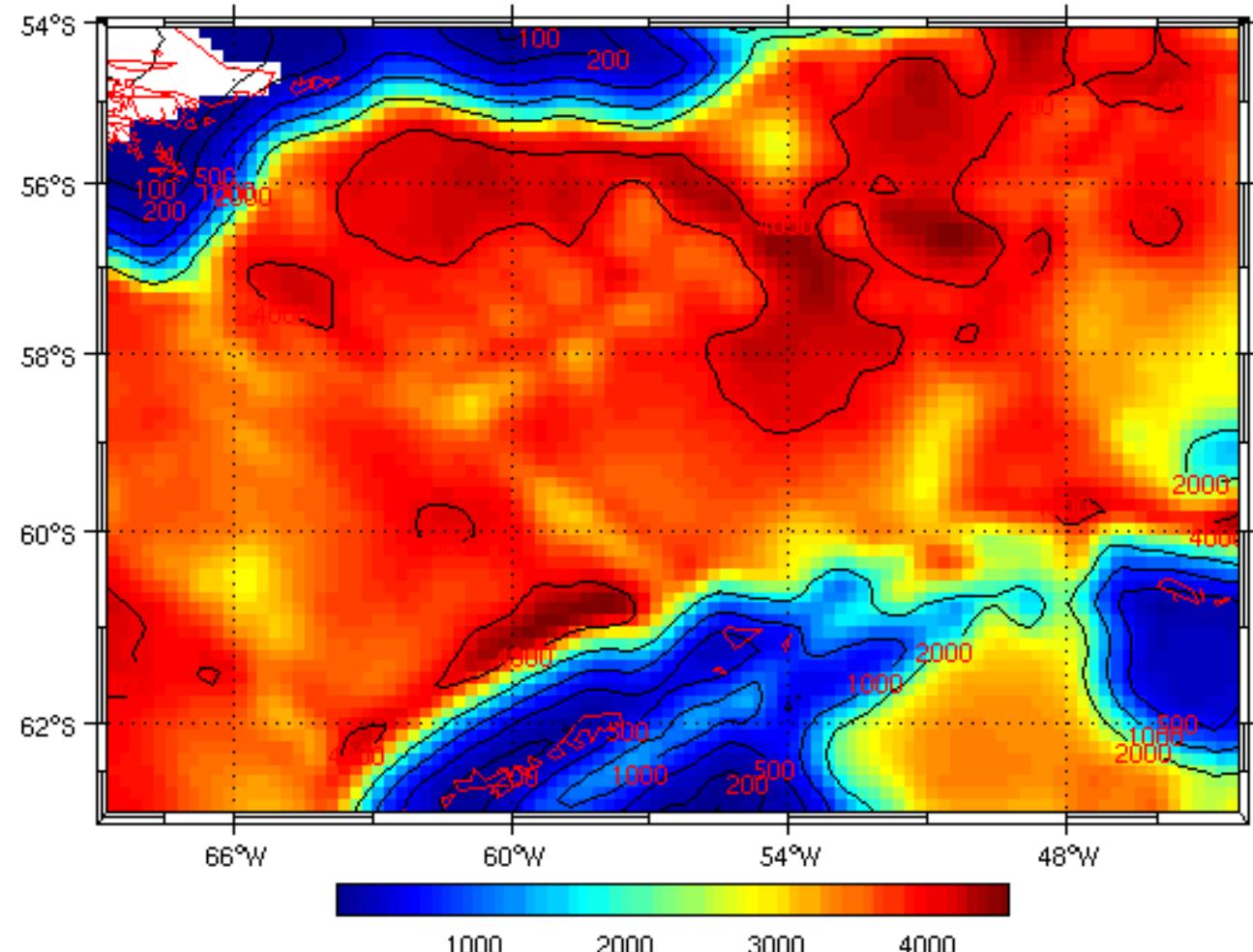
- Données provenant du *World Ocean Atlas*

Mise en place du modèle :

Latitude min	Latitude max	Longitude min	Longitude max
-63°E	-54°E	-69°N	-44°N

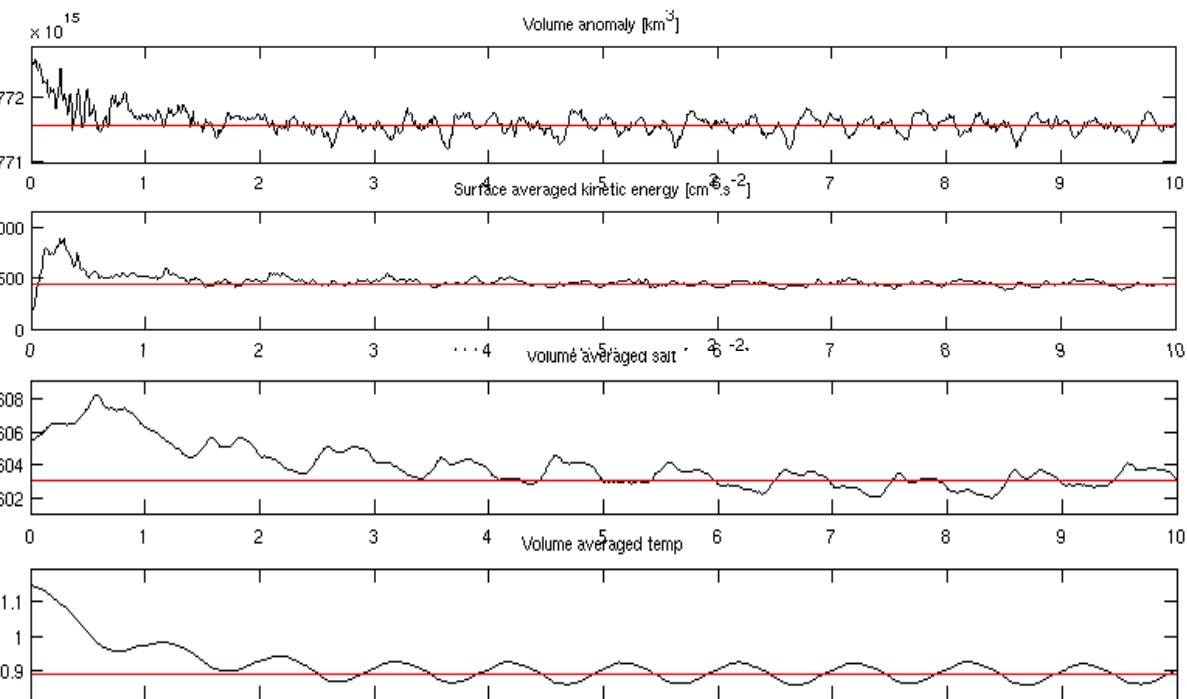
Résolution	1/4°	Pas de temps interne	1440 secondes
Pas d'espace Dx,Dy	16 km	Pas de temps externe	60 secondes
Niveaux verticaux	32	Temps de simulation	1800 itérations (30j)
Nombre de maille	~2*10^5	Fréquence de sauvegarde	180 itérations (3j)

Bathymétrie

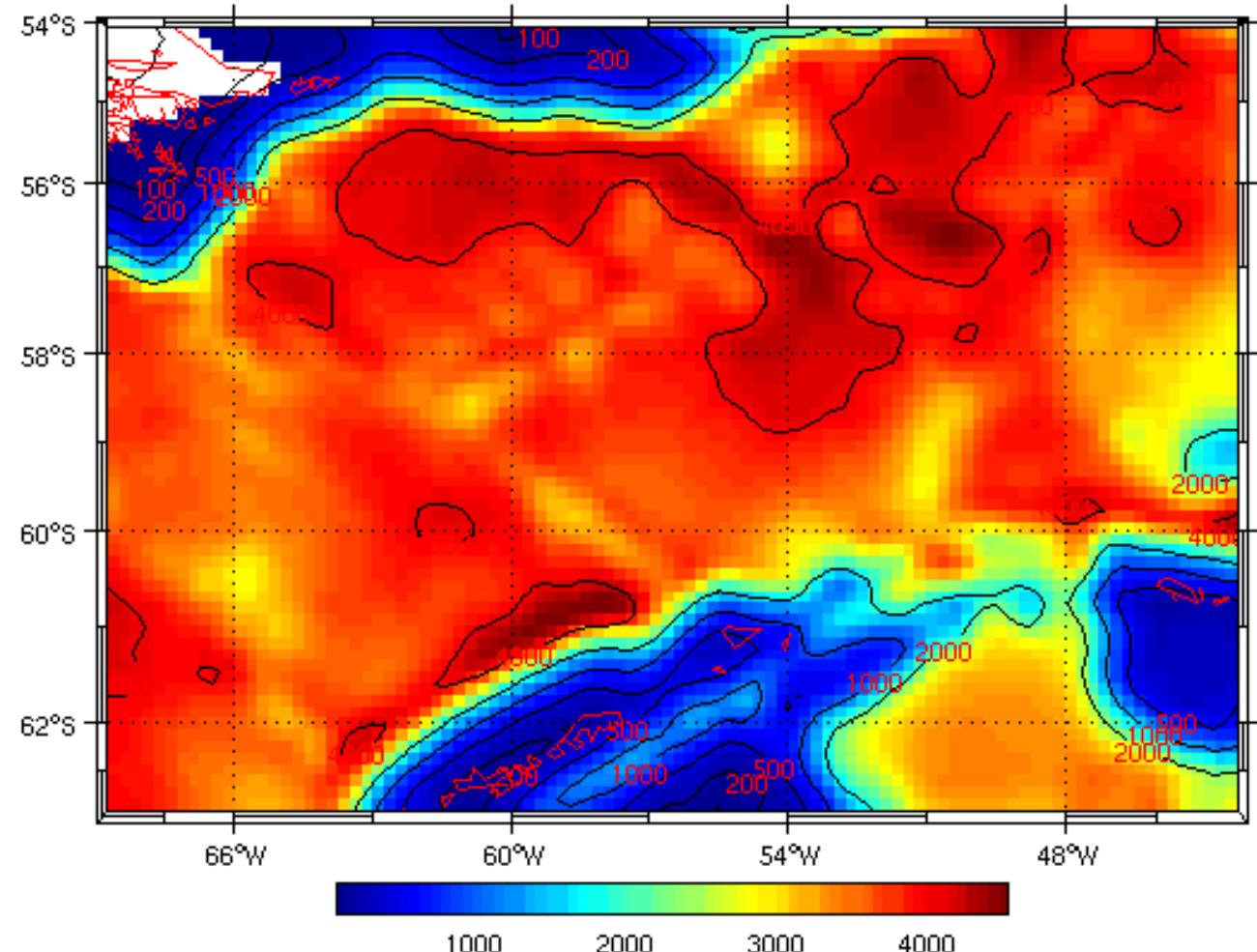


Diagnostic

(Anomalie de volume, énergie cinétique de surface moyennée
Salinité volumique moyennée, température volumique moyennée)

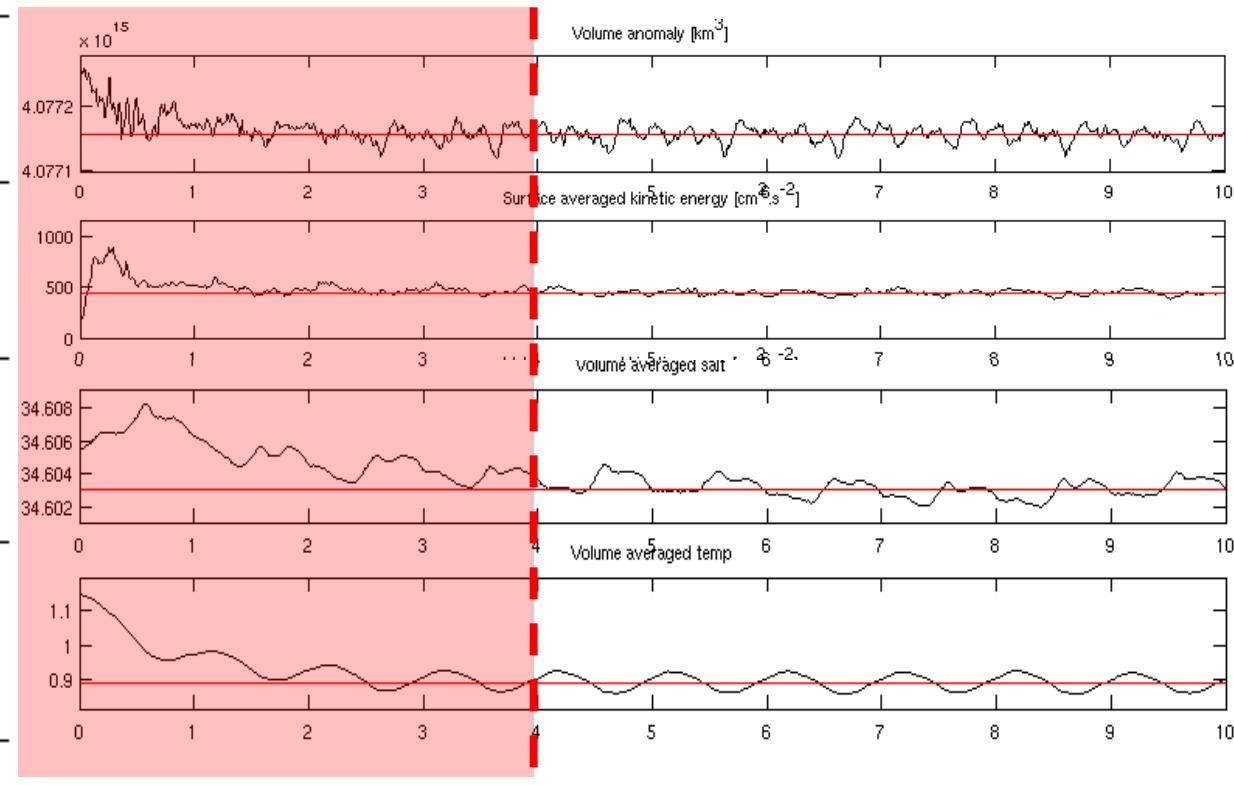


Bathymétrie



Diagnostic

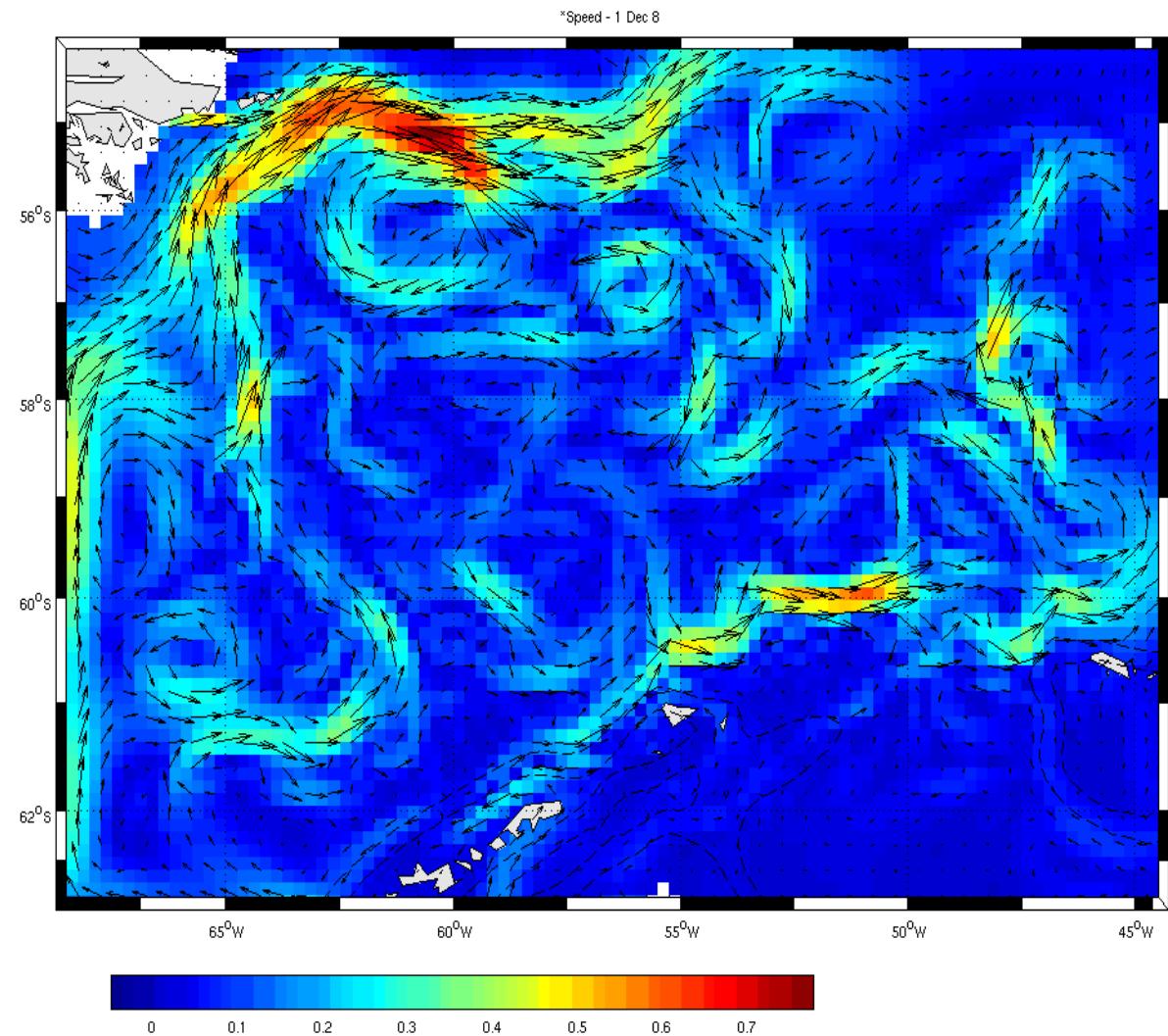
(Anomalie de volume, énergie cinétique de surface moyennée
Salinité volumique moyennée, température volumique moyennée)



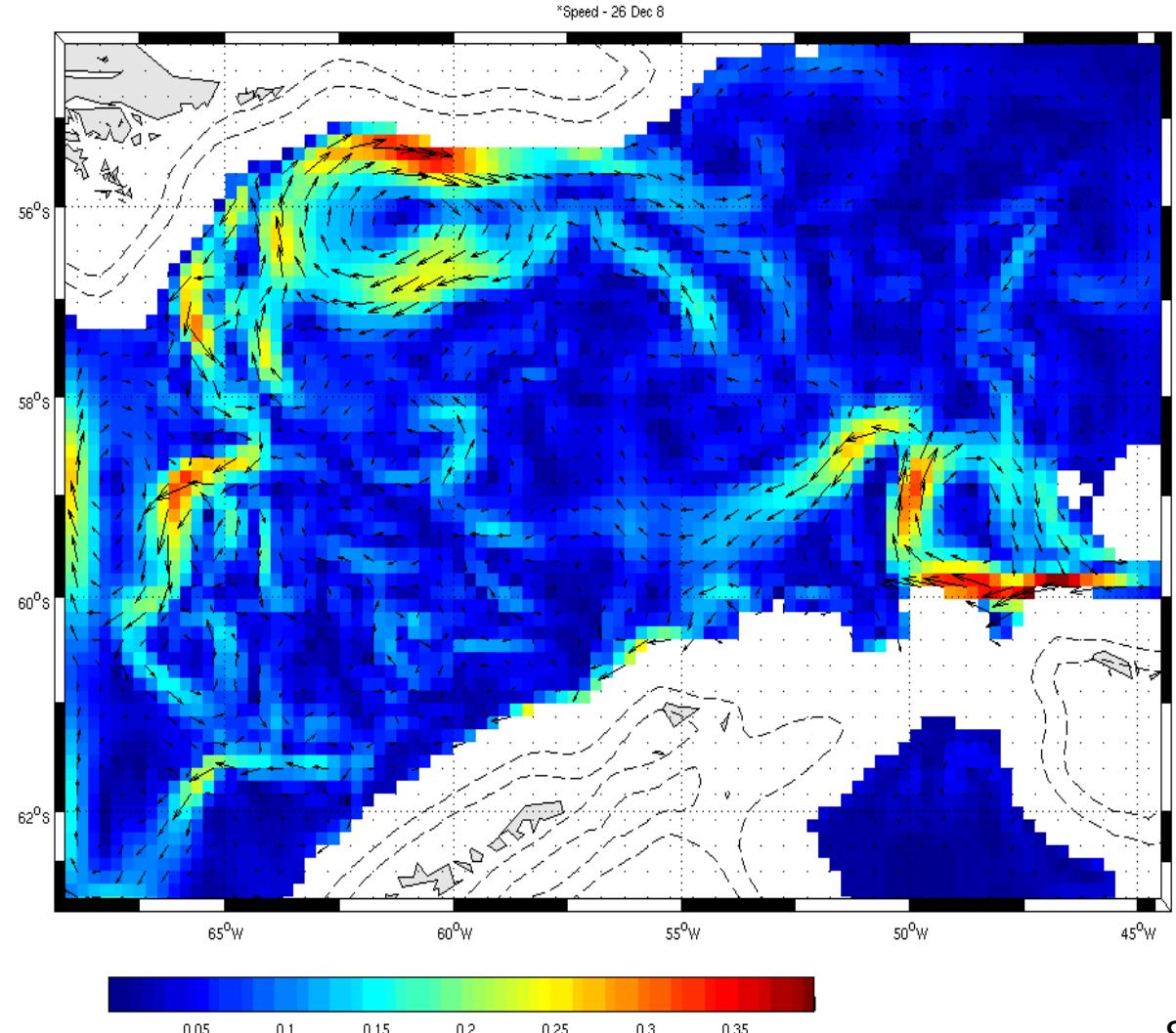
Temps de spin-up = 4 ans

Transport

Prof : 100 mètres

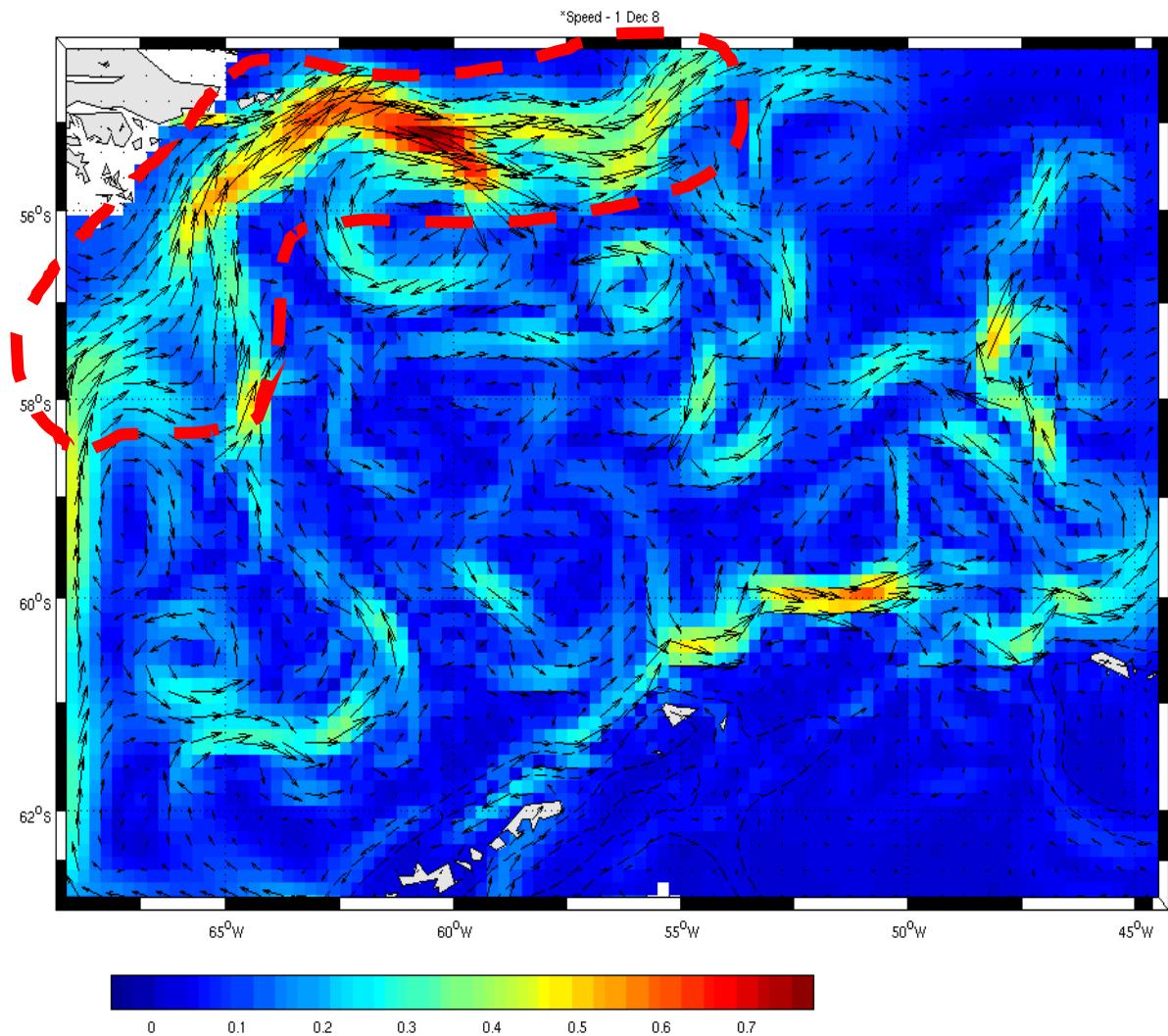


Prof : 2500 mètres

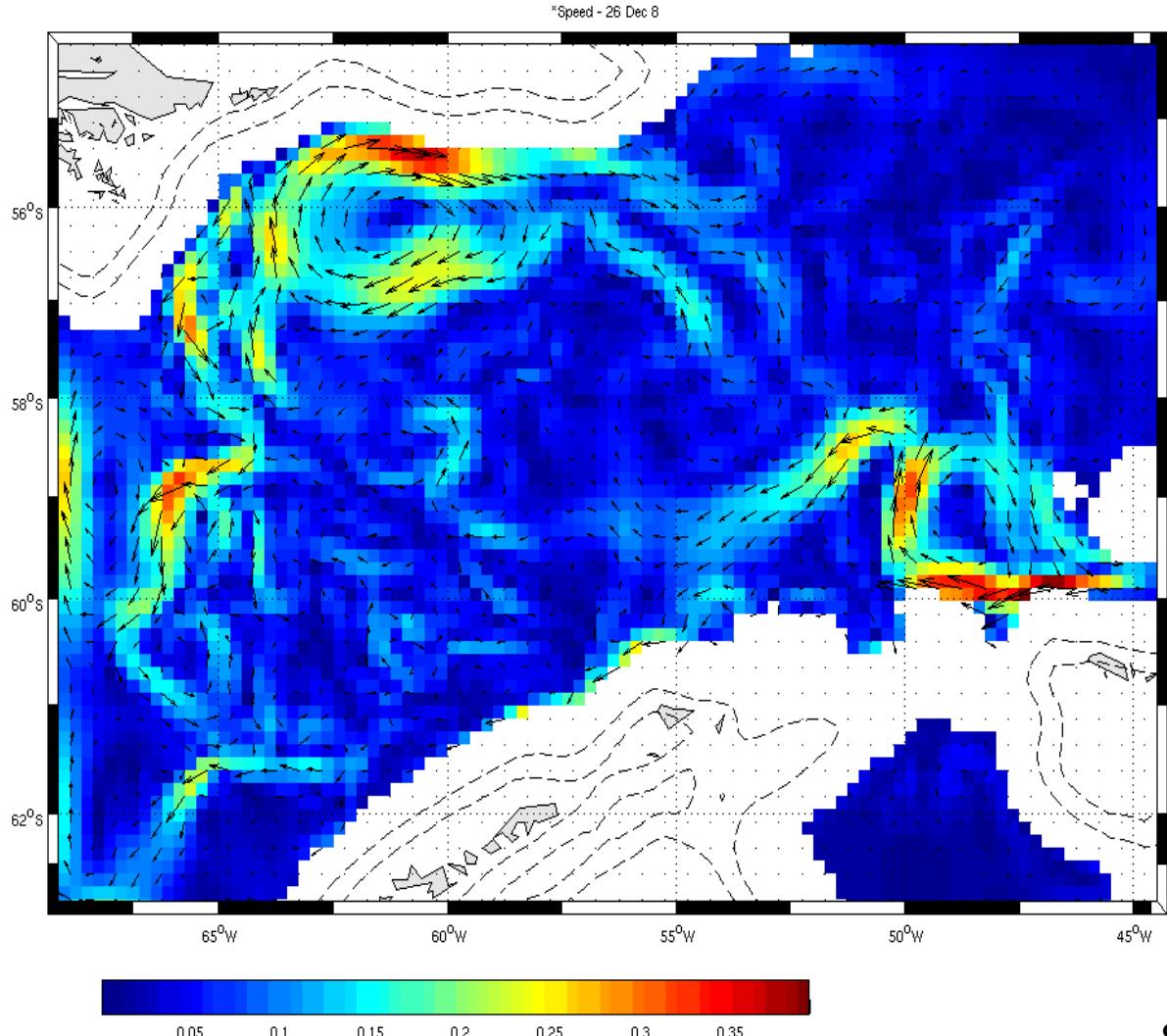


Transport

Prof : 100 mètres

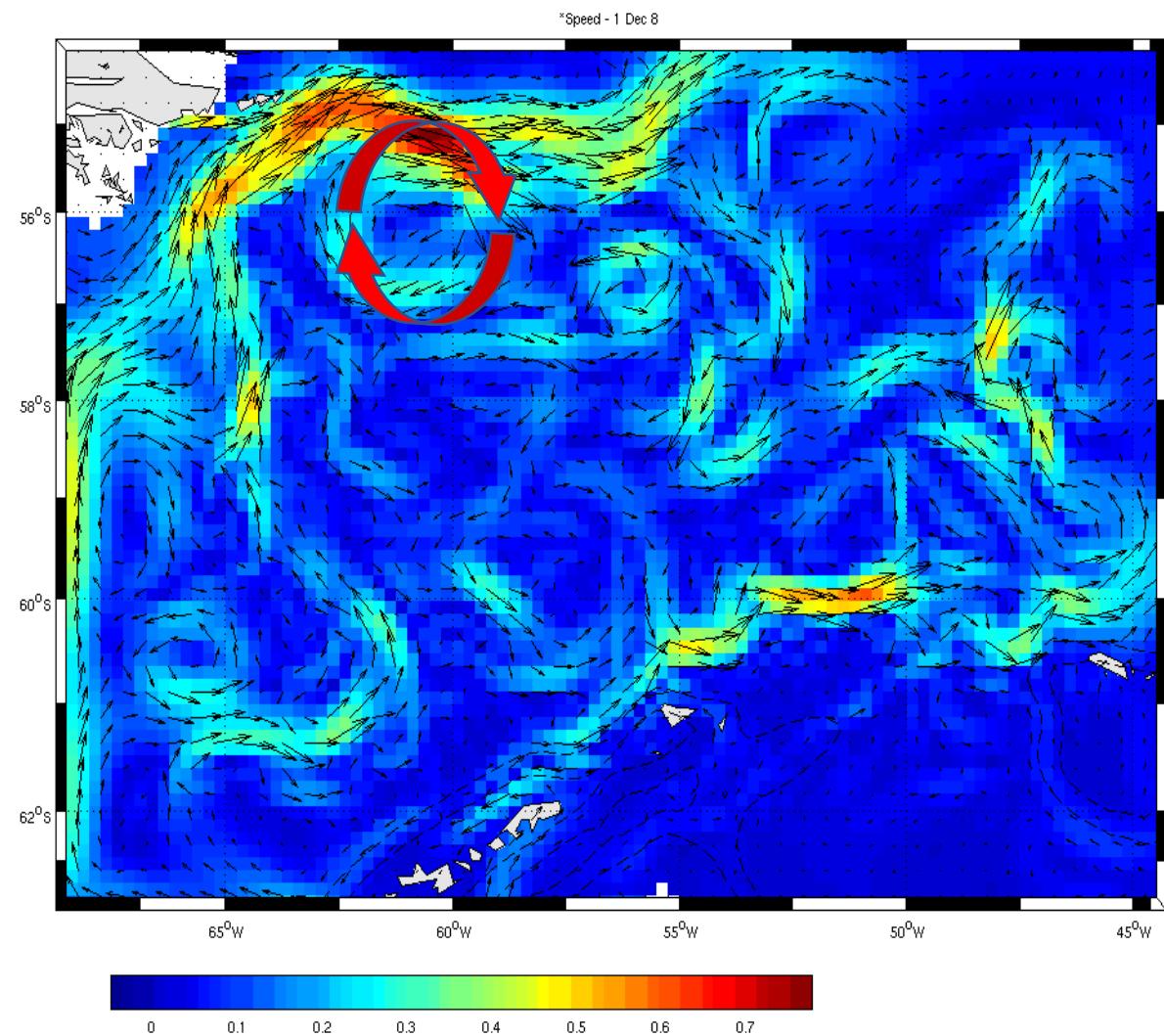


Prof : 2500 mètres

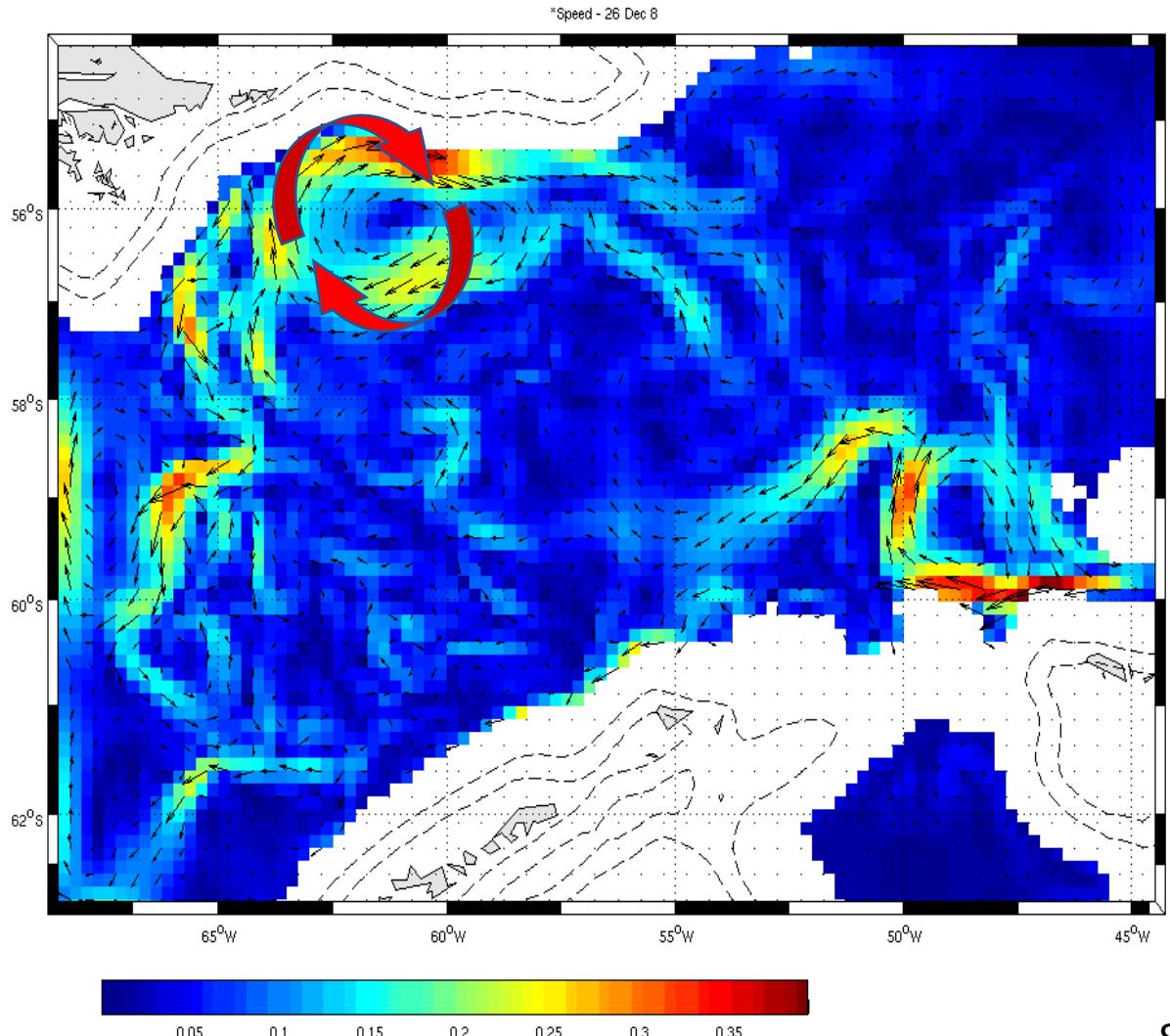


Transport

Prof : 100 mètres

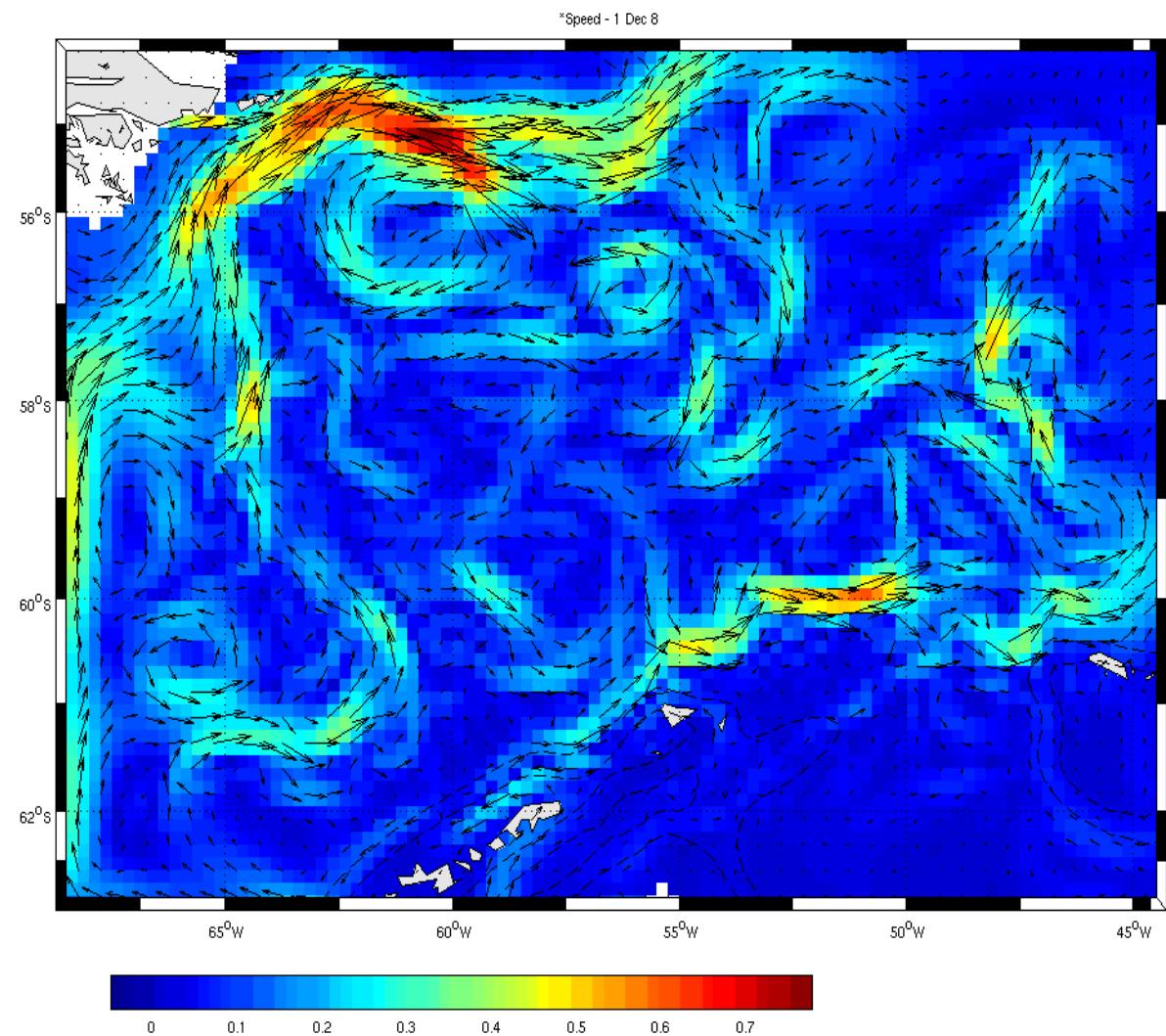


Prof : 2500 mètres

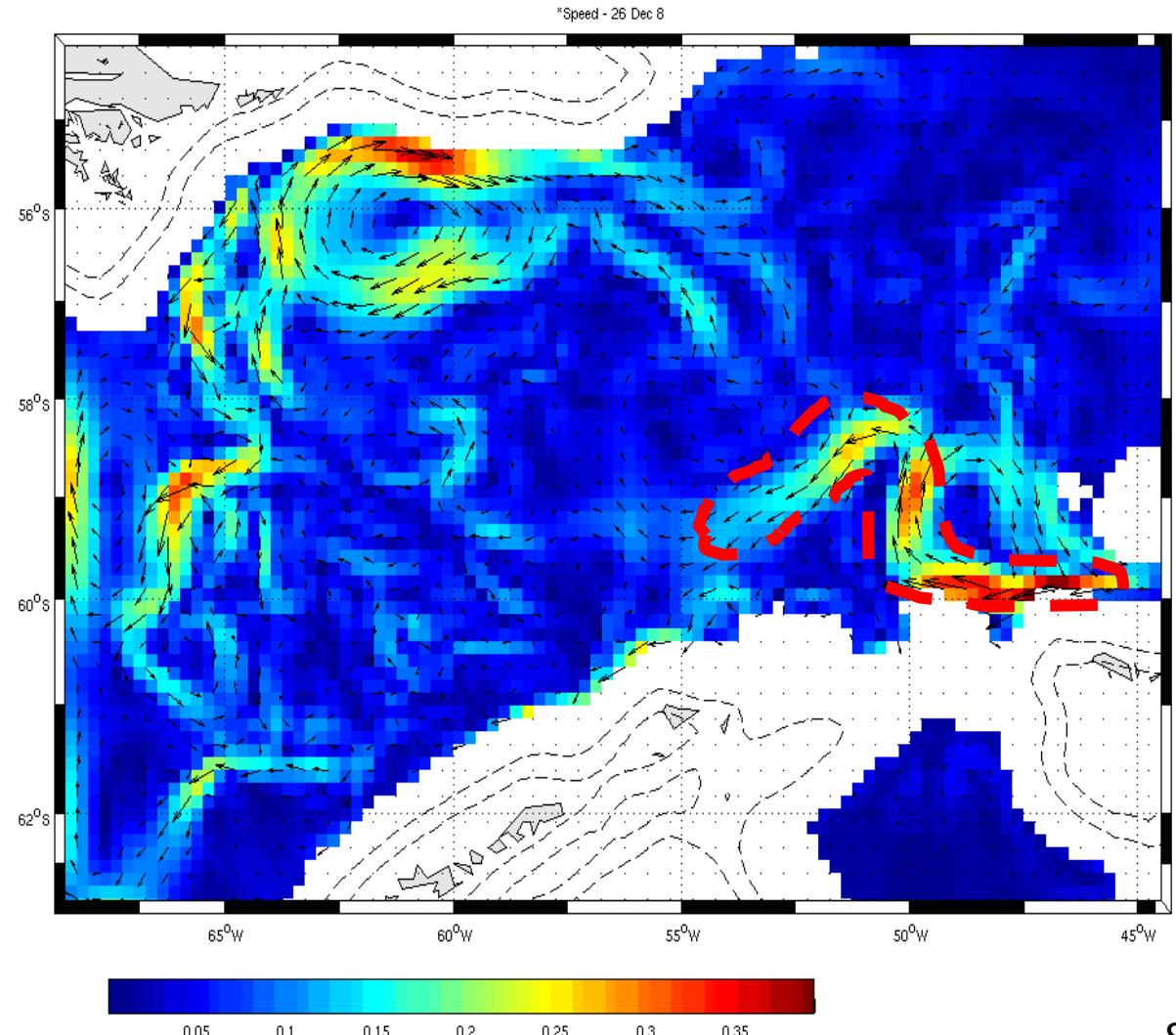


Transport

Prof : 100 mètres

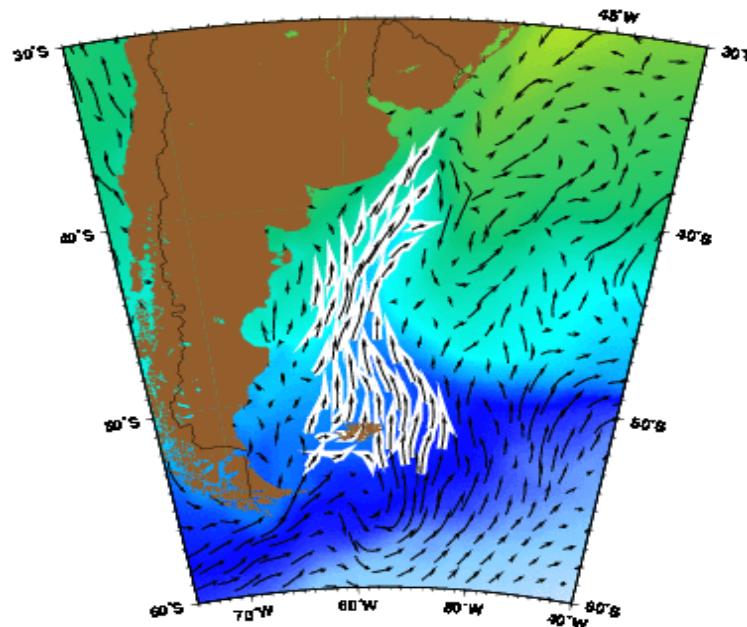


Prof : 2500 mètres



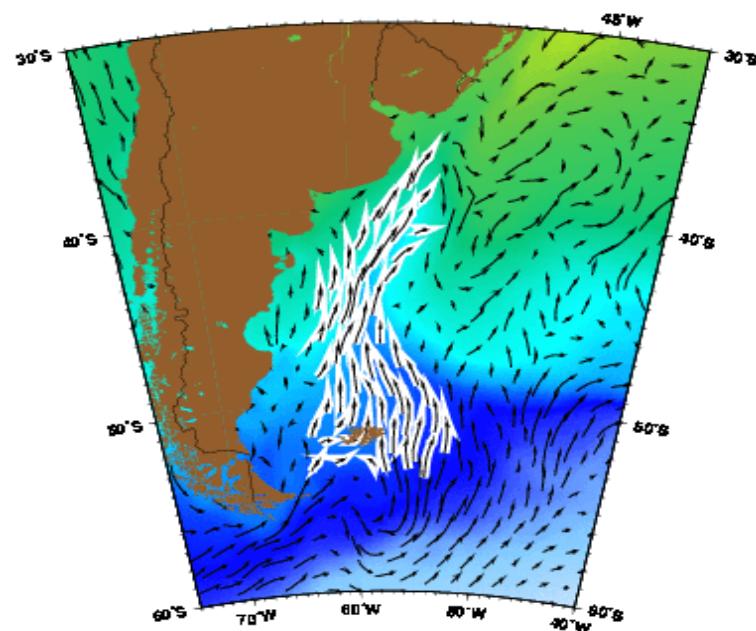
Courant Nord de surface?

Semblaient se prolonger par le
Nord sous la forme du courant
des Malouines



Courant Nord de surface?

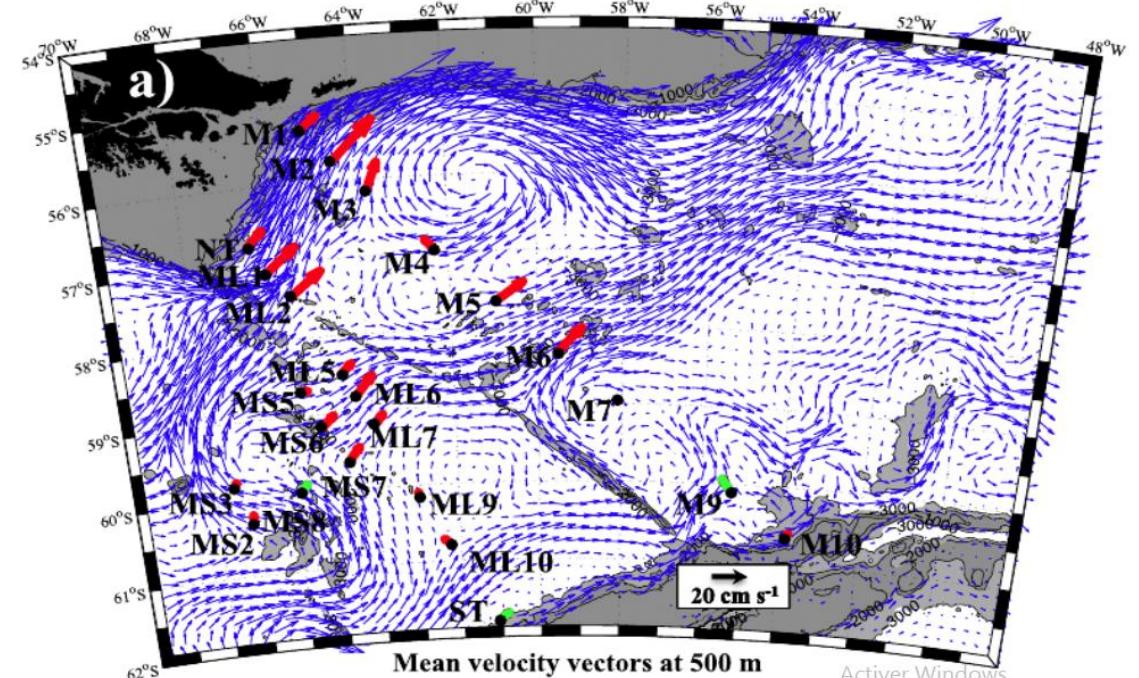
Semble se prolonger par le Nord sous la forme du courant des Malouines



<https://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic>

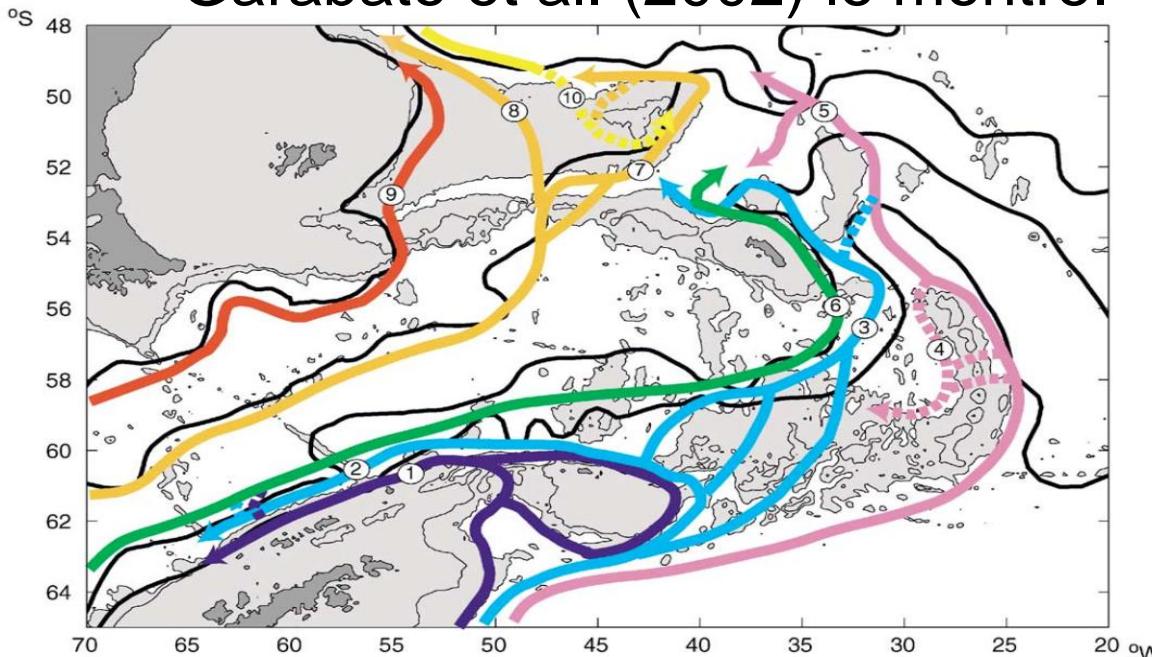
Tourbillon cyclonique?

Peut être observé dans l'article de R.Ferrari et al. (2013).



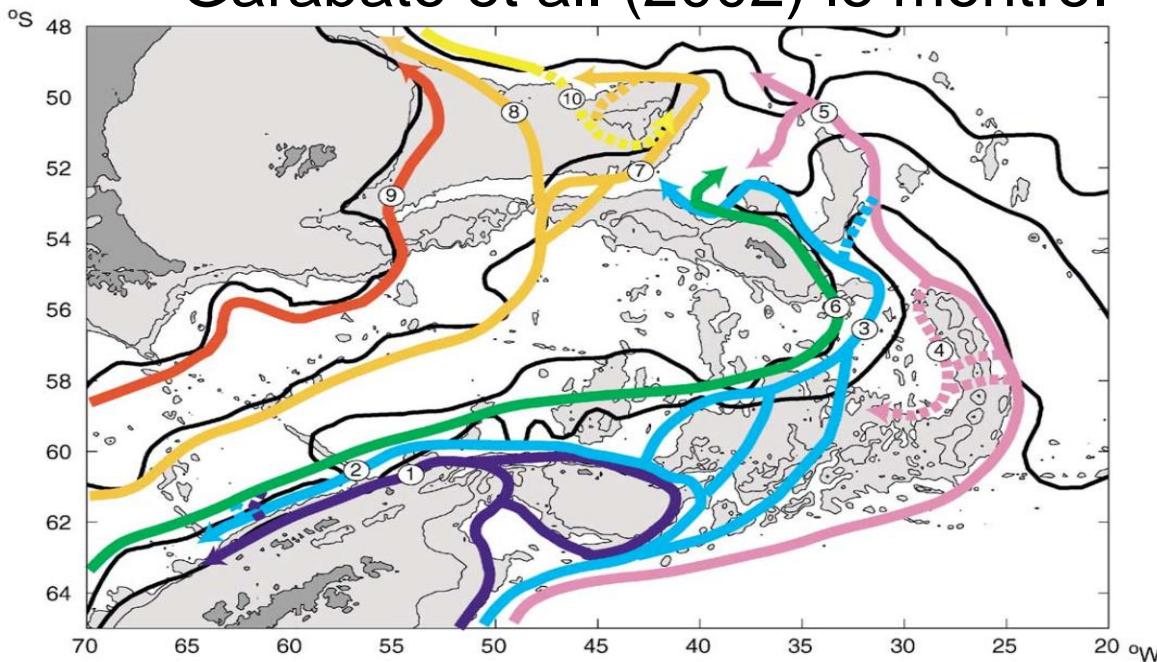
Contre courant profond Sud?

Correspond à une branche
profonde d'eau de Weddell,
comme l'article de A.C. Naveiro
Garabato et al. (2002) le montre.



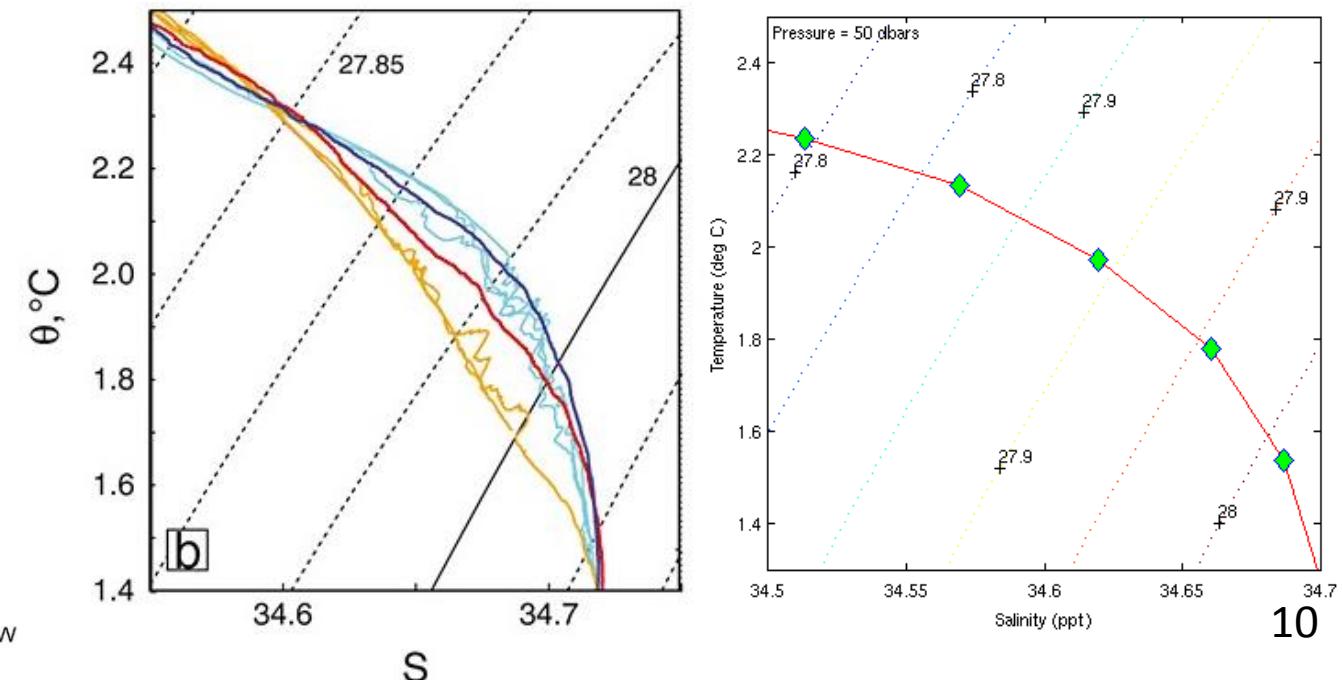
Contre courant profond Sud?

Correspond à une branche profonde d'eau de Weddell, comme l'article de A.C. Naveiro Garabato et al. (2002) le montre.



Caractères physico-chimiques?

Diagrammes T-S. A gauche, plongée CTD provenant de l'article de J.A. Brearley et al. (2013). A droite, profil simulé.



Conclusion :

- Le modèle apparaît comme stable et cohérent après comparaison avec des articles vérifiés.
- Il pourrait cependant gagner en précision :
 - La bathymétrie peut avoir été modélisée de façon trop grossière
 - La formation et fonte de la glace de mer peut jouer un rôle non pris en compte

Merci de votre attention

Bibliographie :

- **Brearley, J. A. et al.** Deep boundary current disintegration in Drake Passage: BOUNDARY CURRENT DISINTEGRATION. *Geophysical Research Letters* **41**, 121–127 (2014).
- **Ferrari, R. et al.** Heat fluxes across the Antarctic Circumpolar Current in Drake Passage : Mean flow and eddy contributions. *Journal of Geophysical Research : Oceans* **119**, 6381–6402 (2014).
- **Naveira Garabato, A. C., Heywood, K. J. & Stevens, D. P.** Modification and pathways of Southern Ocean Deep Waters in the Scotia Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* **49**, 681–705 (2002).