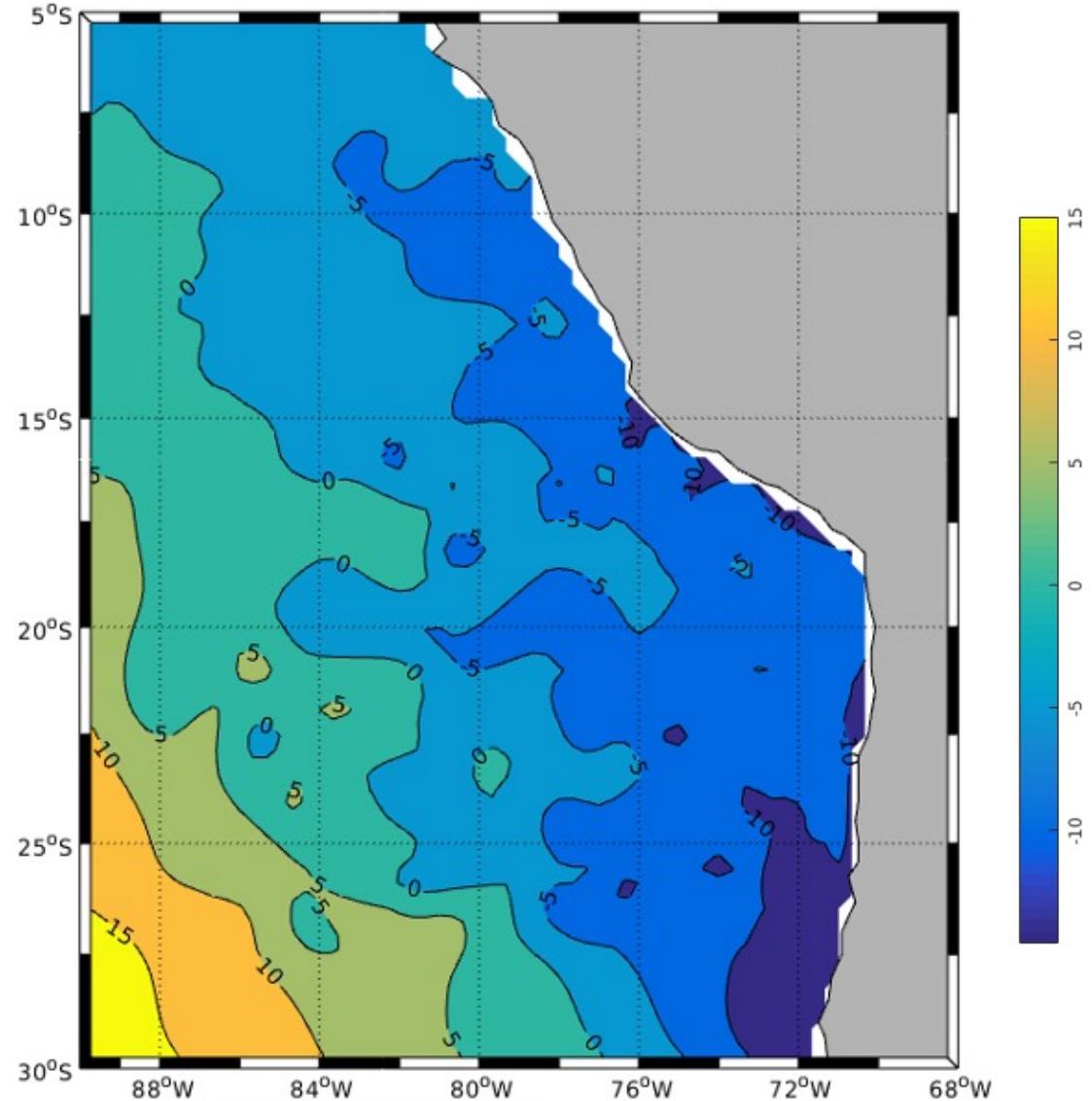


Modélisation 3D de l'upwelling du Pérou-Chili grâce au modèle CROCO

Eva Lefèvre
OPB205 Modélisation 3D
Master sciences de la mer
2022-2023



L'upwelling de Pérou-Chili :

→ Côte nord-ouest de l'Amérique du Sud

L'upwelling de Pérou-Chili :

- Côte nord-ouest de l'Amérique du Sud
- Le système de courant de Humboldt :

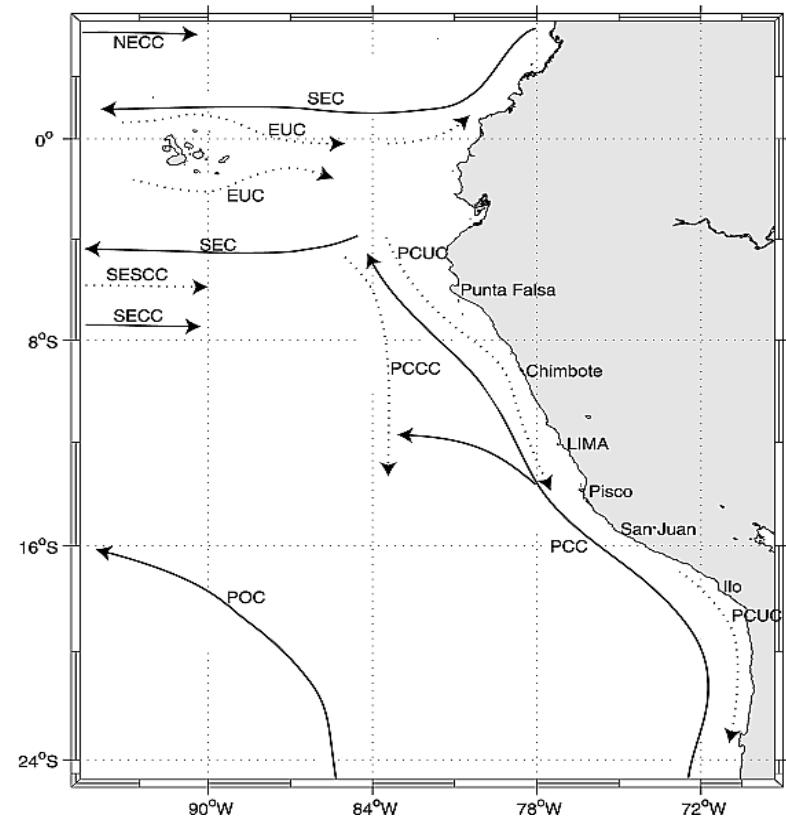


Fig.1 : Schéma de la circulation océanique

L'upwelling de Pérou-Chili :

- Côte nord-ouest de l'Amérique du Sud
- Le système de courant de Humboldt :
 - le courant côtier du Pérou (PCC) :**
 - ↪ dirigé vers le nord
 - ↪ transport d'Ekman vers l'Ouest
 - ↪ divergence à la côte

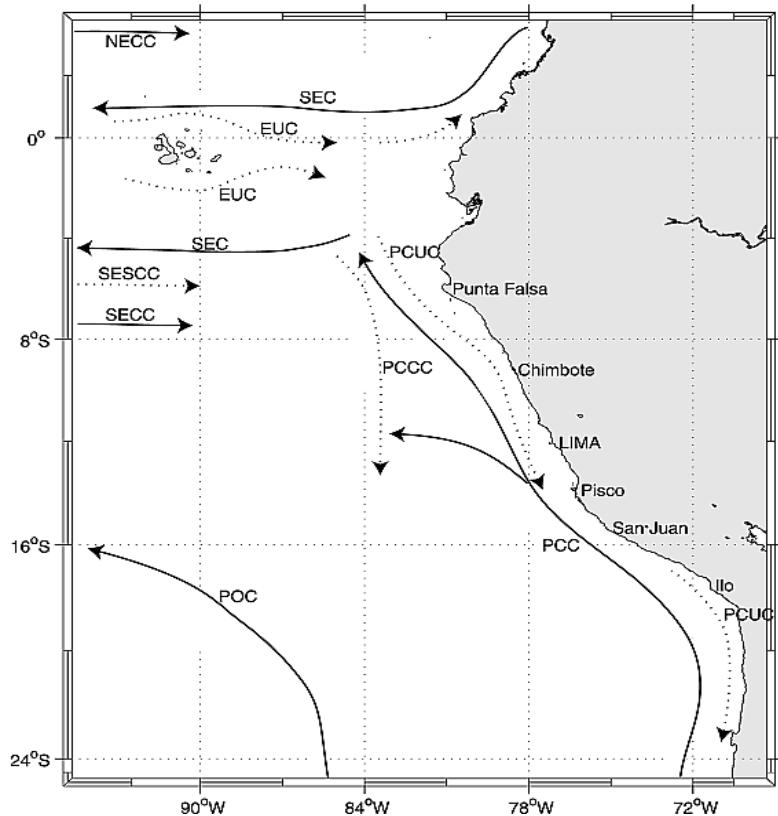


Fig.1 : Schéma de la circulation océanique

L'upwelling de Pérou-Chili :

- Côte nord-ouest de l'Amérique du Sud
- Le système de courant de Humboldt :
 - le courant côtier du Pérou (PCC) :**
 - curve → dirigé vers le nord
 - curve → transport d'Ekman vers l'Ouest
 - curve → divergence à la côte

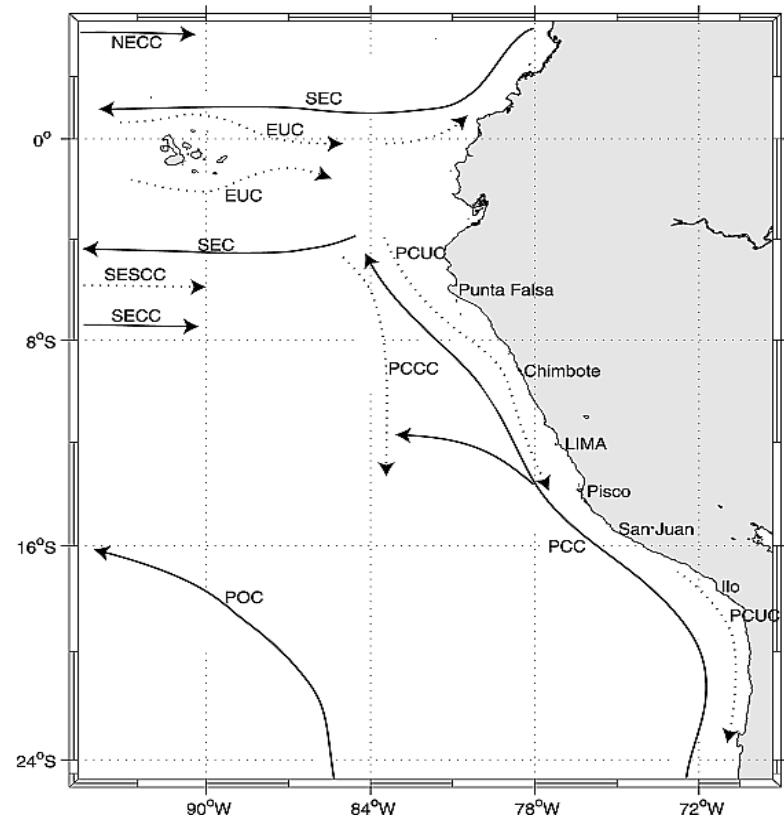


Fig.1 : Schéma de la circulation océanique

Modélisation de la circulation générale et des caractéristiques physico-chimique des masses d'eau dans la zone d'étude

CROCO :

HYPOTHÈSES :

- L'hypothèse hydrostatique
- L'approximation de boussinesq
- L'hypothèse de la fermeture Newtonienne de la turbulence

EQUATIONS :

- Equations du mouvement de Navier Stokes
- Equation de continuité
- Equations de conservation de la chaleur et de la salinité
- Equations de l'état de l'eau de mer

Paramétrisation du modèle :

GRILLE SPATIALE :

Paramétrisation du modèle :

GRILLE SPATIALE :

Long min = -90°E ; Long max = -68°E
Lat min = 5°S ; Lat max = 30°S

Résolution : 1/3

Frontières : Nord, Sud, Ouest ouverte
Est fermée

Paramétrisation du modèle :

GRILLE SPATIALE :

Long min = -90°E ; Long max = -68°E
Lat min = 5°S ; Lat max = 30°S

Résolution : 1/3

Frontières : Nord, Sud, Ouest ouverte
Est fermée

Horizontale : discréétisation sur grille
d'Arakawa-C

Verticale : utilisation des coordonnées Sigma

Taille de la grille : LLm = 65
MMm = 79
N = 32

Paramétrisation du modèle :

GRILLE TEMPORELLE :

Paramétrisation du modèle :

GRILLE TEMPORELLE :

- Critère CFL



Pas de temps externe : DTE = 48

Paramétrisation du modèle :

GRILLE TEMPORELLE :

- Critère CFL



Pas de temps externe : DTE = 48

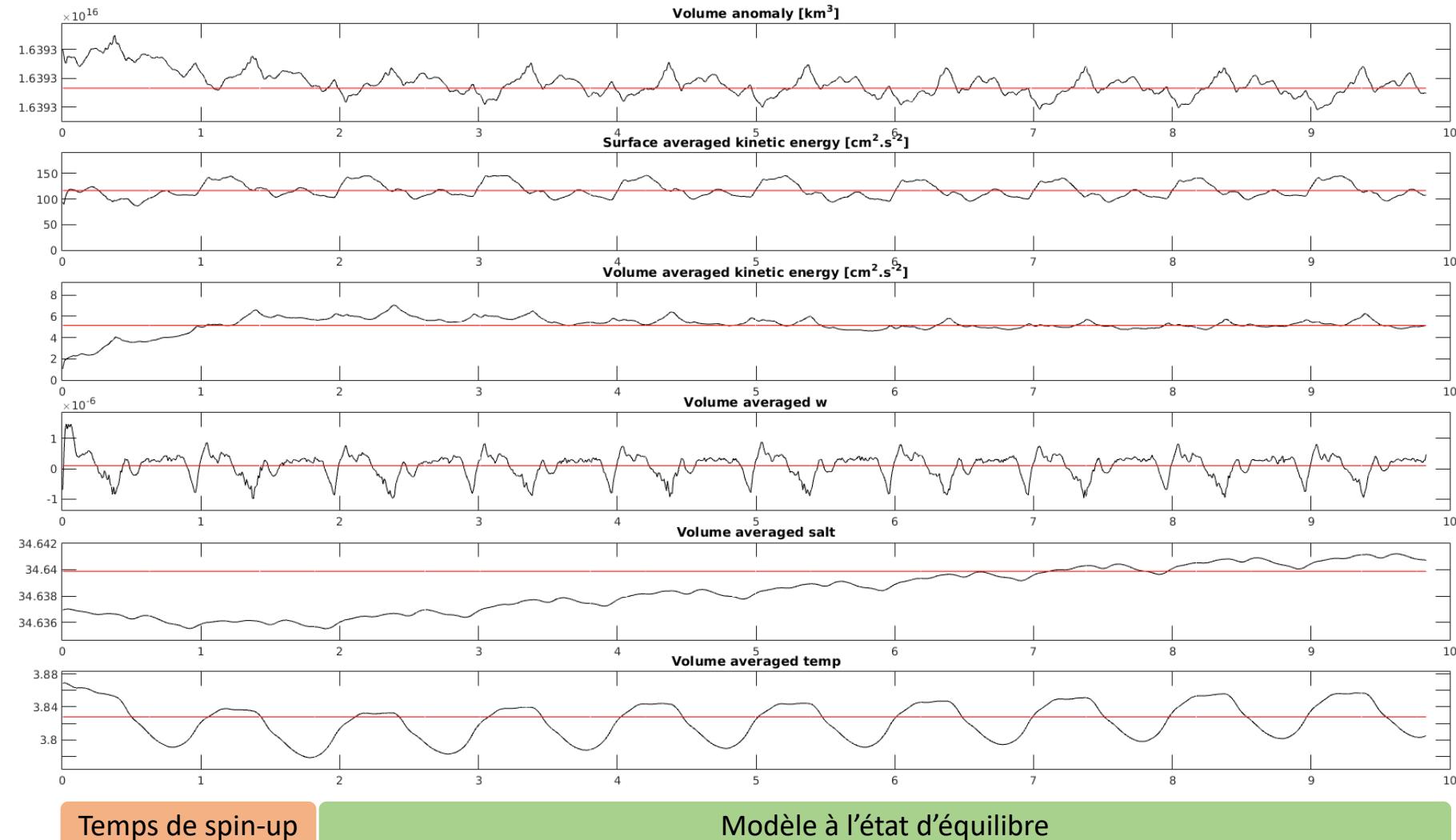
- $dt = DTE * NDTFAST$



Pas de temps interne : $dt = 2880$

Durée de la simulation : 10 ans

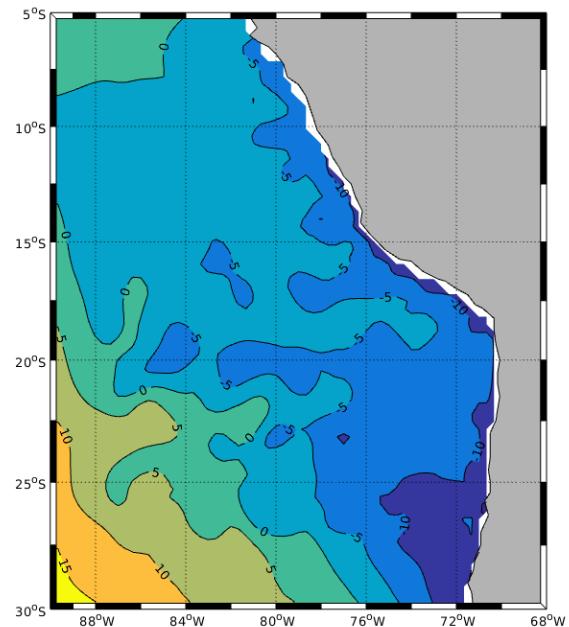
Diagnostiques du modèle :



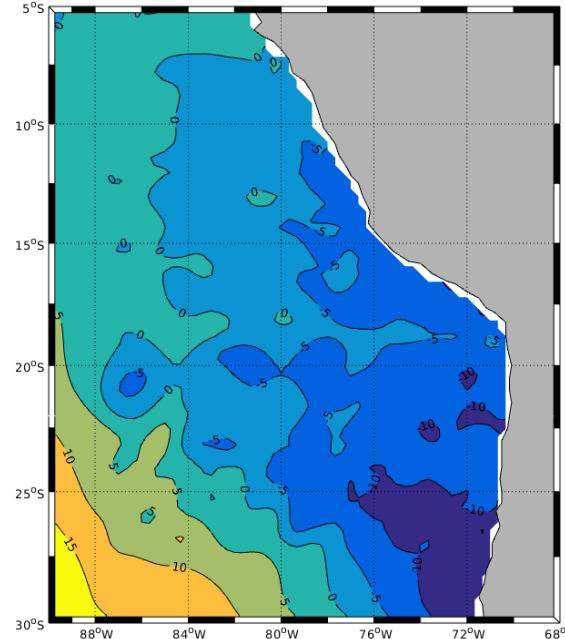
*Fig.2 :
Diagnostiques de
la simulation du
modèle*

Évolution saisonnière de l'upwelling :

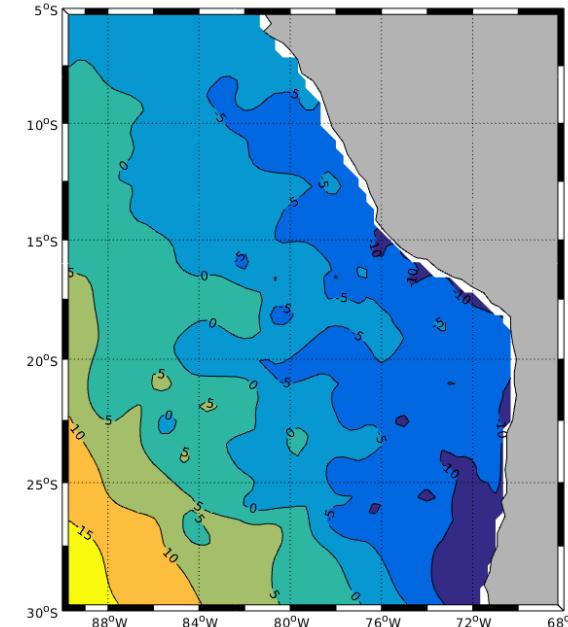
Hiver



Printemps



Eté



Automne

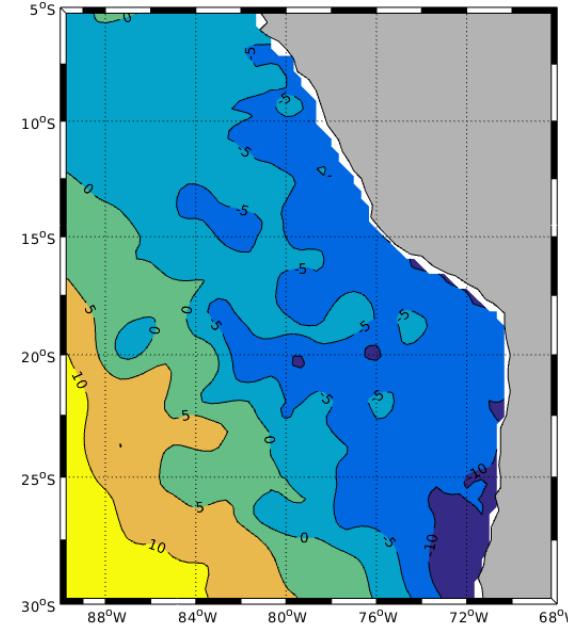
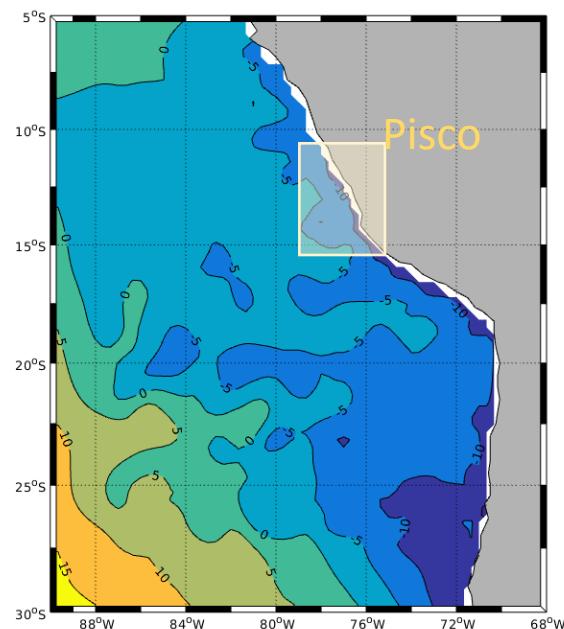


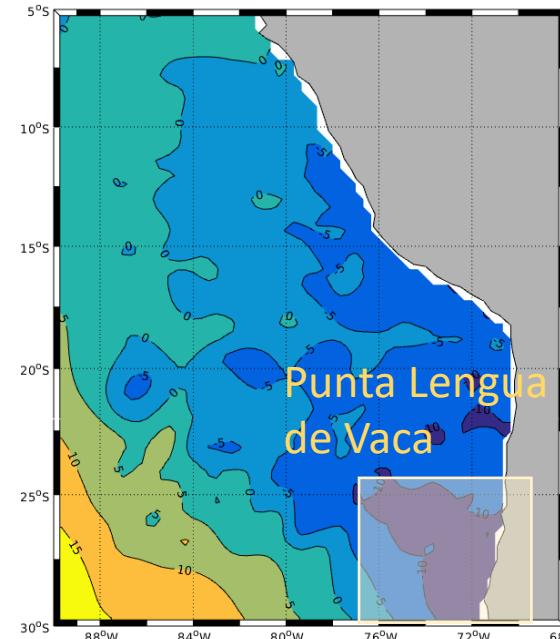
Fig.3 : Elévation de la surface au cours de la cinquième années

Évolution saisonnière de l'upwelling :

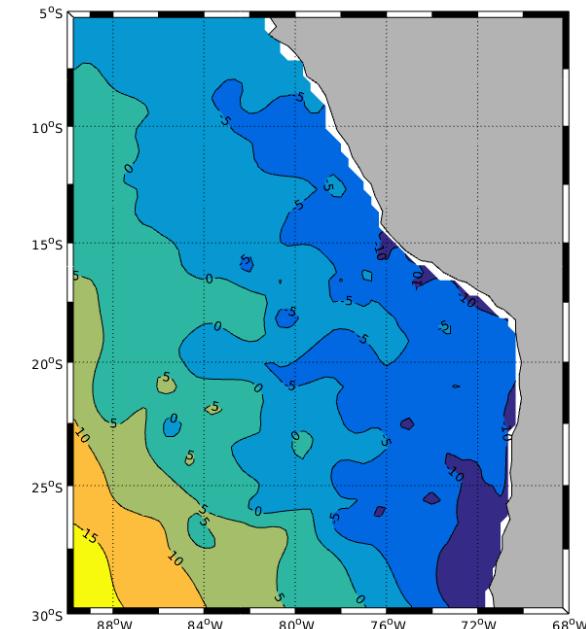
Hiver



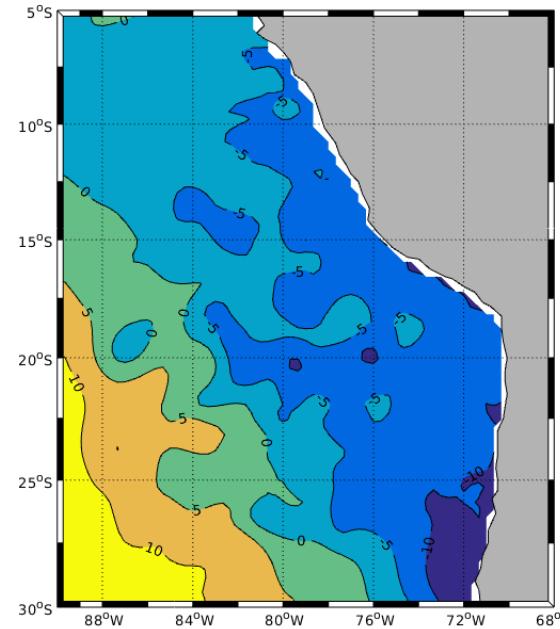
Printemps



Eté



Automne

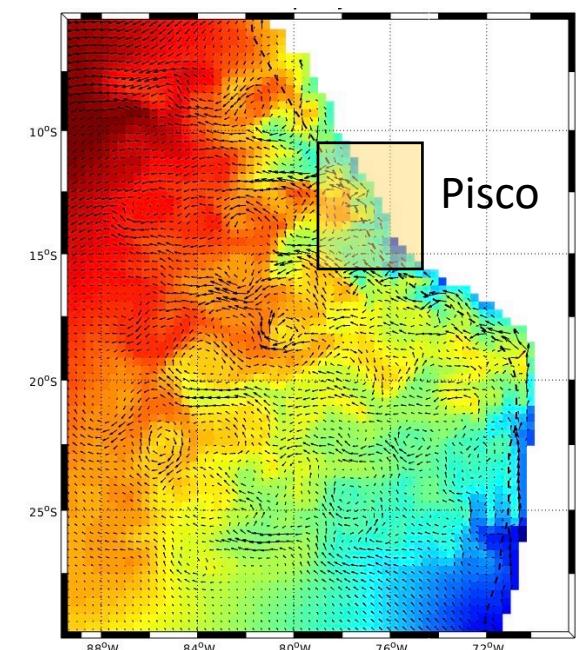


- Pérou : Intensification de l'upwelling au cours de l'hivers
- Nord du Chili : Intensification de l'upwelling au cours du printemps/été

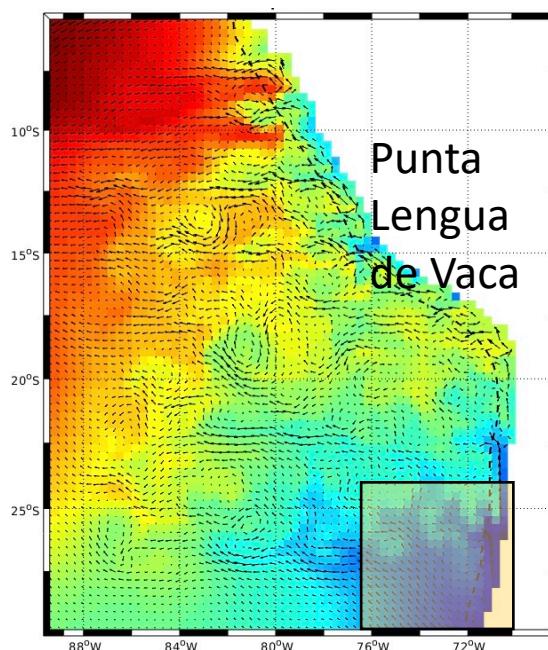
Fig.3 : Elévation de la surface au cours de la cinquième années

Évolution saisonnière de l'upwelling :

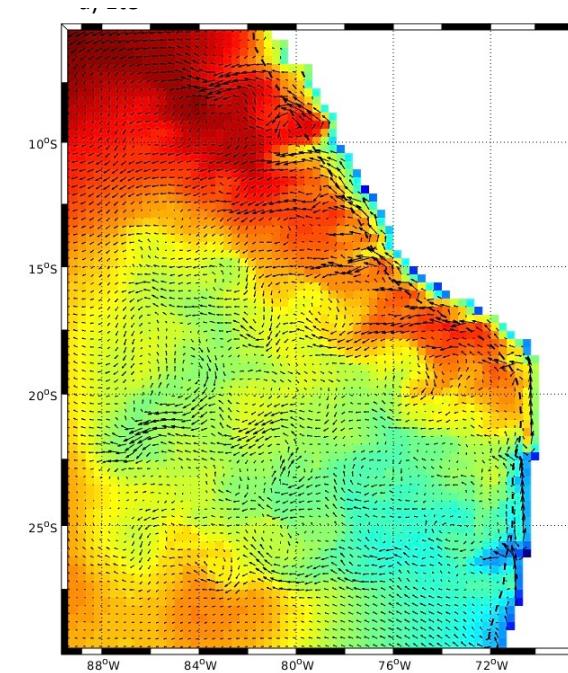
Hiver



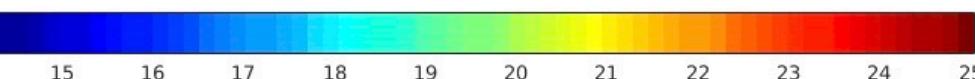
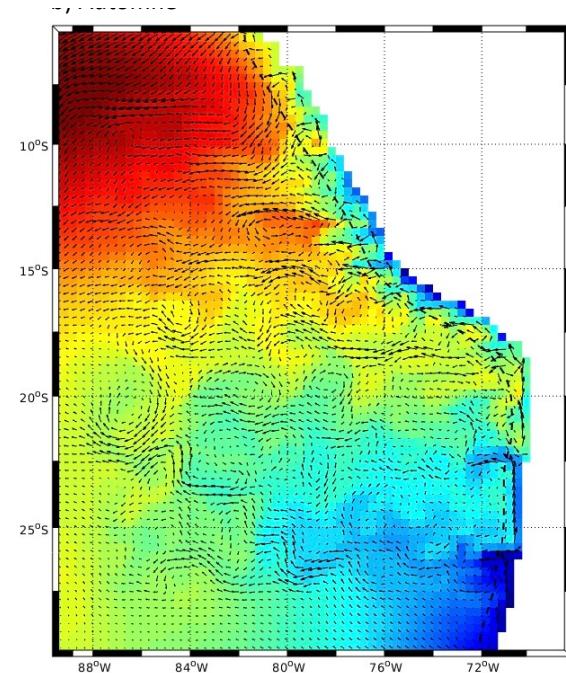
Printemps



Eté



Automne



- Remontée d'eau froide
- Transport vers la Nord via le PCC

Fig.4 : Température de surface au cours de la cinquième années

Un upwelling permanent :

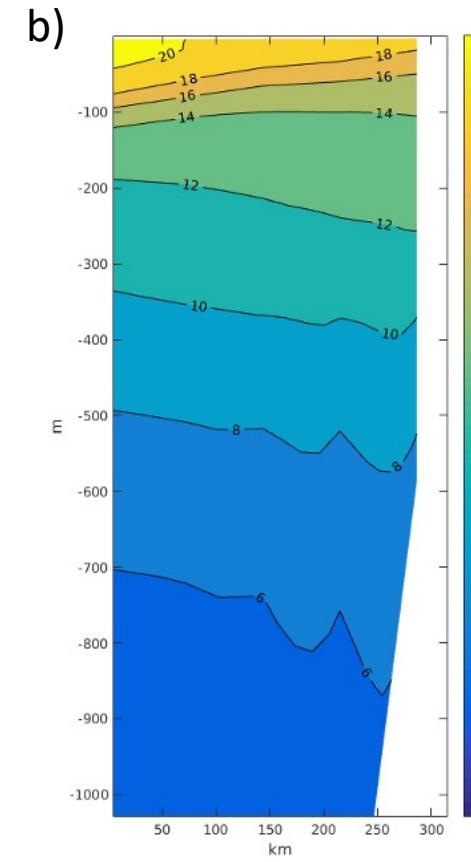
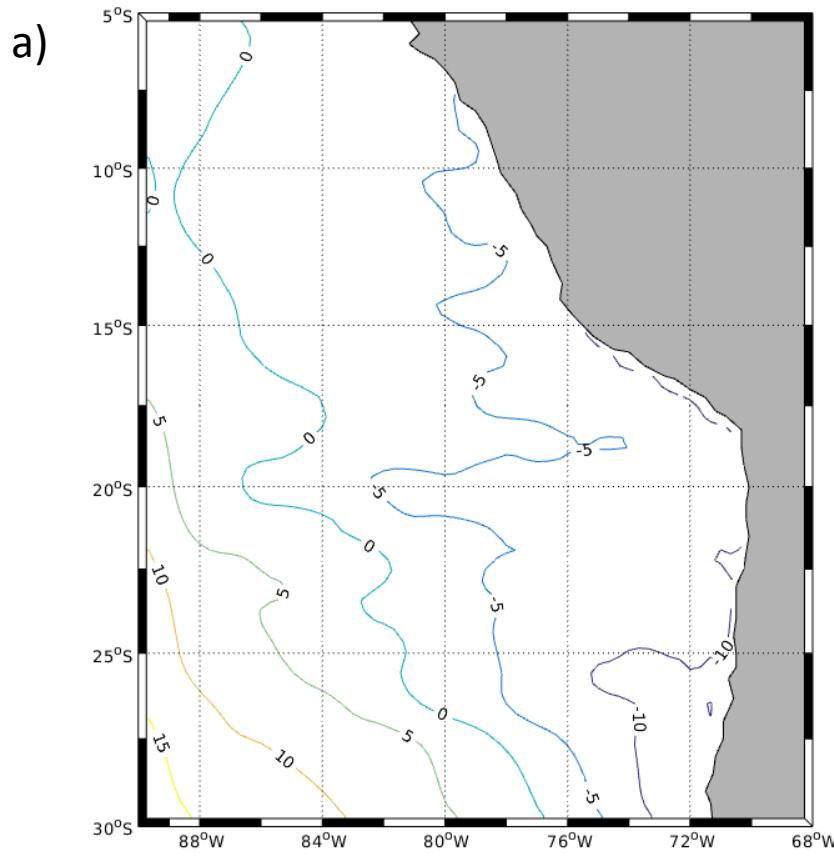


Fig.5 : moyenne de a) l'élévation de la surface b) la température de la colonne d'eau au niveau de l'upwelling de Pisco, pour la cinquième années de simulation

Comparaison avec la littérature:

En accords avec la littérature

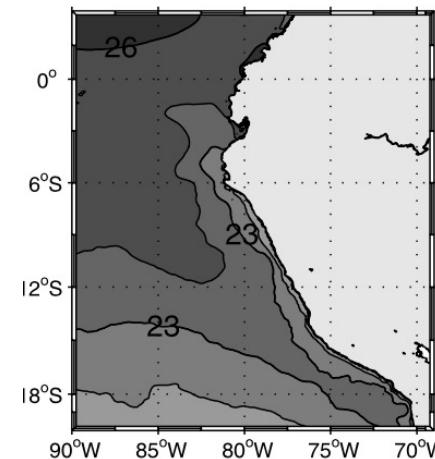
Comparaison avec la littérature:

En accords avec la littérature

Gamme de valeurs :

→ Paven et al. 2005:

a)



b)

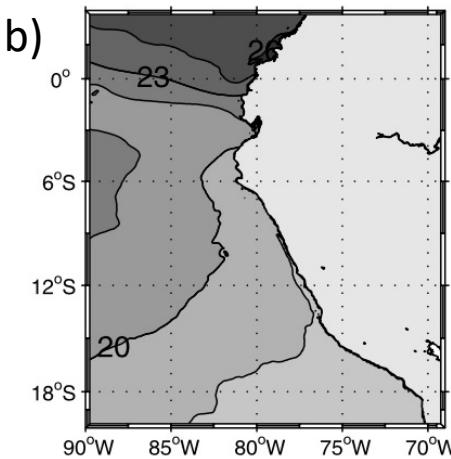


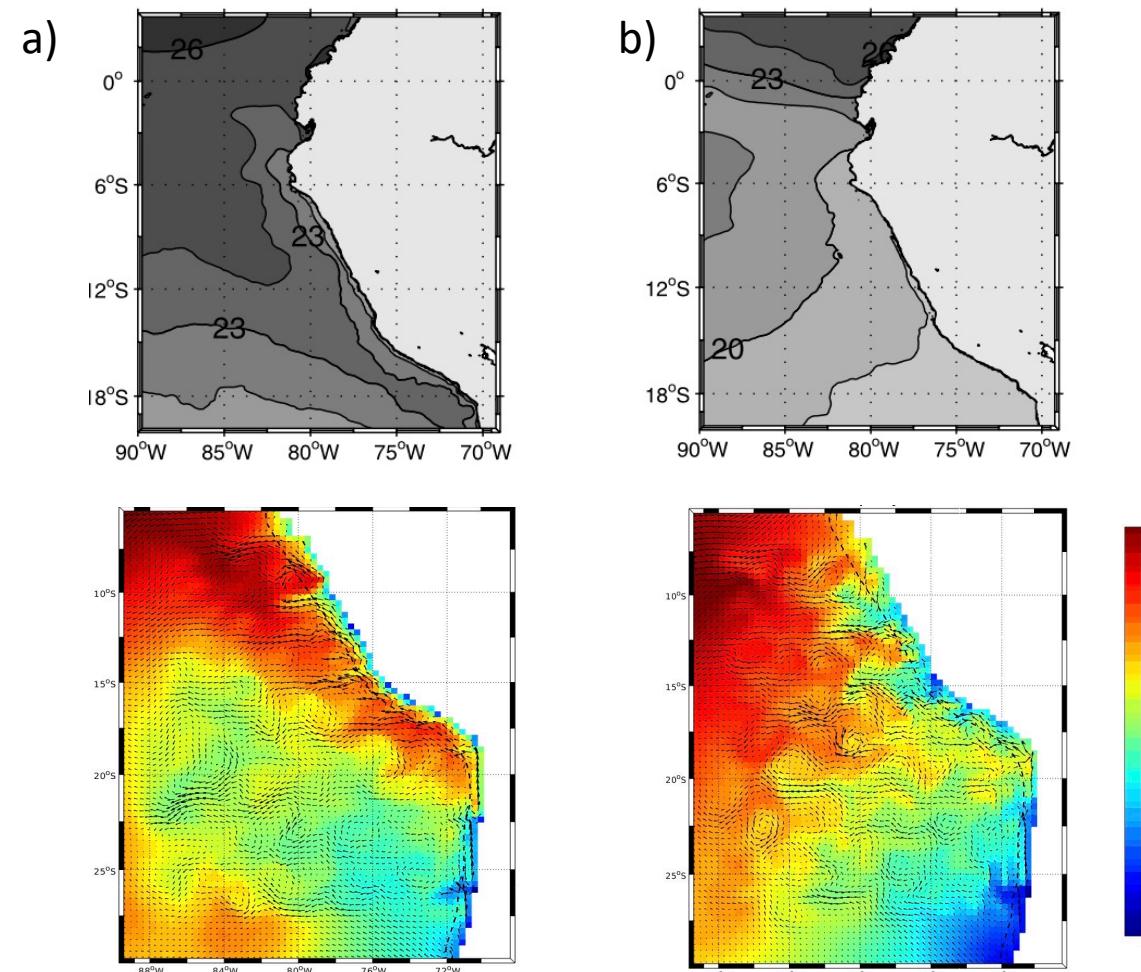
Fig.6 : température de surface de l'eau de mer au niveau de l'upwelling de Pisco en a) été et b) hiver

Comparaison avec la littérature:

En accords avec la littérature

Gamme de valeurs :

→ Paven et al. 2005:



→ CROCO :

Fig.6 : température de surface de l'eau de mer au niveau de l'upwelling de Pisco en a) été et b) hiver

- Problème :
- ↳ SALINITÉ : se stabilise au bout de la 8ème années
 - ↳ apport d'eau douce pas pris en compte dans le modèle
- Une résolution plus fine aurait pu permettre une d'exploiter d'autres variables : vorticité

Merci pour votre attention

Références

Doglioli.A (2023) unité d'enseignement OPB205 modélisation de la circulation océanique

Chavez F. (2008) The northern Humboldt Current System : Brief history, present status and a view towards the future. www.elsevier.com

Croquette M. (2007) Contribution à l'étude de l'upwelling du Pérou Chili

Paven.P (2005) Average circulation, seasonal cycle, and mesoscale dynamics of the Peru Current System : A modeling approach

Equations du mouvement de Navier Stokes sur x et y :

$$\frac{\delta u}{\delta t} + V \nabla u = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\delta P}{\delta x} + fv + A_h \nabla_h^2 u + A_z \frac{\delta^2 u}{\delta z^2} \quad (2.1)$$

$$\frac{\delta v}{\delta t} + V \nabla v = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\delta P}{\delta x} - fu + A_h \nabla_h^2 v + A_z \frac{\delta^2 v}{\delta z^2} \quad (2.2)$$

Equation de continuité :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \frac{\delta u}{\delta x} + \frac{\delta v}{\delta y} + \frac{\delta w}{\delta z} = 0 \quad (2.3)$$

Equations de conservation de la chaleur et de la salinité :

$$\frac{\delta T}{\delta t} + V \nabla T = K_T h \nabla_h^2 T + K_T v \frac{\delta^2 T}{\delta z^2} + \frac{H_c}{\rho_0 C_p} \frac{\delta I}{\delta z} \quad (2.4)$$

$$\frac{\delta S}{\delta t} + V \nabla S = K_S h \nabla_h^2 S + K_S v \frac{\delta^2 S}{\delta z^2} \quad (2.5)$$

Equations de l'état de l'eau de mer :

$$\rho = \rho(T, S, p) \quad (2.6)$$

$V(u,v,w)$	Vecteur vitesse ($m.s^{-1}$)
∇	Opérateur nabla
f	facteur de coriolis (s^{-1})
P	Pression ($N.m^{-2}$)
ρ_0	Masse volumique ($kg.m^{-3}$)
A_h, A_v	Coefficients de viscosité turbulente sur l'horizontale et la verticale ($m^2.s^{-1}$)
K_{Th}, K_{Tv}	Coefficients de diffusivité turbulente de la chaleur ($m^2.s^{-1}$)
K_{Sh}, K_{Sv}	Coefficients de diffusivité turbulente du sel ($m^2.s^{-1}$)
T	Température (K)
H_c	Flux solaire incident ($W.m^2$)
C_p	Coefficient de chaleur massique ($J.kg^{-1}.K^{-1}$)
$I(z)$	Fraction de flux solaire reçu à la profondeur z
S	Salinité

Table 1 – Variables intervenants dans les équations précédentes

$$\frac{dx}{dt} > (g.h)^{1/2} \Leftrightarrow \Delta t < \frac{1}{c} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta x^2} \right)^{(-1/2)}$$