

Modèle ROMS du Détroit de Danemark: analyse de la circulation océanique

Diane Segalla

M1 OPB 205 Modélisation 3D de la circulation océanique

13 mai 2019

Plan

- Introduction- site d'étude
- Méthode : Implémentation modèle ROMS
- Résultats
- Discussion
- Conclusion

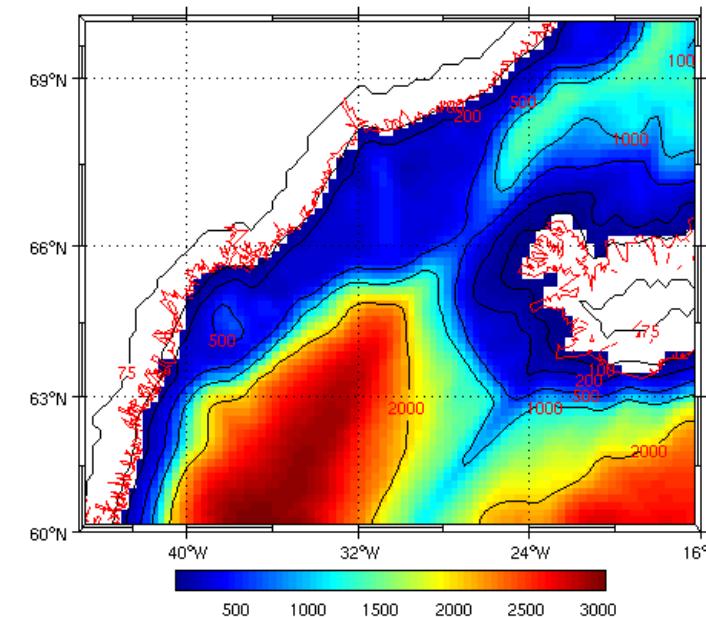


Figure 1 : Bathymétrie du Détroit de Danemark, sortie ROMS

Introduction

Zone d'étude

- Entre le Groenland et l'Islande (66°N , 27°W)
- Détroit :
 - Largeur environ 480 km
 - Profondeur: env. 500 m au seuil
 - $T= 0\text{-}8^{\circ}\text{C}$
- Particularités:
 - Seuil constitue un obstacle bathymétrique

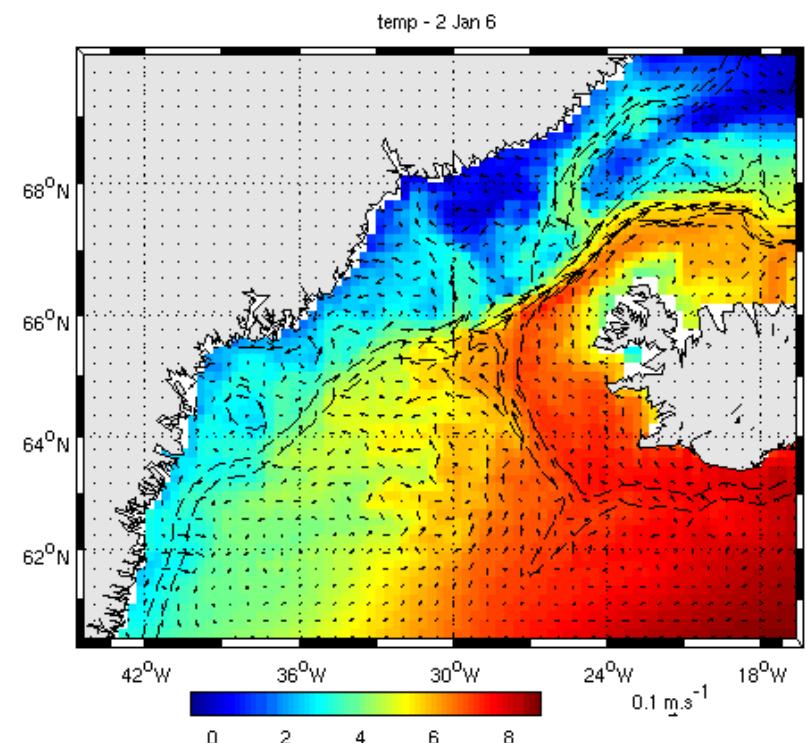


Figure 2: Température de surface en $^{\circ}\text{C}$ année 6 mois de janvier, sortie ROMS

Méthode

Modèle ROMS

- Outil modélisation océanique
- Résolution équations primitives
- Prise en compte d'hypothèses (hydrostatique, Boussinesq, incompressibilité, fermeture Newtonienne)
- Sorties moyennées tous les 3 jours

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

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \nabla v + fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + A_h \nabla_h^2 v + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$$

$$0 = \frac{\partial P}{\partial z} + \rho g$$

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

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

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

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

Figure 3: Encadré rouge : équations de conservation de la quantité de mouvement et hypothèse hydrostatique, encadré bleu : équation de continuité, encadré vert : équation de conservation de la chaleur et du sel, encadré brun : équation d'état de l'eau de mer

Implémentation de la région du Détroit de Danemark

- Grille : Arakawa C (horizontale)
Coordonnées sigma (verticale)



LLm=86 ; MMm= 71 ; N=32

dl=1/3

Elon=-45 ; Wlon=-16

LatS=60 ; LatN=70

- Frontières : océan=1, côte=0

- ESWN: 1101

Ntimes=1200

Ndtfast=60

Dt=2160 sec

- Discrétisation temporelle , critère CFL : $\Delta t \leq \frac{1}{c} \left[\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$

- Données WOA , forçages climatiques, atmosphériques

Résultats

Diagnostics

- Sorties du modèle ROMS
- Simulation de 10 ans
- 12 mois
- Stabilité dès 3 ans
- Saisonnalité

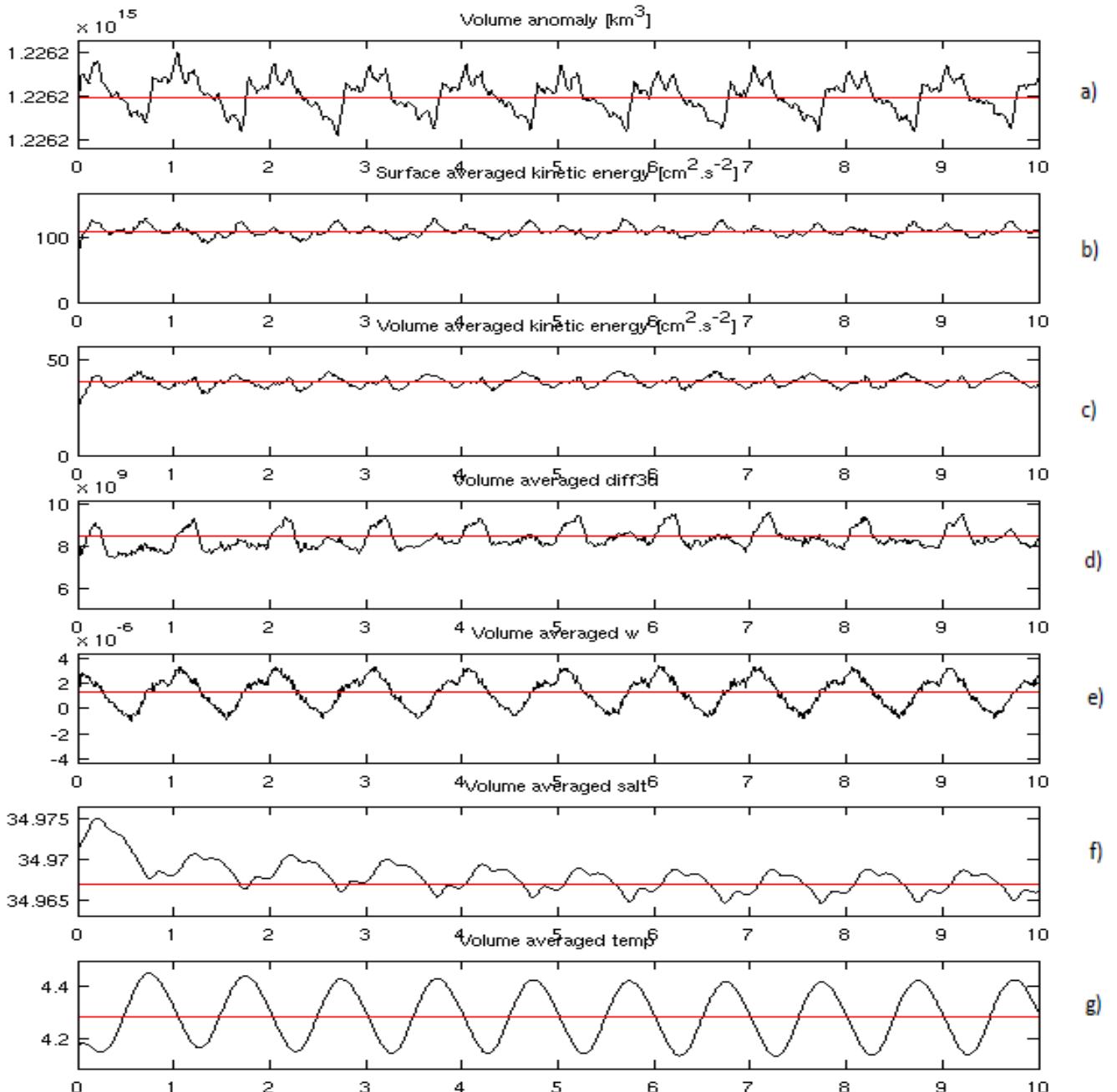


Figure 4 : Sorties diagnostiques de la simulation ROMS du Détroit de Danemark sur 10 ans, a) anomalie de volume en Km³, b) énergie cinétique moyennée sur la surface en cm/s, c) énergie cinétique moyennée sur le volume en cm/s, d) volume moyen différentiel en 3D, e) vitesse verticale moyennée sur le volume, f) salinité moyennée sur le volume, g) température moyennée sur le volume

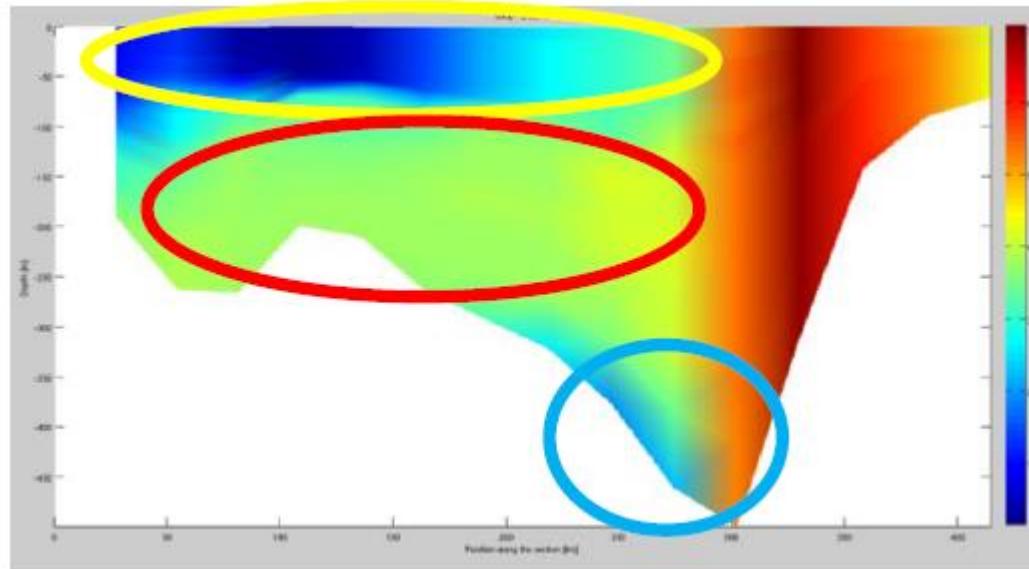
Analyse des sorties du modèle

- Intra-annuelle: année 6
- Interannuelle: années 6-10
- Saisonnalité: hiver (Janvier), été (juillet)
- Paramètres retenus: température, salinité, vitesse

Température

Analyse intra-annuelle

- Eaux de surface (>100m)
 - Eau chaude , eau froide en Janvier
 - Réchauffement en juillet



Analyse inter-annuelle

- Refroidissement année 8,9 en été

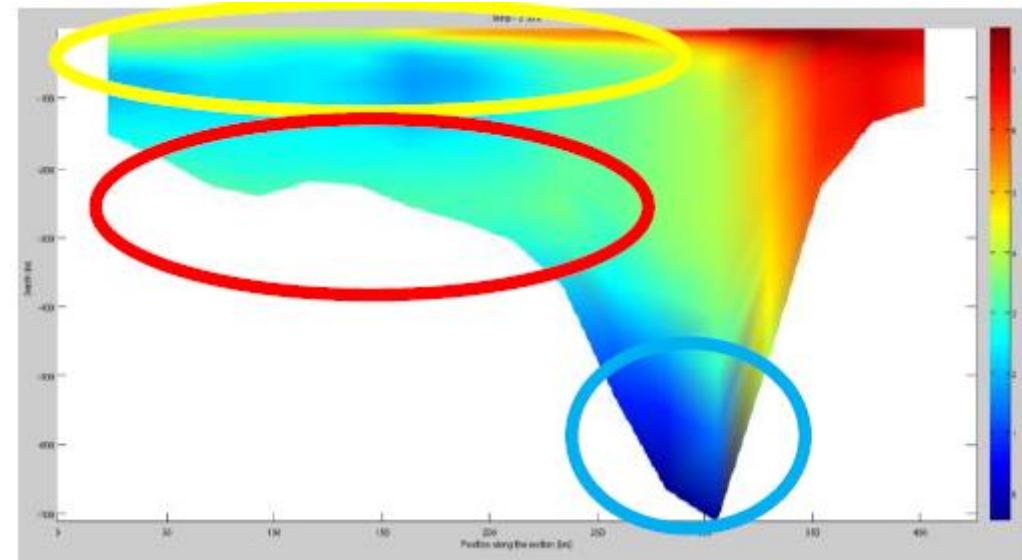


Figure 5 : Sections verticales E-W de 0 à environ 400 Km de la température en °C du mois de janvier en haut et juillet en bas représentant les eaux intermédiaires et le cercle bleu représente les eaux profondes

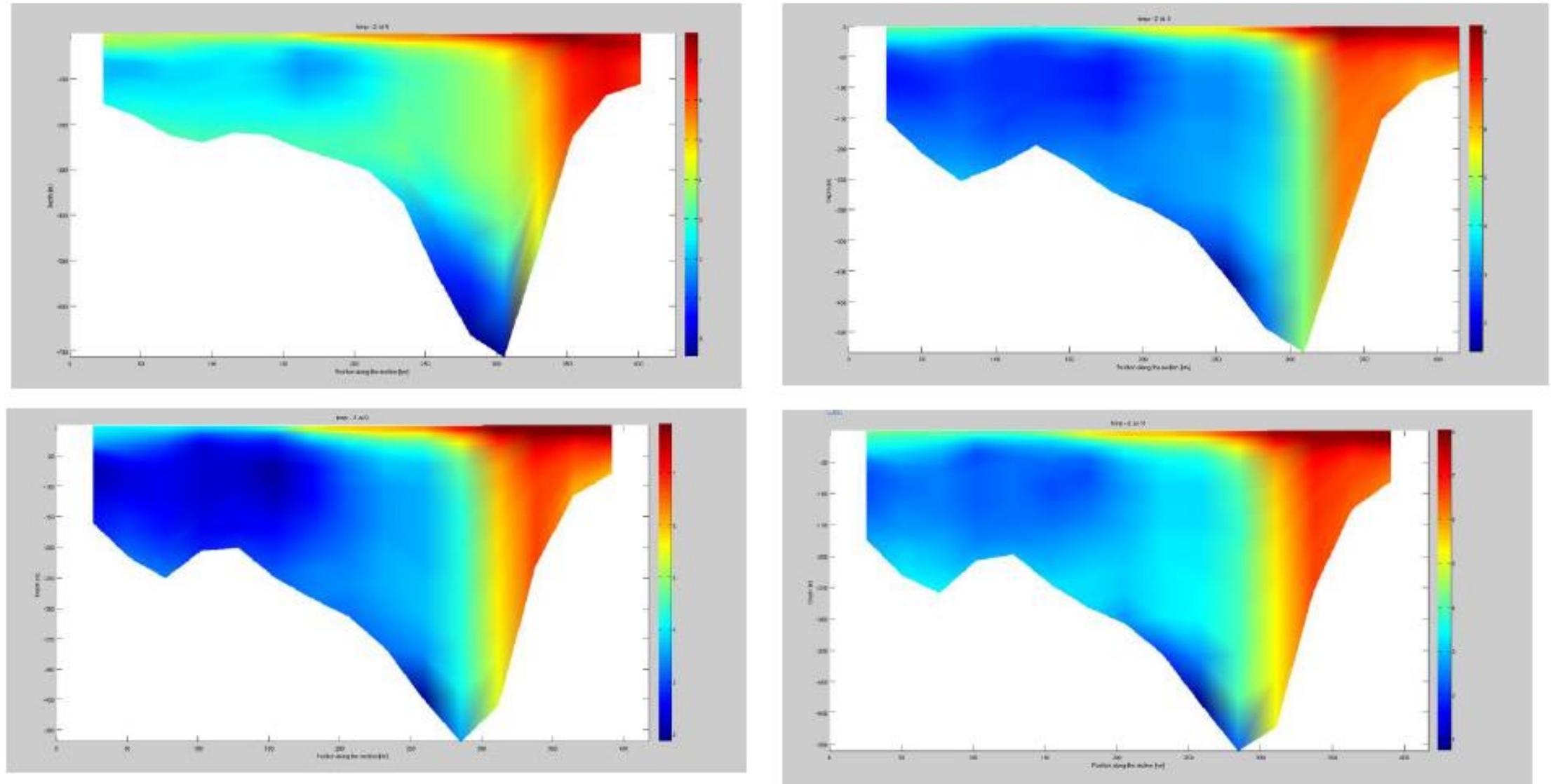


Figure 6 : Sections verticales E-W représentant la température en haut à gauche année 6, en haut à droite année 8, en bas à gauche année 9, en bas à droite année 10

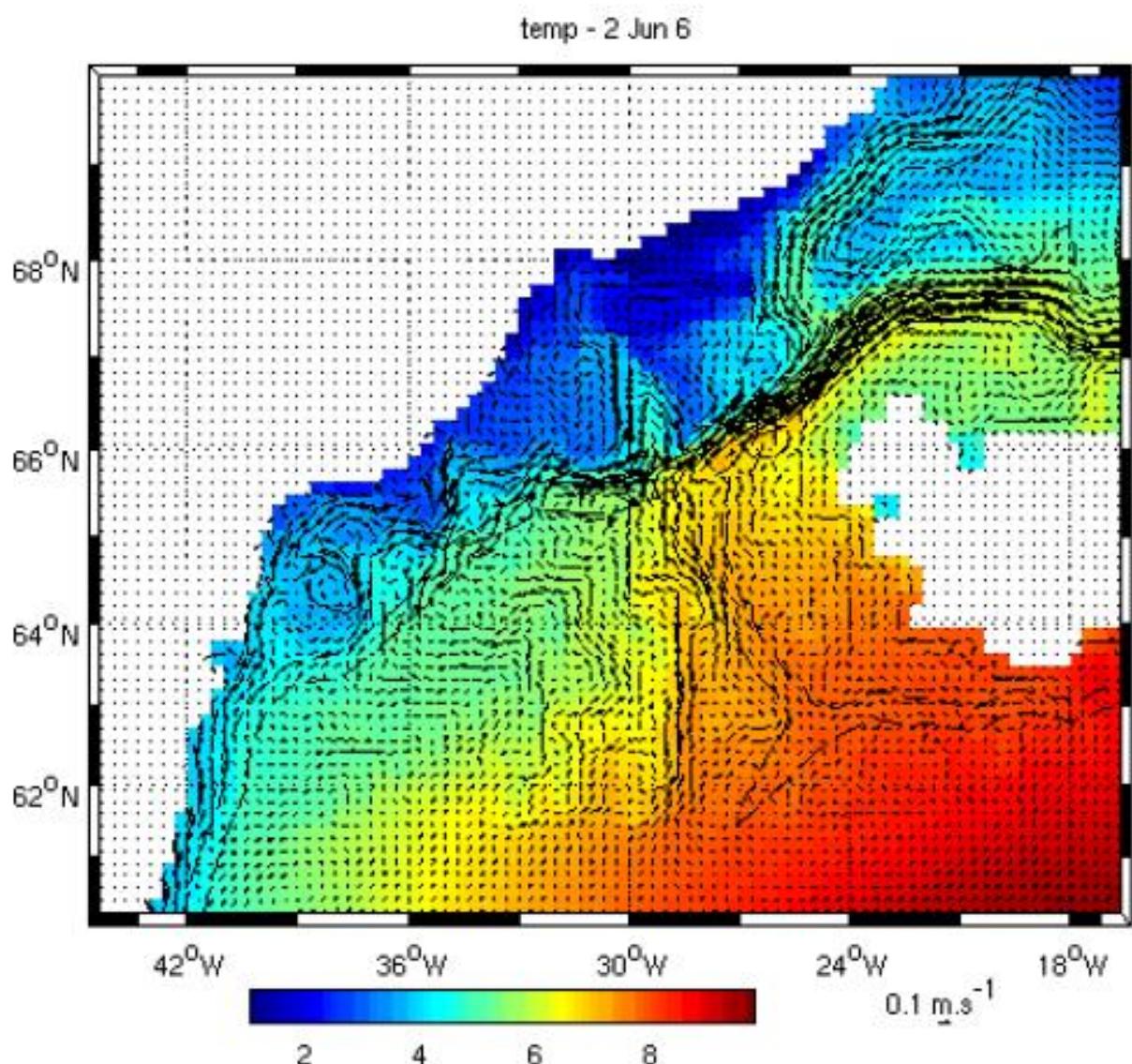
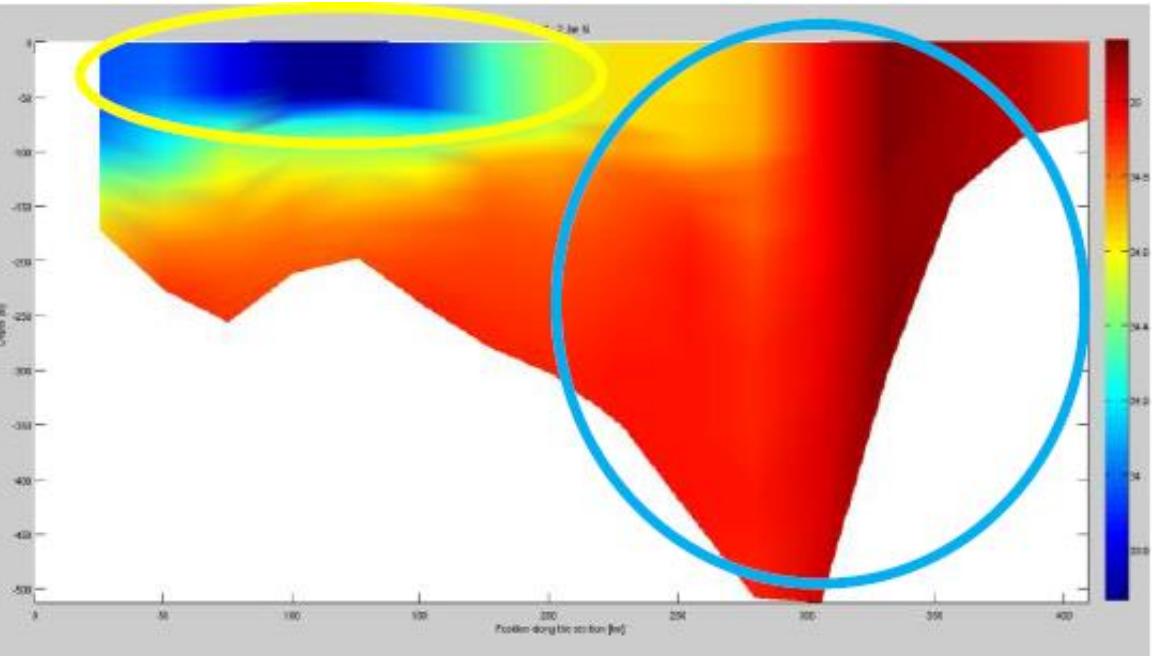


Figure 7 : Représentation des températures de surface en °C du Détroit de Danemark pour le mois de janvier de l'année 6

Salinité

Analyse intra-annuelle

- Hiver : colonne d'eau salée à l'Est
- Été : masse d'eau salée plus épaisse



Analyse inter-annuelle

- Pas de variations importantes

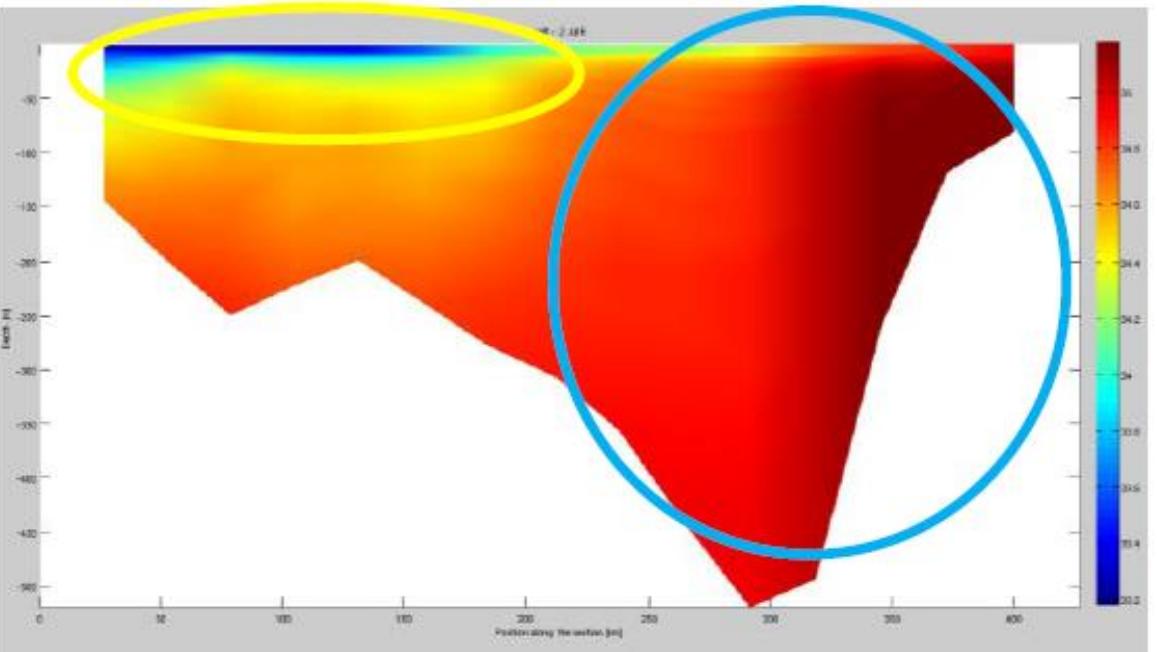


Figure 8 : Sections verticales E-W de la salinité en PSU de 0 à environ 400 Km du mois de janvier en haut et juillet en bas de l'année 6. Le cercle jaune représente les eaux de surface, et le cercle bleu représente la colonne d'eau salée.

Vitesse

- Deux bras qui se distinguent en amont et en aval avec des vitesses plus élevées $V=0.05-0.6$ m/s
- Accélération au bord du Groenland

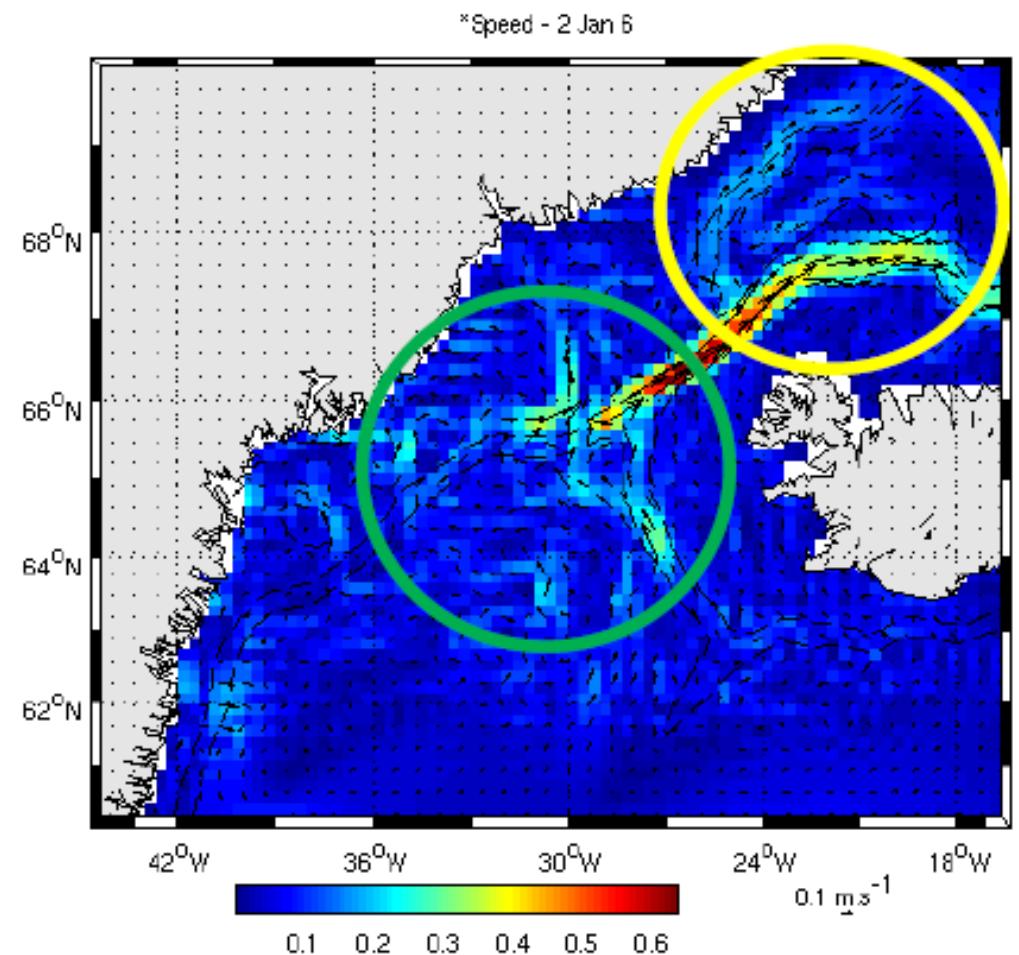
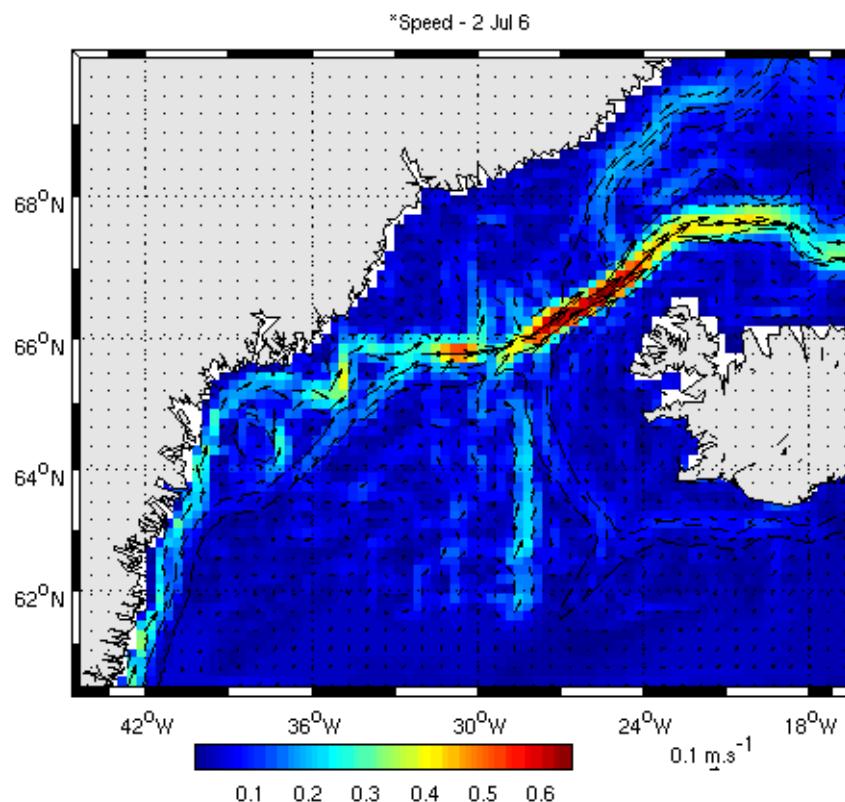
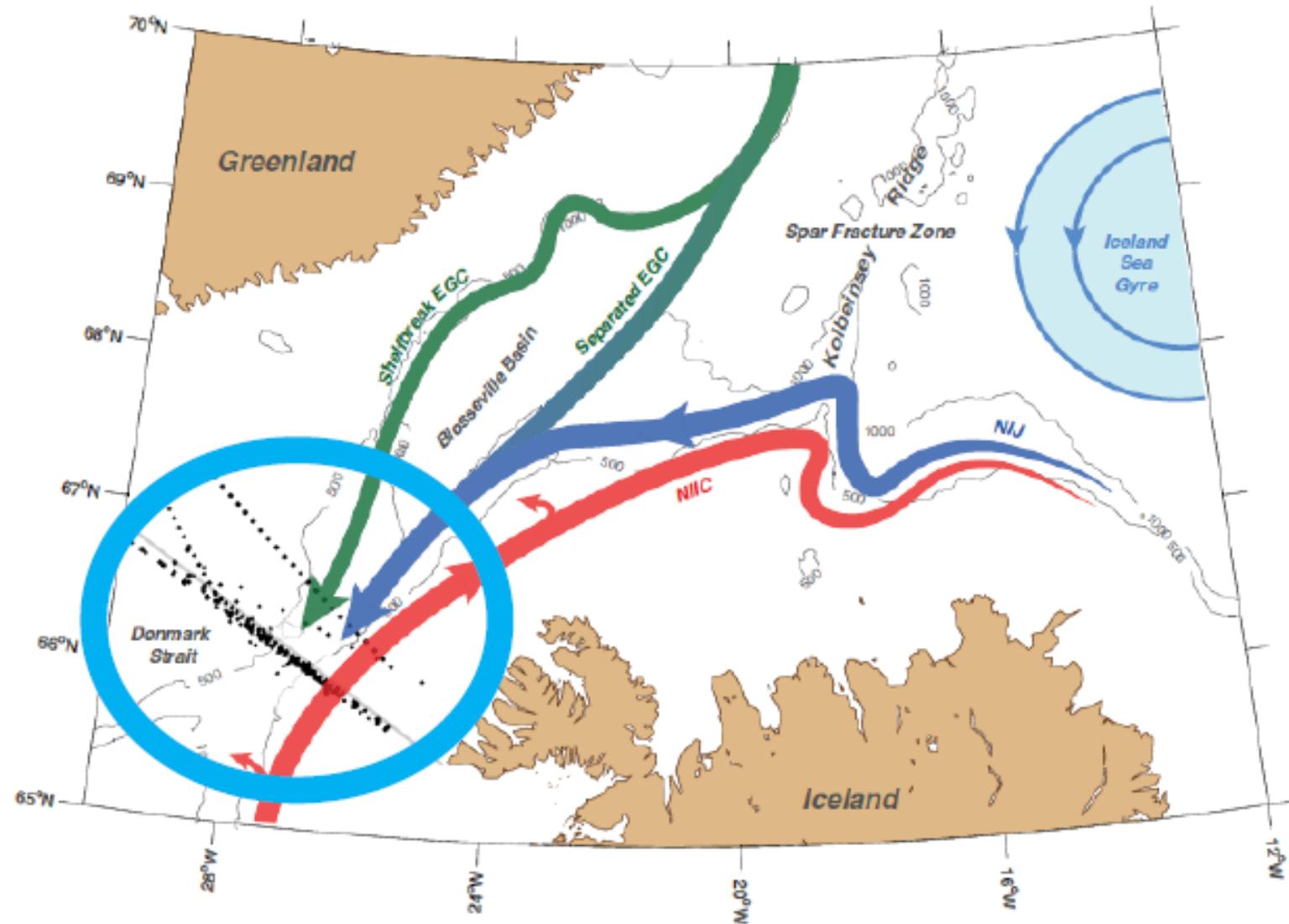


Figure 9 : Représentation de la vitesse en m/s des eaux de surface du Détroit de Danemark pour le mois de janvier en haut et juillet à gauche de l'année 6. Le cercle jaune représente la partie amont et le vert représente la partie aval

Discussion

- Détroit alimenté par Courant Groenland Est, Courant Islandais

Figure 10 : Représentation du Détroit de Danemark avec les courants principaux tels que le Courant du Groenland Est en vert et sa séparation, le Courant Nord Islandais d'Irminger en rouge et le Jet Nord Islandais en bleu adapté de Mastropole et al., 2017. Le cercle bleu représente la position du détroit



- Masse d'eau froide au fond du seuil
- Colonne d'eau plus chaude et salée sur le bord Est du détroit, origine Atlantique et Nord de l'Islande

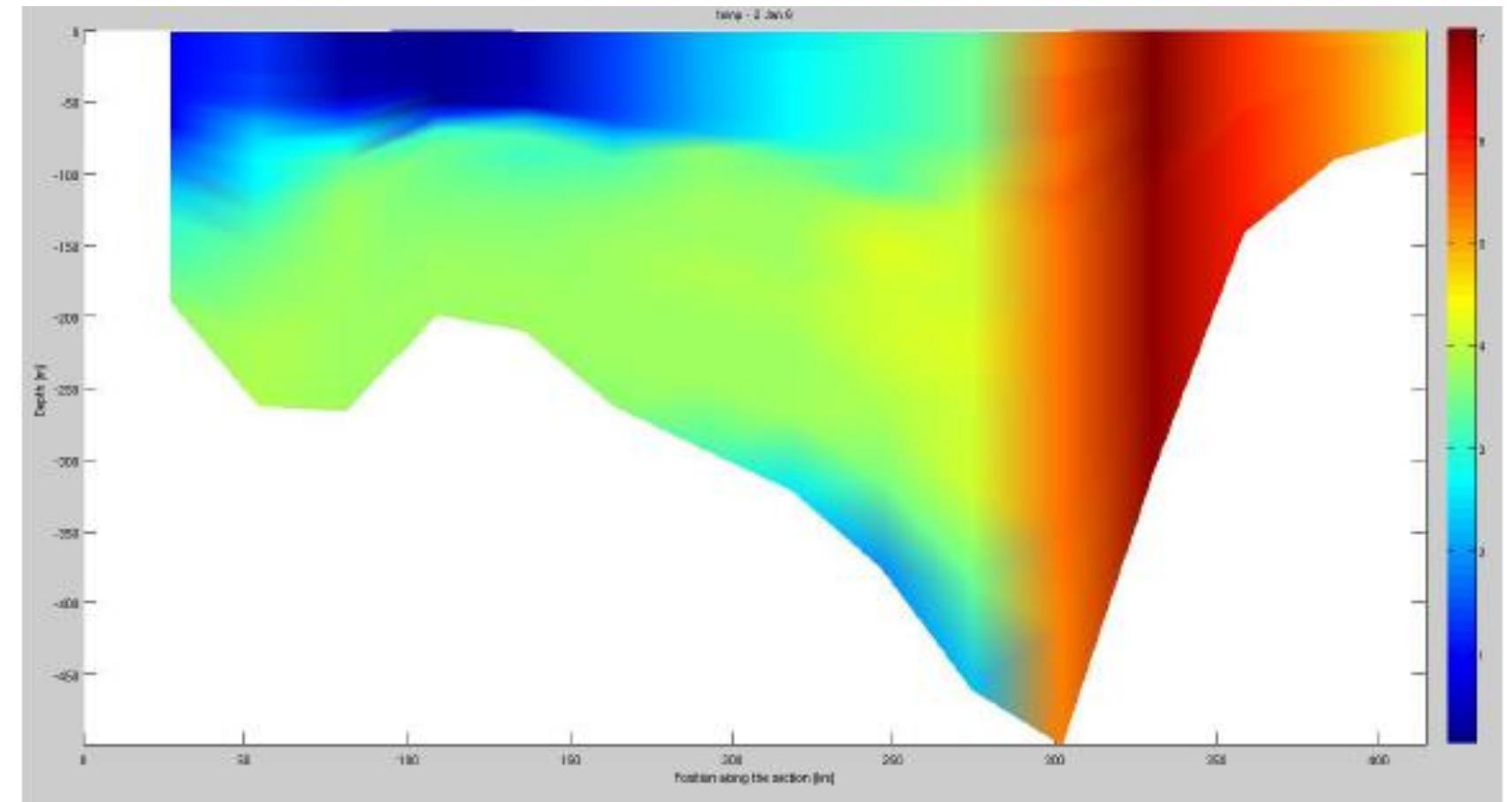


Figure 11 : Sections verticales de 0 à environ 400 Km de la température du mois de janvier en haut

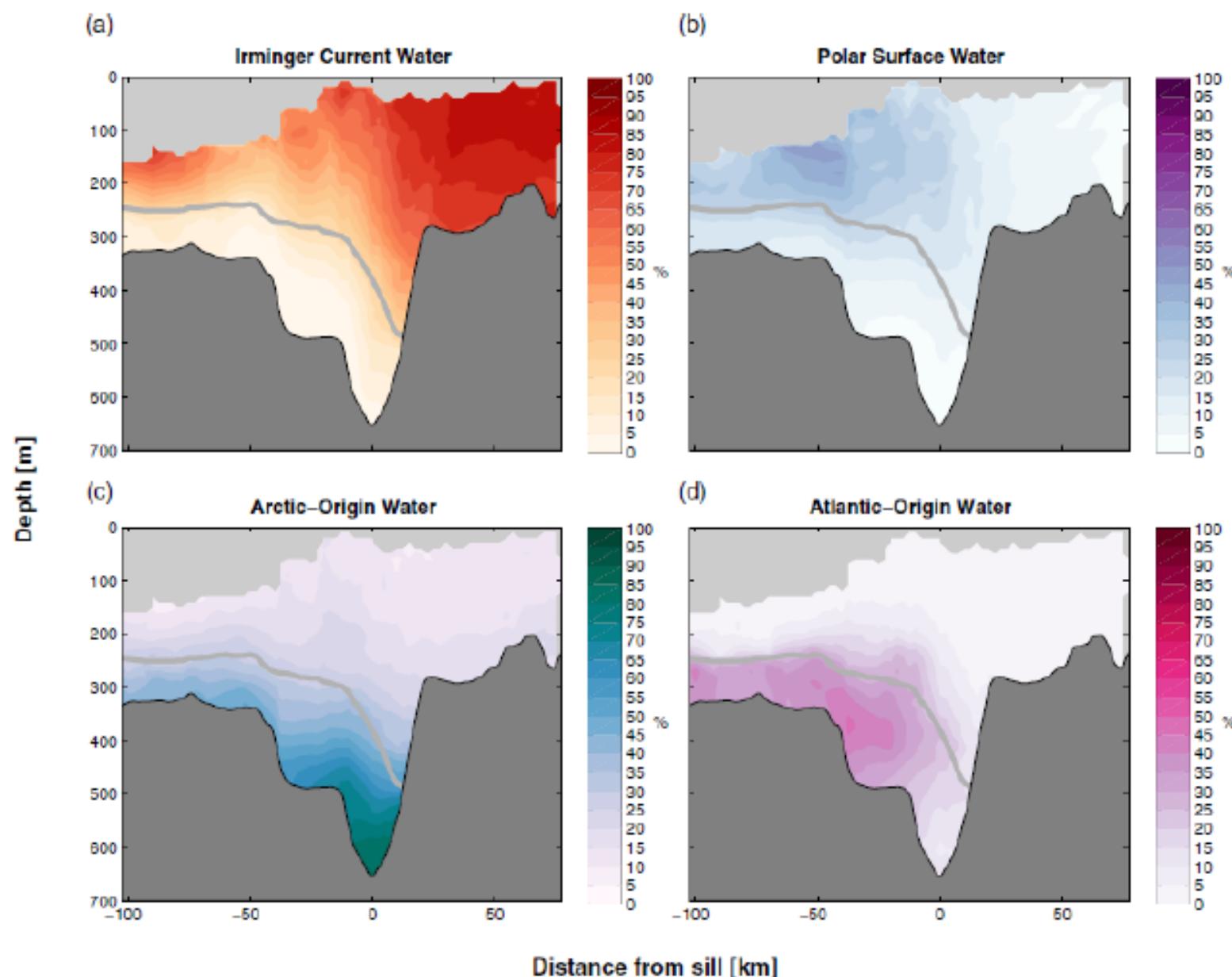


Figure 11 : Sections verticales E-W du pourcentage de présence des masses d'eau (a) eau du Courant d'Irminger (b) eau Polaire de surface (c) eau d'origine Arctique (d) eau d'origine Atlantique. La ligne grise représente l'isopycne de 27.8 kg/m³. Adapté Mastropole et al. en 2017

- Forçage du vent constaté sur la température des eaux de surface sur le bord Ouest du détroit
- Seuil = obstacle bathymétrique pour eau dense
- Hypothèses : apport d'eau douce de la fonte des glaciers du Groenland et aussi de l'eau froide des fjords
- Anomalies de densité sur le fond en été (plus dense) : vitesse plus élevée ou rafraîchissement eaux de fond

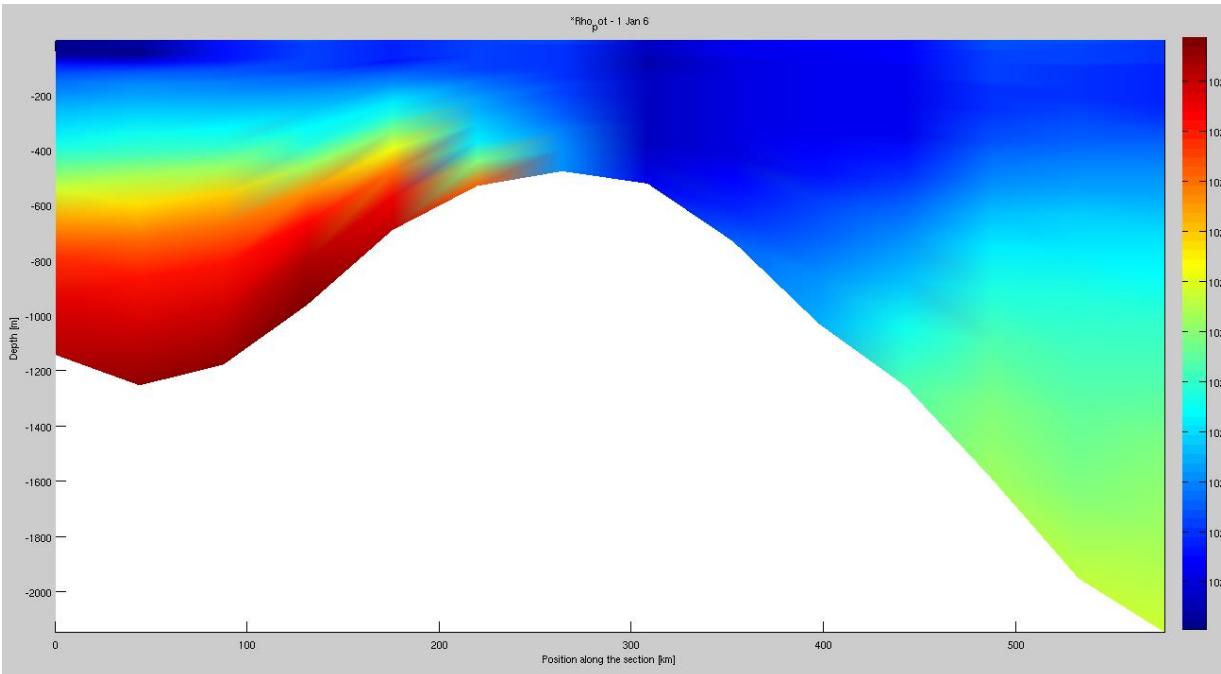


Figure 12 : Représentation de la densité potentielle au mois de janvier de l'année 6 section transverse N-S

Conclusion

- Masses d'eau mélangées en amont du détroit
- Saisonnalité présente durant l'année
- Comparaison modèle-données brutes-littérature : correspondance positive
- Bathymétrie : influence importante sur la distribution des masses d'eau

Merci de votre attention



Figure 13 : Détroit de Danemark entre le Groenland et l'Islande,
google maps

Références

- Doglioli A., 2019, Modélisation de la circulation océanique, cours présenté en OPB 205, Université Aix-Marseille, Notes de cours, Master océanographie
- Jochumsen K., Köllner M., Quadfasel D., Dye S., Rudels B., and Valdimarsson H., 2015, On the origin and propagation of Denmark Strait overflow water anomalies in the Irminger Basin, *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 1841–1855, doi:10.1002/ 2014JC010397.
- Mastropole, D., Pickart R. S., Valdimarsson H., Vage K., Jochumsen K., and Girton J., 2017, On the hydrography of Denmark Strait, *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, 306–321, doi:10.1002/2016JC012007