

# Etudes du courant Oyashio par le modèle ROMS



MODÉLISATION RÉGIONALE 3D



**GIANNESINI Laëtitia**

# SOMMAIRE



- 1. Introduction**
- 2. Matériel et méthode**
  - 1. Zone et courant étudié**
  - 2. La modélisation numérique : ROMS**
- 3. Implémentation du modèle**
  - 1. Création de la grille, forçage et pas de temps**
  - 2. Diagnostiques du modèle**
- 4. Résultats**
- 5. Discussion et conclusion**

# 1. Introduction

# 1. Introduction



- **Oyashio : courant froid** (transporte des eaux Arctiques) (5 °C en hiver, 10 à 15 °C en été) du Pacifique occidental, s'écoulant depuis les mers de Béring et d'Okhotsk en longeant les arcs insulaires des Kouriles et du Japon.
- Eaux du courant Oyashio : **extrêmement riches** en éléments nutritifs —→ exploitées par les pêcheries.
- Cette étude envisage de relier **l'écoulement du courant Oyashio et la formation de blooms phytoplanctoniques printaniers**.

# 1. Introduction

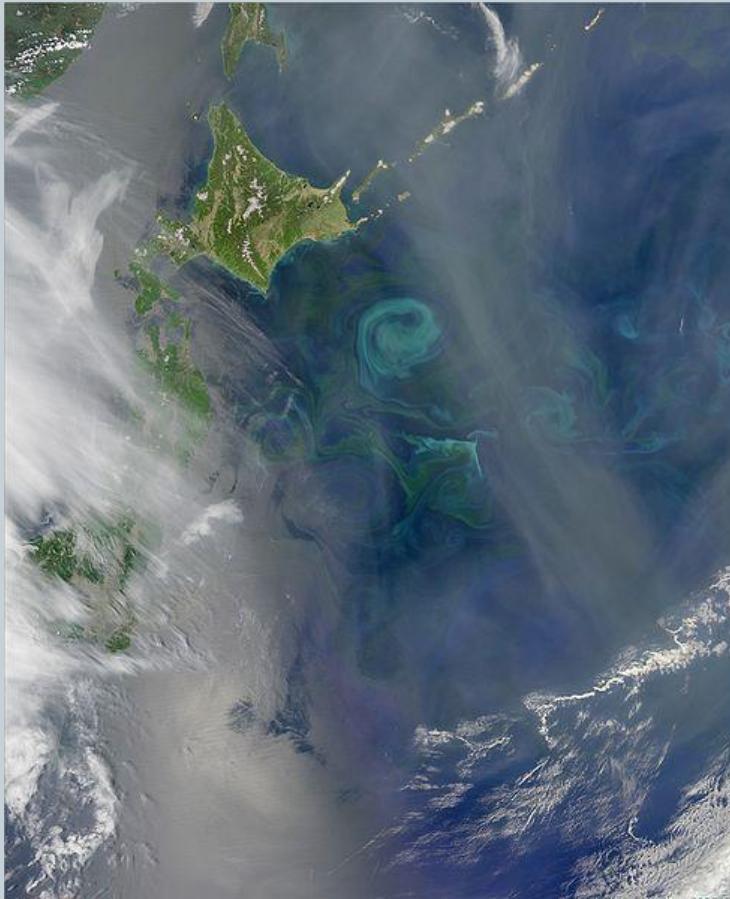


Fig.1 Bloom phytoplanctonique permettant la visualisation d'un tourbillon

## **2. Matériel et méthode**

## 2.1. Zone et courant étudié

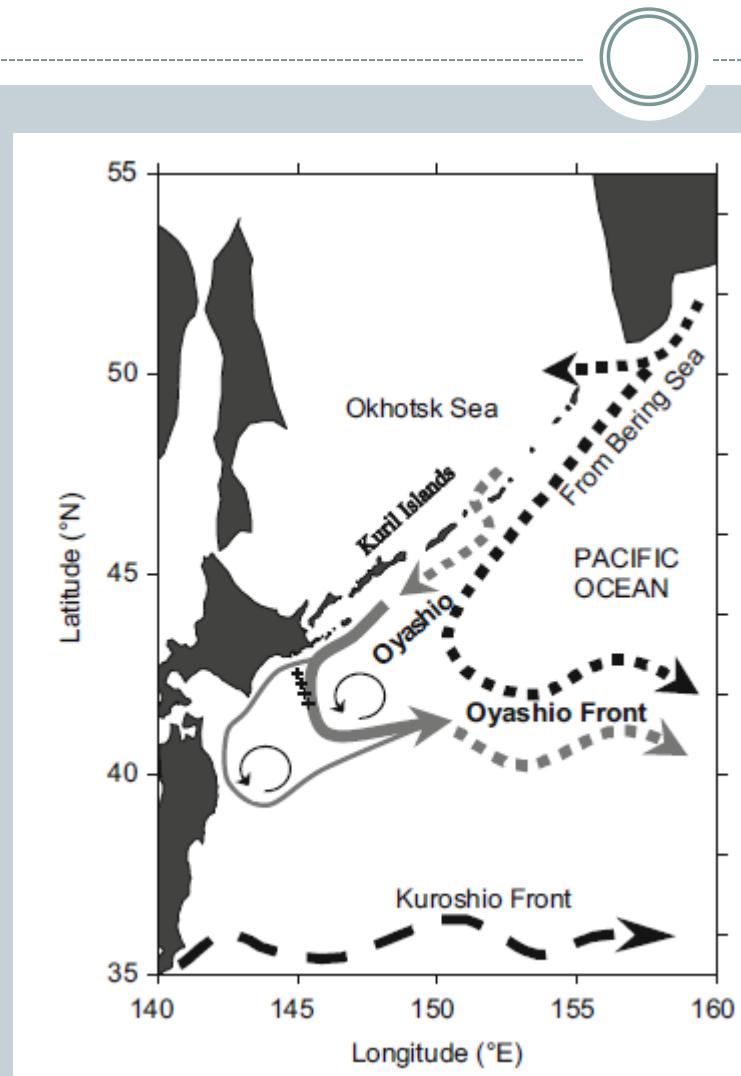


Fig.3 Différents fronts

## 2.2. La modélisation numérique : ROMS



- ROMS, SYMPHONIE et POM : **modèles tridimensionnels** se basant sur la résolution d'un certain nombre **d'équations dites primitives**.
- Ces équations sont ensuite discrétisées en utilisant une **maille de calcul (Arakawa-C)**.
- **Hypothèses simplificatrices** : approximation de Boussinesq, approximation hydrostatique, incompressibilité.
- Termes dits de « **fermeture de la turbulence** ».

## 2.2. La modélisation numérique : ROMS



### Equation du mouvement

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

### Equation de conservation de la salinité

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} S = -\frac{\partial \overline{(S'u')}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{(S'v')}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{(S'w')}}{\partial z}$$

### Equation de continuité

$$\operatorname{div} U = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

### Equation de conservation de la température

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

### Equation d'état de l'eau de mer

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

- **Ajout à ces équations :**

- Equations fermetures

- Conditions aux frontières

- Conditions aux limites

**→** fermeture du systèmes d'équations

## 2.2. La modélisation numérique : ROMS



- **Discrétisation :**
  - Spatiale
    - Grille Akarawa-C décalée sur l'horizontale
    - Coordonnées sigma sur la verticale
  - Temporelle
    - *Time splitting* (séparation du pas de temps)
- Critère **CFL** (Courant-Friedrichs-Levy)

# 3. Implémentation du modèle

# 3.1. Création de la grille, forçage et pas de temps

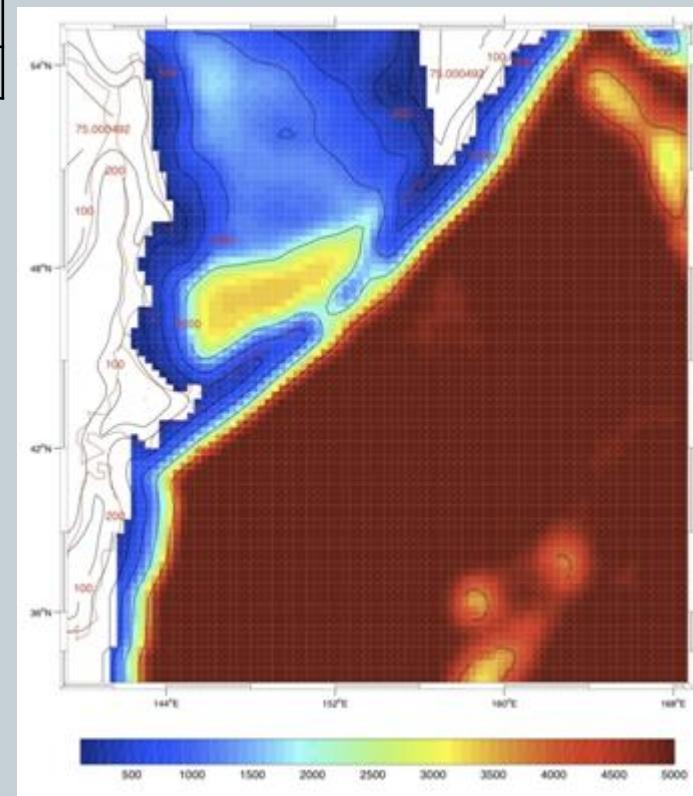


## 1 : Choix des coordonnées

Coordonnées de la zone d'étude Oyashio (en degré)	
Lon. Min	139
Lon. Max	169
Lat. Min	33
Lat. Max	55

2 : Modification de la résolution (ici 1/3) et fermeture/ouverture des frontières

3 : *make\_grid.m* : crée la grille et affiche figure de bathymétrie



### 3.1. Création de la grille, forçage et pas de temps



4 : conditions initiales et forçages :

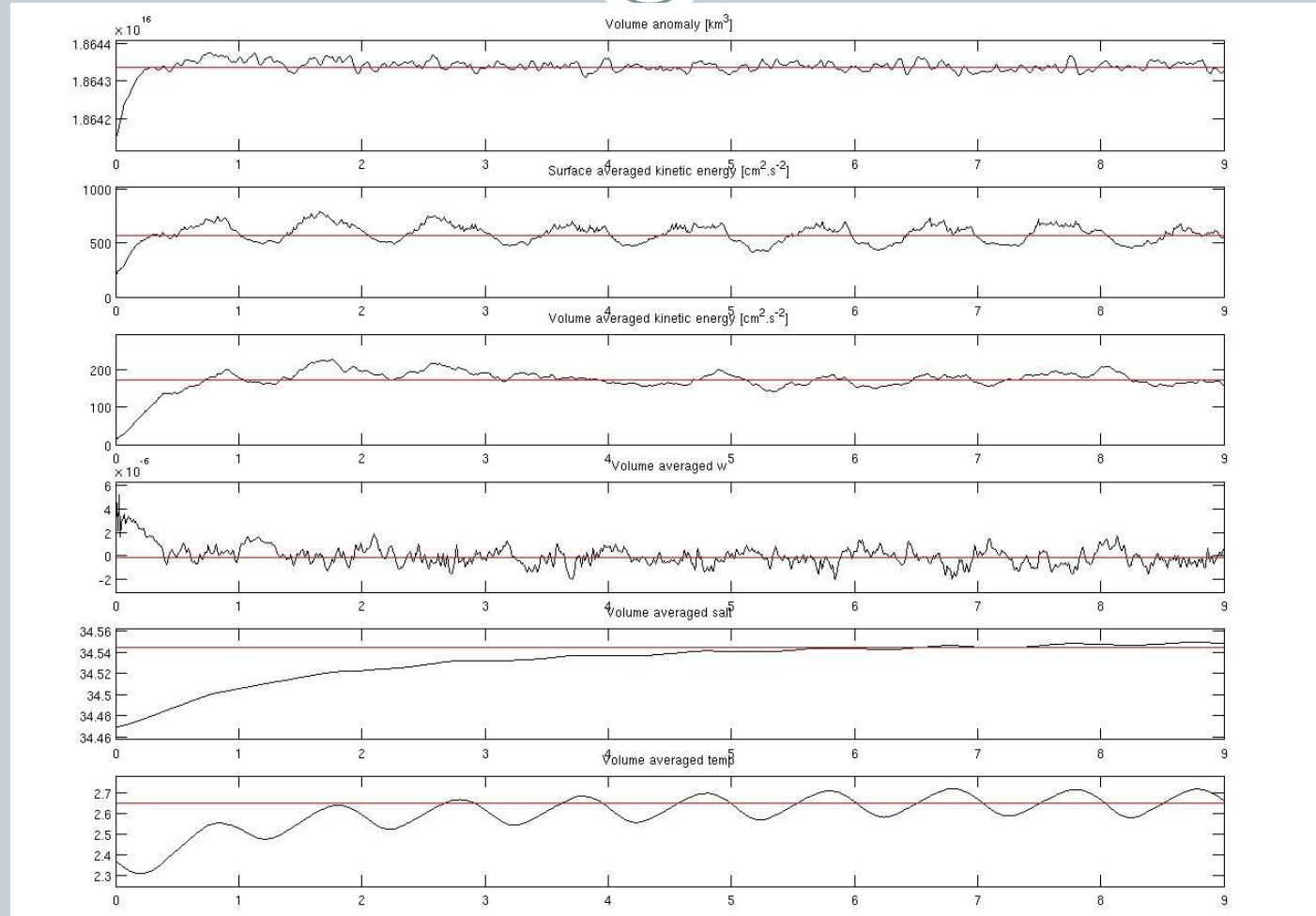
*make\_clim.m*

*make\_forcing.m*

5 : critères CFL

Taille de la grille	
LLm	299
MMm	311
Pas spatial	
Dxmin / Dxmax	6.3672 km / 9.3204 km
Dymin / Dymax	6.3809 km / 9.3159 km

## 3.2. Diagnostiques du modèle



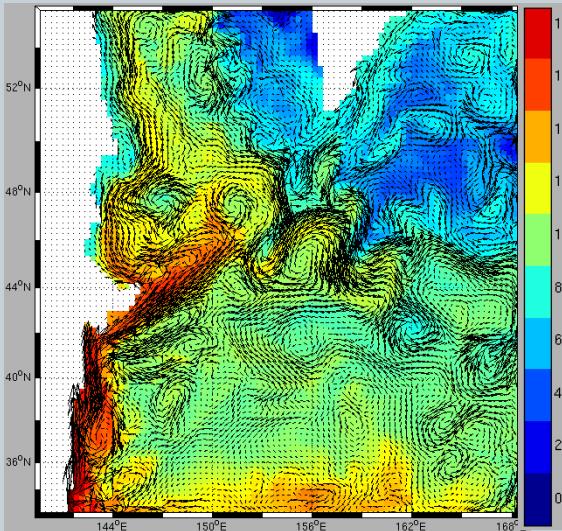
## 3.2. Diagnostiques du modèle



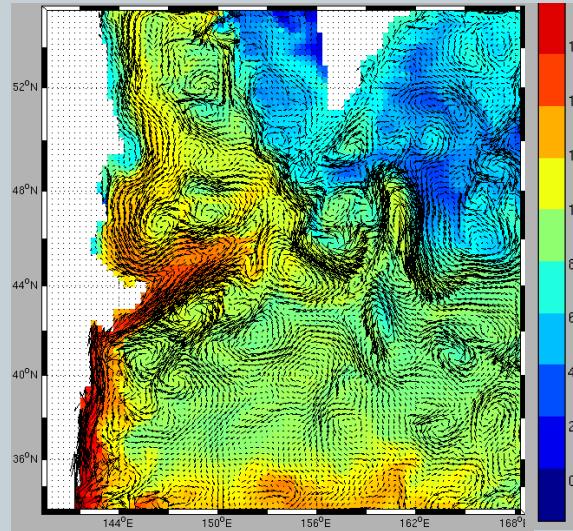
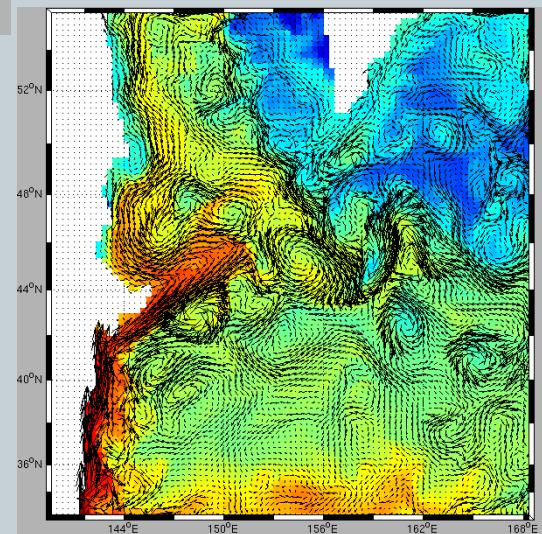
- Année utilisée : **10**
- **Modélisation des mois de février, mars et avril** : mise en évidence du lien entre eaux Oyashio et bloom phytoplactonique

# 4. Résultats

# 4. Résultats

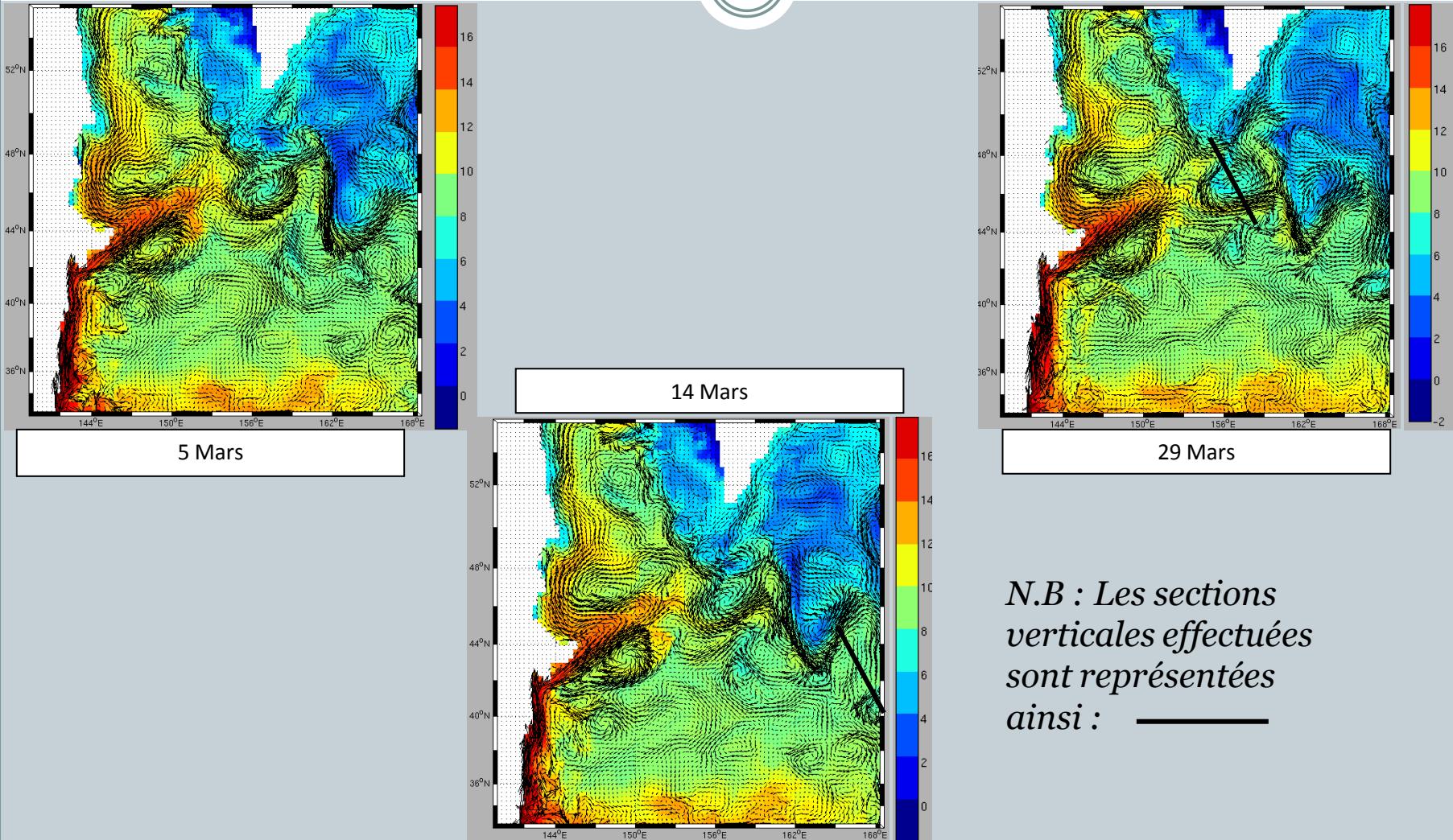


17 Février



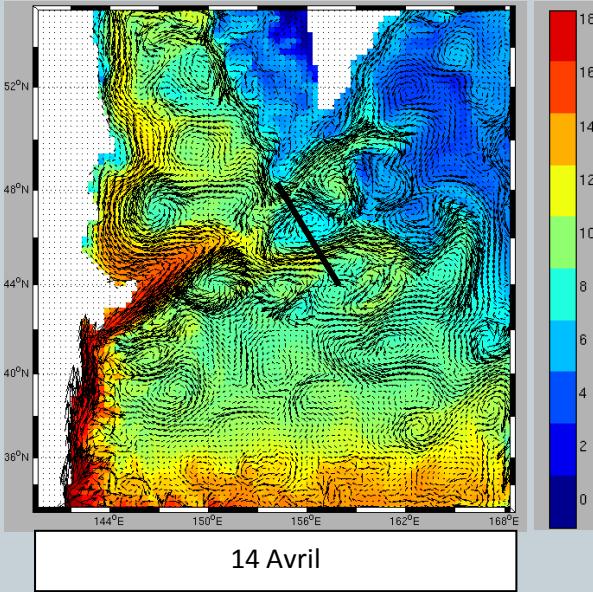
26 Février

# 4. Résultats

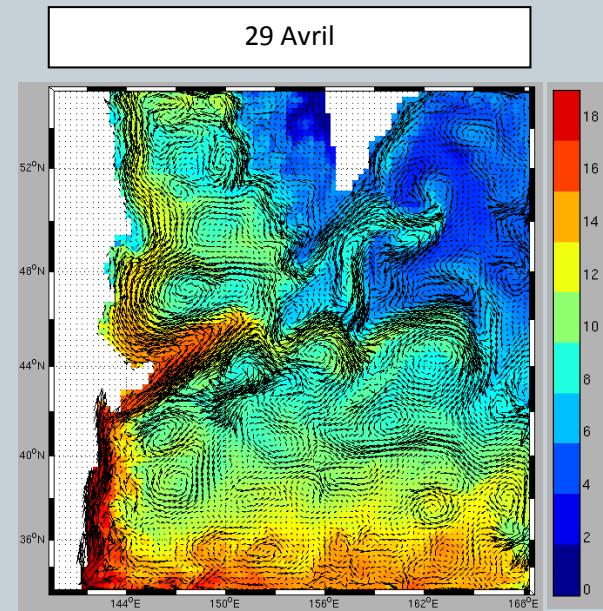


*N.B : Les sections verticales effectuées sont représentées ainsi : —*

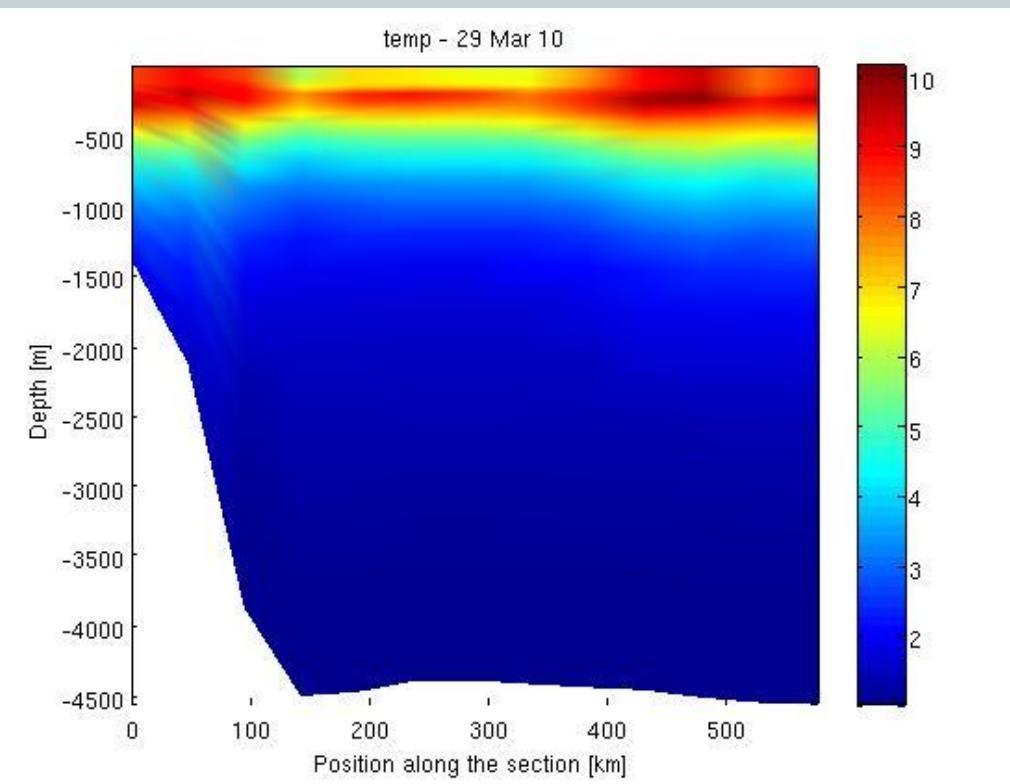
# 4. Résultats



Ici, on peut remarquer qu'effectivement, les masses d'eaux froides deviennent de plus en plus importante autour de l'arc insulaire et se décale vers le Sud Ouest. La température diminue peu à peu et le tourbillon d'eau froide se maintiennent.



# 4. Résultats

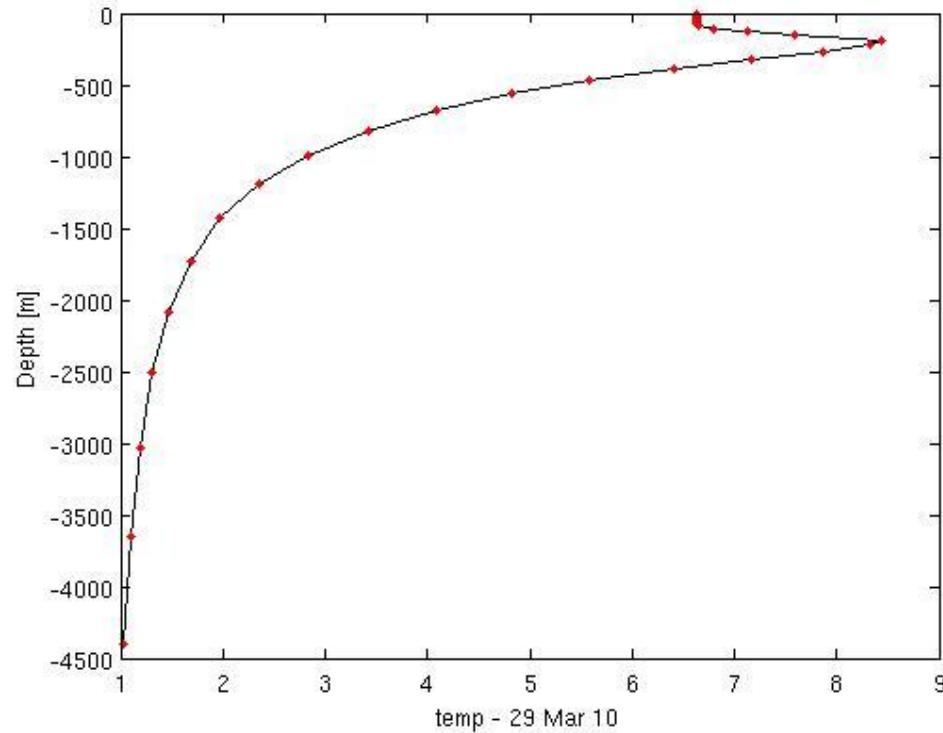


Section vertical d'un tourbillon le 29 Mars

## 4. Résultats

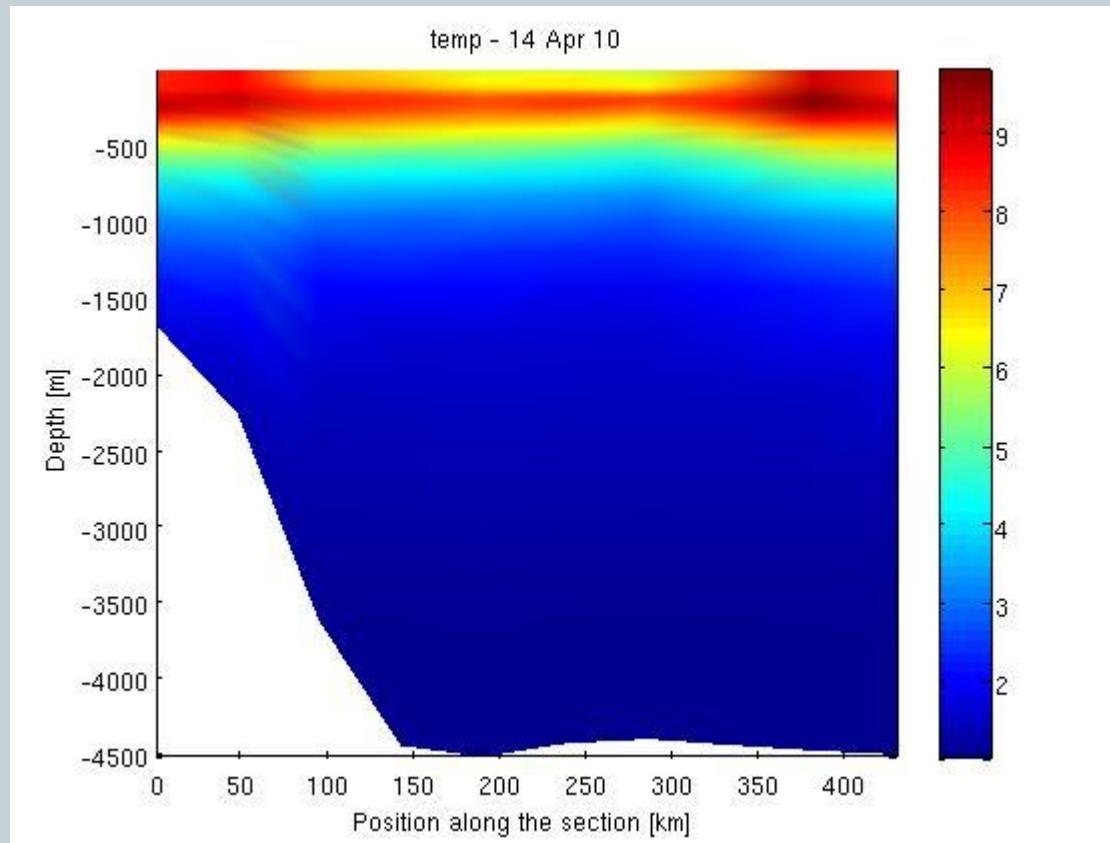


Sur les profils verticaux et les sections des tourbillons, on voit très nettement la rencontre entre deux masses d'eau, puisque la température de surface et plus faible qu'à 500 mètres.



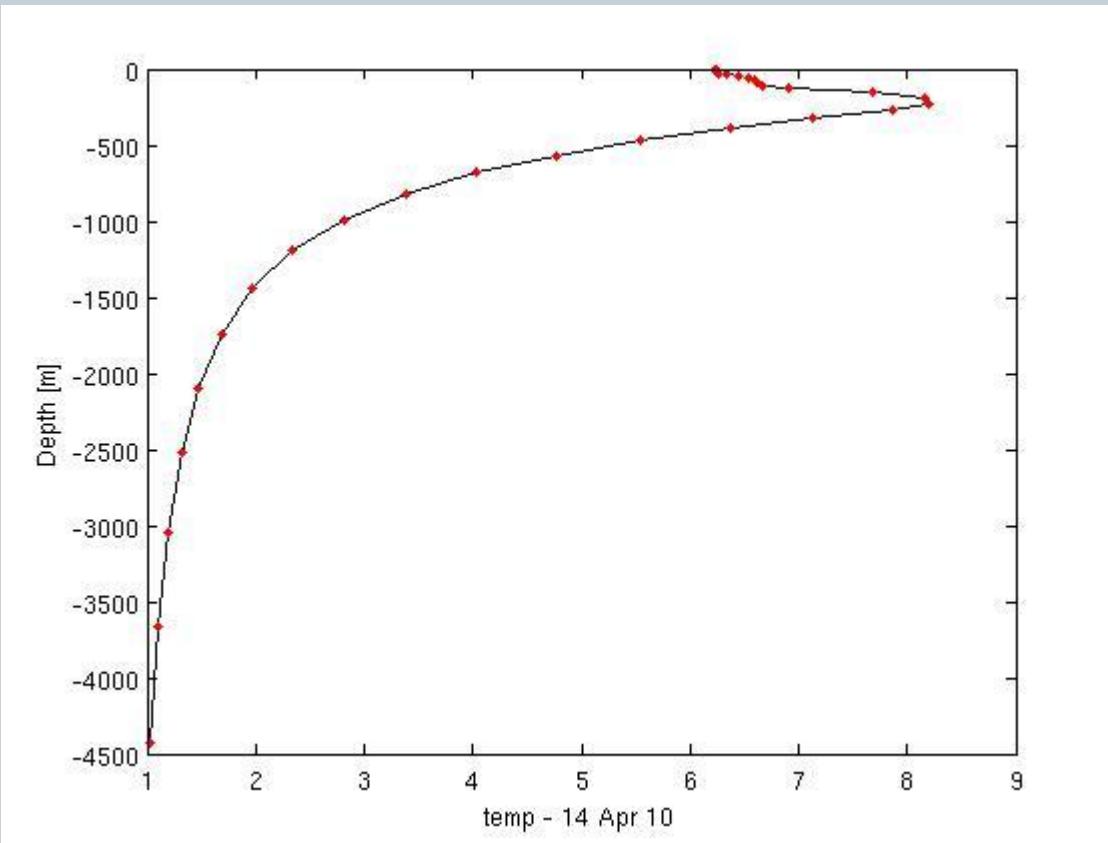
Profil vertical d'un tourbillon le 29 Mars

# 4. Résultats



Section verticale d'un tourbillon le 14 Avril

# 4. Résultats



Profil vertical d'un tourbillon le 14 Avril

## 5. Discussion et conclusion

## 5. Discussion et conclusion



- La publication de T.Kono et M.Sato envisage de mettre en évidence la **responsabilité d'Oyashio dans le bloom phytoplanctonique printanier d'Hokkaido.**
- Les eaux riches sont apportées par Oyashio, puis sous l'influence du courant, **le bloom se décale** au Sud Ouest, à Hokkaido.
- Sur les simulations effectuées, on constate effectivement un **déplacement des tourbillons** piégeant l'eau froide.
- L'article contient un graphique intéressant illustrant **la relation entre la température des masses d'eaux et la quantité de chlorophylle a**. Le bloom phytoplanctonique a lieu quand la température de l'eau est la plus basse (4 ou 5°), entre le 5 et la 11 Avril.
- Un léger pic apparaît peu après le 16 Avril tandis que la température de l'eau avoisine 8°, mais les auteurs ne peuvent l'expliquer.

## 5. Discussion et conclusion

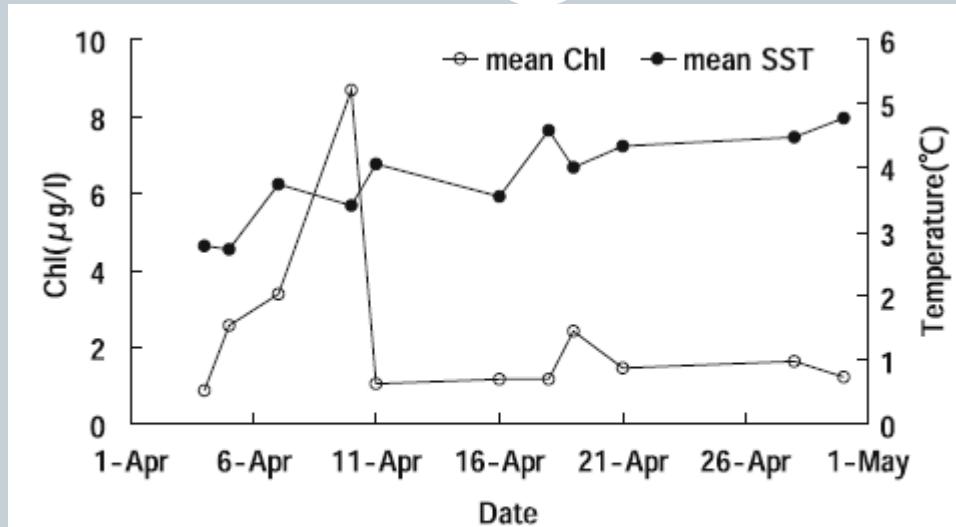


Fig. 4. Mean satellite estimates of SST (white circles) and chlorophyll *a* concentration (black circles) over the area within  $41^{\circ}30' - 42^{\circ}30' \text{N}$  and  $144^{\circ}30' - 146^{\circ} \text{E}$  around St.A5 for daily images in April.

- Une **hypothèse** serait que les masses d'eau se **mélagent** sur la verticale, entraînant ainsi une augmentation de la température et un **enrichissement** en éléments nutritifs des couches d'eau sous jacentes.

## 5. Discussion et conclusion



- Près d'Hokkaido, les tourbillons et autres mouvements des eaux sont très intenses. De plus, selon l'article, il s'agit **d'une zone de rencontre entre plusieurs masses d'eaux différentes** :
  - Coastal Oyashio Water (COW)
  - Oyashio Water(OYW), froide et salée
  - Modified Kuroshio Water(MKW), chaude et sale
- Ces masses d'eaux, en raison de la zone d'étude et de la précision du modèle, ne sont pas clairement visible ici.
- De plus, il existe dans cette zone un **pompage d'Ekman** important.
- Ainsi, une des améliorations à envisager serait de **centrer l'étude** prochaine sur la région d'Hokkaido afin de pouvoir analyser cette zone de mélange. La présence de trois masses d'eaux différentes nécessiterait une **modélisation précise de la température mais aussi de la salinité**.

## 5. Discussion et conclusion



- De plus, l'analyse prochaine saurait être complétée **de données mesurées *in situ*** comme la concentration en **fer**. En effet, il est stipulé dans l'article qu'une décroissance du phytoplancton a lieu fin Avril, alors que la concentration en nutriments est importante.
- Il s'agit donc d'un facteur biogéochimique secondaire inhibant la continuité du bloom phytoplanctonique.
- Ainsi, une autre amélioration envisageable de ROMS serait **l'ajout d'une base de donnée contenant des mesures biogéochimiques**, afin de pouvoir coupler dans la même modélisation analyse physique et chimique.