

Modélisation 3D du courant Kuroshio au large de Taïwan

Axel Soto Perissat – OPB205 Modélisation 3D Océanique
- M1 Sciences de la mer, 2025.

Lundi 28 avril 2025

Introduction

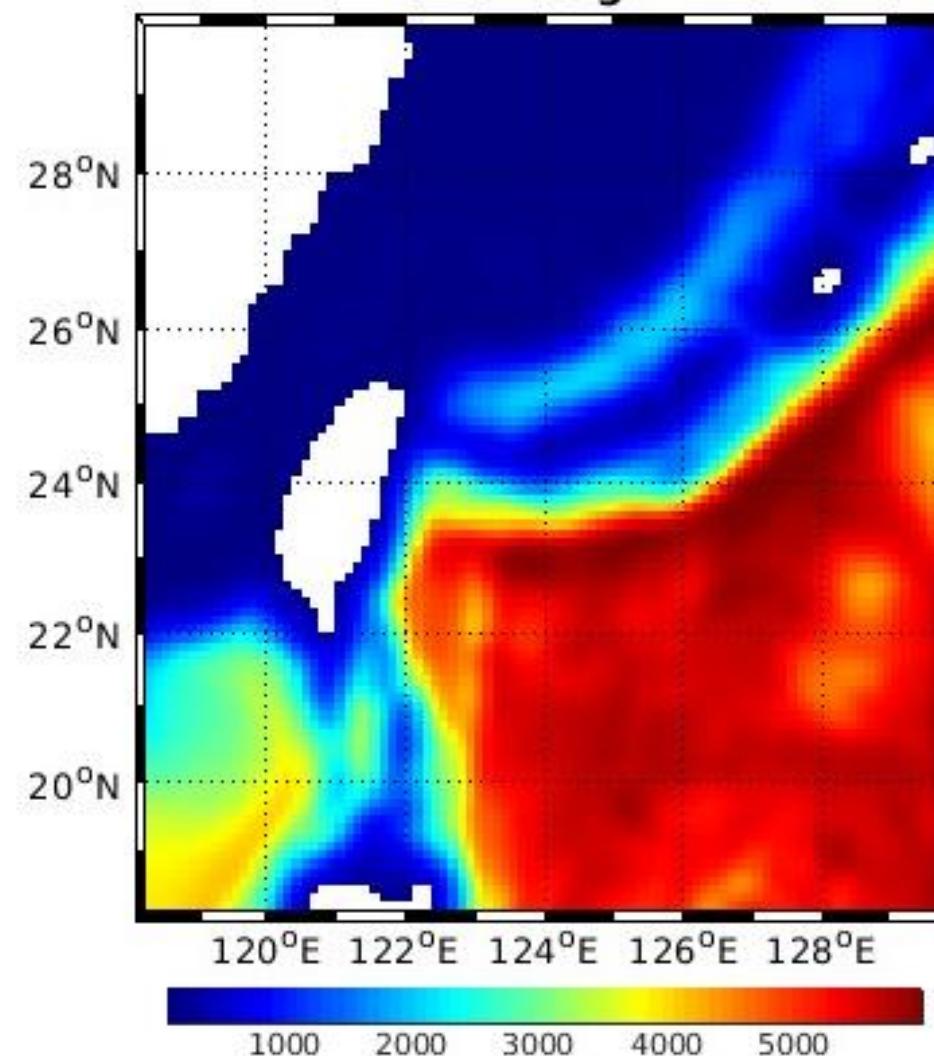


Fig.1 – Bathymétrie autour de Taïwan, la zone étudiée

- Kuroshio est un courant chaud majeur du Pacifique Nord-Ouest.
- Transport de la chaleur des basses vers les hautes latitudes.
- Influence importante sur les moussons d'Asie du Sud-Est et les typhons.
- Contexte bathymétrique/ géologique particulier au niveau de Taïwan.
- Utilisation du modèle CROCO (basé sur ROMS-AGRIF) pour cette étude.
- Résultats climatologiques sur 10 ans comparés à ceux de Hsin et al. (2008)

Méthodes

- Modèle utilisé : CROCO basé sur ROMS-AGRIF
- Équations primitives : Navier-Stokes (hydrostatique, Boussinesq, incompressible)
- Conservation : masse, chaleur, salinité, équation d'état TEOS-10
- Fermeture de la turbulence : Mellor-Yamada
- Time-splitting : petit pas externe (ondes rapides), grand pas interne (processus lents)
- Domaine : 18°N-30°N, 118°E-130°E
- Résolution : 1/8°, 32 niveaux verticaux

$$\frac{\delta u}{\delta t} + u \frac{\delta u}{\delta x} + v \frac{\delta u}{\delta y} + w \frac{\delta u}{\delta z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\delta p}{\delta x} + fv + K_h \nabla_h^2 u + K_v \frac{\delta^2 u}{\delta z^2}$$

$$\frac{\delta v}{\delta t} + u \frac{\delta v}{\delta x} + v \frac{\delta v}{\delta y} + w \frac{\delta v}{\delta z} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\delta p}{\delta y} - fu + K_h \nabla_h^2 v + K_v \frac{\delta^2 v}{\delta z^2}$$

$$0 = \frac{\delta p}{\delta z} + \rho g$$

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

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

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

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

Fig.2 – Les équations primitives et de conservation

$$\Delta t_{ext} \leq \frac{1}{\sqrt{gH}} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-1/2}$$

Fig.3 – Equation pour le calcul du pas de temps externe

Résolution	LLm	MMm	dxmin	dxmax	dymin	dymax	N-sigma
1/8°	95	105	12.0214	13.2117	12.0411	13.2072	32

TABLE 1 – Paramètres de la Grille

Résultats : diagnostiques

- Vérification de la stabilité du modèle avec `croco_diags`
- Paramètres deviennent rapidement périodiques autour d'une moyenne annuelle.
- Stabilisation lente du volume de sel (environ 5 ans de spin-up).
- Période d'exploitation fiable : années 5 à 10 de la simulation.

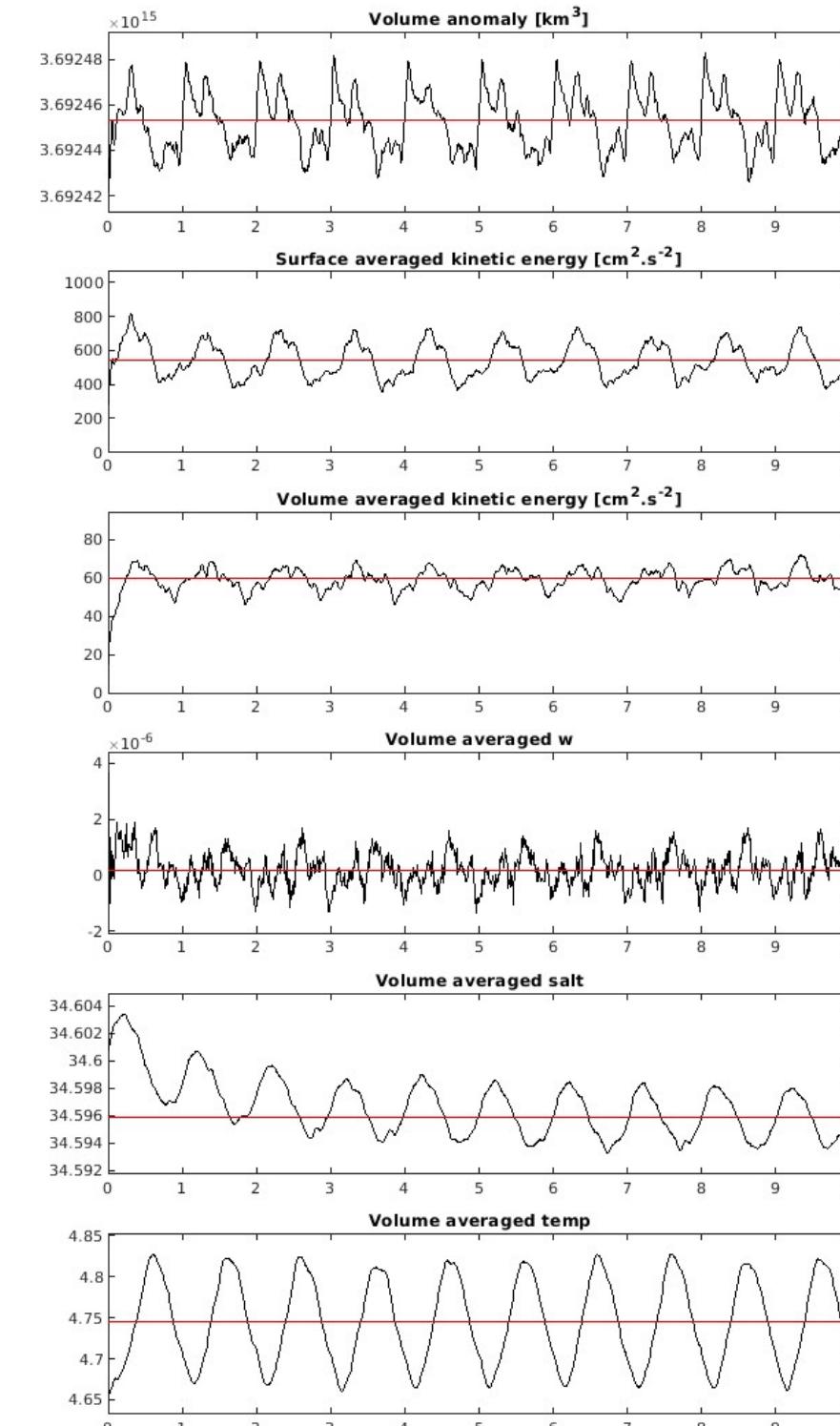


Fig.4 – Diagnostics effectués par `croco_diags` sur notre modèle.

Résultats : Vitesse moyenne

- Le Kuroshio longe la côte Est de Taïwan après avoir passé le sud de l'île.
- Accélération visible au contact du talus continental taïwanais
- Formation de tourbillons de méso-échelle tout au long du trajet.
- Accélération au niveau des îles Ryuku vers le Japon et « guidage » du courant par la bathymétrie

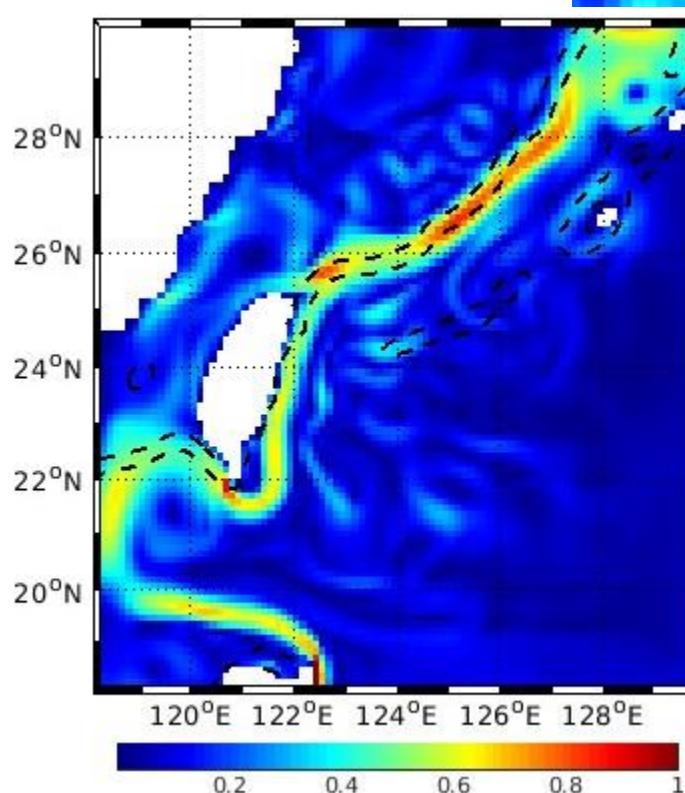


Fig.6 – Vitesse du courant de surface (10m) à un instant donné (Août, année 7)

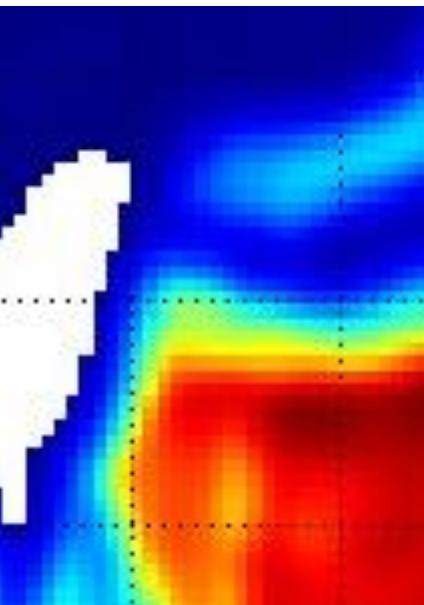


Fig.5 – Zoom sur la bathymétrie au niveau du passage du kuroshio

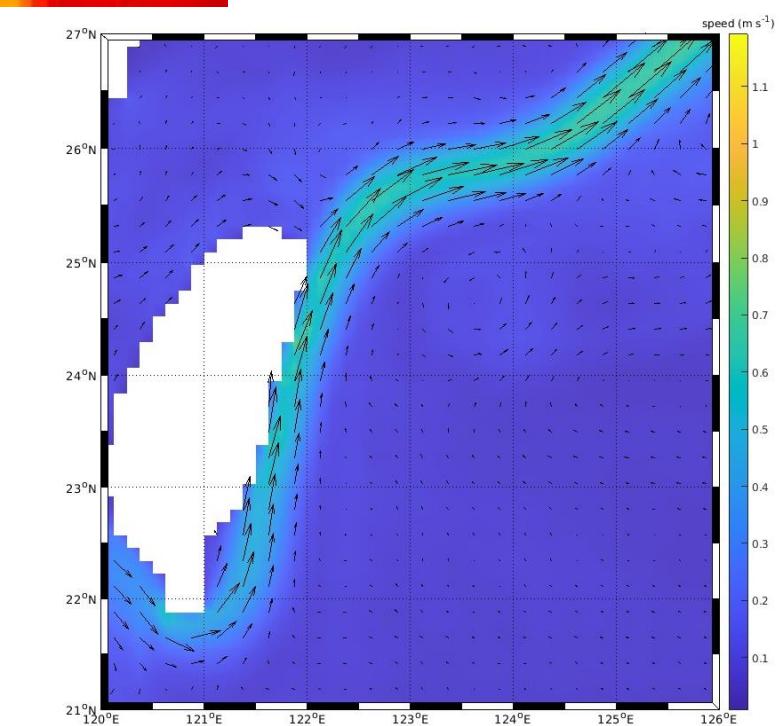


Fig.7 – Vitesse moyennée sur les 50 premiers mètres sur cinq années. Pas de(y)= 10m

Résultats : Variations de températures

Hiver (Janvier) :

- Kuroshio visible par un apport d'eau chaude ($\sim 25^{\circ}\text{C}$)
- Intrusion d'eaux froides venues de la mer de Chine orientale par le plateau continental.
- Front thermique marqué qui agit comme une deuxième barrière et guide le courant vers le Japon.

Été (Août) :

- Réchauffement généralisé du Pacifique.
- Le Kuroshio reste identifiable comme un corridor plus chaud.
- Transport de masses d'eau chaude vers le nord, alimentant moussons et typhons.

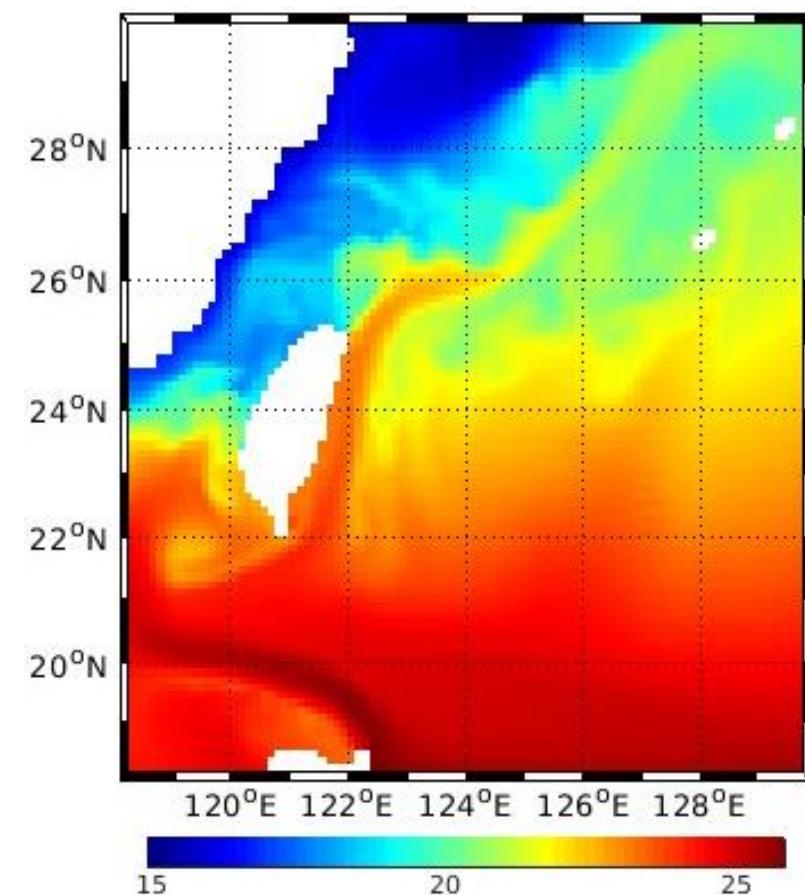


Fig.8 – Carte des températures au 29 janvier, année 7

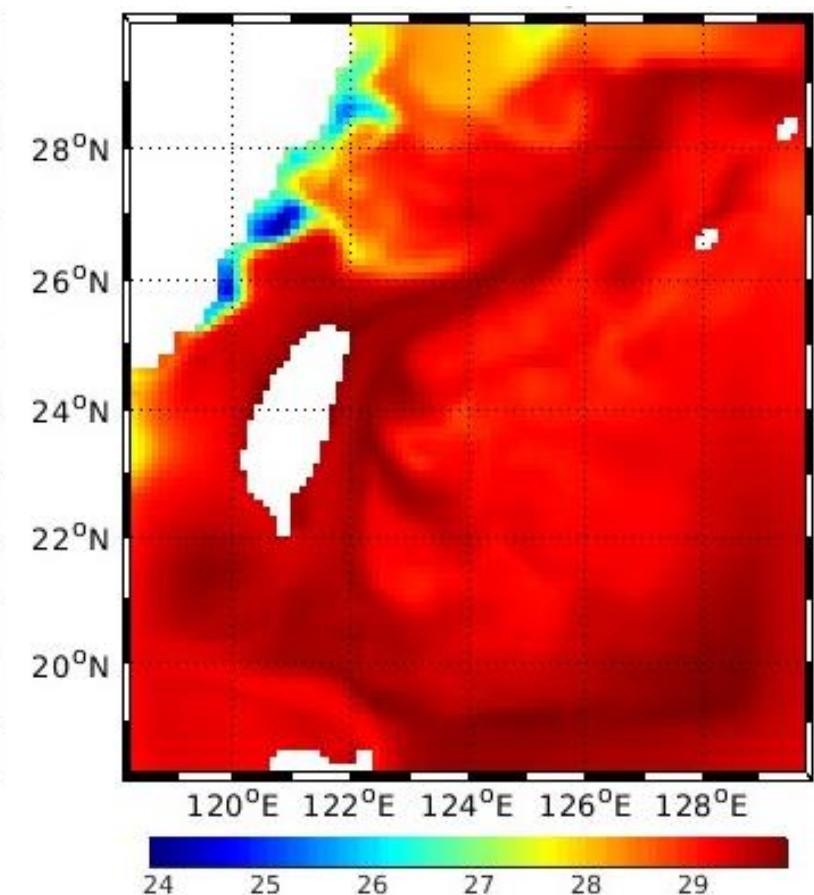


Fig.9 – Carte des températures au 20 Août, année 7

Résultats : variation des Vitesse horizontales entre 0 et 200 mètres

- Deux trajectoires principales du Kuroshio séparées par l'île de Lan-Yu entre été et hiver
- Courant plus rapide en été (~ 70 cm/s) qu'en hiver (~ 50 cm/s)
- Du au déplacement saisonnier du point de bifurcation du CNE plus au nord en été

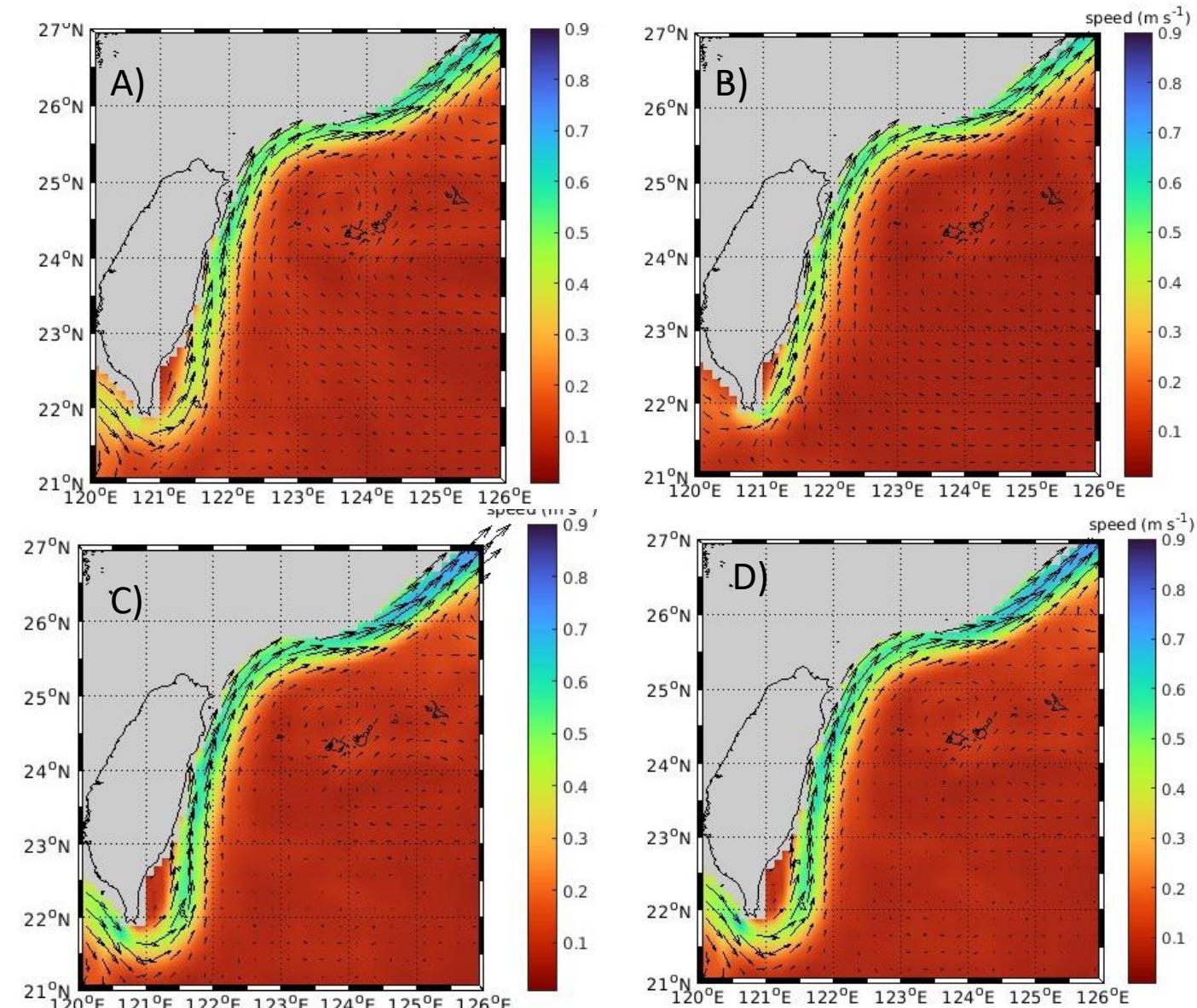


Fig.10 – Variations saisonnières des vitesses horizontales entre 0 et 200m, moyennée sur 5ans . Pas en (y)= 50m. A) Automne ; B) Hiver ; C) Printemps ; D) été

Discussion : Comparaison à la littérature

- Comparaison basée sur Hsin et al. (2008), étude du Kuroshio entre 1982–2005.
- Configuration Hsin et al. : modèle EAMS imbriqué dans un modèle global NPO.
- Résolution fine ($\sim 1/8^\circ$), 26 niveaux sigma, forçages réalistes (SST, TaiDBMv5).
- Objectif : valider notre modélisation CROCO en comparant climatologie et structures du courant.

Discussion : Comparaison à la littérature

Vitesses moyennes du courant de surface

- Vitesse du courant sous-estimée d'un facteur 2 par rapport aux observations
- Courant plus étroit et moins intense que dans le modèle de référence.
- Résolution plus faible : coeurs d'accélération et bifurcations mal représentés

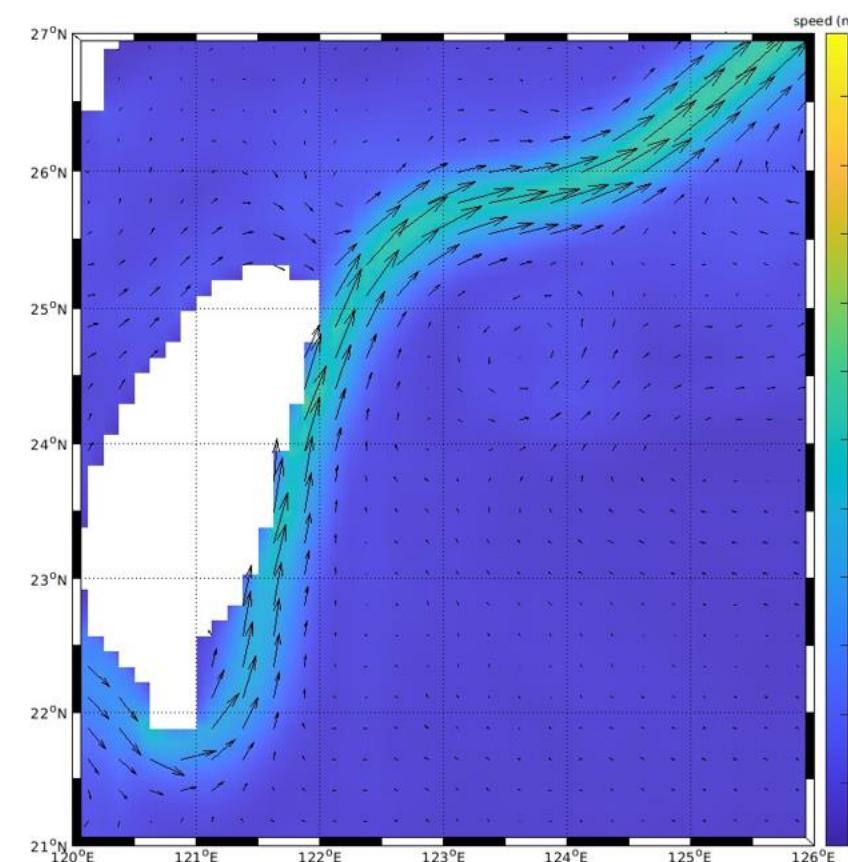


Fig.11 – Vitesse moyennée sur les 50 premiers mètres sur cinq années. Pas de(y)= 10m

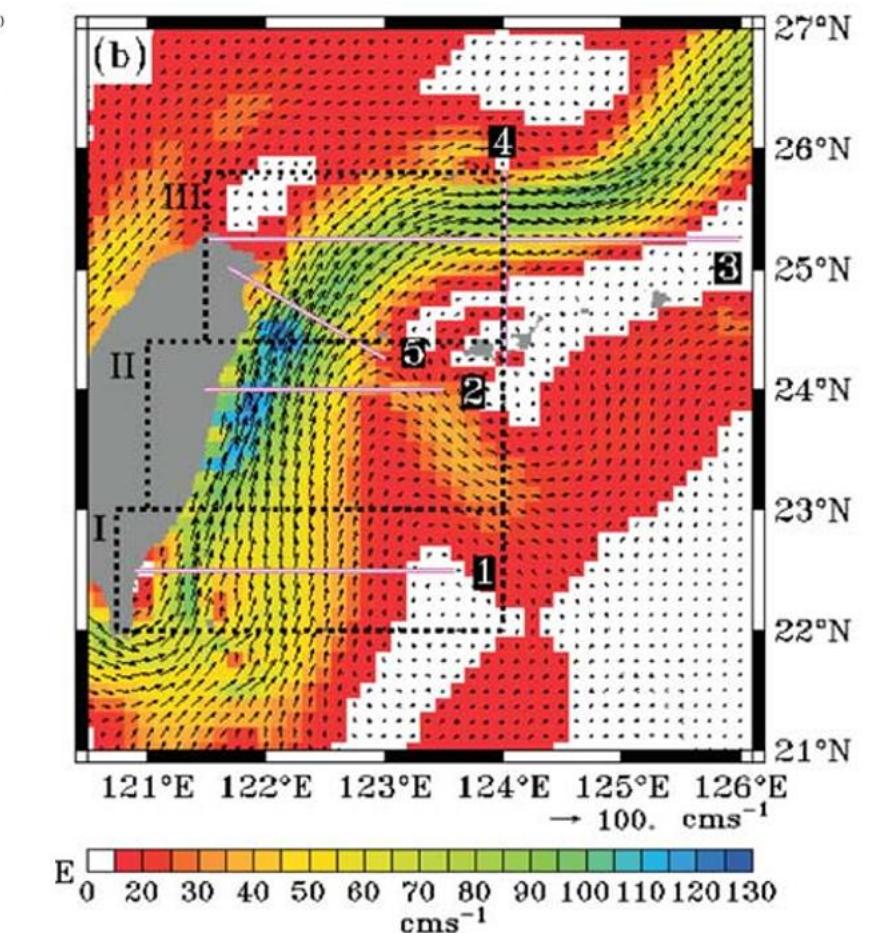


Fig.12 – vitesse moyenne intégrée sur les 50 premier mètres par Hsin& al(2008)

Discussion : Comparaison à la littérature

Variation des vitesses horizontales moyennes sur les 200 premiers mètres

- Notre modèle montre une variabilité saisonnière mais moins marquée.
- Problèmes pour la bathymétrie à l'ouest de Taïwan
- Méandres du Kuroshio absents dans notre simulation.
- Résolution insuffisante pour capturer la dynamique fine du courant.

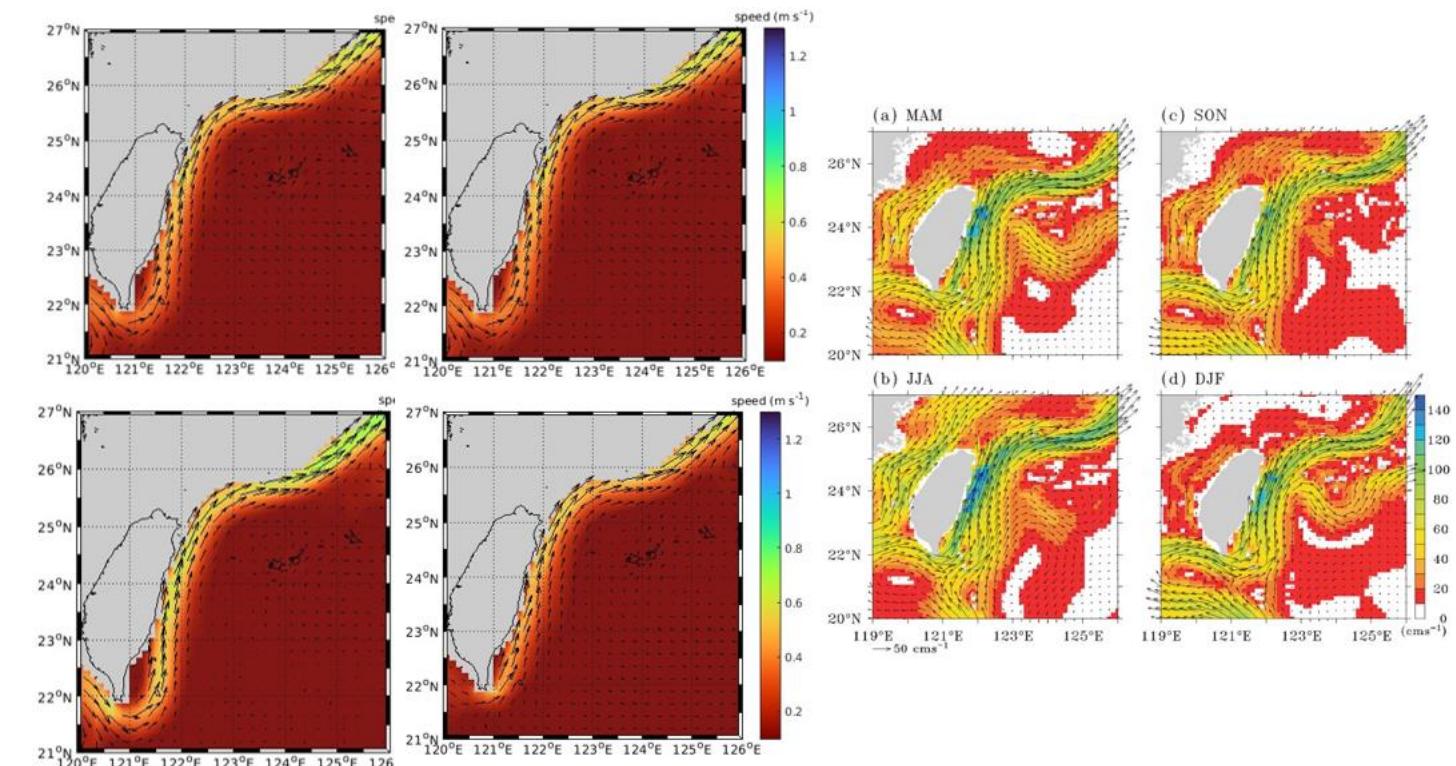


Fig.13 – Variations saisonnières des vitesses horizontales entre 0 et 200m, moyennée sur 5ans . Pas en (y)= 50m. L'échelle de vitesse a été changée pour correspondre à Hsin & al (2008)

Fig.14 –Variations saisonnières des maximum de vitesse par Hsin & al (2008)

Discussion : Limites

- Moyenne discrète sur quelques profondeurs (non intégrée sur toute la colonne d'eau)
- Difficultés à représenter les faibles profondeurs (problèmes bathymétriques).
- Modèle moins précis car non couplé à un modèle global et base de donnée moins fournies.
- Scripts d'extraction et visualisation des données encore limités

Conclusion

- CROCO modélise bien les grands mécanismes du Kuroshio
- Bonne structure générale du courant
- Manque de détails méso-échelle
- Besoin : bases de données régionales plus précises et post-traitement
- Perspective : affiner paramétrage et script