

Simulation d'upwelling du courant des aiguilles avec le modèle CROCO

Yassmine Derrab

Sous la supervision de Pr. Andrea Doglioli

Table des matières

01 Introduction

03 Résultats et discussion

02 Matériels et Méthodes

04 Conclusion

Objectif du projet

Étude dynamique

Analyser la
structure et la
stabilité du
courant le long
de la côte

Upwelling côtier

Modéliser la
remontée
des
eaux froides
le long de la
côte

Fiabilité

Comparer les
résultats du
modèle
CROCO avec
les données
satellitaires

Étude de référence

Wind and Current Forcing Combine to Drive Strong Upwelling in the Agulhas Current

GRETA M. LEBER, LISA M. BEAL, AND SHANE ELIPOT

Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, Miami, Florida

(Manuscript received 12 May 2016, in final form 3 October 2016)

Introduction

Défis

Compréhension du fonctionnement des océans

- . Dynamisme
- . Multiples processus internes

Solution numérique

- . Modélisation numérique évoluée au cours de XXème siècle
- . Représentation des différents processus qui se déroulent en surface et au fond des océans

Enjeu des écosystèmes

Comprendre les interactions air-mer qui influencent directement la dynamique des écosystèmes marins

Introduction

Le modèle CROCO (solution)

- . Modèle numérique régional basé sur des équations primitives

Capacités

- . Simulation de la circulation océanique côtière et régionale

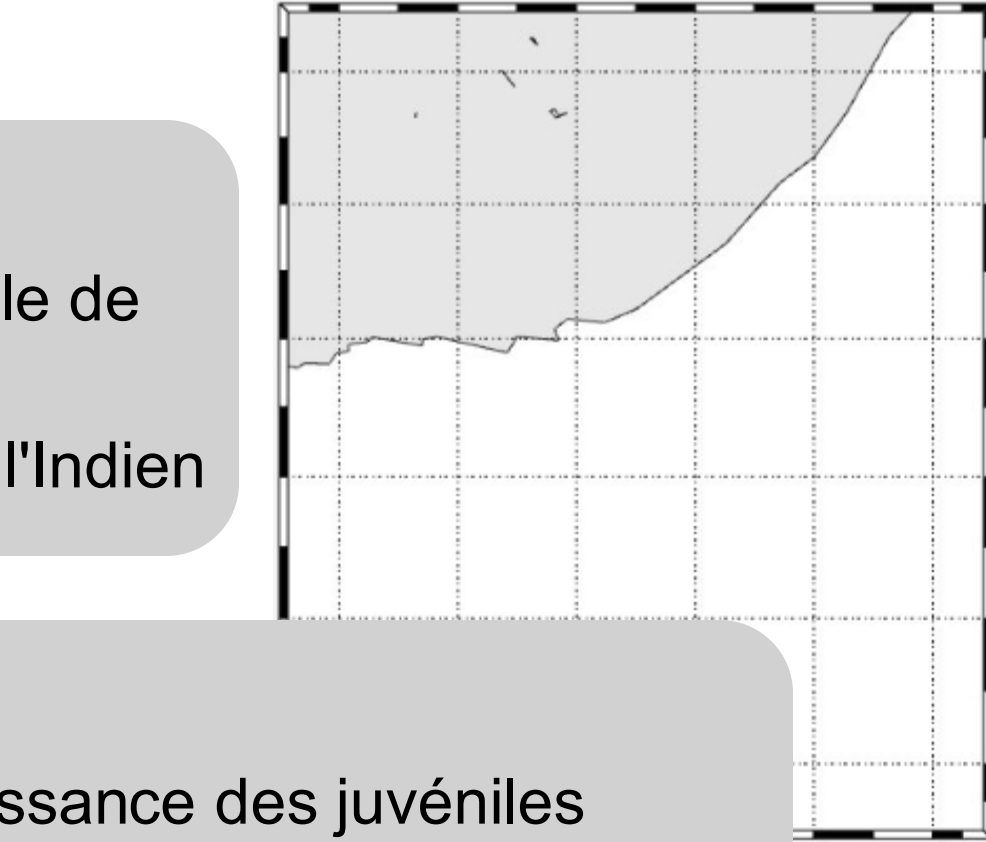
Objectif

- . Meilleure compréhension des processus physiques et biogéochimiques en reproduisant les dynamiques océaniques clés

Introduction

Cas d'étude : Le courant des Aiguilles

- . Le plus grand courant de la bordure occidentale de l'hémisphère sud ([Bryden et al., 2005](#))
- . Relie les gyres subtropicaux de l'Atlantique et l'Indien



Upwelling du courant des aiguilles

- . Zone stratégique pour la reproduction et la croissance des juvéniles ([Hutchings et al., 2002](#))
- . Remontée des eaux profondes froides et riches en nutriments vers la surface ([Atkinson et al., 1983](#))

Matériels et méthodes

CROCO:

Issu du modèle ROMS-AGRIF

Développer par plusieurs instituts de recherche

Hypothèses et approximations:

.Hydrostatique:
$$-\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial z} - g = 0$$

.Approximation de Boussinesq:
$$\rho = \rho_0 + \rho'(x,y,z,t)$$

.Incompressibilité:
$$\rho_0 \text{ constante}$$

.Plan f:
$$f \text{ constante}$$

Fermeture newtonienne de turbulence

Matériels et méthodes

Les équations primitives:

Mouvement



$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})u &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + fv + A_h \vec{\nabla}_h^2 u + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})v &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} - fu + A_h \vec{\nabla}_h^2 v + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\end{aligned}$$

Chaleur et sel



$$\begin{aligned}\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})T &= K_{Th} \vec{\nabla}_h^2 T + K_{Tz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{H_C}{\rho_0 C_P} \frac{\partial I}{\partial z} \\ \frac{\partial S}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla})S &= K_{Sh} \vec{\nabla}_h^2 S + K_{Sz} \frac{\partial^2 S}{\partial z^2}\end{aligned}$$

**Continuité et état
de l'eau de mer**

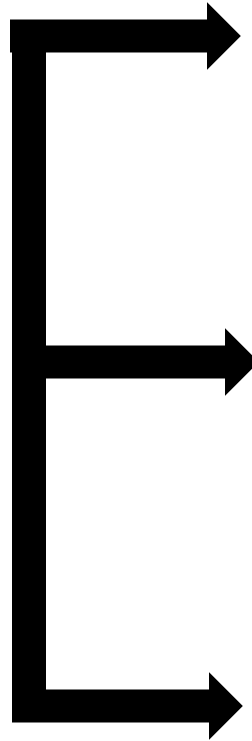


$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \\ \rho &= \rho(T, S, p)\end{aligned}$$

Matériels et méthodes

Les données:

Base de données



COADS:

Vent, température, précipitations

WOA:

Salinité, Température, Nutriments

Topo:

Bathymétrie du fond marin

Matériels et méthodes

Forçages et conditions aux limites:

(26°E, 29°E, 33°S, 35°S)



Matériels et méthodes

Forçages et conditions aux limites:

(26°E, 29°E, 33°S, 35°S)

Changement de coordonnées géographiques



(22°E, 32°E, 30°S, 40°S)

Matériels et méthodes

Forçages et conditions aux limites:

(26°E, 29°E, 33°S, 35°S)

Changement de coordonnées géographiques



(22°E, 32°E, 30°S, 40°S)

Coordonnées et résolution définies (croctools-param.m)

Grille générée avec make_grid (MATLAB)

Domaine avec bords ouverts (N, S, E, O), (cppdefs.h)

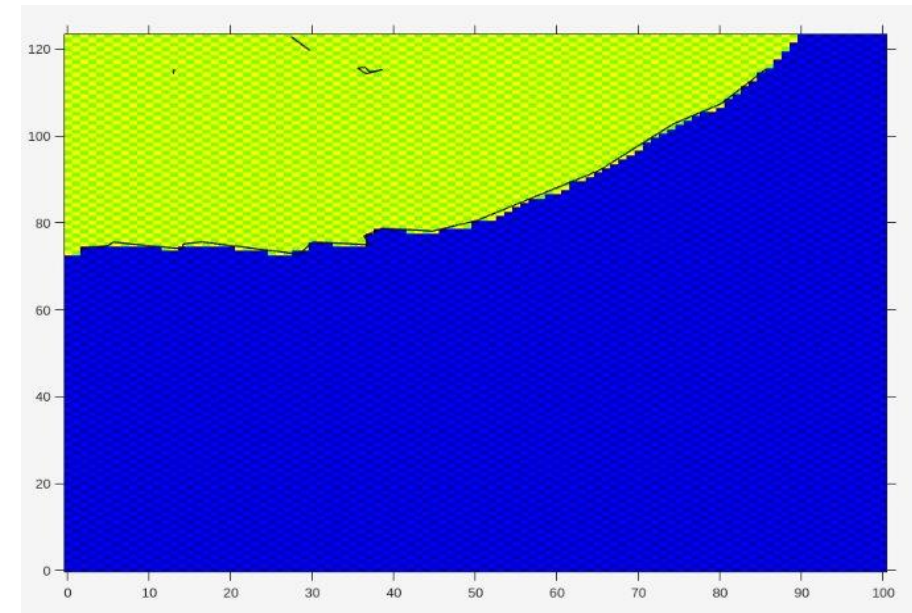


Figure 1 – La grille de la zone d'étude (1/10°)

Matériels et méthodes

Paramètres du modèle:

TABLE 1 – Paramètres de la grille calculés par le modèle

Résolution	LLM	MMm	N	dx (min)	dx (max)	dy (min)	dy (max)
1/10°	99	122	32	8.5133 Km	9.629 Km	8.518 Km	9.6164 Km

Calculs: make_grid
Stockage: memo.mat

TABLE 2 – Paramètres temporelles du modèle

dt	NTIMES	NWRT	NAVG	NRST	NDTFAST
720 s	3600	360	360	3600	60

Calculs: ad_cfl.m
Configuration: croco.in

Calcul de la CFL

Pour les ondes de gravité longues

$$C = \frac{u \cdot \Delta t}{\Delta x}$$

Time-splitting

$$\Delta t \leq \frac{1}{\sqrt{gh_{max}}} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$
$$c = \sqrt{gh_{max}}$$

Résultats et discussion

Diagnostic du modèle:

Spin-up

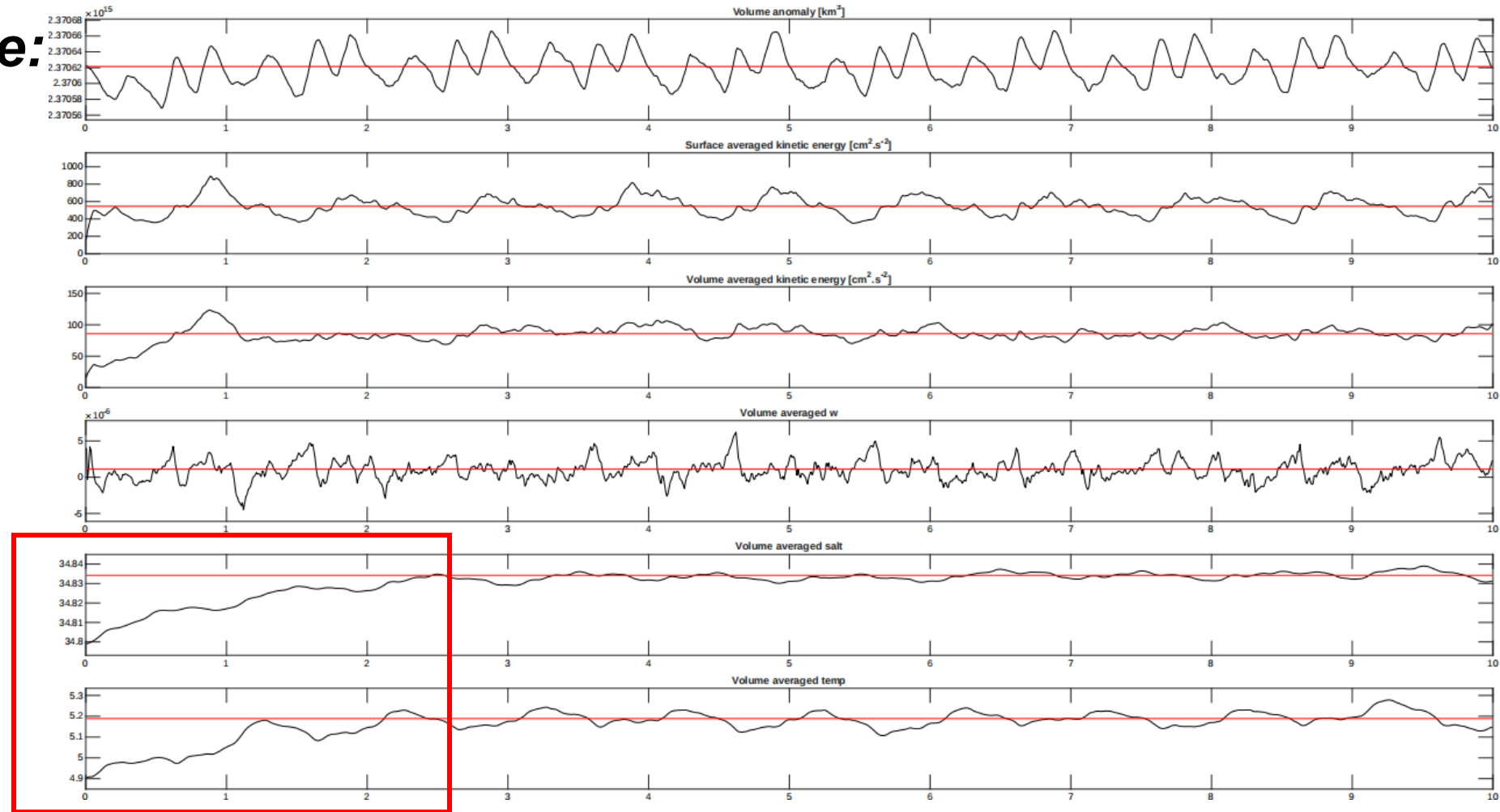


Figure 2 – Diagnostic de la modélisation de courant des aiguilles sur 10 ans

Résultats et discussion

Diagnostic du modèle:

Stabilisation du modèle après la phase de spin-up

Spin-up

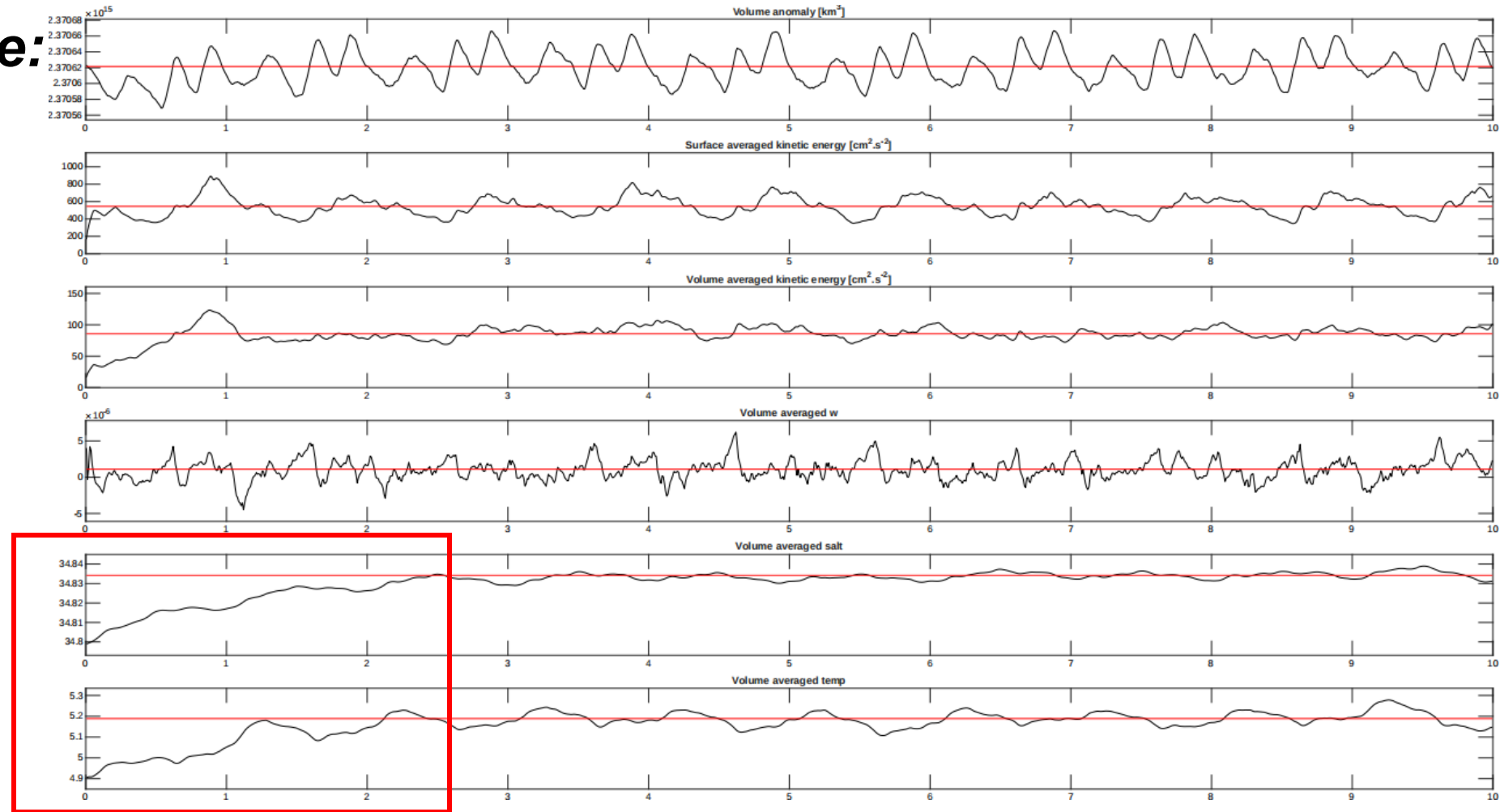


Figure 2 – Diagnostic de la modélisation de courant des aiguilles sur 10 ans

Résultats et discussion

Courant des aiguilles:

Identification du courant principal

Écoulement le long de la côte puis déviation vers le large

Le modèle CROCO reproduit les principales dynamiques océaniques de la région

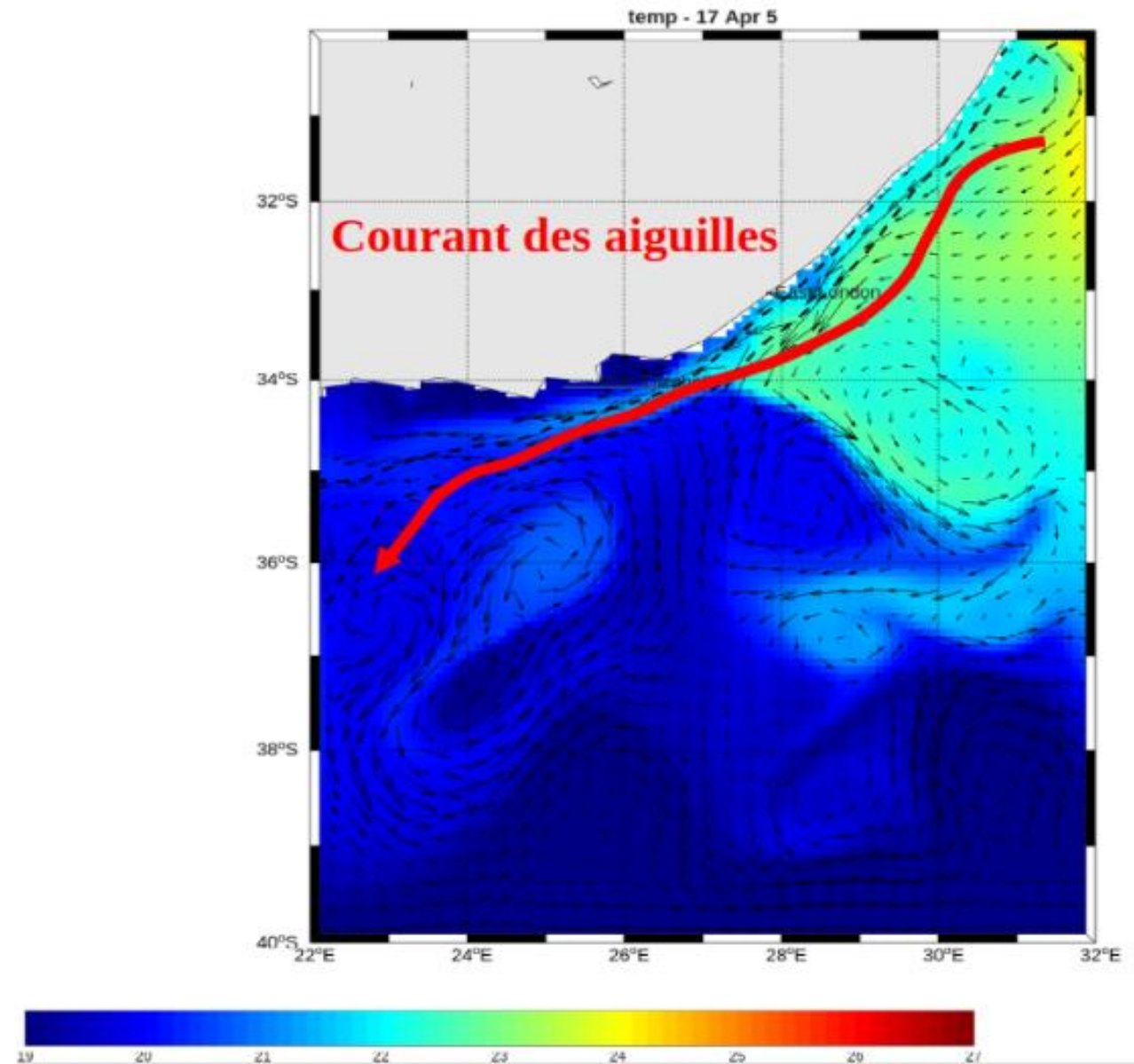


Figure 3 –Simulation de courant des aiguilles avec CROCO

Résultats et discussion

Comparaison entre la simulation de CROCO et les observations satellitaires:

Gradient thermique:

- . Eaux cotières froides
- . Eaux du large chaudes

Signature de l'Upwelling:

- . Remontée des eaux froides vers la surface

Effet du vent:

Circulation de surface cohérente avec le transport d'Ekman (transport vers le large)

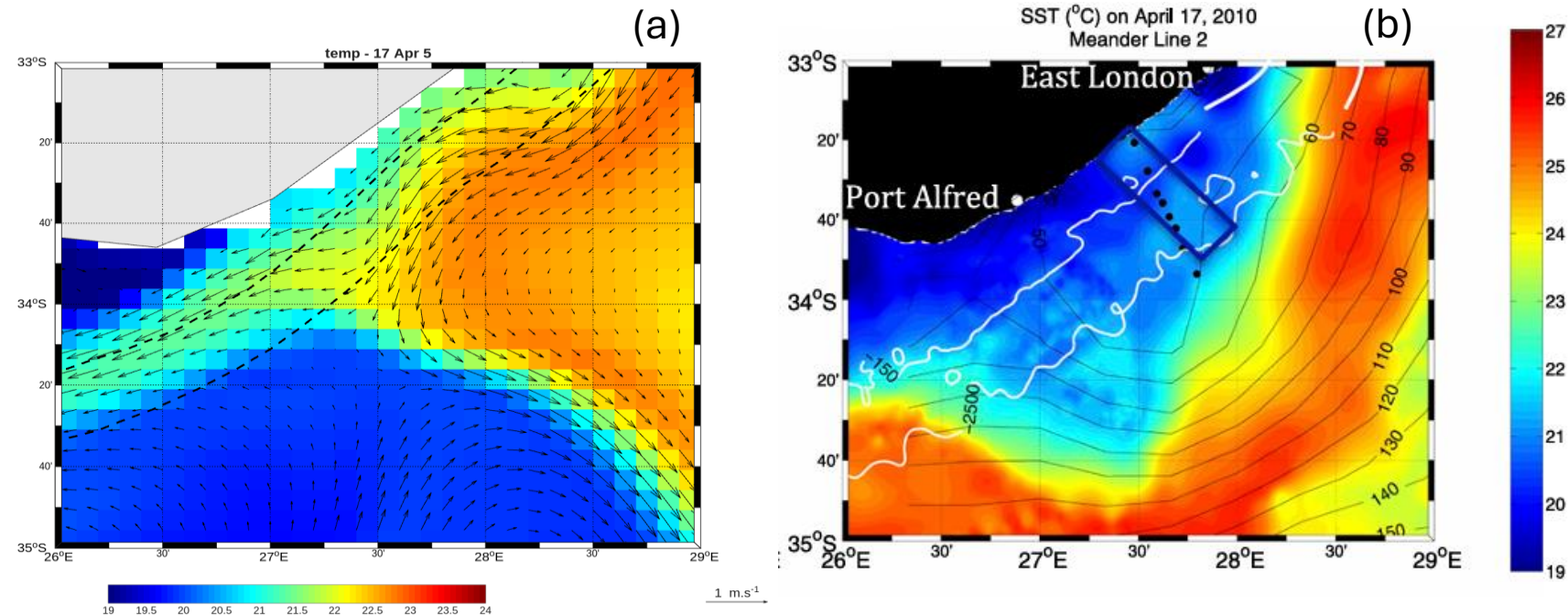


Figure 4 – Upwelling côtier du courant des aiguilles, (a) : CROCO, (b) : Littérature ([Leber et al., 2017](#))

Résultats et discussion

Comparaison entre la simulation de CROCO et les observations satellitaires:

Structure des méandres:

. Moins marquée dans (a) que dans (b)

. Le gradient thermique est plus **diffus** dans (a) que dans (b)

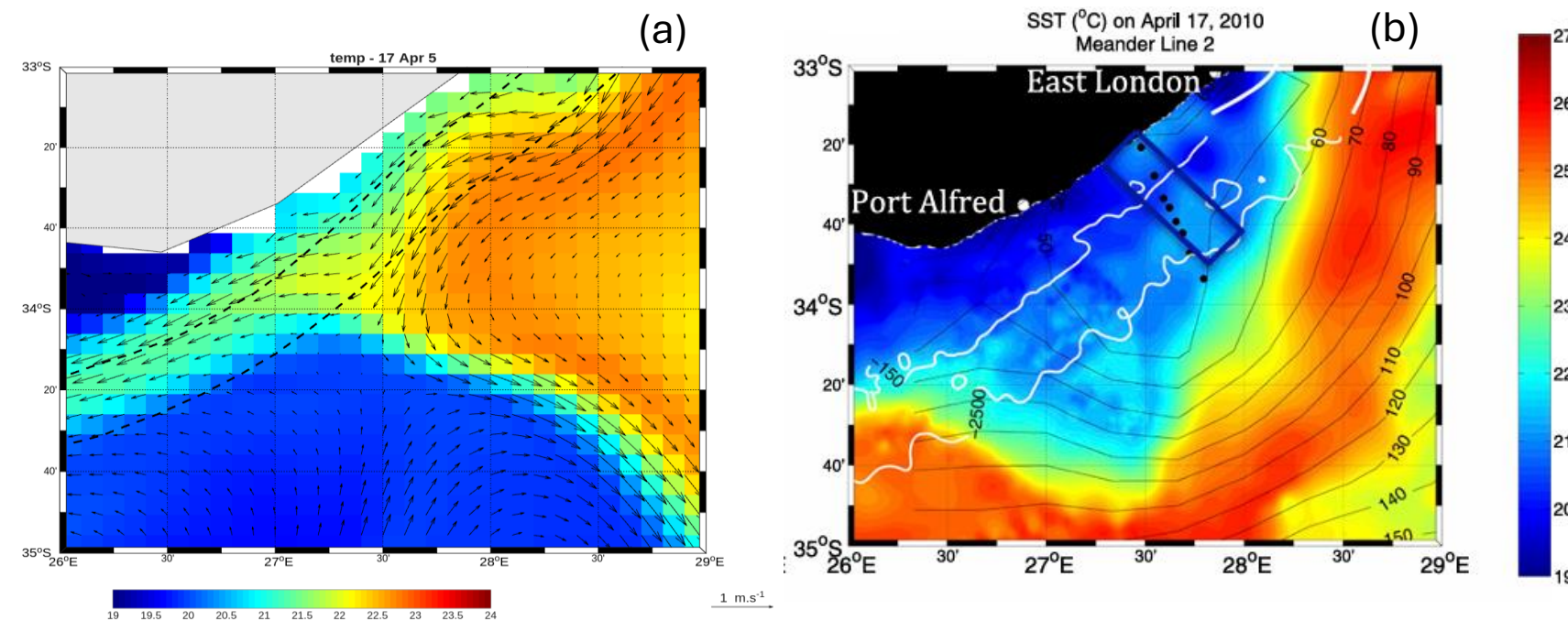


Figure 4 – Upwelling côtier du courant des aiguilles, (a) : CROCO, (b) :Littérature([Leber et al., 2017](#))

Résultats et discussion

Variabilité et structures d'Upwelling:

Mise en évidence des eaux froides côtières

Présence des méandres et des tourbillons

Variabilité:

- . Instabilités du courant
- . Influence des forçages atmosphériques

Croco reproduit l'upwelling sur les cinq années

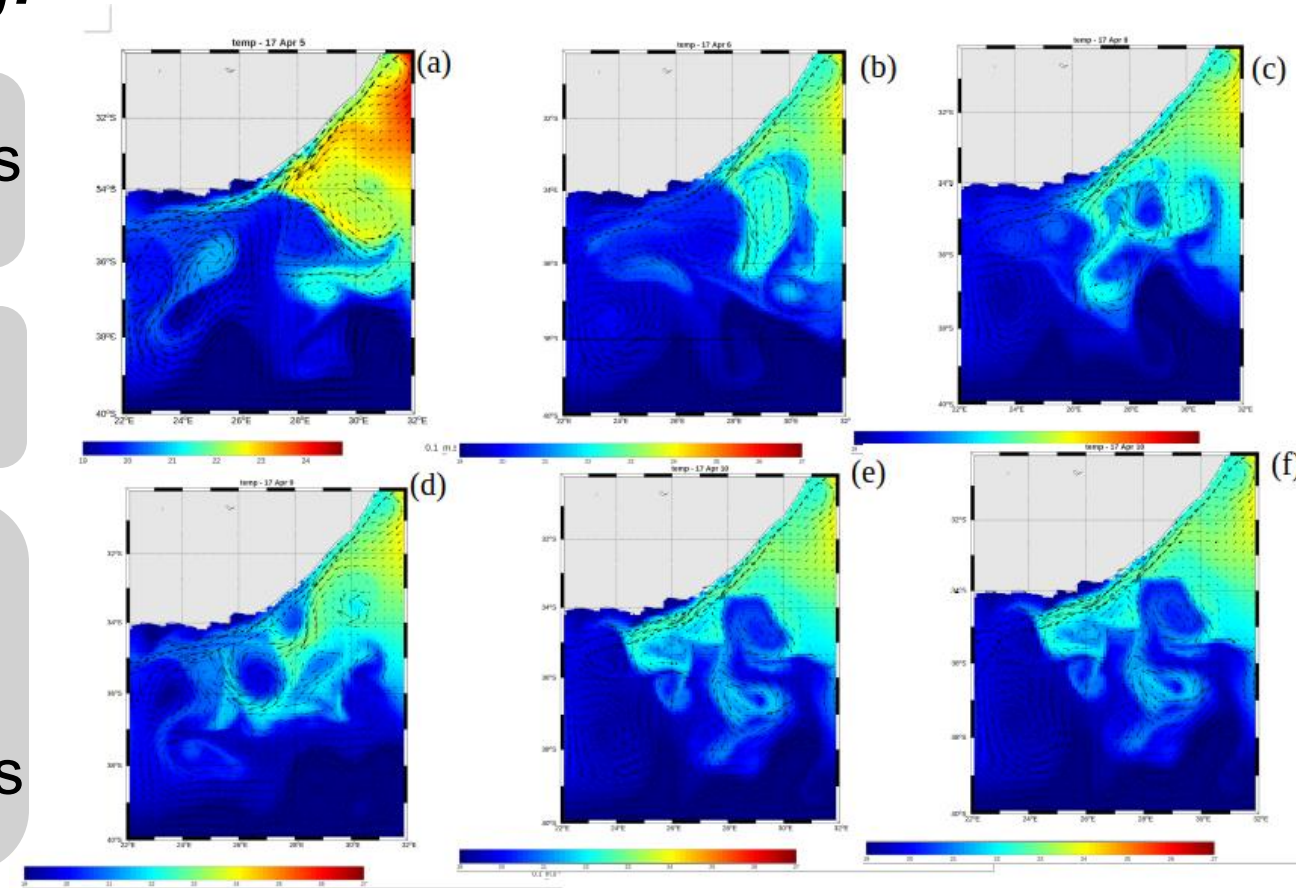


Figure 5 – Variabilité interannuelle des upwelling sur 5 ans (SST)

Conclusion

Reproduction réaliste des caractéristiques globales du courant des aiguilles

Difficultés:

Nécessité d'élargir le domaine initial pour éviter les plantages du modèle

Perspectives:

Passer à une résolution plus haute pour mieux voir les petites échelles

Références

- Atkinson, L. P., Lee, T. N., Blanton, J. O., and Chandler, W. S. (1983). Climatology of the southeastern united states continental shelf waters. *Journal of Geophysical Research : Oceans*, 88(C8) :4705–4718.
- Bryden, H. L., Beal, L. M., and Duncan, L. M. (2005). Structure and transport of the agulhas current and its temporal variability. *Journal of Oceanography*, 61(3) :479– 492.
- Hutchings, L., Beckley, L., Griffiths, M., Roberts, M., Sundby, S., and Van der Lingen, C. (2002). Spawning on the edge : spawning grounds and nursery areas around the southern african coastline. *Marine and Freshwater Research*, 53(2) :307–318.
- Leber, G. M., Beal, L. M., and Elipot, S. (2017). Wind and current forcing combine to drive strong upwelling in the agulhas current. *Journal of Physical Oceanography*, 47(1) :123–134.
- CROCO Web <https://www.croco-ocean.org/>, 2026.