



# MODELISATION DE LA CIRCULATION OCEANIQUE AUTOUR DES ÎLES D'HAWAII

## I- INTRODUCTION

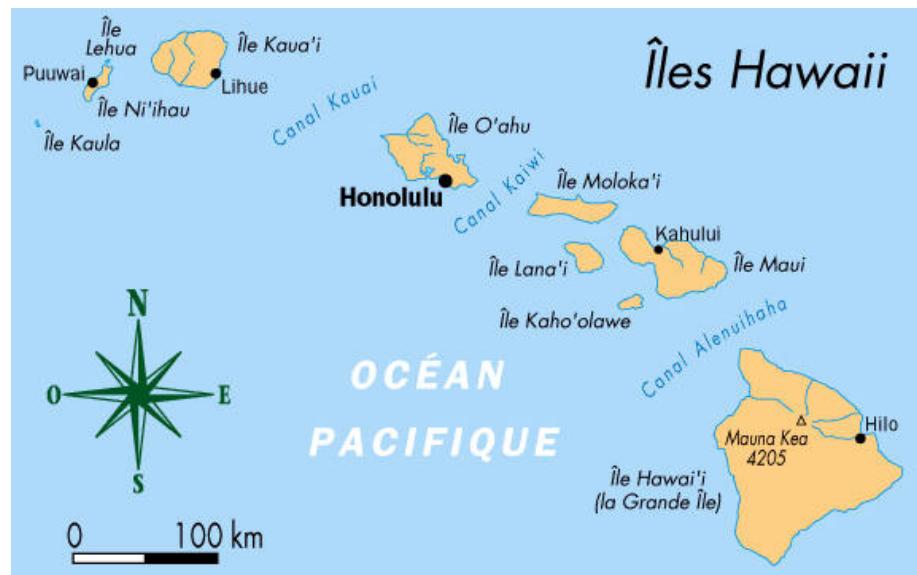
→ **Utilisation du modèle ROMS**

→ **Dynamique complexe**

→ **OBJECTIFS :**

- **Analyse du climat + Circulation océanique**  
→ **Etude des variations de température et de salinité**
- **Modélisation du tourbillon cyclonique OPAL**

## → Caractéristiques de la zone d'étude



- Longitude :  $154^{\circ}40' - 162^{\circ}W$
- Latitude :  $16^{\circ}55' - 23^{\circ}N$
- Plus longue chaîne d'île au monde (2451 km de long)
- Topographie élevée
- Climat de type tropical

## II- Modèle ROMS

- **Équations résolues par le modèle**
- **Discrétisation des équations**
- **Données**
- **Implémentation du modèle pour l'archipel d'Hawaii**

## → Equations résolues par le modèle

$$\frac{\partial u}{\partial t} + U \cdot \nabla u - fv = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + A_h \nabla_h^2 u + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad \rho = \rho(T, S, z)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + U \cdot \nabla v + fu = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + A_h \nabla_h^2 v + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad \operatorname{div} U = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

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

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

**Système de 5 équations**

- + Equations de fermeture
- + Conditions aux frontières
- + Conditions aux limites
- = Système d'équations fermées

## → Discrétisation des équations

- Discrétisation spatiale :

**Grille Arakawa C sur l'horizontale**

**Grille sigma sur la verticale**

- Discrétisation temporelle :

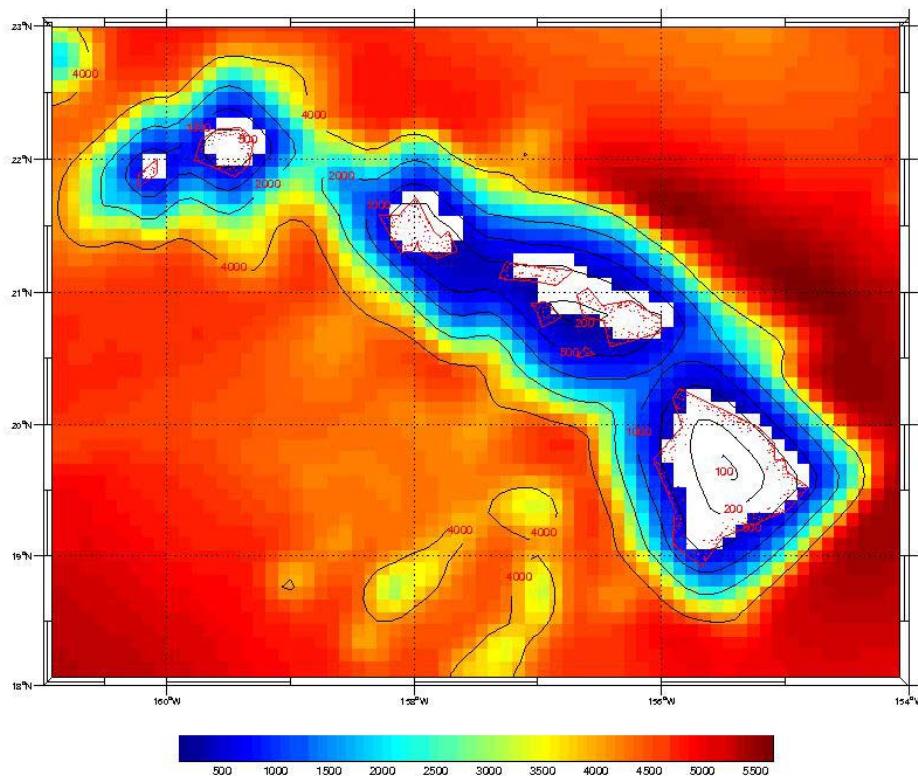
**Séparation du pas de temps (Time splitting)**

- Critère de stabilité du type CFL (Courant-Friedrichs-Lovy)

## → Les données

- COADS : Données de forçage en surface
- WOA : Données de température et de Salinité

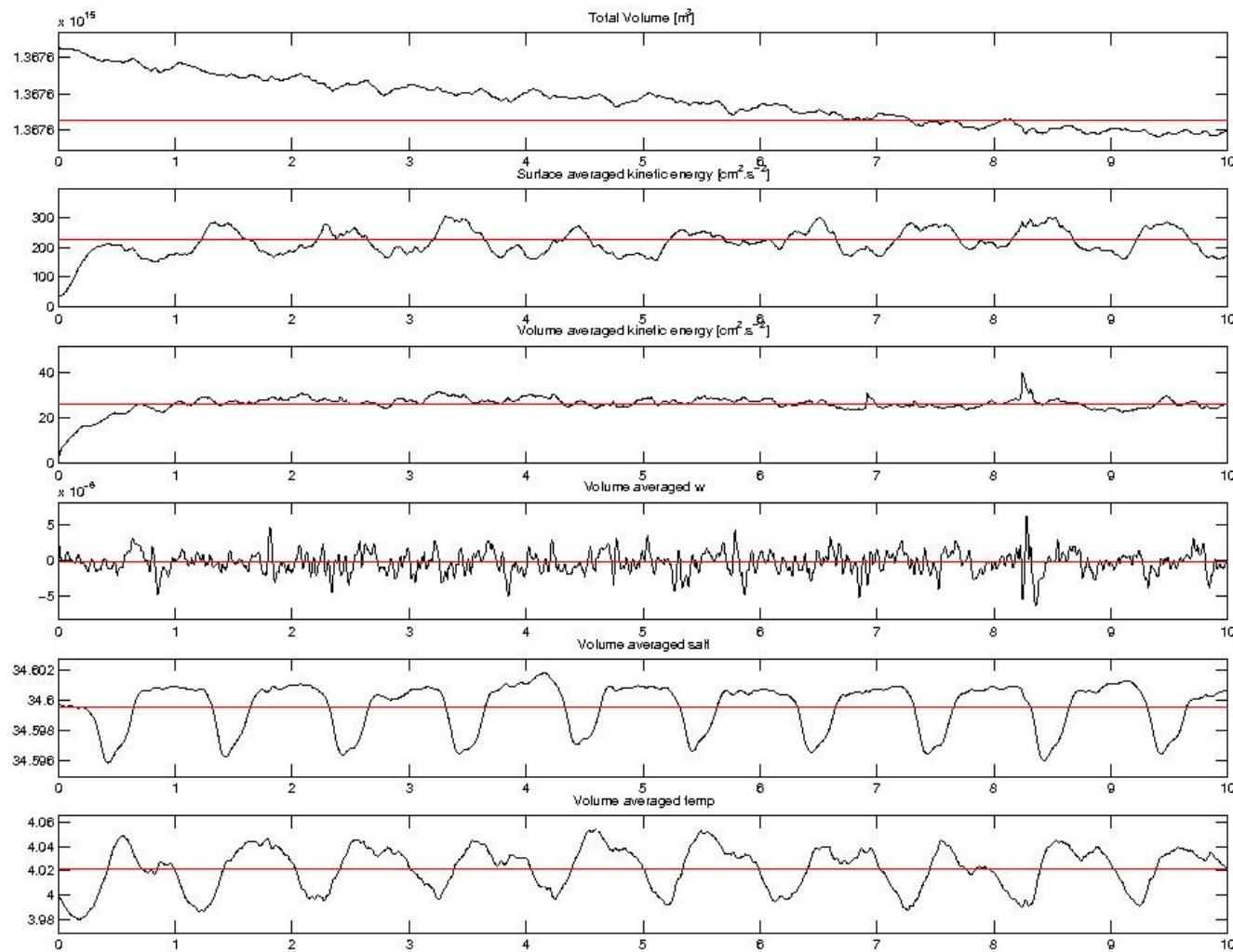
## → Implémentation du modèle



- Calcul du pas de temps interne et externe  
Script *ad\_cfl.m* →  $\Delta t_i=720s$ ,  $\Delta t_e=12s$

- Construction de la grille :  
 $\text{Lonmin}=154^\circ\text{W}$  -  $\text{Lonmax}=161^\circ\text{W}$   
 $\text{Latmin}=18^\circ\text{N}$  –  $\text{Latmax}=23^\circ\text{N}$   
Frontières ouvertes : Nord, Sud, Est, Ouest  
Résolution :  $dl=1/10^\circ$   
Script *make\_grid.m* → Figure de la bathymétrie + paramètres de la grille  
 $L=70$ ,  $M=54$ ,  $N=32$
- Mise en place des forçages et des conditions initiales :  
Script *make\_forcing.m* et *make\_clim.m*

- Diagnostic du modèle :



## III- RESULTATS

### → Etude saisonnière de T et S

Climat tropical Hawaïen

Circulation océanique régional

### → Modélisation du tourbillon Opal

Mécanisme de formation de ce tourbillon

Simulations effectuées

Comparaison des résultats avec une publication

## → Etude saisonnière de T et S

- Caractéristiques du climat Hawaïen

**Température douce toute l'année**

**Humidité modérée**

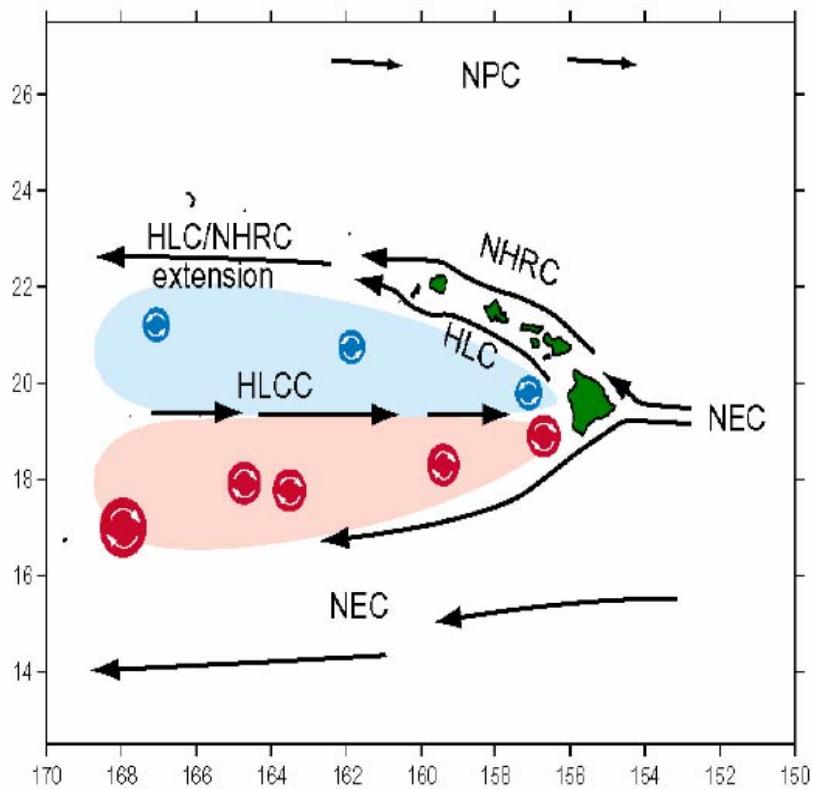
**→ Variation temporelle du climat faible**

**Présence persistante de l'Alysée du Nord**

**Séparation climatique entre la côte Est (au vent) et la côte Ouest (sous le vent)**

**→ Variation spatiale du climat importante**

## • Circulation océanique régionale

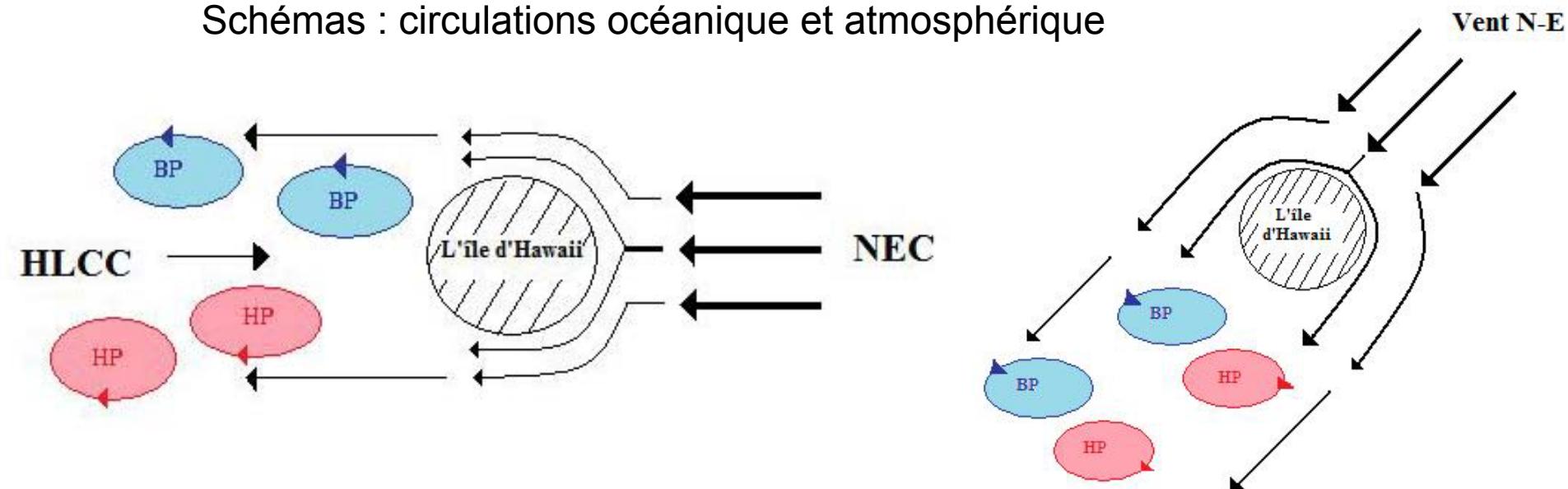


Lumpkin (1998)

- Séparation du NEC au niveau de l'île d'Hawaii
- Séparation du flux atmosphérique identique
- Présence d'île ➔ Perturbation des circulations atmosphérique et océanique

## ➤ Mécanisme de formation de ces tourbillons

Schémas : circulations océanique et atmosphérique



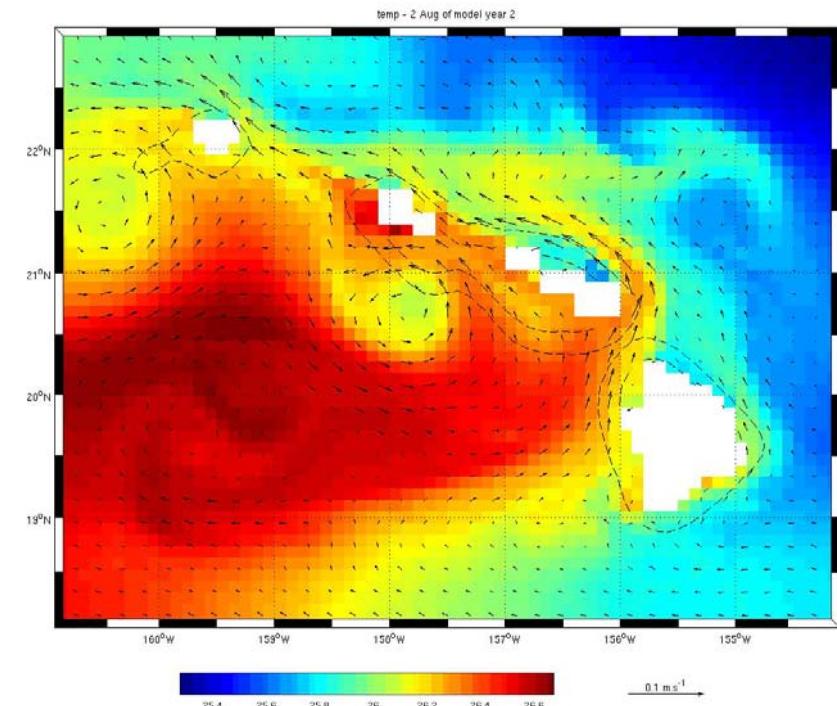
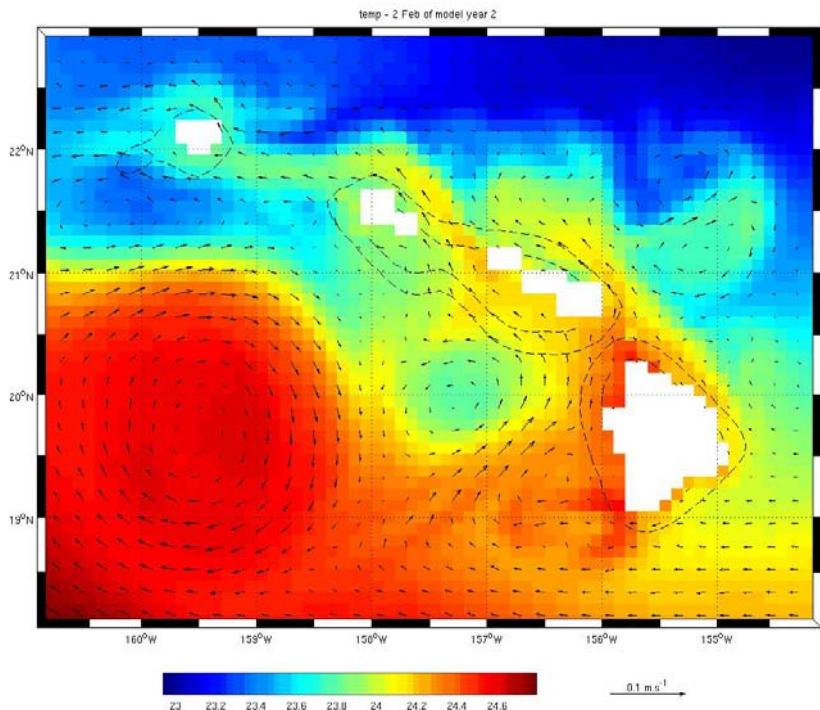
Comparaison avec l'écoulement d'un fluide laminaire avec un nombre de Reynolds élevé au niveau d'un obstacle fixe

$$Re = \frac{U \cdot d}{\nu}$$

u: Vitesse du courant Nord équatorial (m/s)  
d: diamètre l'île d'Hawaii (m)  
v: Viscosité turbulente (m<sup>2</sup>/s)

$$Re = \frac{3 \cdot 10^{-1} * 10^5}{10^{-2}} = 3 \cdot 10^2$$

- Evolution de la température



Température de surface au mois de Février

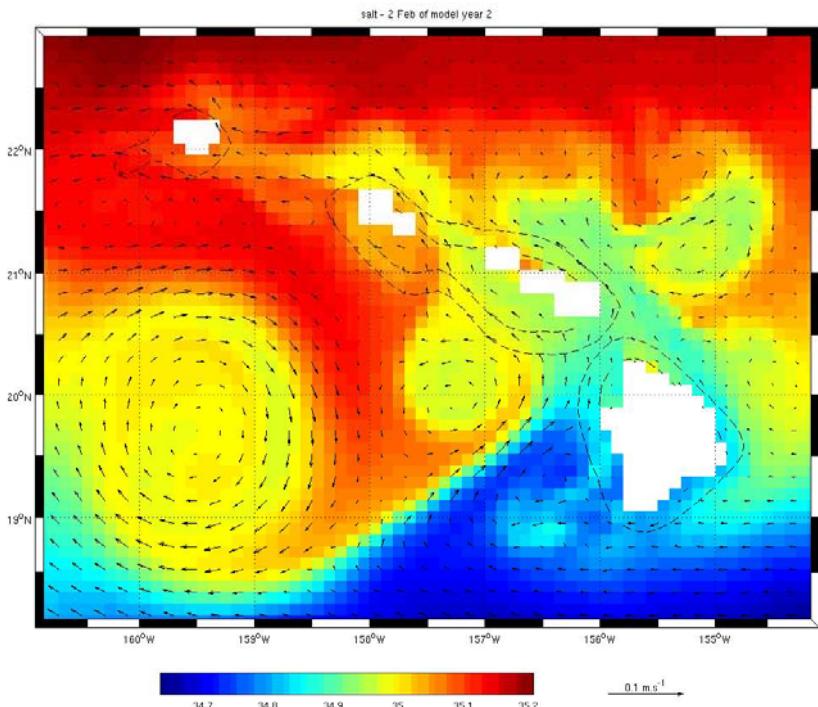
Température de surface au mois d'Aout

**Variations saisonnières :  $23 < T < 24,7^\circ\text{C}$  (février)  $25,3 < T < 26,6^\circ\text{C}$  (aout)**

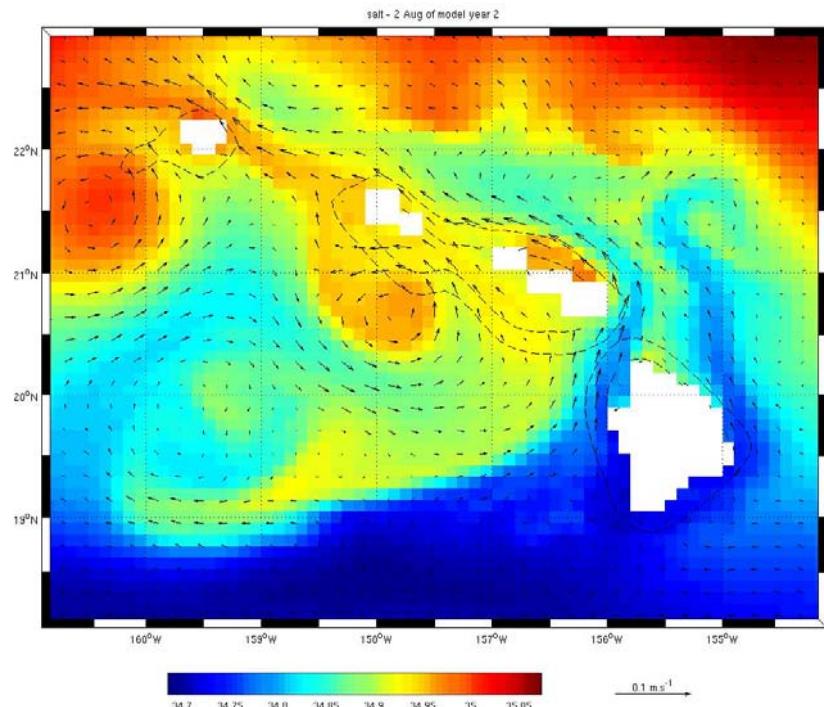
**Variations spatiales entre les eaux bordant le versant au vent et sous le vent : Différence de  $1^\circ\text{C}$**

**Influence des tourbillons cycloniques et anticycloniques**

- Evolution de la salinité



Salinité de surface au mois de Février



Salinité de surface au mois d'Aout

Variations saisonnières :  $34,7 < S < 35,1$  (février/aout)

Diminution Alysée Nord l'été → augmentation de la pluviométrie

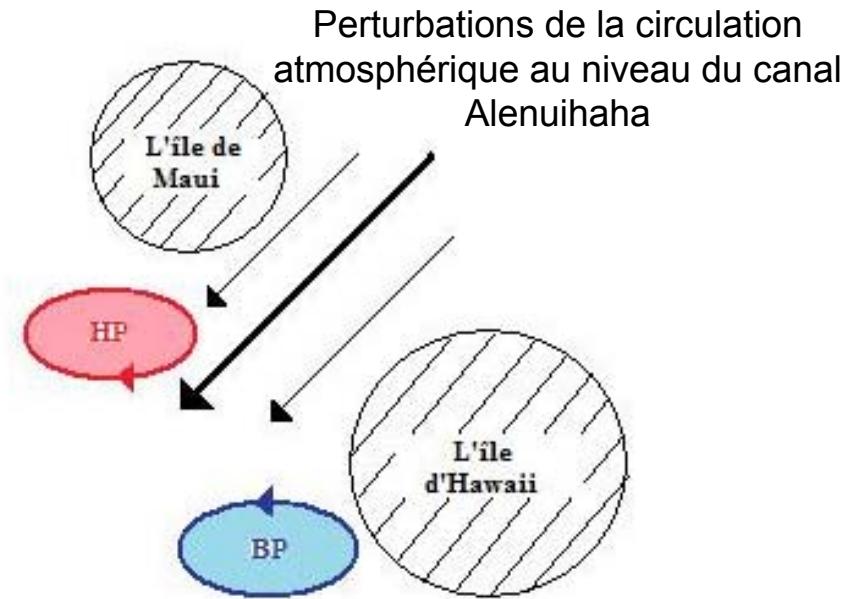
Variation spatiale entre les eaux bordant la ville d'Hilo (=35) et la ville d'Honolulu (=34,8)

Influence des tourbillons

# → Modélisation du tourbillon Opal

- Mécanisme de formation de tourbillon

- Accélération du vent → instabilités
- Vent+Effet de Coriolis → Transport des eaux de surface → phénomènes de divergence et de convergence (Théorie d'Ekman)



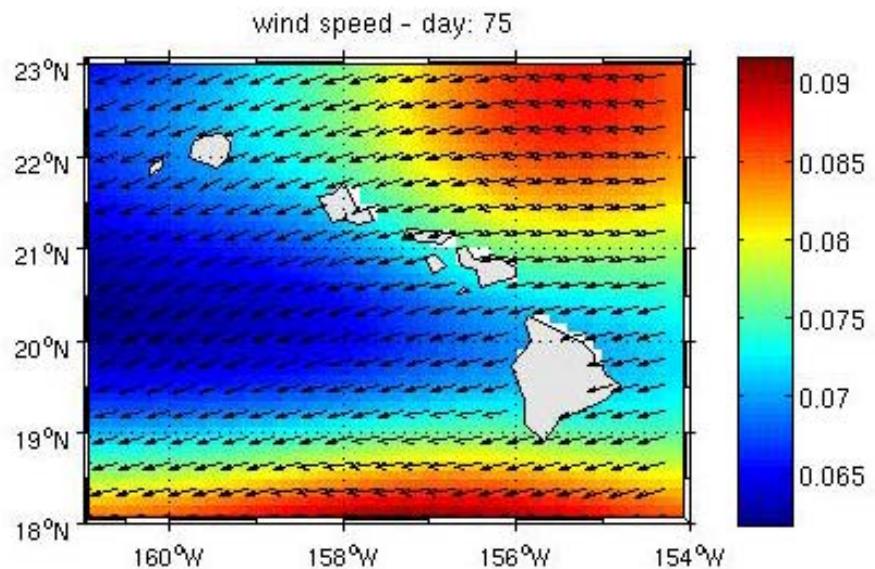
- Mécanisme de formation de tourbillon autour d'îles : Accélération du vent lors de son passage entre deux îles accolées (Smith & al., 1993)
- Le tourbillon cyclonique OPAL est généré pendant des conditions de fortes et persistantes rafales de vent du Nord-est accélérées au niveau du canal Alenuihaha (Dickey & al., 2008)

- Simulations effectuées

## 1- Implémentation du modèle décrite précédemment

Données de forçage du modèle : COADS

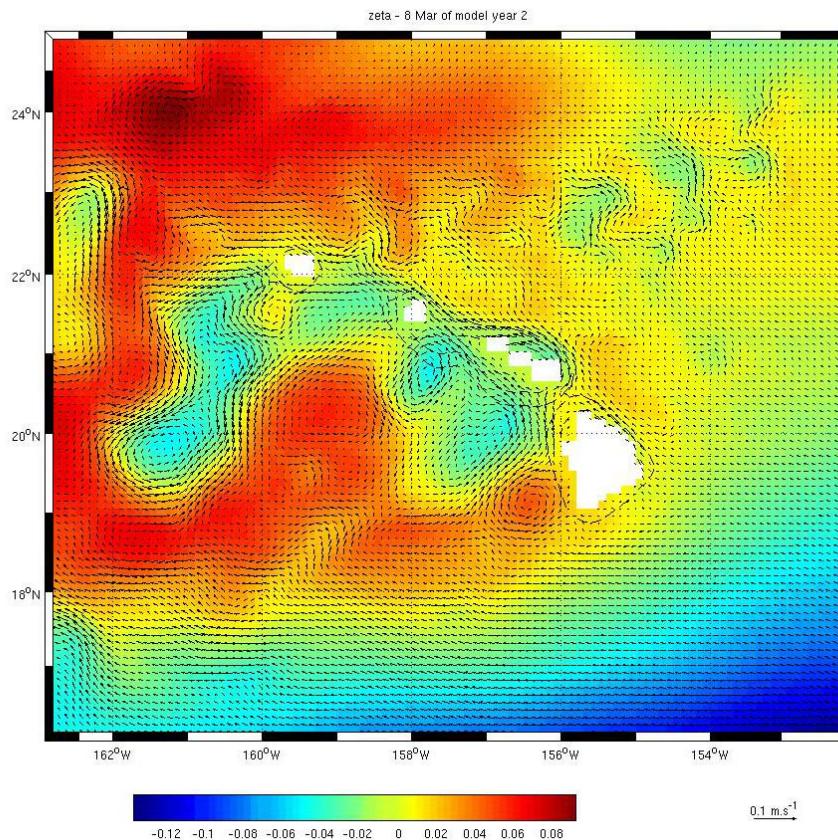
Analyse des vecteurs et vitesse du vent au mois de Mars



**Aucune amplification du vent à la sortie du canal d'Alenuihaha**

## 2- Domaine de simulation plus grand

**Analyse des vecteurs et vitesse du vent → Aucune amplification**

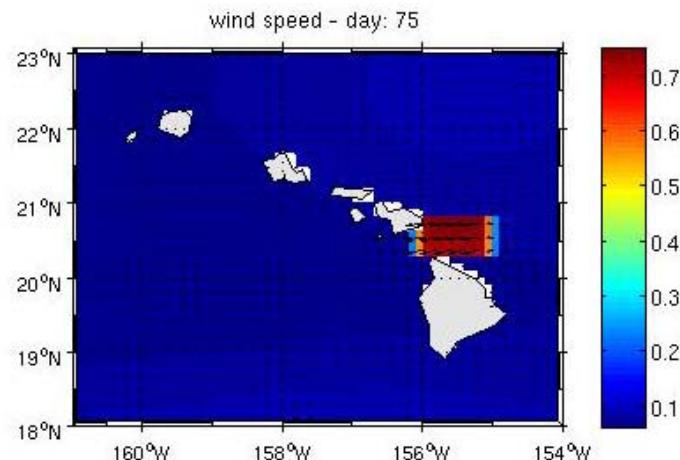


**Analyse des vecteurs du courant et du champ d'élévation la 8 Mars**  
→ **Circulation océanique régionale (Lumpkin, 1998)**

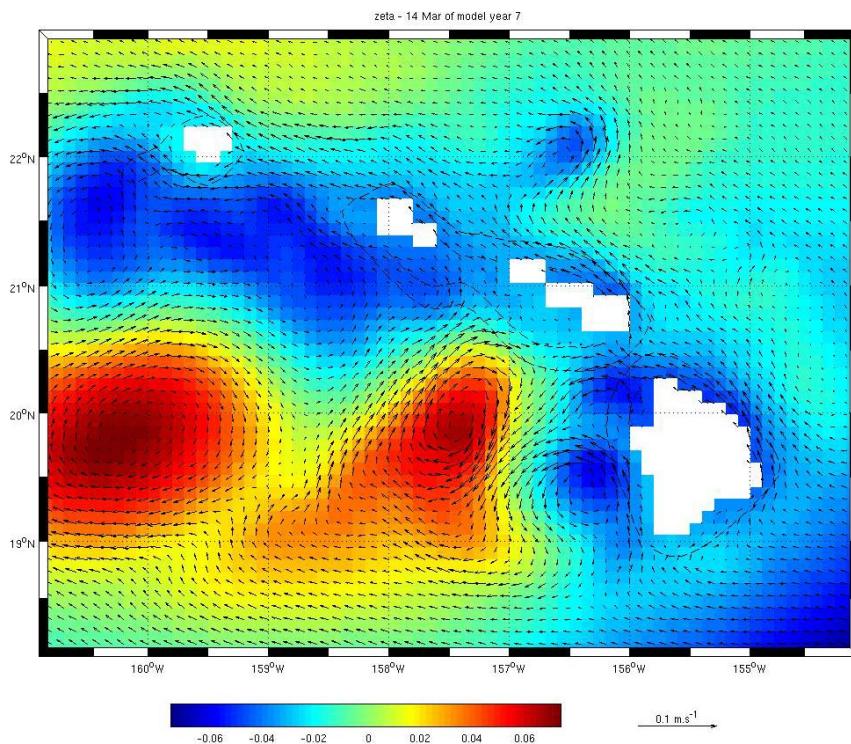
### 3- Deuxième base de données existe pour les forçages en surface = QuikSCAT

Utilisation QuikSCAT → Formation d'un tourbillon cyclonique mais avec des caractéristiques physiques beaucoup plus faibles qu'en réalité (Calil & al., 2008)

### 4- Modification du script *make\_forcing.m* → impose une augmentation du vent dans le canal d'Alenuihaha

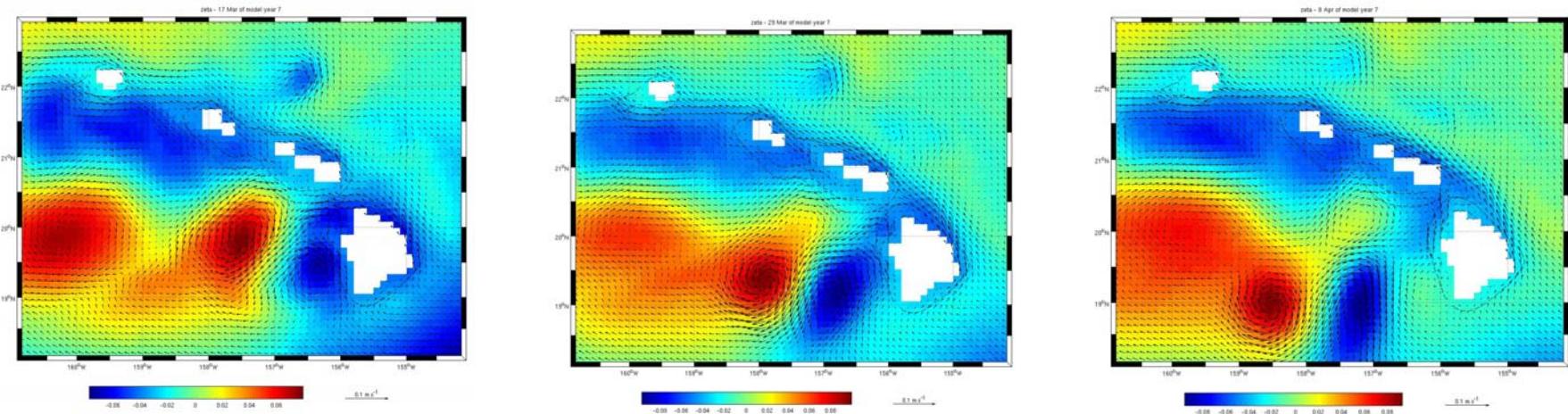


## Visualisation du résultat



**Analyse du champ  
d'élévation en surface le 14  
Mars → Formation du  
tourbillon cyclonique OPAL**

- Comparaison avec des résultats issues de la publication de Dickley & al. (2008)
  - Comparaison de la trajectoire du cyclone



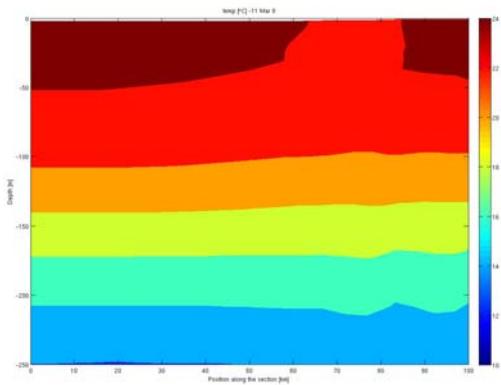
Champ d'élévation le 17/03/07, le 29/03/07, le 08/04/07

**Déplacement vers le Sud ensuite vers l'ouest**

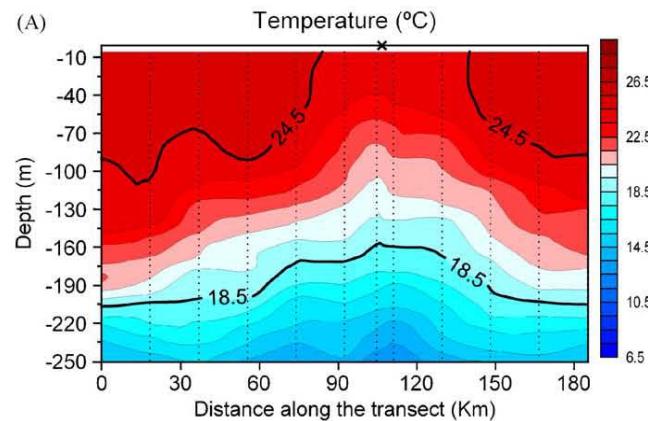
**Dans la publication : Déplacement du cyclone OPAL vers le sud et ensuite vers l'est.**

→ Propagation des tourbillons problématique

## ➤ Comparaison d'un profil vertical en fonction de la température



Profil issu de les données de ROMS

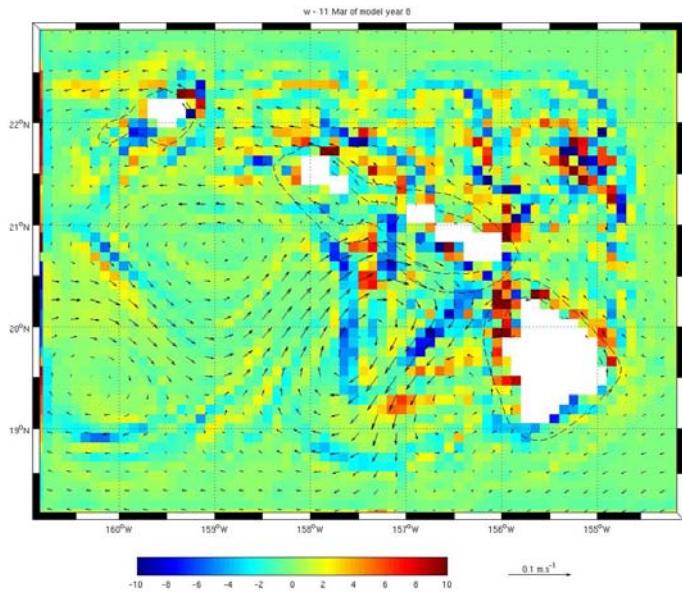


Profil issu de la publication

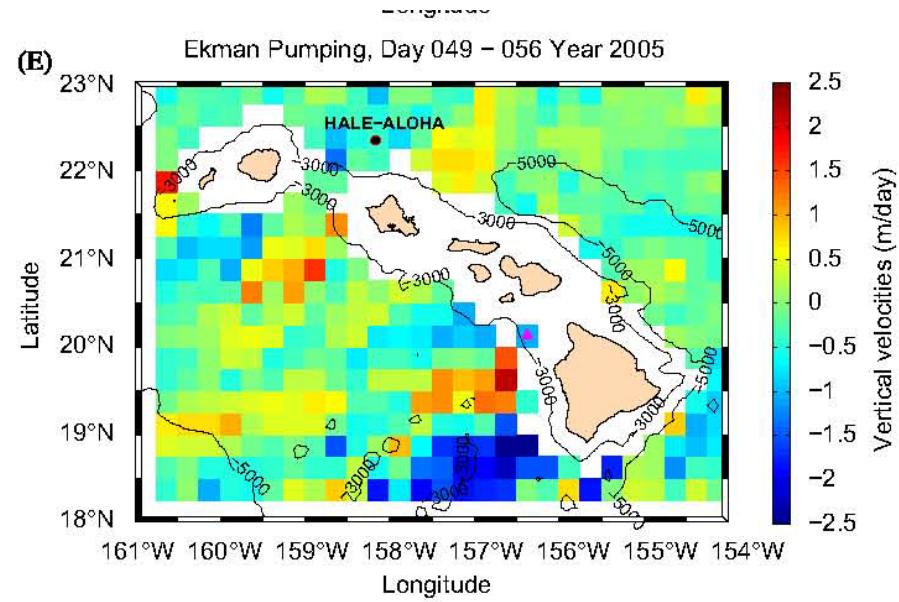
**Différence : Remontée des isothermes**

**Similitude : 'Outcropping' d'une isotherme**

## ➤ Comparaison de la composante verticale de la vitesse du courant



Résultat simulé par ROMS



Résultat issu de la publication

**Zones d'upwelling →  $w = +2,5 \text{ m/jour}$**

**Zone de downwelling →  $w = -2,5 \text{ m/j}$**

## IV- CONCLUSION

- Ile d'Hawaii → Rôle important dans la circulation océanique et atmosphérique → Formation de tourbillons cycloniques et anticycloniques
- Tourbillon + Alysée Nord → Variations locales de la température et de la salinité des eaux
- Les structures du vent à méso-échelle doivent être incluses dans le forçage des modèles océaniques
- Résultats difficiles à généraliser → Perturbations locales des flux dues à la présence de ces îles
- Mêmes perturbations observées aux îles Canaries et aux îles du Cap-Vert