

Aix-Marseille université – OSU Pytheas
M1 OCEANOGRAPHIE – OPB/BEM
Année 2015-2016

Rapport OPB 205 : Modélisation de la circulation océanique

Modélisation de la mer du Labrador avec le logiciel ROMS

GRASSI Kelly

Travail effectué:

- Prise en main du logiciel de modélisation de ROMS
- Une étude de la dynamique des différentes masses d'eau de la mer du Labrador
- Comparaison avec les résultats de l'étude sur « les changements hydrodynamiques de la mer du Labrador » de Yashayaev et Igor en 2007.

Zone d'étude:

La mer du Labrador :

- Nord de l'océan Atlantique : longitude Est= -70, longitude Ouest= -30, latitude Sud= 14, latitude Nord= 70
- Côtes continentales : le Labrador (au Canada) et le Groenland.
- Elle est reliée au nord à la Baie de Baffin au travers du Détroit de Davis.
- Profondeurs max : 3000 m
- Masses d'eau : **LSW** (1000 m) / **NADW** (3000m)
- **Zone de convection profonde**
- Contribuer à la plongée des eaux de la **circulation thermohaline mondiale**

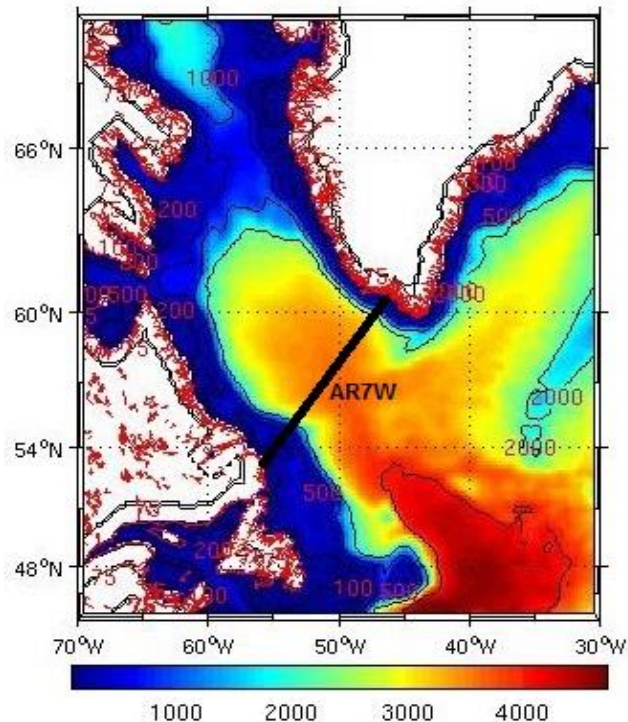


Figure 1: Carte de la mer du Labrador montrant ses principales caractéristiques topographiques. Le trait noir représentant le transect AR7W utilisé pour l'étude. Résolution 1/4

Modèle ROMS : Présentation des équations résolues par ROMS:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = fV - g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\tau_{sx}}{\rho H} - \frac{\tau_{fx}}{\rho H}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -fU - g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\tau_{sy}}{\rho H} - \frac{\tau_{fy}}{\rho H}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(HU)}{\partial x} + \frac{\partial(HV)}{\partial y} = 0 \quad \text{Equations en eau peu profonde}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \cdot \nabla T = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\partial S}{\partial z^2} + \frac{H_c}{\rho_0 C_p} \frac{\partial I}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \cdot \nabla S = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\partial S}{\partial z^2} \quad \text{Equations de conservation de la chaleur et du sel}$$

$$\rho = \rho(S_A, \theta, p) \quad \text{Equations d'état de l'eau de mer : TEOS-10}$$

Equations en eaux peu profondes :

- les équations du mouvement de **Navier-Stokes** avec approximation de boussinesq
- **l'équation hydrostatique** pour un fluide incompressible

Equations de conservation de la chaleur et du sel:

- quantifier les **échanges de chaleur et de sel** dans le temps et l'espace

Equations d'état de l'eau de mer : TEOS-10

- **Changement de masses volumique** en fonction des variables d'états

Modèle ROMS: Grille utilisée

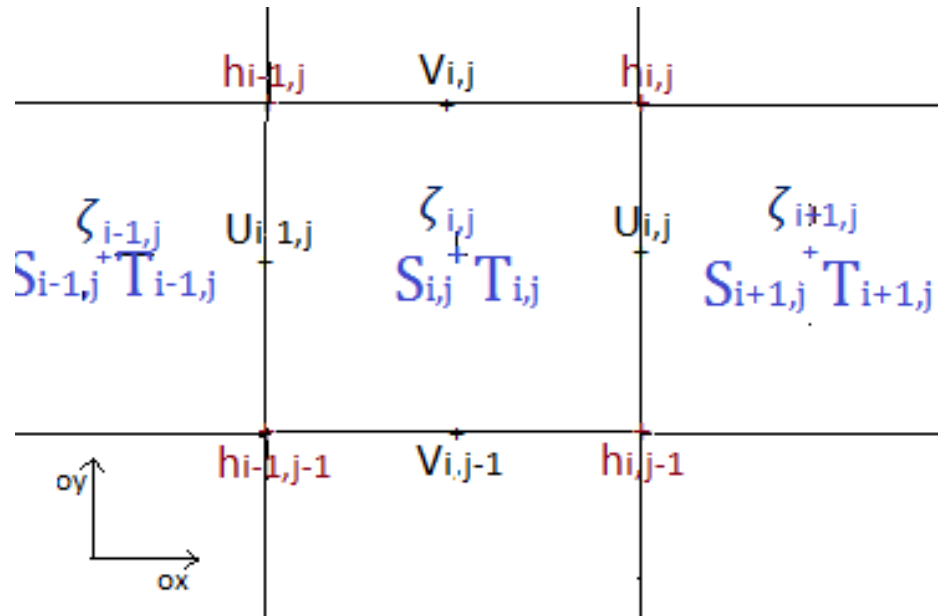


Figure 2 : Grille d'Arakawa_C

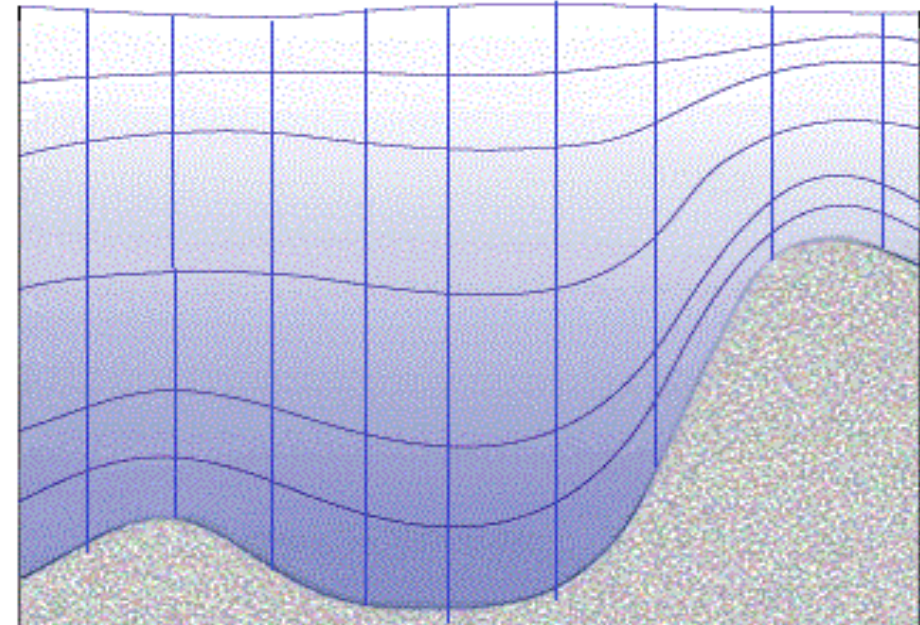


Figure 3 : Exemple de grille avec suivie topographique

Discretisation des équations:

- Grille horizontale : la grille **d'Arakawa-C**
- Grille vertical : **Following topographie**

Modèle ROMS: Critère CFL

- Permet de liée la résolution spatiale et temporelle sans que les processus se propagent pas de plus d'une maille à chaque pas de temps.
- Script *ad-cfl.m* pour définir :
 - la taille de maille minimum en x et y
 - le pas de temps minimum (pour que le modèle reste stable)
 - toutes les valeur dérivé

variable	description	valeurs simulation
N	Nombre de points de p - vertical, dans la grille verticale	32
MMm0	Dimension de la grille dans la direction de η	195
LLm0	Dimension de la grille dans la direction ξ	159
dt (en s)	Nombre de pas de temps interne (Pas de temps en s pour la boucle 3D, boucle lente) = Nombre pas de temps externe (Nombre pas de temps 2D à chaque étape 3D) soit le	720
NDTFAST	nombre de fois que la boucle rapide est effectuée pour un pas de temps de la boucle lent	60
NTIME	nombre d'itération pour 1 mois de simulation	3600
NRST	Temps de sauvegarde des données	NTIME
NAVG	Période pendant laquelle les variables sont moyennées	NTIME/10 = 3jours

Tableau 1 : description des variables qui dépende du critère CFL

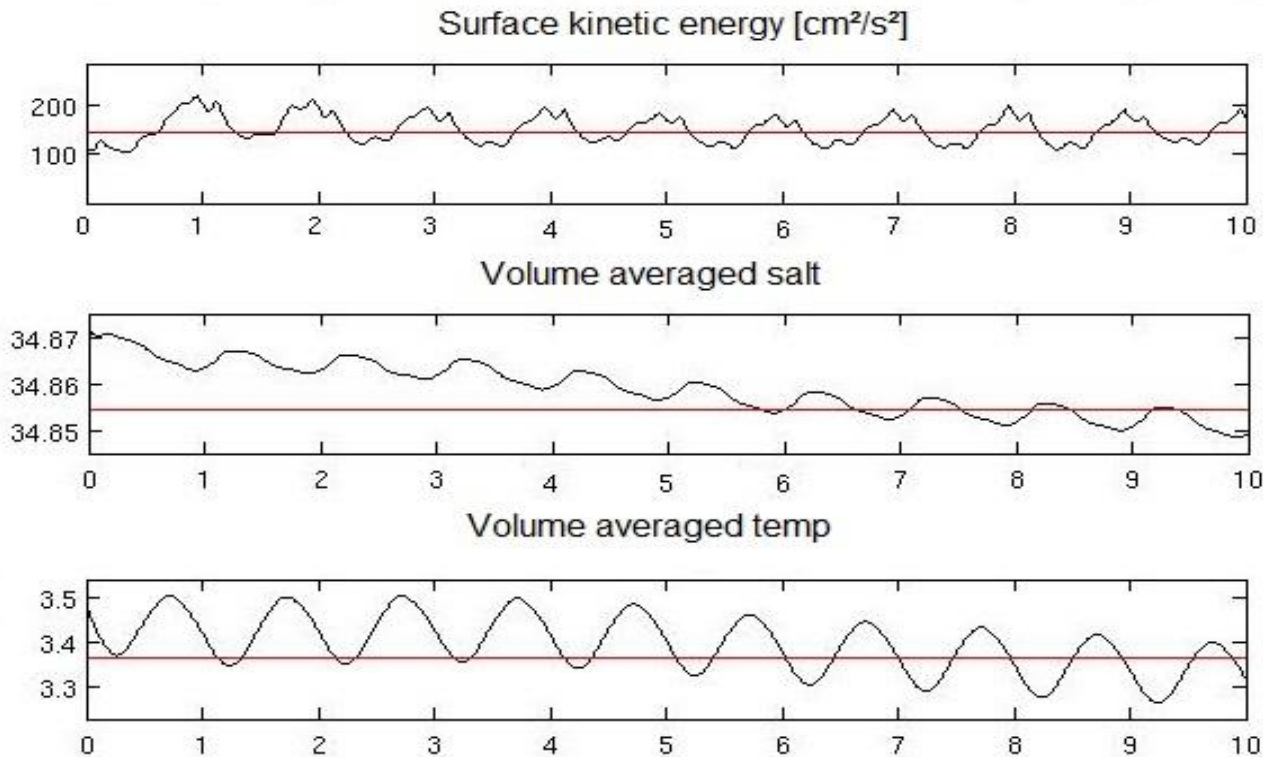


Figure 4 : graphique représentant l'évolution de l'énergie cinétique en $\text{cm}^2.\text{s}^{-2}$ (1^{er} graphique), Volume moyen de la salinité en PSU (2nd graphique) et Volume moyen de la température en $^{\circ}\text{C}$ (3^{ème} graphique) au cours de la simulation (axe des x : temps en années)

Obtenue avec `roms_diag.m` et `plot_diag.m`

Diagnostic, stabilité du modèle :

- **Energie cinétique se stabilise** à partir de la 5^{ème} année
- **La salinité et la température 10^{ème} année**, ils ne se sont **pas stabilisés**
- Pris en compte des deux dernières années de simulation (considérées comme les plus stables)

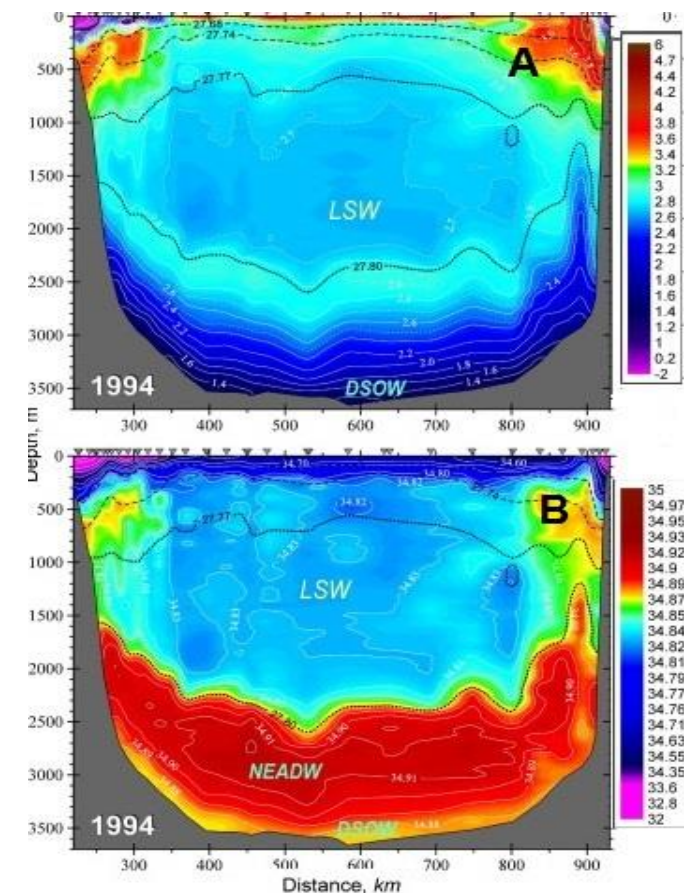


Figure 5: profils vertical de transect AR7W de la température potentielle (° C) [A] et de la salinité [B]. Avec retranscription des principales masses d'eau LSW, NEADW, DSOW (Yashayaev 200)

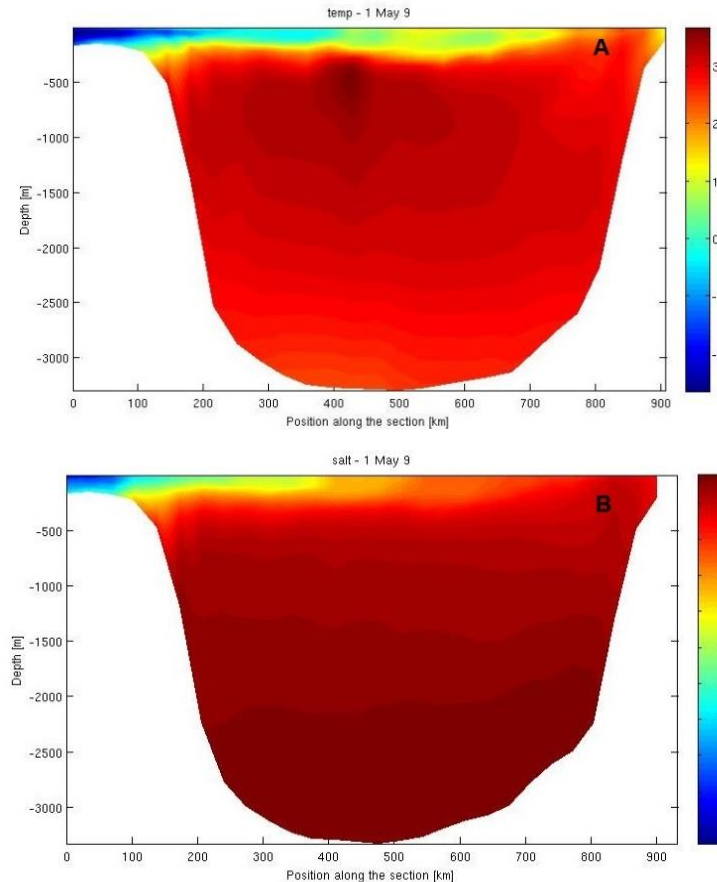


Figure 6 : profils vertical de transect AR7W de la température potentielle (° C) [A] et de la salinité (PSU) [B] apres simulation par ROMS

Comparaison des profils verticaux :

Profils sont réalisés le long du **même transect** mais la température et la salinité les masses d'eau sont **beaucoup moins bien représentées** dans les simulations de ROMS

Similitudes :

- la **trainée d'eau de surface** du bord Est
- la **NEADW** (North Atlantic Est Water) et sa remontée sur le bord ouest

Différences:

- la **DSOW** (Deep Sea Overflow Water) seulement visible sur le profil de température
- la **LSW** (Labrador Sea Water) pratiquement pas représenté par le modèle ROMS

Comparaison de la salinité dans la couche de formations de LSW (1000m)

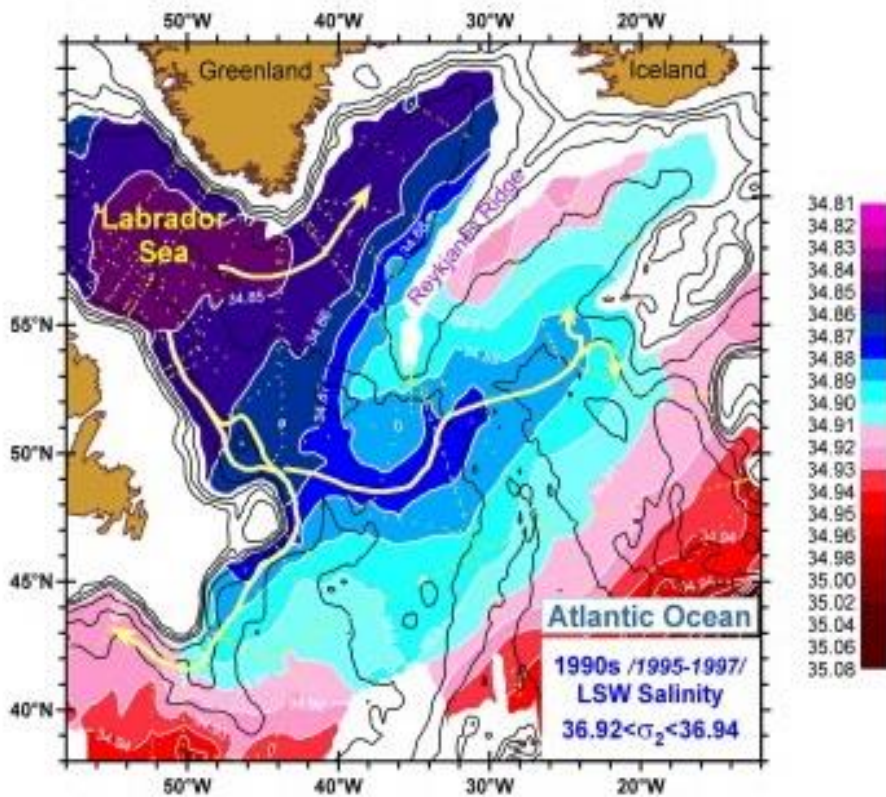


Figure 8 : représentation de la Salinité dans la couches de formations de LSW (1000m) au mai (Mer du Labrador, donnée de Yashayaev 2007

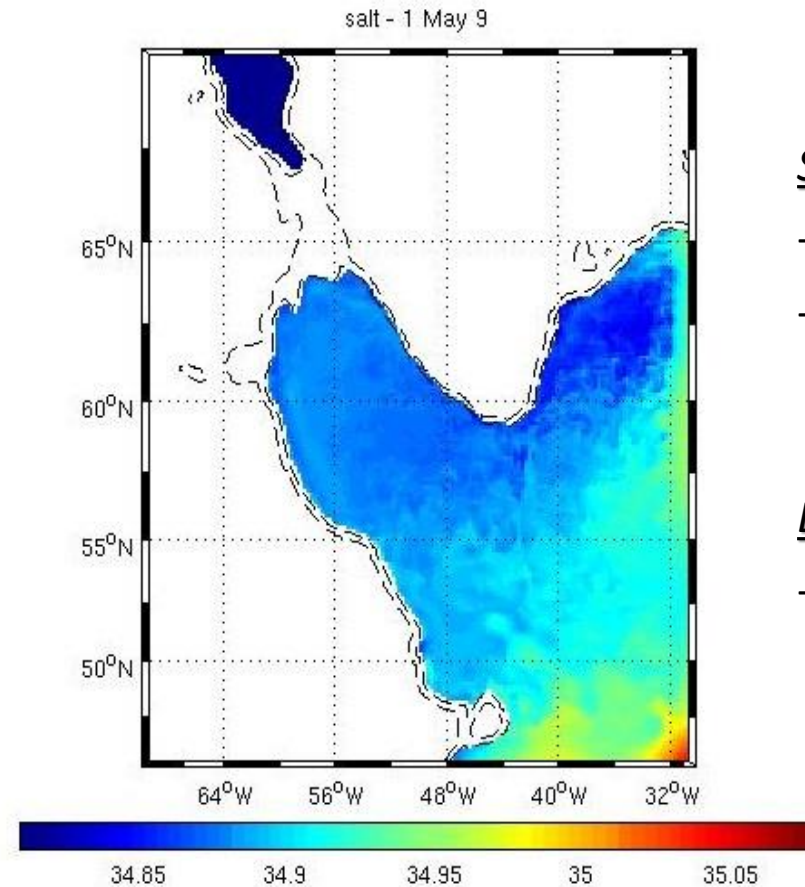


Figure 9 : représentation de la Salinité (PSU) dans la couches de formations de LSW (1000m) après modélisation avec ROMS au mai (mer de labrador)

Similitudes:

- Même dégradé de salinité
- Trainée des eaux du Labrador qui longe la côte Ouest du Groenland

Différences :

- les eaux types de la mer du Labrador n'apparaissent pas clairement

Diagramme TS : Un script matlab *TS.m* a été écrit pour traiter les données de ROMS

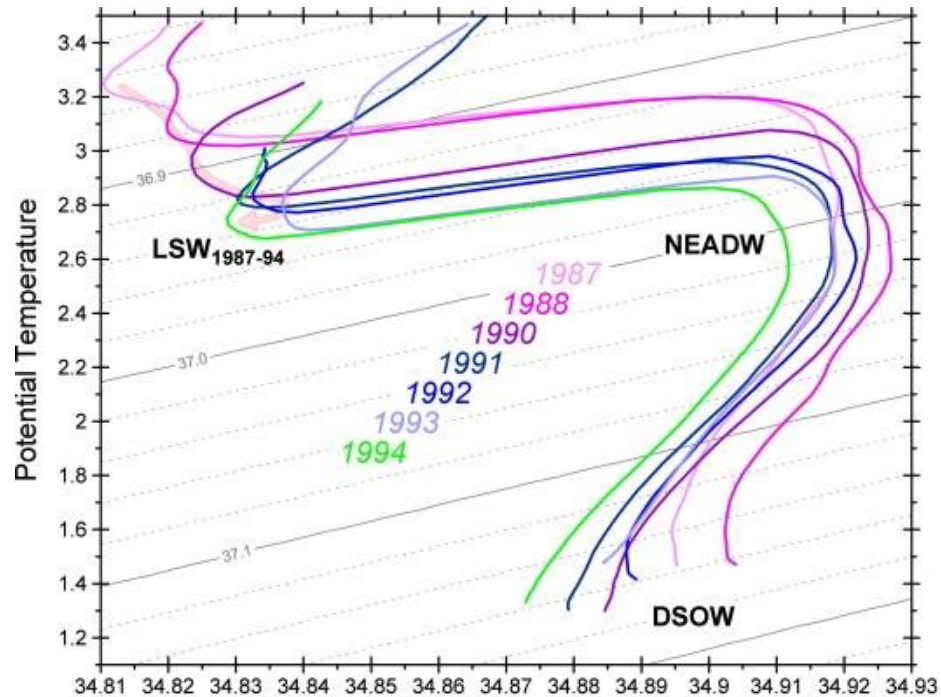


Figure: digramme température vs Salinité. Données compriseent etre 1987 et 1994. (Yashayaev 2007)

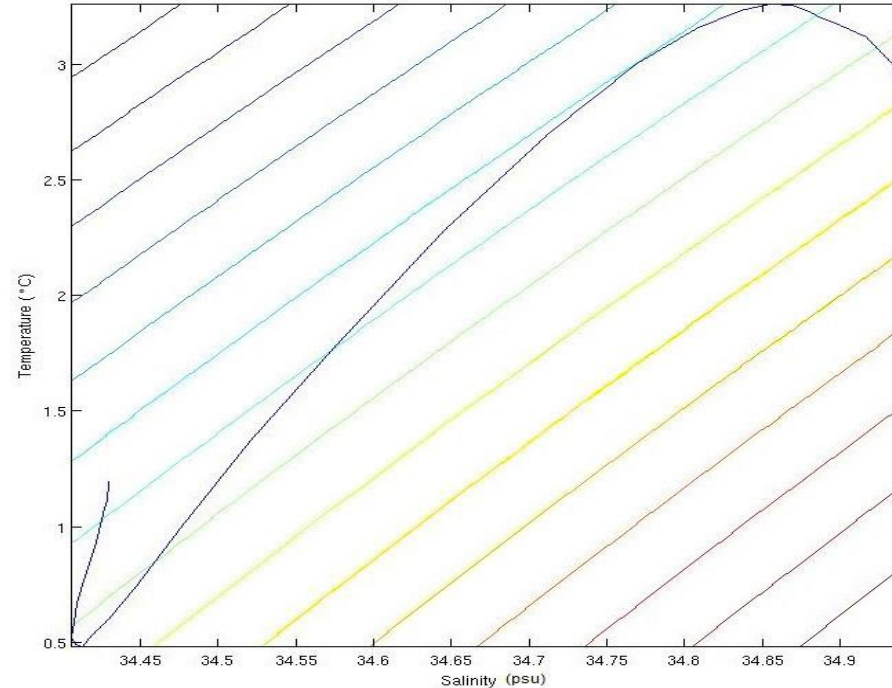


Figure : Diagramme tempéraure vs Salinité. Données du moi de mai de la 9^{ème} année de simulation de ROMS.

La courbure due à la **présence de la NEADW** est similaires mais la **LSW est bien plus froide** qu'attendue et la **DSOW est trop chaude**. Ces erreurs sont dues aux instabilités du modèle.

En conclusion :

- Le modèle ROMS permet d'aboutir à des **résultats assez satisfaisants**.
- Mais, il existe malgré tout dans ce modèle **de fortes instabilités** qui génèrent des **erreurs plutôt conséquentes**.
- Des différences sont principalement observées au niveau de la **LSW qui est mal représenté**.
- Toutefois le modèle reste bien représentatif, et traiter ce cas sur une **durée plus longue de simulation** devrait régler le problème d'instabilité du modèle.

Merci pour votre attention

