

# **Processus d'extension des eaux mélangées en zone côtière**

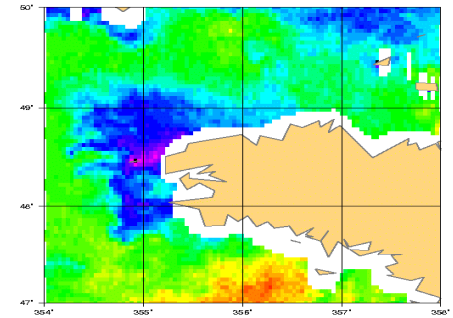
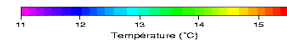
*Audrey Pasquet*

*Doctorante première année SHOM/LEGOS*

# Front d'Ouessant

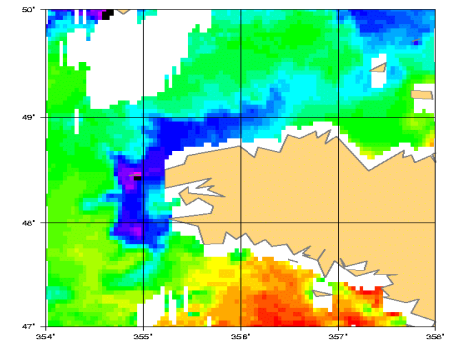
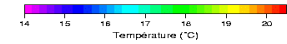
Iroise 24/07/99

Echelle: 1:3000000



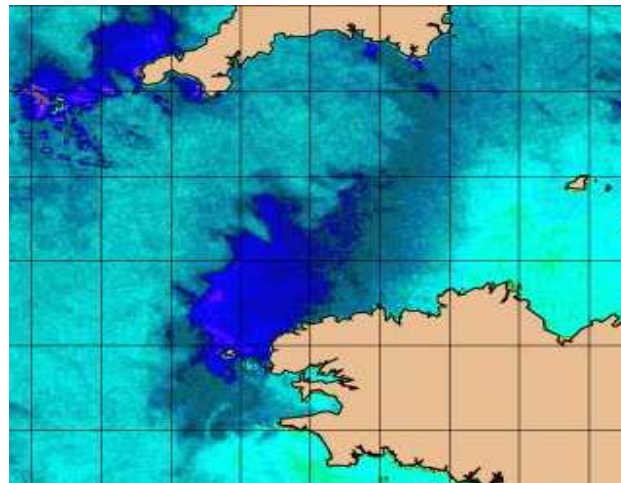
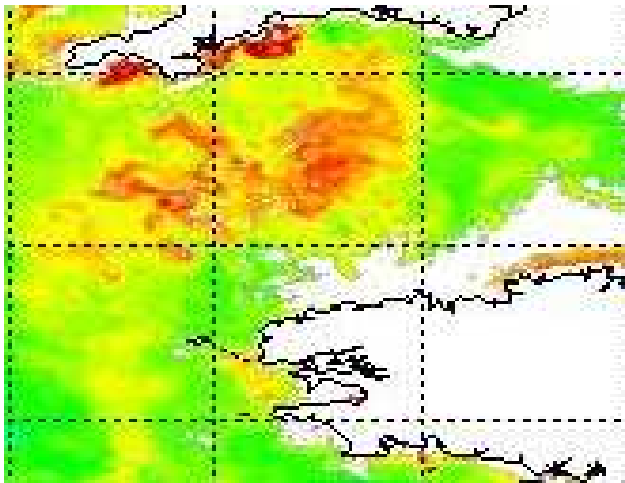
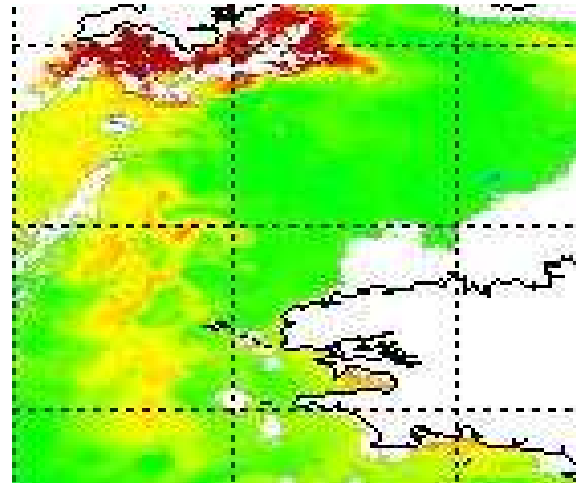
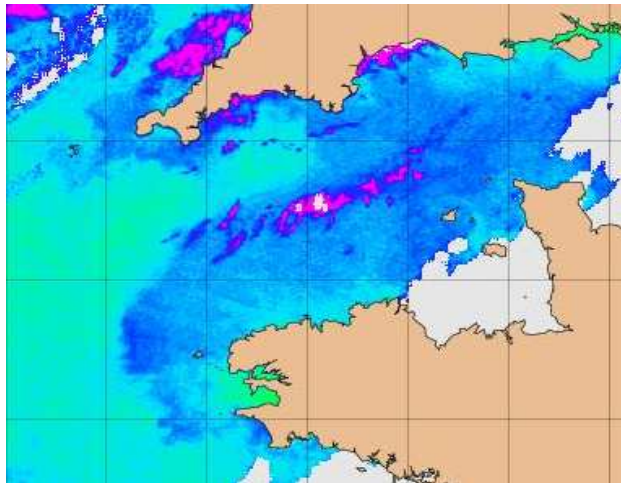
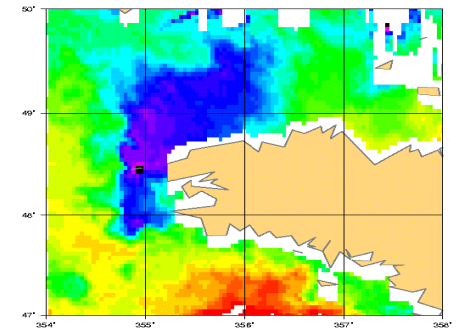
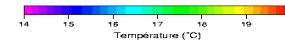
Iroise 03/08/03

Echelle: 1:3000000



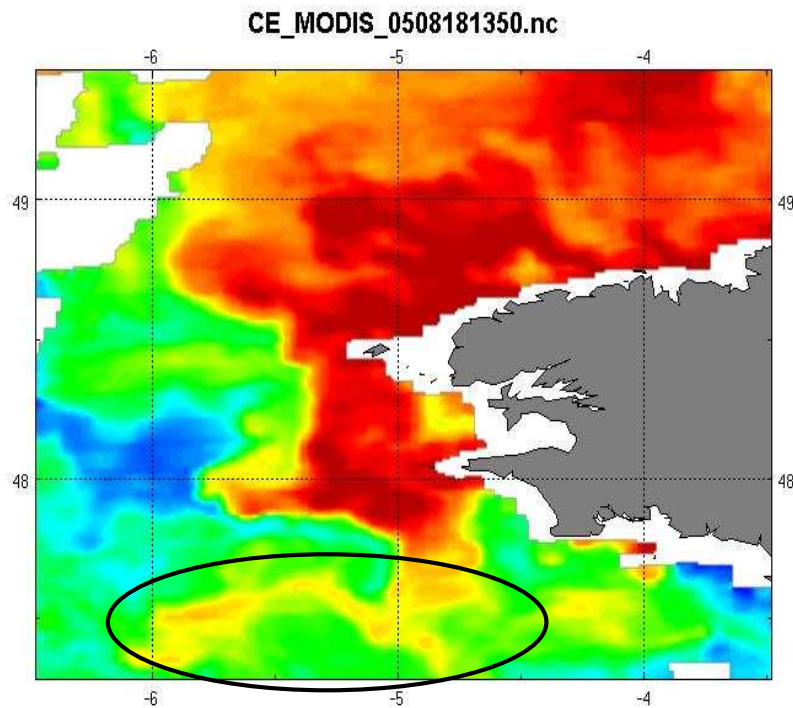
Iroise 16/09/03

Echelle: 1:3000000

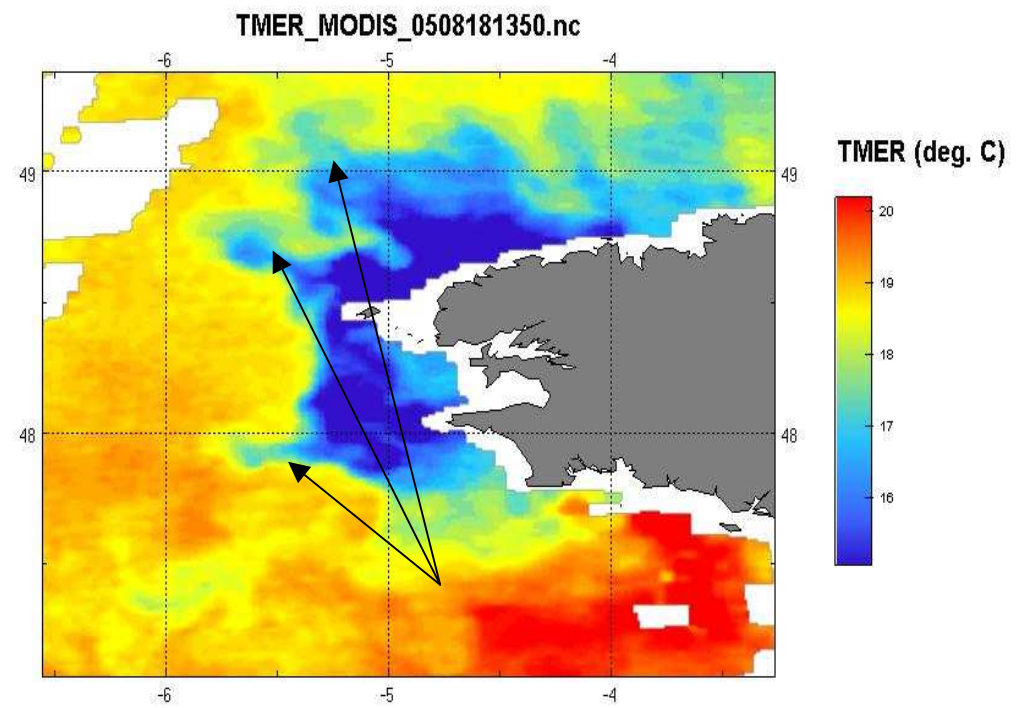
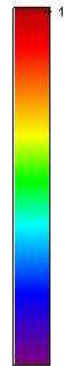


# Front d'Ouessant

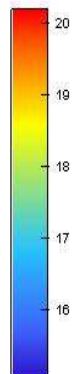
## Propagation des eaux mélangées sous forme filamentaire



CE (mg/m3)



TMER (deg. C)



## Etude menée



---

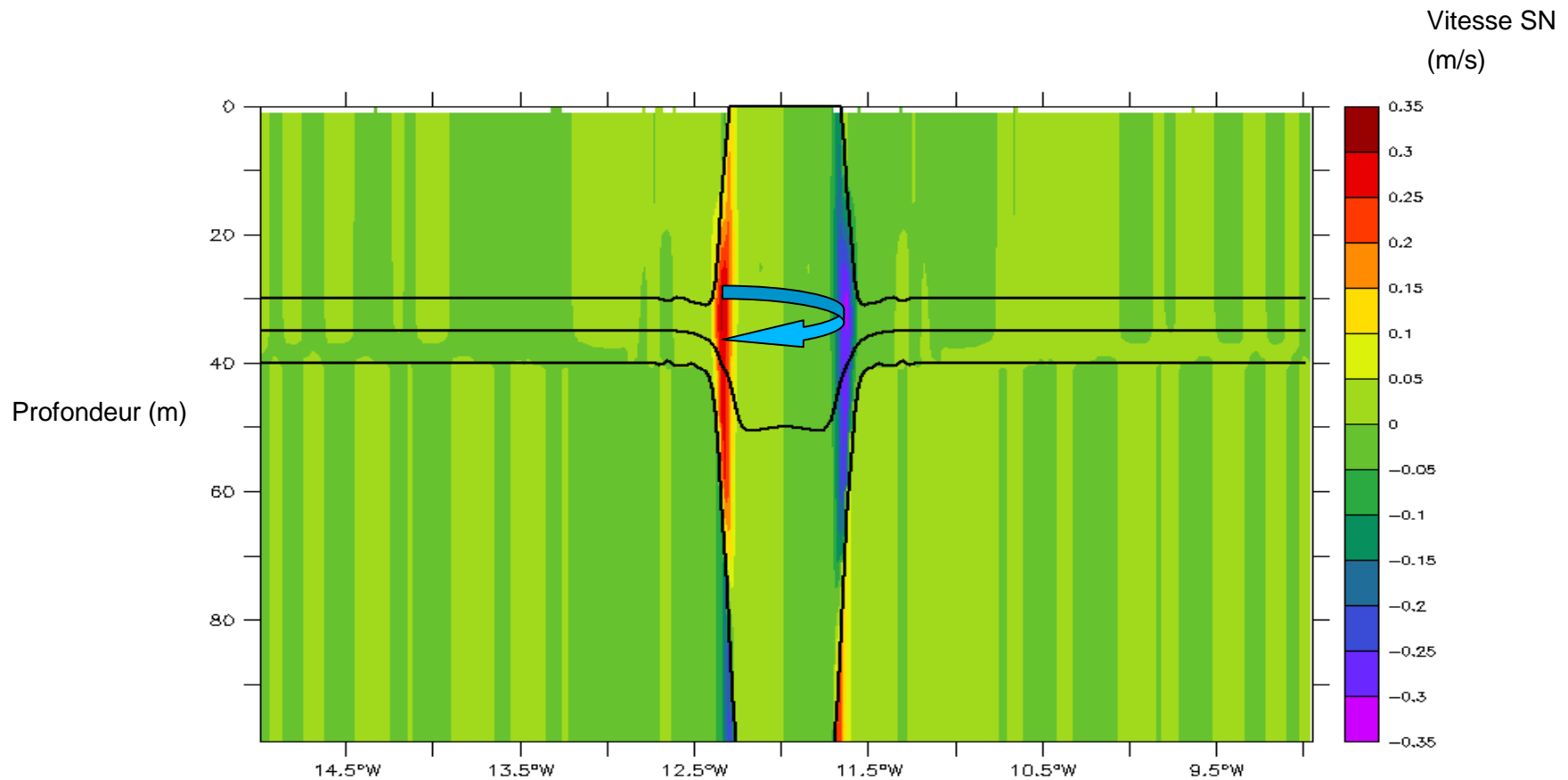
- **Outils : programme MICOM (adiabatique, coordonnées purement isopycnales, configuration académique)**
- **Méthode : modèle 4 couches**
  - **configuration centrée : zone de mélange cylindrique au centre de la grille, fond plat**
    - > effet de l'instabilité barocline sur la dispersion
  - **configuration côtière : zone de mélange semi cylindrique à la côté, pente**
    - > processus côtiers principaux

### **Etudes de sensibilité menées pour les paramètres suivants :**

- **La friction au sol (Cd)**
- **L'intensité du mélange (KV0)**
- **La stratification (drho)**
- **Un courant imposé (V0)**
- **La topographie imposée (pente, présence d'une île, distance variable à la côte...)**

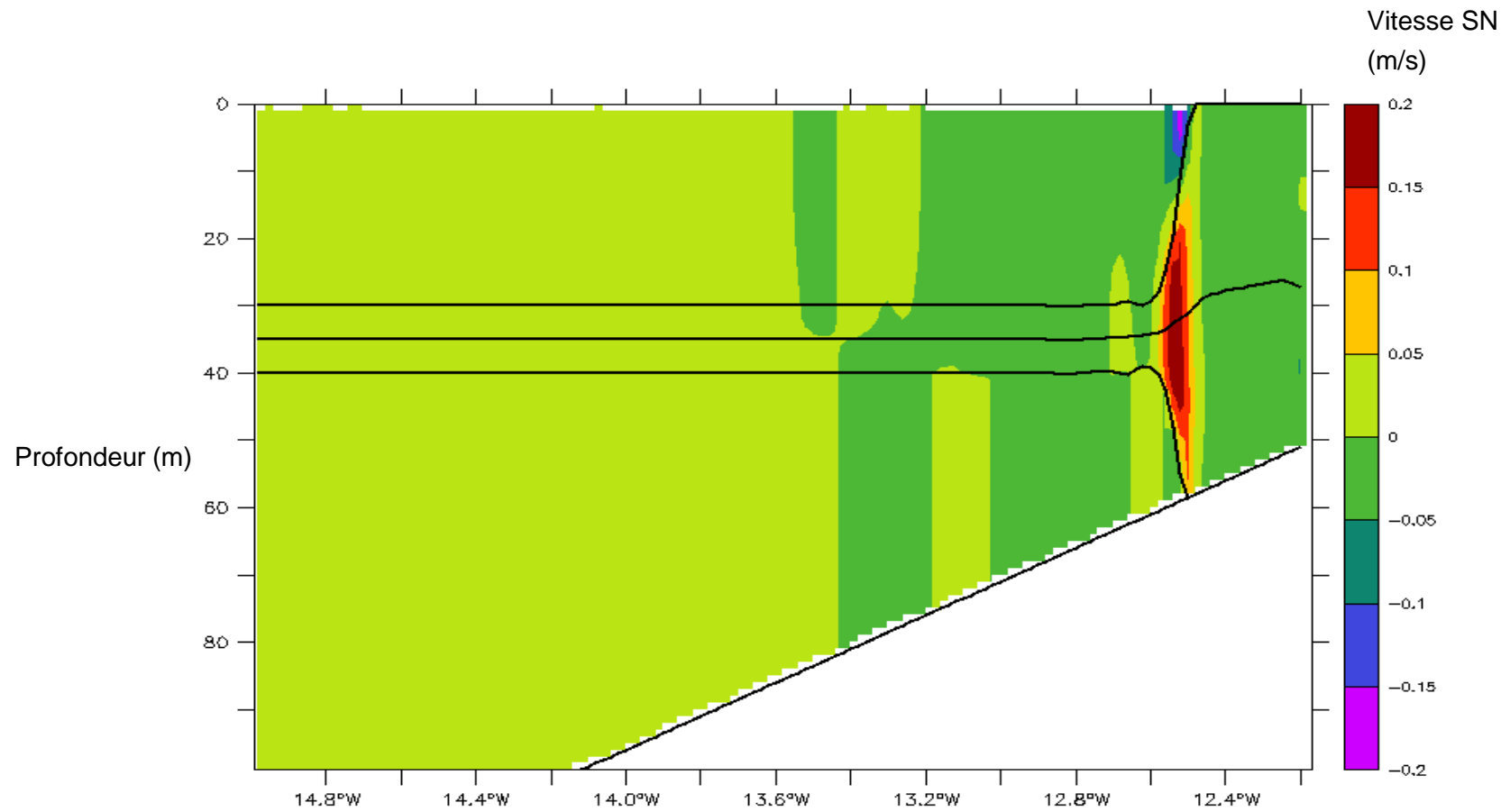
# Configuration centrée

## Exemple d'une coupe à T=6 jours, pour une latitude coupant la zone de mélange en son milieu.



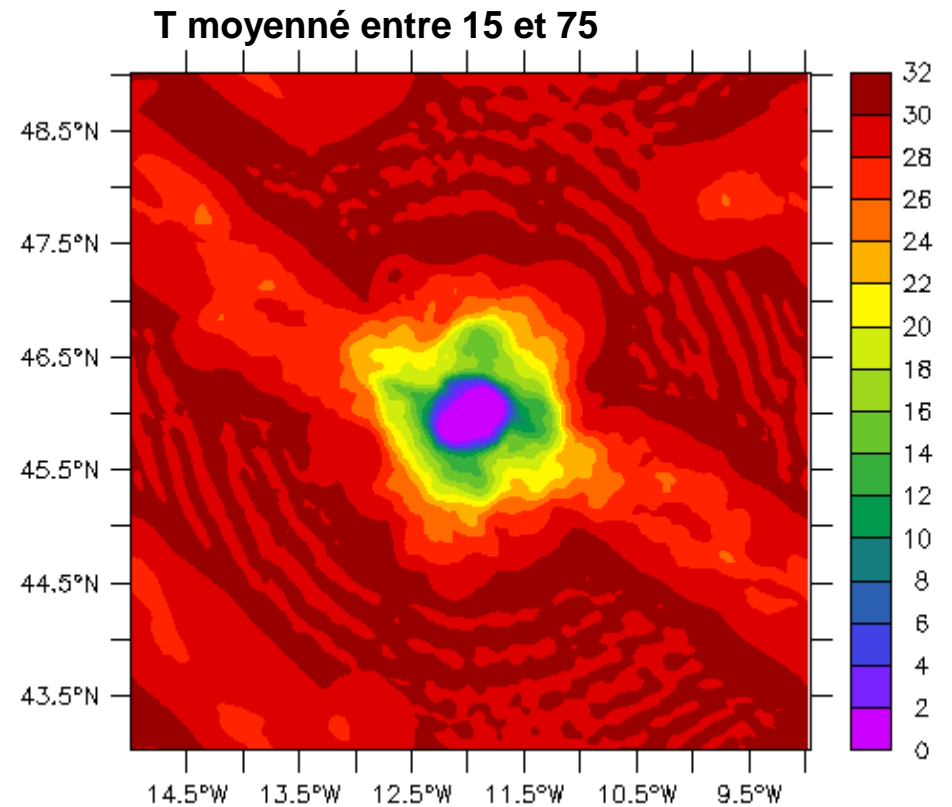
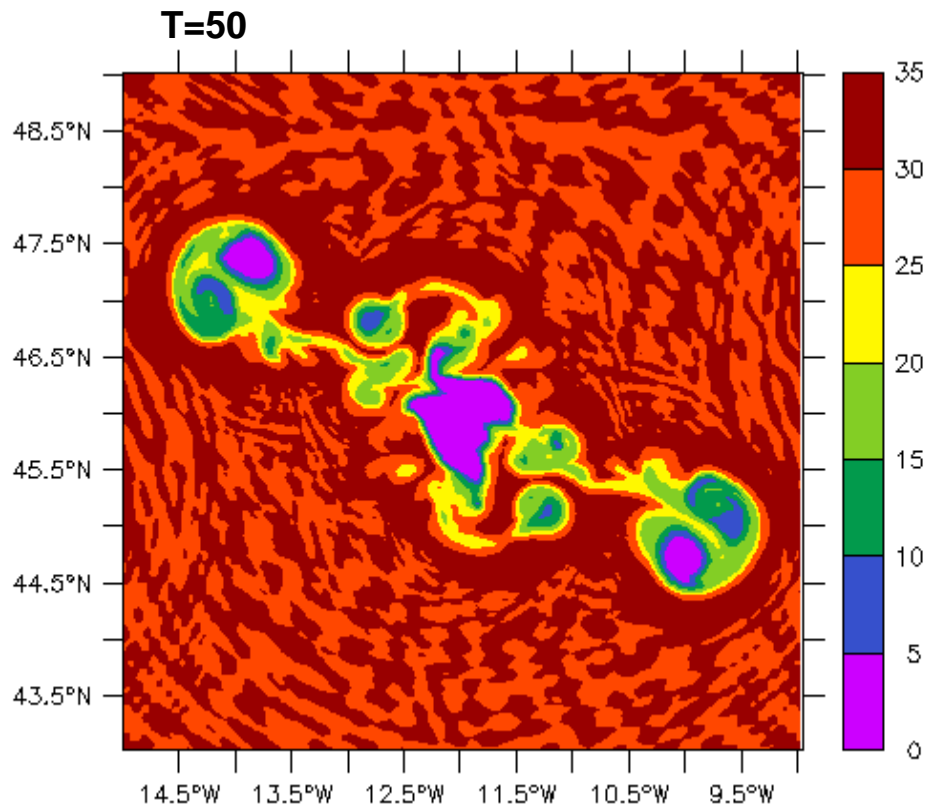
## Configuration côtière

Exemple d'une coupe à T=3 jours, pour une latitude coupant la zone de mélange en son milieu.



# Processus de dispersion principaux: l'instabilité barocline

## Epaisseur de la couche de surface

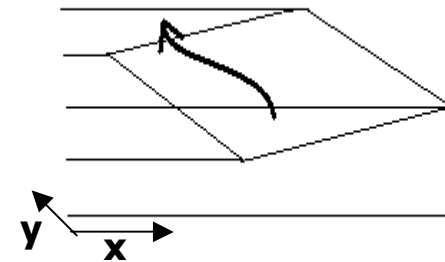


## Processus de dispersion principaux: effet beta topographique

Considérons une pente telle que:

$$H = H_0 + \alpha x$$

Les ondes de Rossby topographiques se propagent avec les eaux les moins profondes sur leur droite dans l'hémisphère nord.



Analogie effet beta planétaire / effet beta topographique:

Effet beta planétaire  $\rightarrow c_x = \frac{\omega}{l} = -\beta R^2 \frac{1}{1 + R^2(l^2 + m^2)}$

Effet beta topographique  $\rightarrow c_y = \frac{\omega}{m} = \frac{\alpha g}{f} \frac{1}{1 + R^2(l^2 + m^2)}$

$$\left. \begin{array}{l} c_x = \frac{\omega}{l} = -\beta R^2 \frac{1}{1 + R^2(l^2 + m^2)} \\ c_y = \frac{\omega}{m} = \frac{\alpha g}{f} \frac{1}{1 + R^2(l^2 + m^2)} \end{array} \right\} \beta = \frac{\alpha f}{H} \quad (R = \frac{\sqrt{gH_0}}{f})$$

Valeurs typiques: beta planétaire :  $2 \cdot 10^{-11} \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

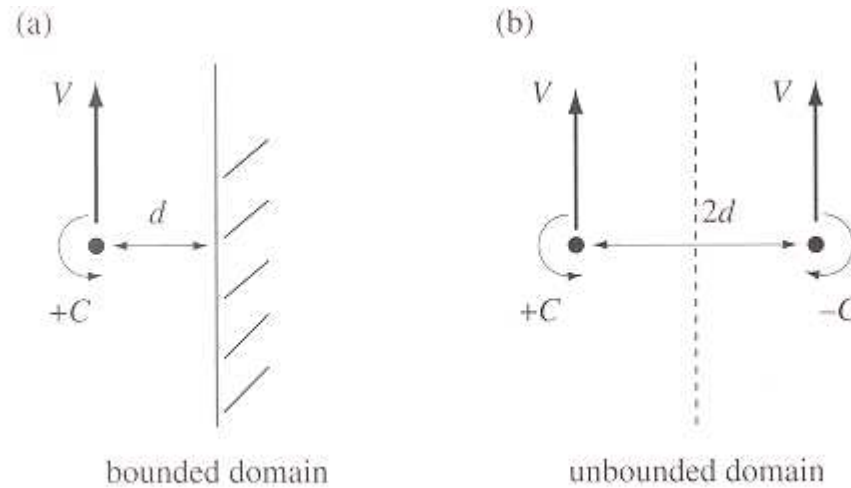
pente correspondante :  $3 \cdot 10^{-5}$

pentés de l'étude :  $3,5 \cdot 10^{-5} - 2,5 \cdot 10^{-4}$

Dans la réalité, l'effet beta planétaire est négligeable devant l'effet beta topographique en zone côtière.



## Processus de dispersion principaux: effet miroir



*Fundamentals of geophysical fluid dynamics, James C. Mc Williams*

**Dans l'hémisphère Nord, un vortex cyclonique (anticyclonique) proche d'une paroi verticale Nord Sud se dirige vers le Nord (le Sud).**

## Processus de dispersion principaux: Ondes de Kelvin

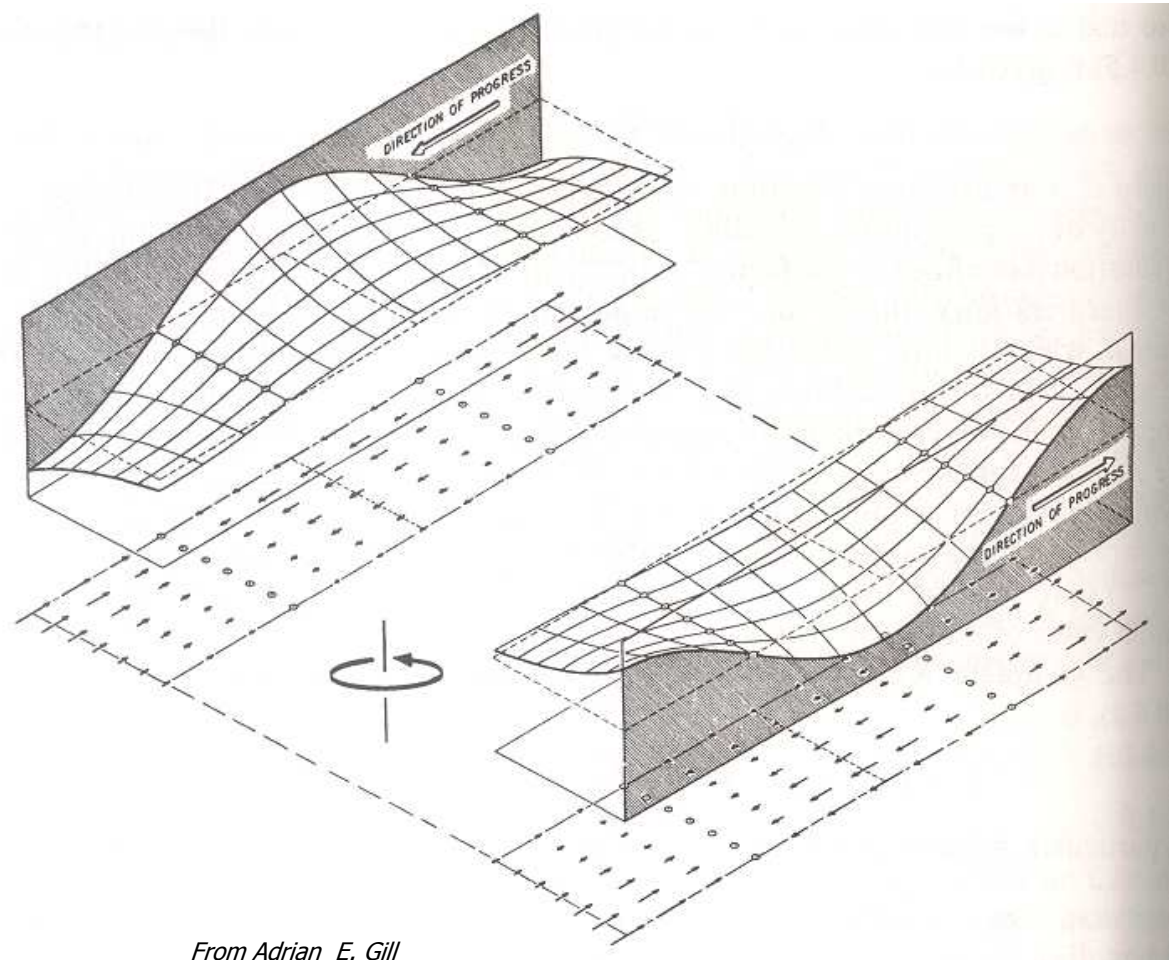
Dans l'hémisphère Nord, les ondes de Kelvin se dirigent avec la côte sur leur droite.

Elles sont "attrapées" à la côte sur une distance  $R = \frac{\sqrt{g'H_0}}{f}$  et  $g' = \frac{\Delta\rho}{\rho_0} g$

$R \sim 5\text{km}$  en général.

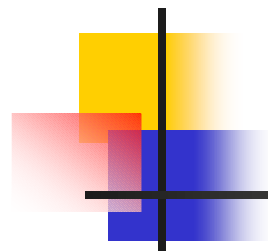
et se propagent à la vitesse des ondes de gravité  $c = \sqrt{g'h}$

Leur amplitude décroît exponentiellement avec la distance à la côte.



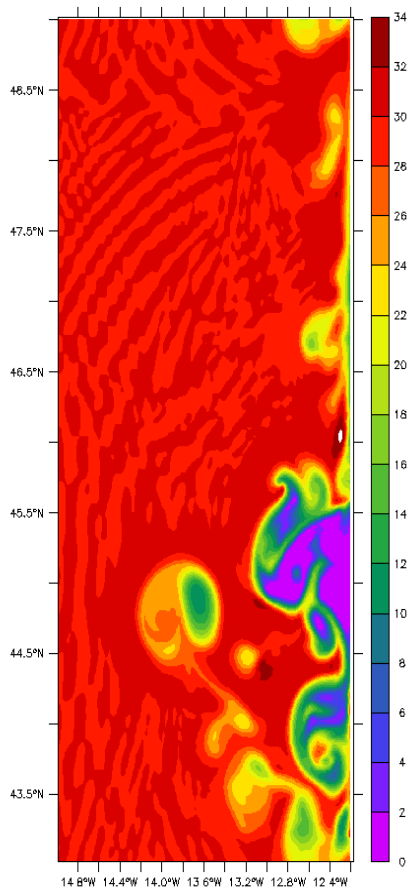
From Adrian E. Gill

# Mise en évidence des processus de dispersion côtiers

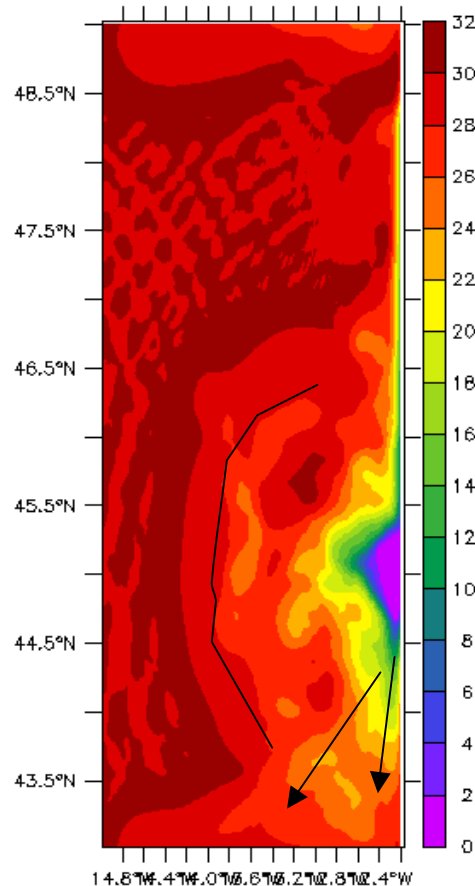


Epaisseur de la couche de surface , T=15:75

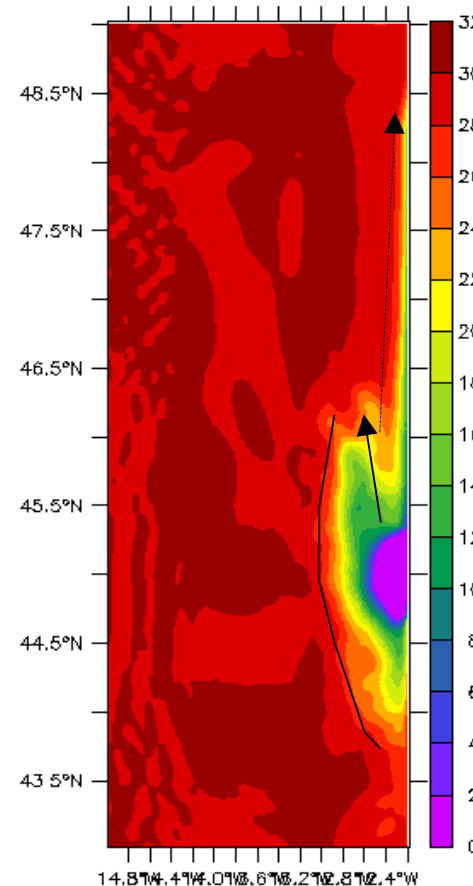
T=50, fond plat



Fond plat



Pente  $3 \cdot 10^{-4}$



**Effet beta topographique**

**Onde de Kelvin**

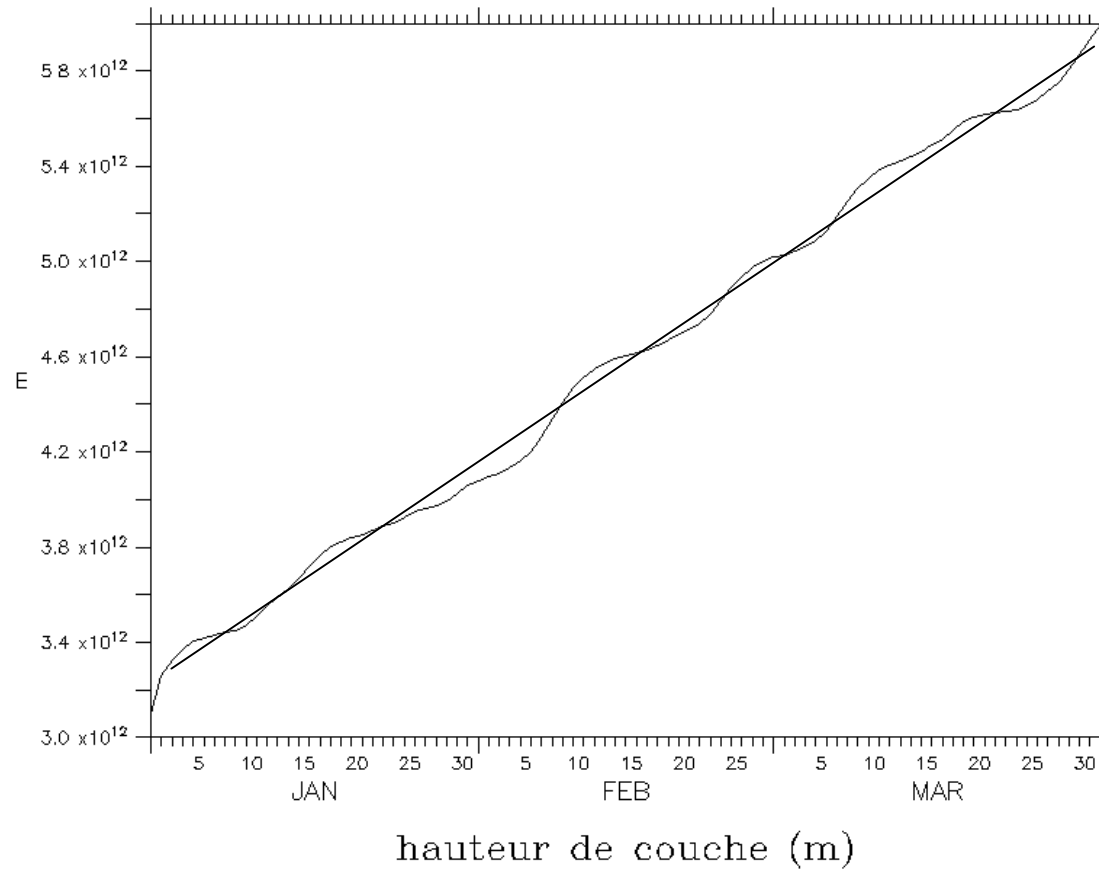
**Propagation vers le sud principale sans pente (due à l'effet miroir ou à l'autopropagation dipolaire).**

## Taux de production d'eaux mélangées

LONGITUDE : 15W(345) to 9W(361,1) (XY integ.)  
LATITUDE : 43N to 48N (XY integ.)  
Z : 2 to 3 (summed)  
YEAR : 1990

FERRET Ver. 6.60  
NOW/PMEL TMAP  
Mar 12 2009 14:51:21

DATA SET: h



**Intégrale du volume  
d'eau des couches 2 et 3  
sur l'ensemble du  
bassin en fonction du  
temps.**

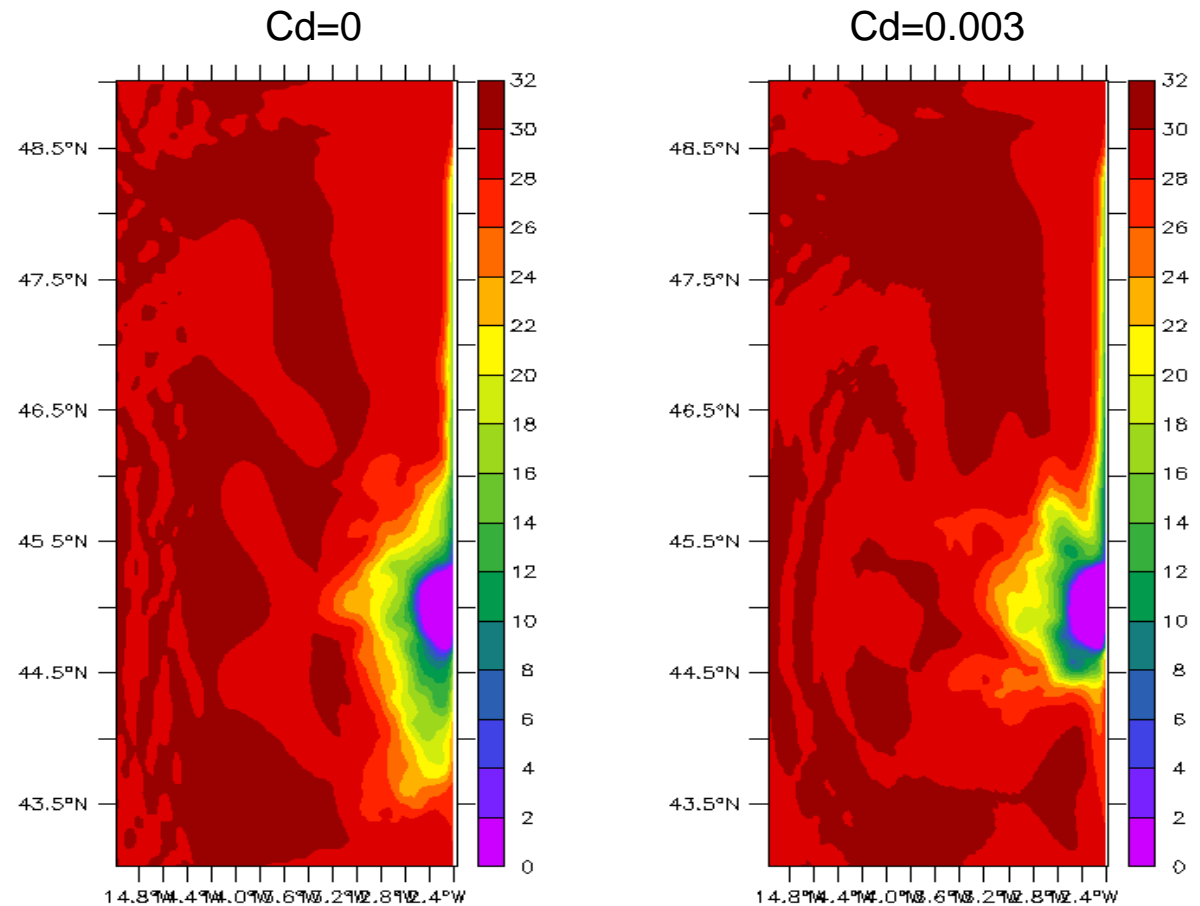
**La turbulence est  
marquée par la non  
linéarité de la courbe.**

## Coefficient de friction au fond $C_d$ propagation des eaux mélangées

- Diminution de la propagation du mélange vers le sud: le frottement diminue la force des vortex, et par conséquent l'effet miroir est moins visible.

- Pas d'effet notable sur les propagations nord et ouest.

- Effet non linéaire

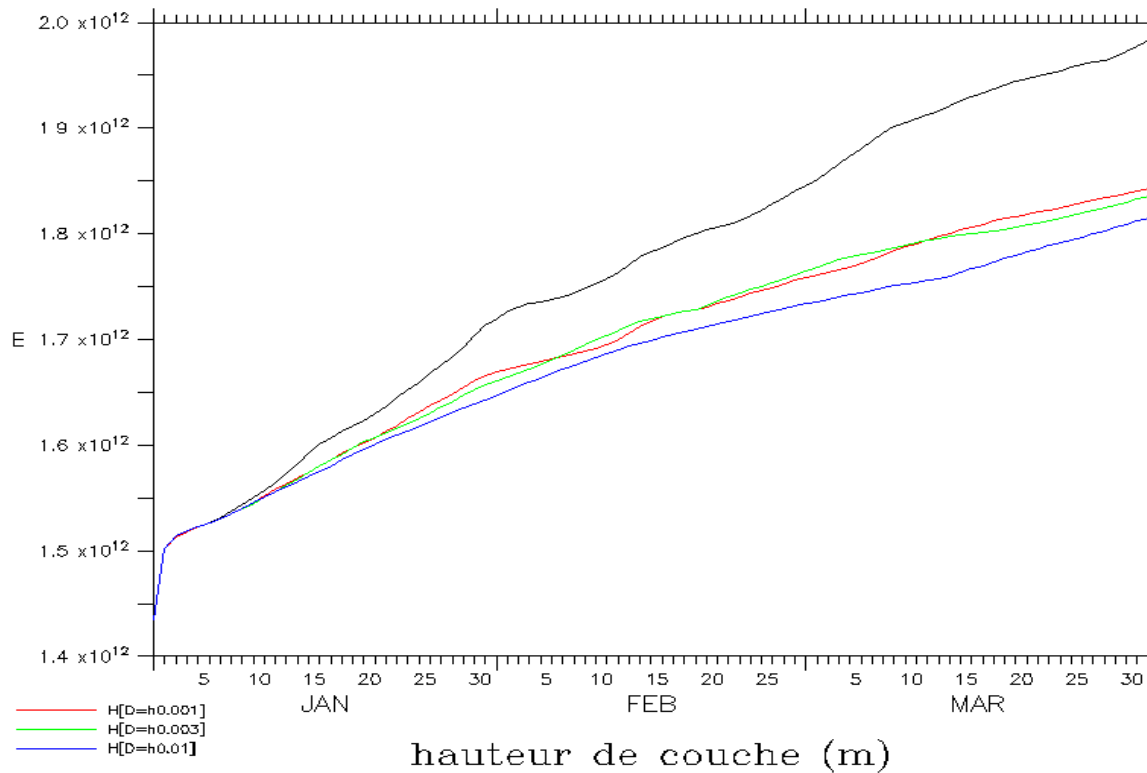


# Coefficient de friction au fond Cd taux de production des eaux mélangées

LONGITUDE : 15W(345) to 12.2W (XY integ.)  
LATITUDE : 43N to 48N (XY integ.)  
Z : 2 to 3 (summed)  
YEAR : 1990

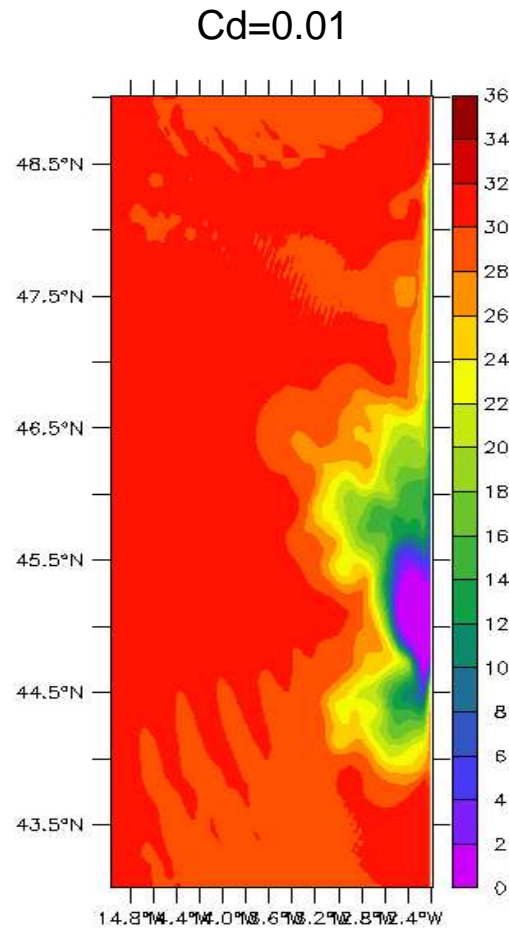
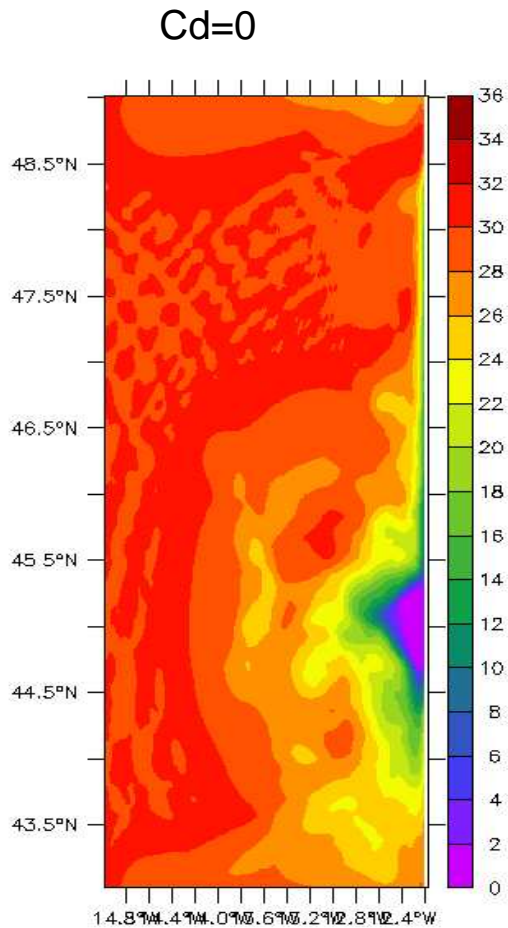
FERRET Ver. 5.60  
NOAA/PMEL TRAP  
Jan 22 2009 08:44:38

DATA SET: h0



- **Nette diminution de la production de mélange lorsque Cd augmente**
- **Effet non linéaire**
- **Lissage dû à la diminution de la turbulence lorsque Cd augmente**

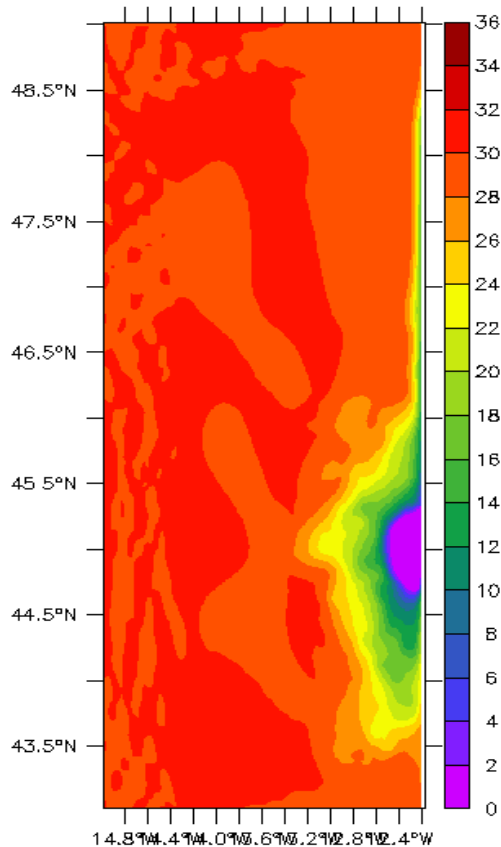
## Coefficient de friction au fond $C_d$ sans pente propagation des eaux mélangées



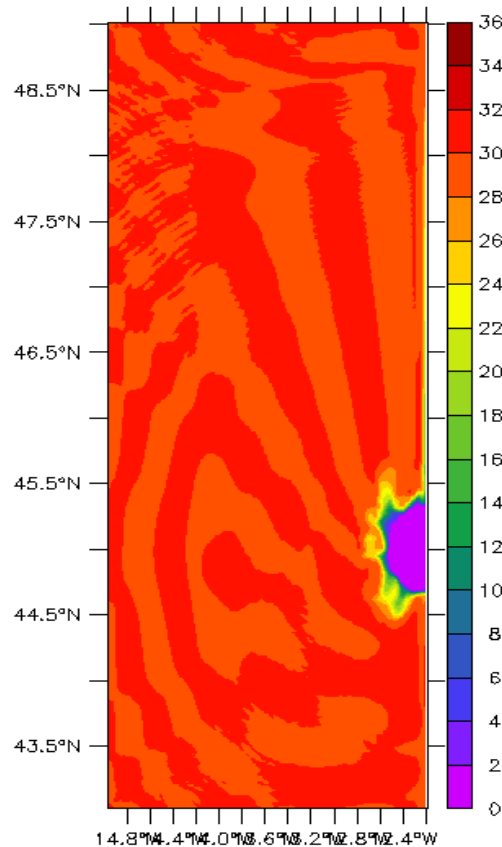
- Orientation du mélange selon un axe Sud-Nord et répartition du mélange dans deux bourrelets de mélange sud et nord.
- Diminution de la propagation vers l'ouest.

# Stratification drho (o/oo) propagation des eaux mélangées

Drho=0.5 o/oo  
(Eté)



Drho=0.05 o/oo  
(Début printemps)



- Diminution isotrope de la propagation de mélange autour de la zone de mélange:  
Le rayon de déformation diminuant, la taille des structures diminue également → moins énergétiques, moins propagatives.
- Rétrécissement de l'épaisseur de l'onde de Kelvin

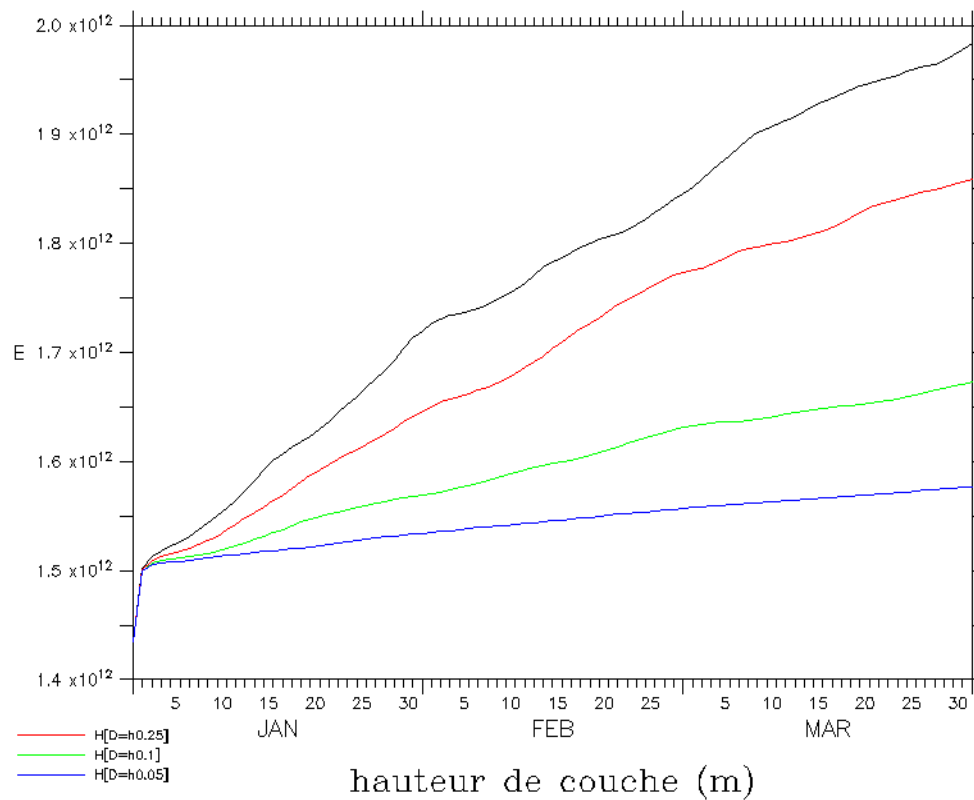


# Stratification drho ( $\sigma/\sigma_0$ ) taux de production des eaux mélangées

LONGITUDE : 15W(345) to 12.2W (XY integ.)  
LATITUDE : 43N to 49N (XY integ.)  
Z : 2 to 3 (summed)  
YEAR : 1950

FERRET Ver. 6.60  
NOVA/PHEL 3/4/97  
Jan 19 2009 09:58:03

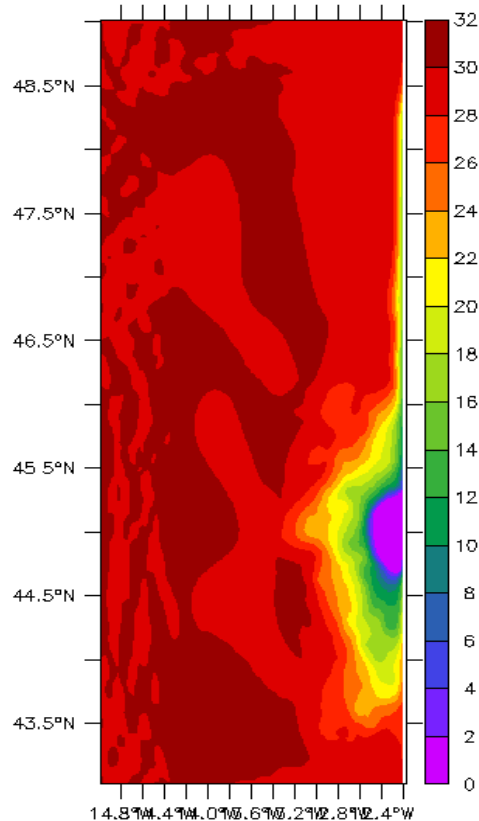
DATA SET: h0.5



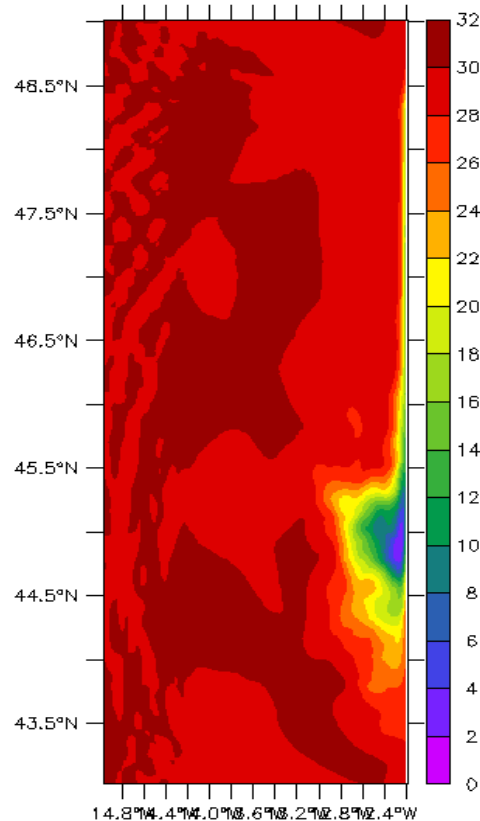
- Nette diminution de la production de mélange lorsque la stratification diminue.
- Diminution de l'effet de l'instabilité sur la dispersion quand la stratification s'affaiblit.

## Coefficient de diffusion verticale $KV0$ ( $m^2/s$ ) propagation des eaux mélangées

$KV0=0.005 m^2/s$  (forts  
coeff de marées)



$KV0=0.0005 m^2/s$  (faibles  
coeff de marées)



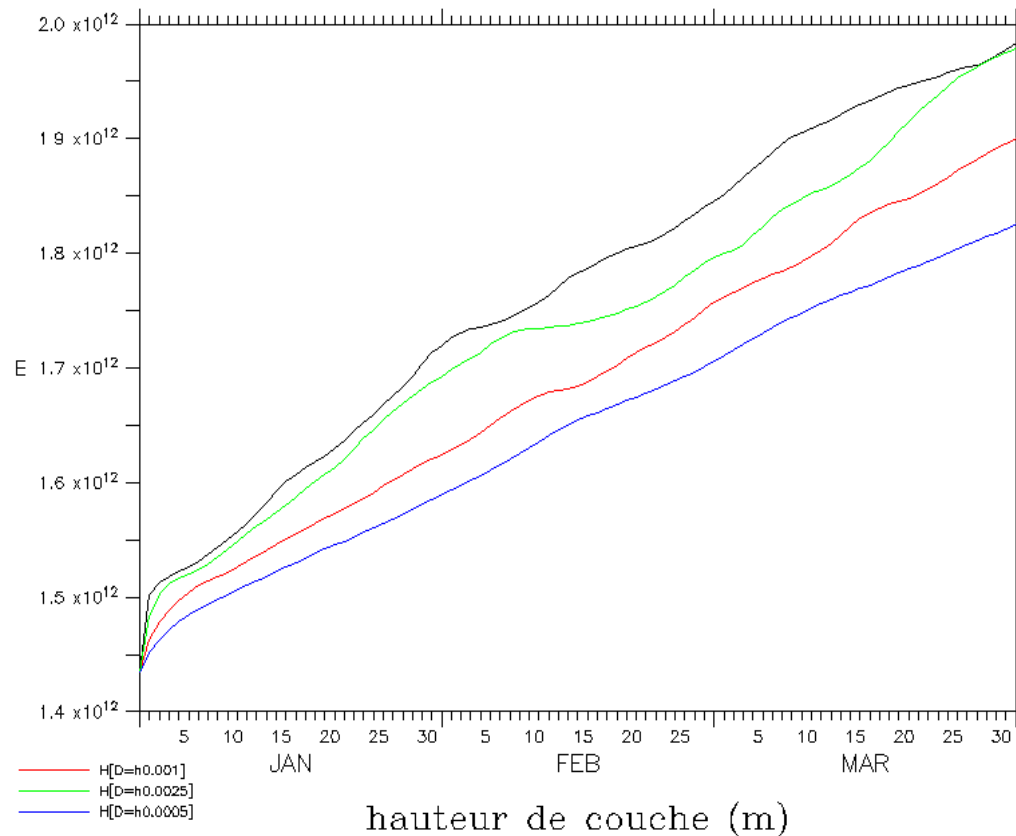
- Le mélange tend à se propager en suivant le même schéma mais avec une intensité dépendant du paramètre  $KV0$ .

# Coefficient de diffusion verticale $KV_0$ taux de production des eaux mélangées

LONGITUDE : 15W(345) to 12.2W (XY integ.)  
LATITUDE : 43N to 49N (XY integ.)  
Z : 2 to 3 (summed)  
YEAR : 1950

FERRET Ver. 6.00  
NOAA/PHIL TRAF  
Mar 4 2008 08:46:02

DATA SET: h0.005



- **Nette diminution de la production de mélange lorsque  $KV_0$  décroît.**
- **Effet notable de la turbulence sur le taux de production.**
- **Diminution de l'instabilité quand  $KV_0$  décroît.**
- **Résultats à prendre avec précaution:  $Kv_0$  insuffisant pour établir un brassage total dans la zone de mélange.**

## Prospectives



---

- **Quantifier les effets des modifications des différents paramètres.**
- **Affiner la compréhension et l'identification des effets de certains mécanismes.**
- **Confronter les résultats obtenus aux observations.**
- **Passer à une configuration plus réaliste en utilisant HYCOM.**