

# Analyse des variations saisonnières et de l'encroachement du Courant Est Australien, avec le modèle CROCO

---

Master Sciences de la mer, 2024-2025  
Parcours Océanographie Physique et Biogéochimique  
Institut Osu Pythéas, Aix Marseille Université

## Le Courant Est Australien (CEA)

OU ? Pacifique Sud Ouest,

Nait à 15-18°S

Au large de la cote orientale de l'Australie

DYNAMIQUE ? Principale branche du SEC

Des latitudes tropicales vers les pôles

Courant de bord ouest

Zone de ramification

Eddy Avenue en Mer de Tasman

Extension

Encroachement

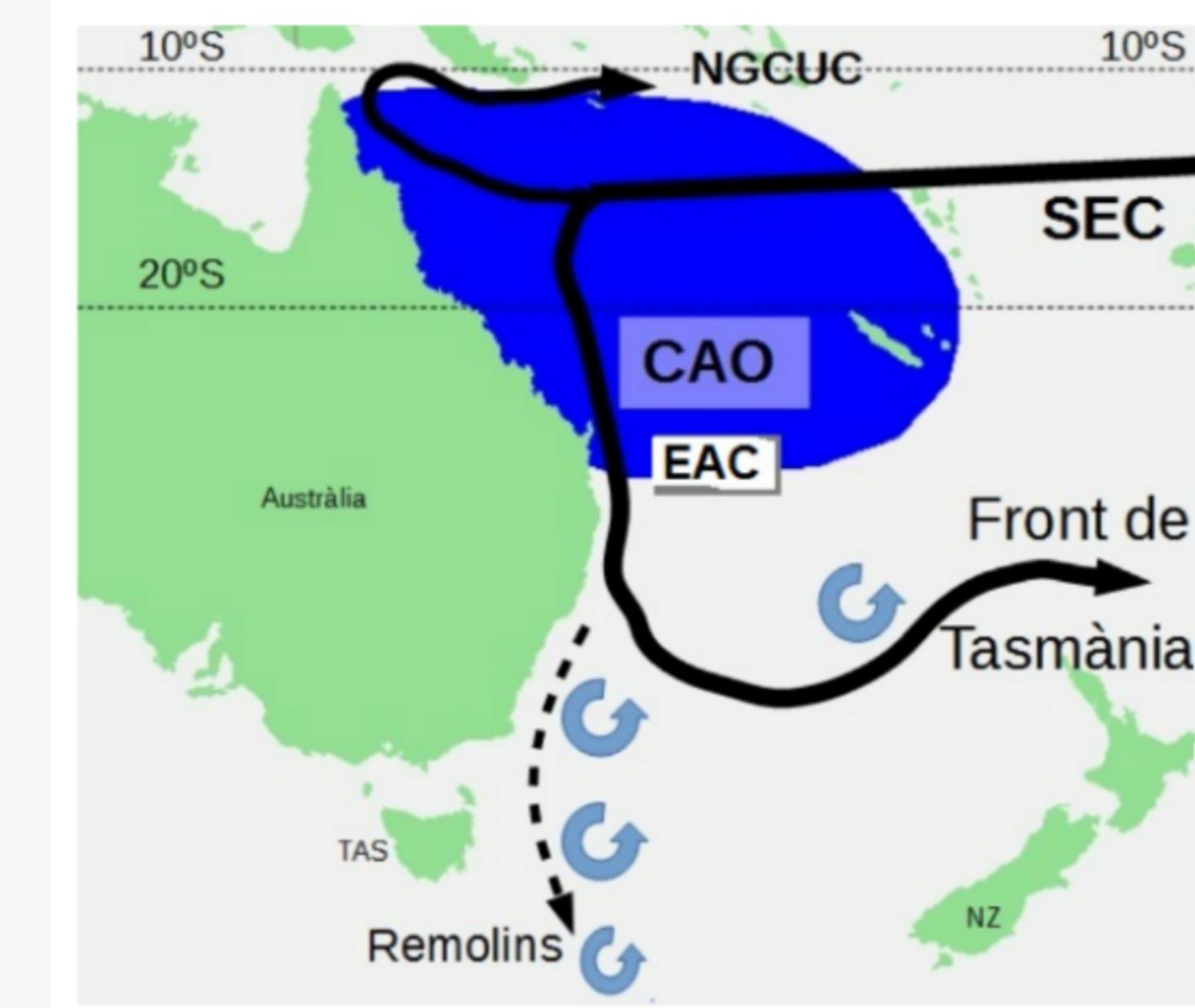


Fig 1 : Schéma de contextualisation de la zone d'étude. EAC : Courant Est Australien, CAO : Courant Australien Occidental, SEC : Courant Equatorial Sud . (wikipedia)

**En quoi la modélisation du CEA permet-elle de mieux comprendre sa dynamique saisonnière et son intrusion côtière le long du plateau ?**

## 1) Dynamique océanique

### Résolution des équations

Equations primitives : différentielles, continues, décrivant la réalité

**trop complexes**

2 étapes pour leurs résolution numérique



équations discrètes

**solvables**

## 1) Dynamique océanique

### Les équations primitives :

**Équations du mouvement sur l'horizontale :**

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + f v - \frac{\partial \overline{u'u'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{u'v'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{u'w'}}{\partial z} \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} - f u - \frac{\partial \overline{v'u'}}{\partial x} - \frac{\partial \overline{v'v'}}{\partial y} - \frac{\partial \overline{v'w'}}{\partial z} \end{aligned}$$

*Thermes de la turbulence*

*Thermes de la turbulence fermée*

$A_h \nabla_h^2 u + A_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$

$A_h \nabla_h^2 v + A_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}$

**Équation de mouvement sur la verticale :**

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

**Équation de continuité :**

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

**Conservation de la chaleur et sel :**

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla T &= \kappa_h \nabla_h^2 T + K_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \\ \frac{\partial S}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla S &= \kappa_h \nabla_h^2 S + K_z \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \end{aligned}$$

**Équation d'état de l'eau de mer :**

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

## 1) Dynamique océanique

### Etape 1 : Les approximations

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

---

**Hypothèse de la turbulence :**  $\tau_{ij}^{Reynolds} = -\rho \overline{u'_i u'_j} = K \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j}$

---

**Hypothèse de l'hydrostatique :**  $\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$

---

**Incompressibilité :**  $\nabla \cdot \mathbf{u} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$

## 1) Dynamique océanique

### Etape 2 : La discrétisation

- Discrétisation spatiale : horizontale grille de type Arakawa C (a)  
verticale coordonnée sigma (b)
- Discrétisation temporelle : séparation du pas de temps time splitting

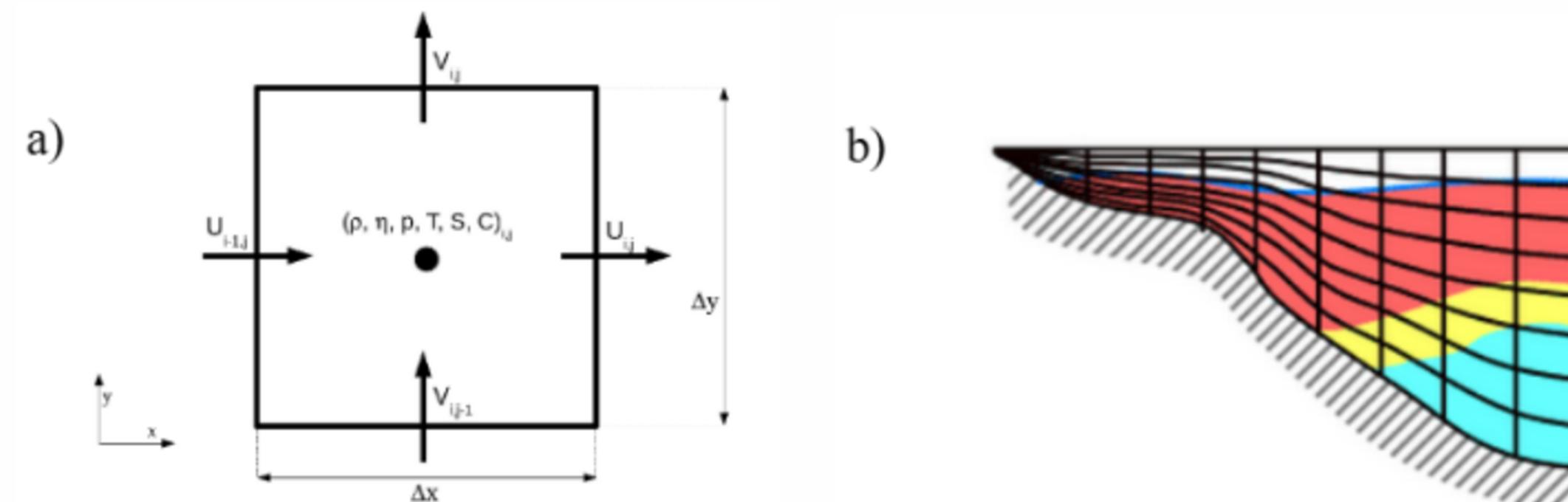


Figure 2 : (a)Grille Arakawa C .  $\rho$ ,  $\eta$ ,  $P$ ,  $T$ ,  $S$  calculés au centre de la maille,  $U$  et  $V$  sur les faces de la maille.  
(b)Type de coordonnée sigma sur la verticale, les couleurs représentent des masses d'eau de différentes densités.

## 2) Implémenttion du modèle

- CROCO = modèle hydrodynamique haute résolution
- Données initiales : COADS05, Topo et WOA

### a) Paramètres spatiaux

Script **make\_grid.m**

- limiter spatialement le domaine
- construire la grille numérique
- lisser la bathymétrie
- spécifier les cellules actives pour la dynamique marine

génération **croco\_grd.nc** contenant  
les informations spatiales (Fig3)

## 2) Implémentation du modèle

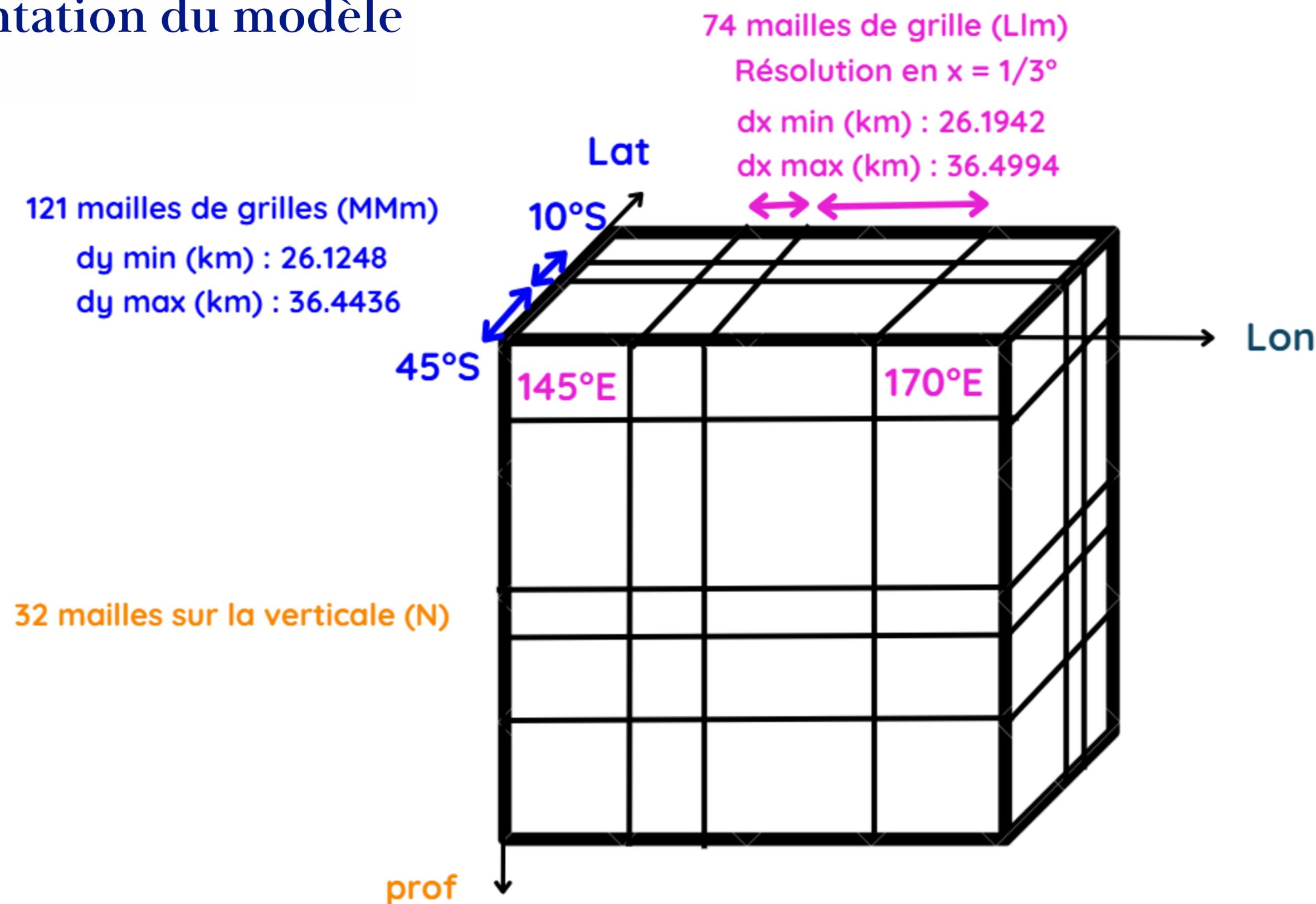


Figure 3 : Réprésentation schématique de la grille générée par make\_grid

## 2) Implémenttion du modèle

### b) Paramètre physiques

Script **cppdefs.h** active ou désactivation de paramètre

**param.h** calcul de constantes physiques

- viscosité **Ah** désactivé **et Az** calculé avec modèle KPP
- la diffusivité
- le paramètre de **Coriolis** (automatique)
- marées
- forçages de surface (ex : vent, flux de chaleur)
- conditions aux frontière ouvertes

génération **croco\_frc.nc** ; **croco\_clm.nc** ; **croco\_oa.nc** ;  
**croco\_bry.nc** contenant les informations physiques

## 2) Implémenttion du modèle

### c) Paramètre temporels

Script **ad\_cfl.m**      calcul CFL

Fichier **croco\_in**      control des entrées et sorties

- indique les fichiers NetCDF à utilisés : croco\_grd.nc, croco\_ini.nc...
- contient  $\Delta t_{ext}$  2400sec et NDTFAST 60
- fixe la durée de la simulation NTIMES 30j
- définit la fréquence des sorties de résultats : instantanés (his), moyennés (avg), du mois d'avant (rst)
- définit les variables enregistrées : u,v,T, Speed, ...

## 2) Implémenttion du modèle

### d) Lancement simulation

Script **run\_croco.bash** simulation pluri-annuelle 12ans

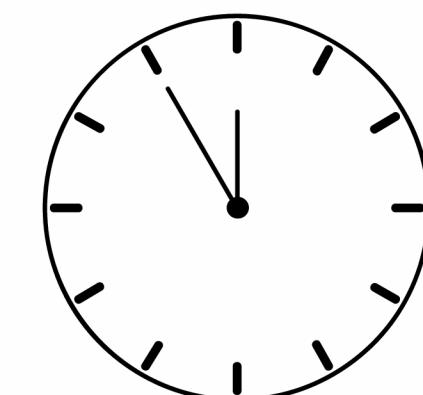
**slurm\_run\_croco.sh** spécifique au système d'exploitation à haute performance  
(cluster)



Résolution spatiale et/ou temporelle



=  
Cout computationnel



## 1) Stabilité du modèle

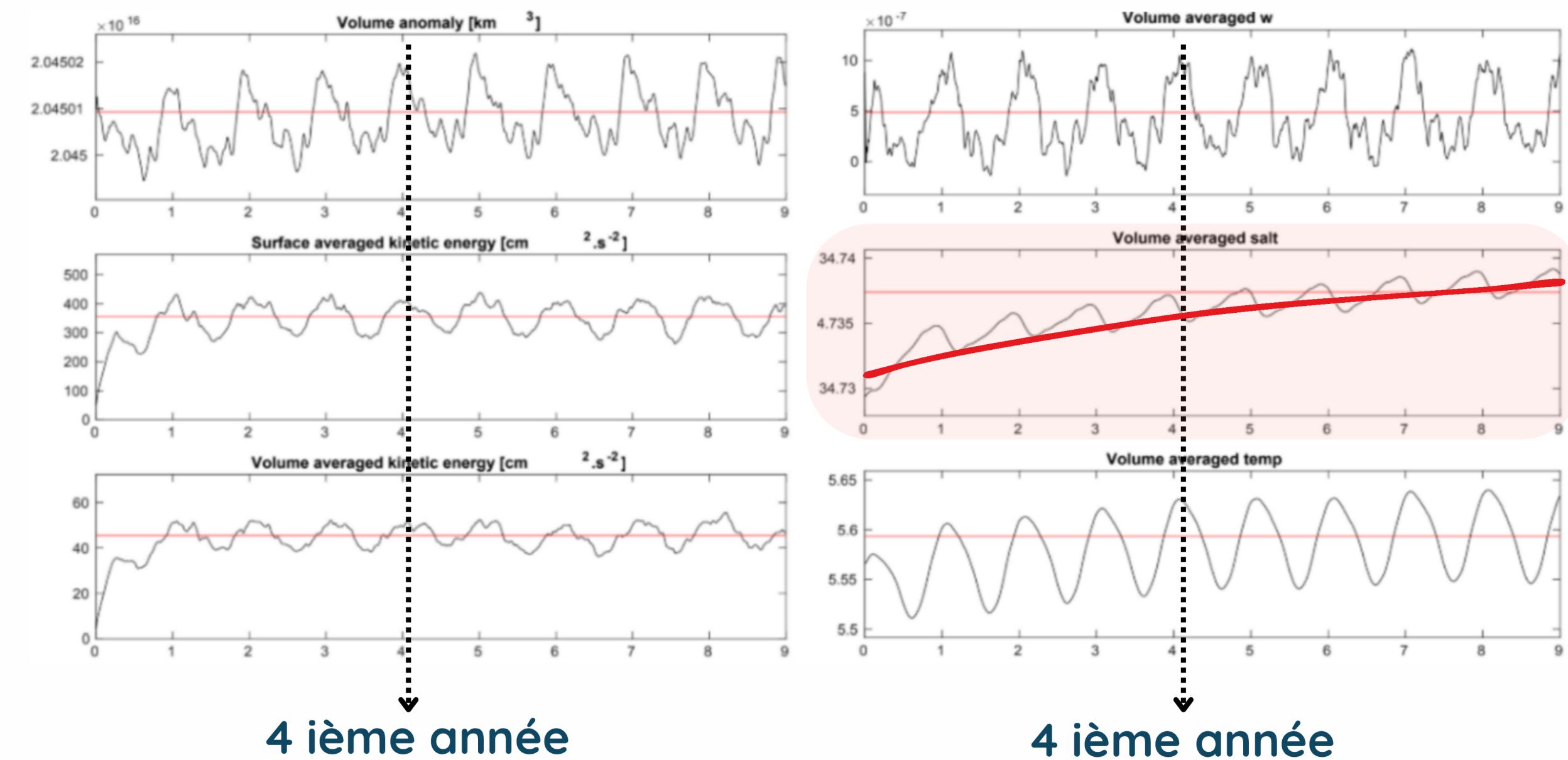


Figure 4 : Variables diagnostiques (A : Le volume total en  $\text{km}^3$  ; B : L'énergie cinétique moyennée sur la surface en  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  ; C : L'énergie cinétique moyennée sur le volume  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ; D : La vitesse verticale moyennée sur le volume ; E : Salinité moyennée sur le volume ; F : La température moyennée sur le volume). La ligne rouge correspond à la valeur moyenne sur 9 ans

## 2) Dynamique du CEA

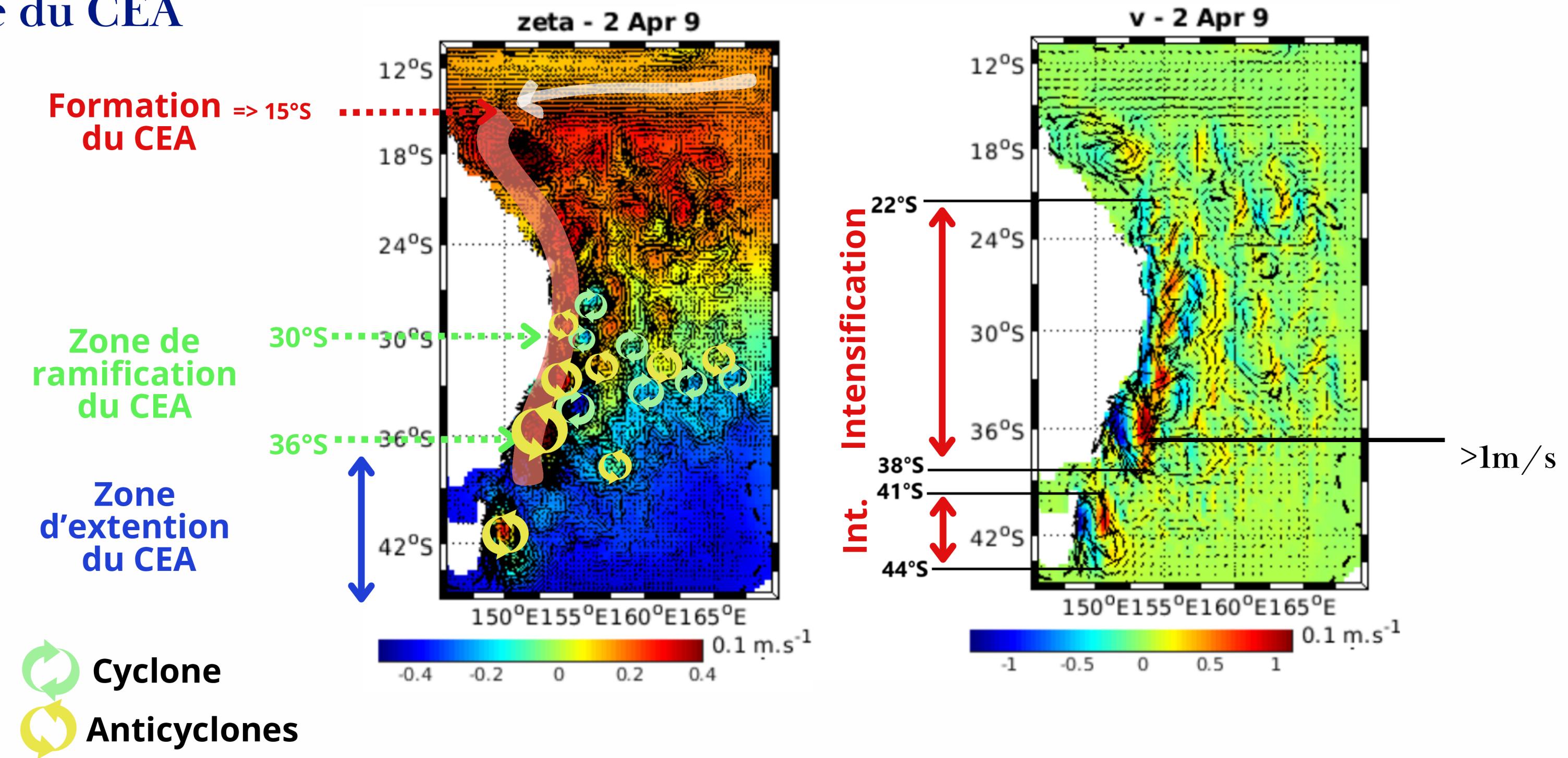
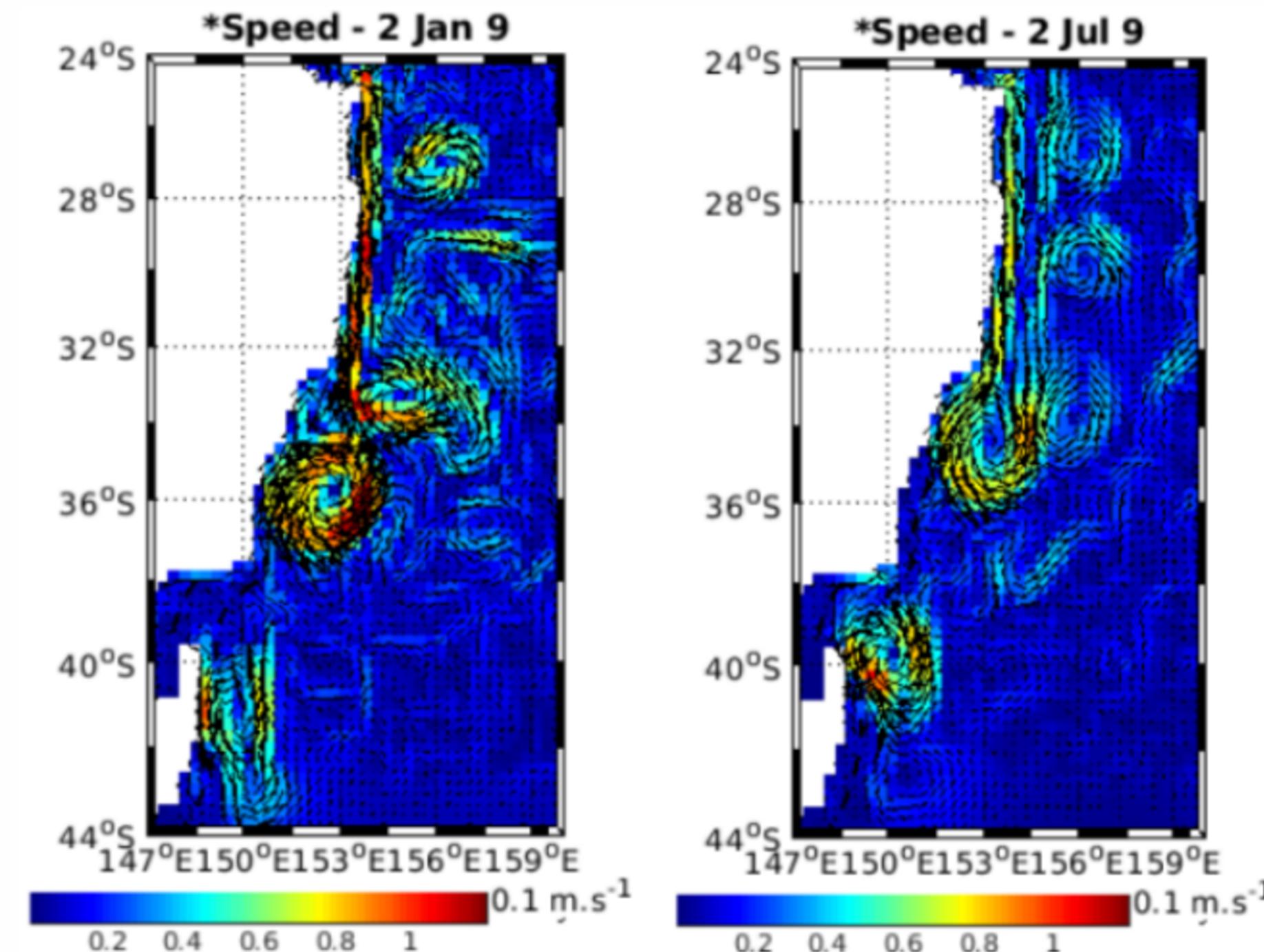


Figure 5 : a) Dynamique de CEA déterminée à partir d'une carte d'élévation de la surface libre (zeta). (b) Intensification de la vitesse mérienne (m/s) du CEA. Les flèches indiquent la direction et l'intensité des courants de surface

### 3) Variabilité saisonnière du CEA

Fig 6 : Variabilité saisonnière de la vitesse horizontale moyenne (zonale et méridionale), en surface (-5m), issue du modèle CROCO. Comparaison des mois de janvier (été austral) et juillet (hiver austral) de l'année 9



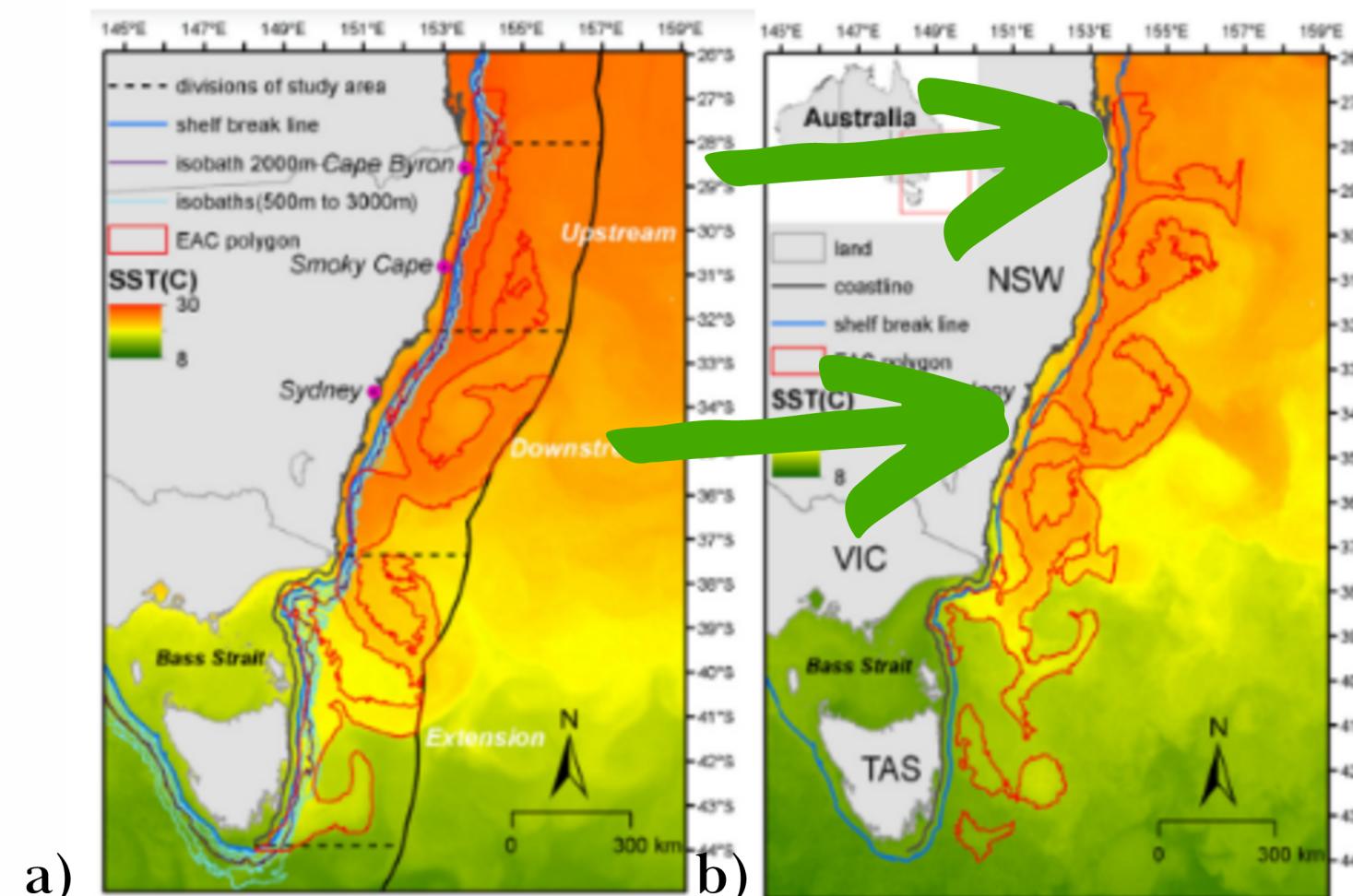
**Eté austral (janvier) :**  
**> 1,2 m/s**  
**intense**  
**descend jusqu'à 38°S**

**Hiver austral (juillet) :**  
**~0,7m/s**  
**atténuation**  
**descend jusqu'à 36°S**

## 4) Encroachement

BESSHO et al. (2016)  
XIE et al. (2021)

images composites du Himawari-8  
modèle CROCO



intrusion cotière mise en évidence  
non distinguable

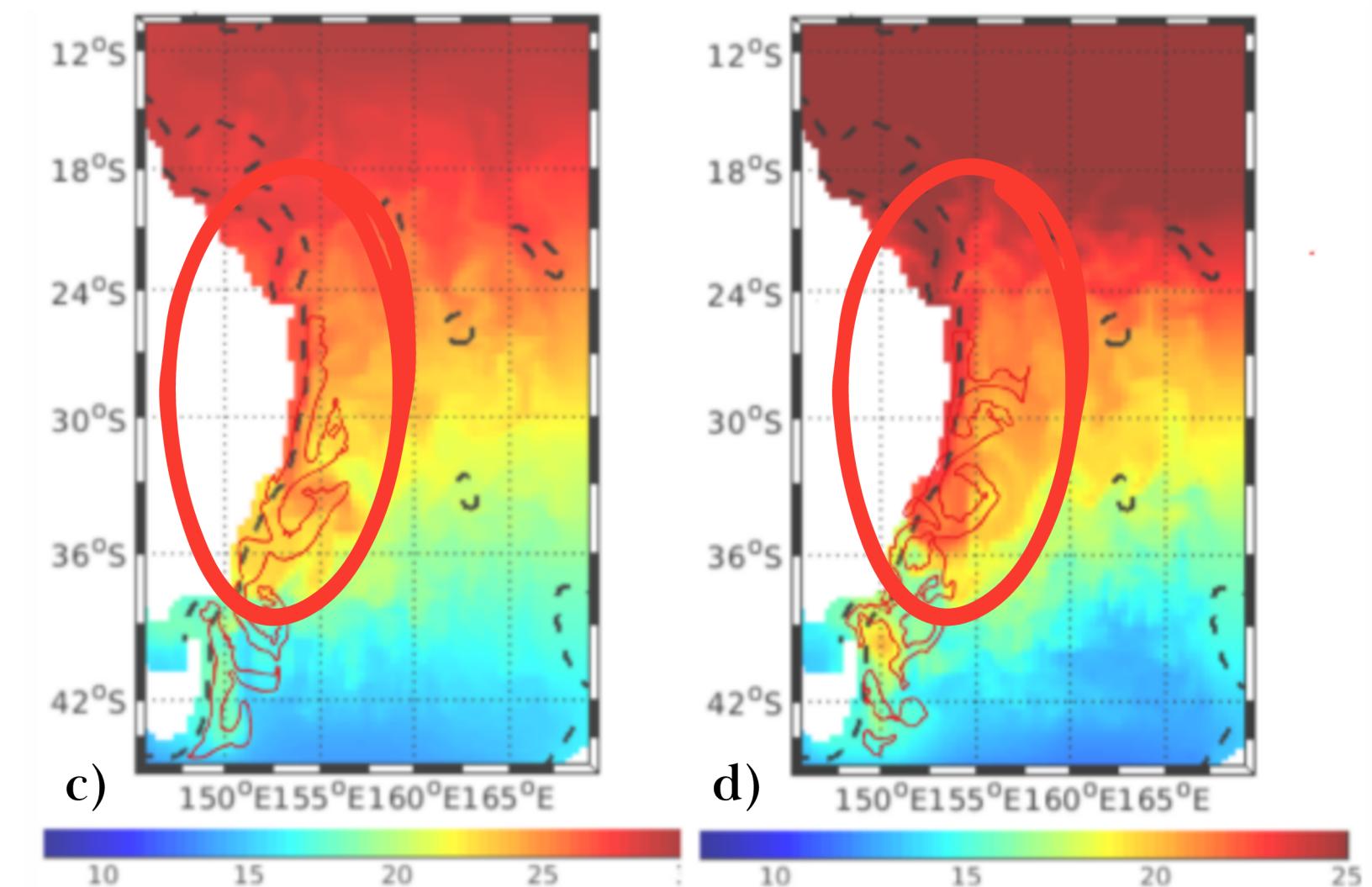


Fig 7: Comparaison cartes de SST issue de Himawari-8 sur 6 jours en janvier 2017, (b) août 2016 avec des cartes issues de CROCO sur les mois (c) de janvier et (d) aout de l'année 9. Les polygones rouges correspondent à la limite de surface du CEA à partir des images satellites. La ligne bleu = la ligne de rupture du plateau.

## **Pourquoi ?**

- **Amélioration des conditions initiales**

données CARS2009 spécialement conçues pour l'océan Pacifique

données ICOADS R3.0 plus récentes

- **Changement des coordonnées sigma**

Bord Est de l'Australie = zone à forte pente du fond marin.

Bathymétrie lissée      introduction d'erreurs pour les processus côtier.

- **Intérêt des modèles à haute résolution**

haute résolution spatiale = processus de fine échelle

haute résolution temporelle = variation de l'encroachement

## Références

- Baklouti, M. (2025). *cours résolution des EDP*.
- Bessho, K., Date, K., Ikuta, Y., Shimoji, K., and et al. (2016). Introduction of the himawari-8 and its early application to weather and climate studies. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 94(5) :151–183.
- Doglioli, A. (2025). cours modélisation 3d.
- Ridgway, K. R. and Dunn, J. R. (2003). East australian current. *Journal of Geophysical Research*, 108(C6).
- Xie, S. (2021). *On the East Australian Current Encroachment : Remote Sensing, Quantitative Mapping and Spatio-temporal Variability*. PhD thesis, UNSW.

---

MERCI DE VOTRE ATTENTION

---