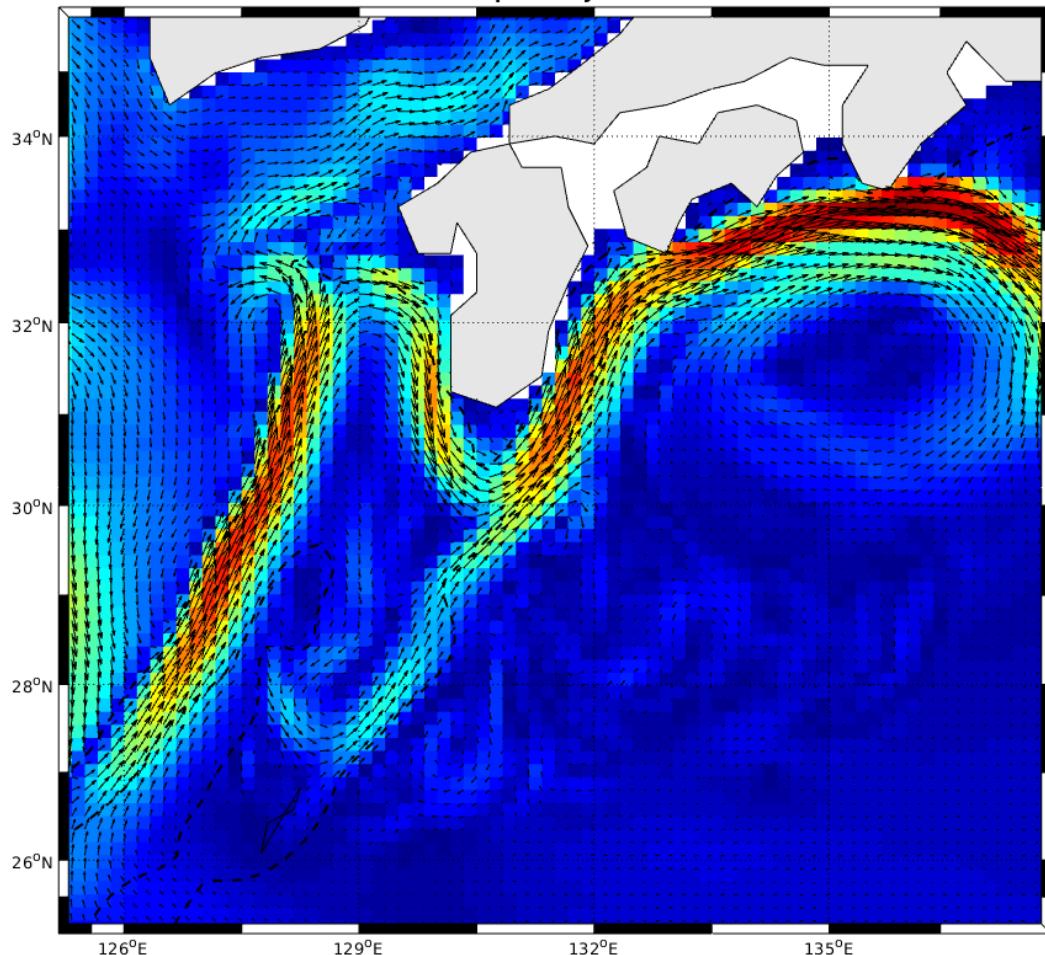


Modélisation du courant de Kuroshio au sud du Japon

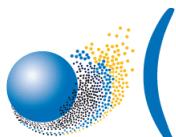


Gobelin Nicolas

M1 “Sciences de la mer” parcours OPB, Institut Pythéas

Modélisation 3D océanique

Année 2022-2023



Institut Pythéas
Observatoire des Sciences de l'Univers
Aix-Marseille Université

31/03/2023

Abstract

As a part of a student course, a three dimensional ocean model was realized. The aim of this student course is to acquire a first experience in the 3D modeling area. An area which nowadays is more than necessary to study oceans. Based on the use of the Croco model, this work focuses on a small-scale region in southern Japan where the Kuroshio current circulates. The results which were obtained provide climatological estimates of several hydrodynamic characteristics for a period of 10 years. By using as a reference, the results of the scientific article, Liu et al(2018), whose results have been confirmed, the representation of Kuroshio in this model could be also confirmed. Nevertheless, it is mainly true for the Kuroshio current circulation and position. Because several results disagree with Liu et al(2018) and some undisputed facts of oceanography. It was concluded these differences do not necessarily raise questions about the model's veracity. However they indicate the importance of using this model on larger scales, in time and space, which would allow a better assessment of its veracity.

Résumé

Dans le cadre d'une formation étudiante, un modèle océanique tridimensionnel a été réalisé. Cette formation étudiante a pour but de faire acquérir une première expérience dans le domaine de la modélisation 3D. Un domaine qui est aujourd'hui plus que nécessaire pour l'étude des océans. Reposant sur l'utilisation du modèle CROCO, ce travail se concentre sur une région à échelle réduite au sud du Japon où le courant de Kuroshio circule. Les résultats obtenus fournissent des estimations climatologiques de plusieurs caractéristiques hydrodynamiques et cela sur une période de 10 ans. En utilisant comme référence un article scientifique, Liu et al(2018), dont les résultats ont été confirmés, la représentation du courant de Kuroshio dans ce modèle a pu être validée. Du moins, cela s'applique principalement pour sa circulation et sa position. Car, il apparaît aussi des résultats ne s'accordant pas avec Liu et al(2018) et certains faits incontestés de l'océanographie. Il a été conclu que ces différences ne remettent pas obligatoirement en cause la véracité de ce modèle, mais soulèvent plutôt la nécessité de l'utiliser sur de plus grandes échelles et temps et d'espace, permettant une meilleure évaluation de sa véracité.

Sommaire

1. Introduction.....	1
2. Matériels et Méthodes.....	1
2.1. CROCO.....	1
2.2. Configuration du modèle.....	2
3. Résultats.....	4
3.1. Les données exploitables.....	4
3.2. Variations saisonnières de la température.....	5
3.3. Simulation du courant de Kuroshio.....	6
4. Discussions.....	8
4.1. Simulation de la température.....	8
4.2. Comparaison du modèle avec la littérature.....	9
5. Conclusion.....	10

1. Introduction

Développée à partir de la seconde moitié du XX^e siècle, la modélisation numérique est un aspect du monde de la recherche qui a gagné de plus en plus d'importance au fil du temps. Concernant l'océanographie, la modélisation numérique s'avère indispensable, en particulier dans le domaine de la circulation océanique. En raison de la complexité des processus régissant cette circulation, son étude requiert un tel degré d'application qu'il est nécessaire de recourir à des calculateurs électroniques. Le premier calculateur électronique, l'Eniac (Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer), fut inventé en 1946. Puis, de nouveaux modèles de plus en plus précis ont vu le jour. Grâce aux modèles actuels, il est possible d'étudier de manière efficace différentes composantes du milieu marin en respectant les différentes relations existant entre ces composantes. Parmi ces modèles se trouve le modèle CROCO (Coastal and Regional Ocean Community model). S'appuyant sur une importante base de données, ce modèle permet de représenter et d'étudier des phénomènes océaniques à des échelles réduites.

Le rôle des courants marins ne limitent pas qu'au déplacement des masses d'eau. Ces derniers influencent le climat mondial. Tout d'abord, l'océan et l'atmosphère s'échangent constamment des gaz mais aussi de la chaleur. Les courants vont distribuer cette chaleur dans les différentes régions du globe. Un des plus grands courants du monde est le courant de Kuroshio (« Courant noir »), le courant le plus intense du Pacifique nord. S'étendant sur 100 km de large, ce courant trouve son origine dans l'ouest de l'océan Pacifique. Plus précisément, il commence sa course au large de la côte est de Taïwan. Ensuite, il longe la côte est du Japon avant de fusionner avec le courant du Pacifique Nord. À savoir que l'influence du courant de Kuroshio dans le Pacifique Nord n'est pas des moindres. Ce courant constitué d'eaux chaudes et salées, joue un rôle important dans les transports de masse, de chaleur et de nutriments du gyre subtropical. Il réchauffe les côtes est du continent asiatique et s'avère aussi être indispensable au développement et au maintien des récifs coralliens du Japon.

L'objectif de ce rapport est de présenter un modèle réalisé dans le but de simuler une zone au sud du Japon. Nous allons dans un premier temps voir en détail les étapes de sa réalisation. Puis, nous discuterons des résultats qu'il fournit. D'abord en examinant les variations saisonnières d'une caractéristique dont il a calculé les valeurs. Ensuite, nous nous intéresserons principalement à la représentation des courants, plus particulièrement le courant de Kuroshio. Pour cette dernière partie, nous comparerons les résultats de ce modèle sur ce courant, avec ceux de Liu et al(2018) qui cherche à déterminer quelle zone au sud du Japon serait la plus favorable pour une production d'électricité à partir de ce courant.

2. Matériels et Méthodes

2.1. CROCO

Le modèle ici utilisé est le modèle CROCO. Il s'agit d'un modèle océanique tridimensionnel séparé en plusieurs scripts requérant l'utilisation de Matlab. Ce modèle permet de modéliser des régions côtières et estuariennes, ainsi que les spécificités hydrodynamiques et physiques au sein de ces zones, en reposant sur la résolution des équations primitives. Ces équations correspondent aux équations de Naviers-Stokes associées

aux équations de conservation de la chaleur et du sel, en tenant compte de l'approximation de Boussinesq, l'hydrostatie, l'approche de Reynolds et de l'approximation de mouvement quasi-horizontal pour Coriolis. Pour représenter les spécificités hydrodynamiques et physiques, CROCO réalise une grille de calculs, dont les niveaux verticaux dépendent des coordonnées sigma. Tandis que les niveaux horizontaux sont établis par une grille d'Arakawa C. Celle-ci consiste à calculer, à partir des précédentes valeurs calculées, les vitesses au niveau des faces de la maille, et les autres variables au niveau du centre de la maille. À savoir que les valeurs sur lesquelles vont s'appuyer les premiers calculs de cette grille proviennent de la base de données World Ocean Atlas (WOA), permettant d'utiliser CROCO pour toutes les régions du globe.

2.2. Configuration du modèle

Tout d'abord, la première étape consiste à définir les coordonnées de la zone d'étude via “ad_fingeocoord.m”. L'exécution de ce script représente une carte de la surface du globe, sur laquelle nous pouvons sélectionner notre zone d'étude. Lorsque la zone est sélectionnée, le script fournit les coordonnées de latitude et de longitude.

coordonnées de longitude	coordonnées de latitude
125°E - 138 °E	25°N - 35.4°N

Tab.1 : Coordonnées de la zone d'étude

Il faut par la suite les rentrer dans le script “crocostools_param.m” pour définir la zone où la grille de calcul sera établie. Cependant, ce ne sont pas les seules modifications à apporter à ce programme. Il est important de s'assurer que les frontières soient bien ouvertes, afin que le modèle prenne en compte les entrées et sorties d'eau dans la zone d'étude. Enfin, définir la résolution, en raison de l'échelle relativement faible de la zone d'étude, la résolution est fixée à 1/6. Quand tous ces paramètres sont mis en place, il ne reste plus qu'à créer la grille de calcul pour le modèle avec le fichier “make_grid.m”. Après avoir fait tourner le programme, ce dernier donne une carte de la bathymétrie de la zone choisie.

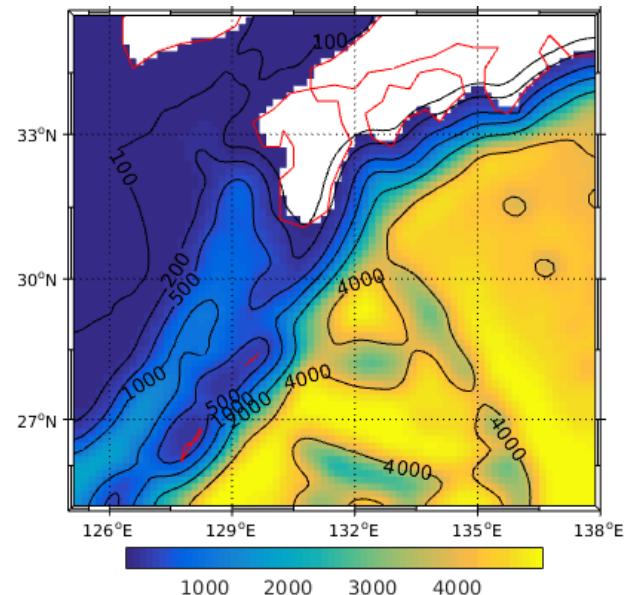


Fig 1 : Carte de la bathymétrie au sud du Japon

Ensuite, il est possible d'observer sur Matlab, les différentes caractéristiques de cette grille, puis de les enregistrer dans un fichier “memo.mat”. Ces caractéristiques sont essentielles pour calculer les pas de temps internes et externes sur la base du critère de stabilité CFL.

LLm	MMm	dxmin	dxmax	dymin	dymax
77	72	15.0804 km	16.7868 km	15.1186 km	16.7764 km

Tab.2 : Caractéristiques de la grille de calculs

La prochaine étape est de calculer les forçages et les conditions initiales aux frontières par le biais des scripts “make_forcing.m” et “make_clim.m” en utilisant les données de WOA.

Grâce aux caractéristiques de la grille, les calculs des pas de temps interne et externe sur la base du critère de stabilité CFL sont réalisables. Ce critère, fait en sorte qu’un processus (courant, onde, ...) représenté dans un modèle ne se propage pas de plus d’une maille à chaque pas de temps. Dans le cadre du critère de stabilité CFL, la résolution spatiale et la résolution temporelle sont liées par la relation suivante :

$$\Delta t \leq \frac{1}{\sqrt{g h_{max}}} \left[\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

Eq.1 : Critère de stabilité CFL

Pour revenir au calcul des pas de temps, l’utilisation du script “ad_cfl.m” est requise. Quant à la manière dont ce script fonctionne, celui-ci demande à l’utilisateur d’entrer les valeurs de dxmax, de dymin, la profondeur maximale de la zone d’étude (5000 m) ainsi que le pas de temps externe (60 s). Après que ces valeurs aient été rentrées, le programme affichera par la suite une valeur temporelle, DTEcfl. À ce moment-là, l’utilisateur doit entrer un multiple de 12 inférieure au DTEcfl. Dans notre cas le DTEcfl vaut 27.1352 s, donc le nombre 24 est entré. Cette dernière étape réalisée, le script “ad_cfl.m” affiche le pas de temps externe (NDTFAST), interne (dt) ainsi que la durée de la simulation (NTIMES).

NDTFAST	dt	NTIMES
60	1440 s	1800

Tab.3 : Paramètres temporels calculés par “ad_cfl.m”

Une fois ces différentes valeurs obtenues, la prochaine chose à faire est d’éditer le fichier “run_croco_bash” pour fixer les pas de temps internes et externes. La même opération est à réaliser dans le script “croco_in”. Cependant, en plus de cette opération, il faut aussi mettre la durée de la simulation et modifier les valeurs des fréquences de sauvegarde des sorties instantanées et moyennées (NWRT et NAVG) et des sorties pour relancer le modèle (NRST). Ces modifications doivent être conformes aux conditions suivantes :

- NRST = NTIMES = 1800
- NAVG = NWRT = NTIMES/10 = 180

Lorsque toutes les étapes expliquées précédemment sont réalisées, la dernière chose à faire avant de lancer le modèle est de le compiler, avec la commande “`./jobcomp`” pour l’adapter au langage binaire de l’ordinateur, sans ça, il ne pourra pas être utilisé. Ce qui nécessite de se connecter à un cluster de calcul. Il s’agit d’un regroupement d’ordinateurs, ce qui permet de combiner la puissance de ces ordinateurs afin de pouvoir réaliser des calculs qu’un ordinateur seul n’aurait pas pu réussir. Quand la compilation est terminée, il ne reste plus qu’à lancer la simulation sur le cluster avec la commande “`sbatch ./slurm_run_croco.sh`”. Ainsi, le modèle se met à tourner et fournira des estimations climatologiques sur 10 ans.

3.Résultats

3.1. Les données exploitables

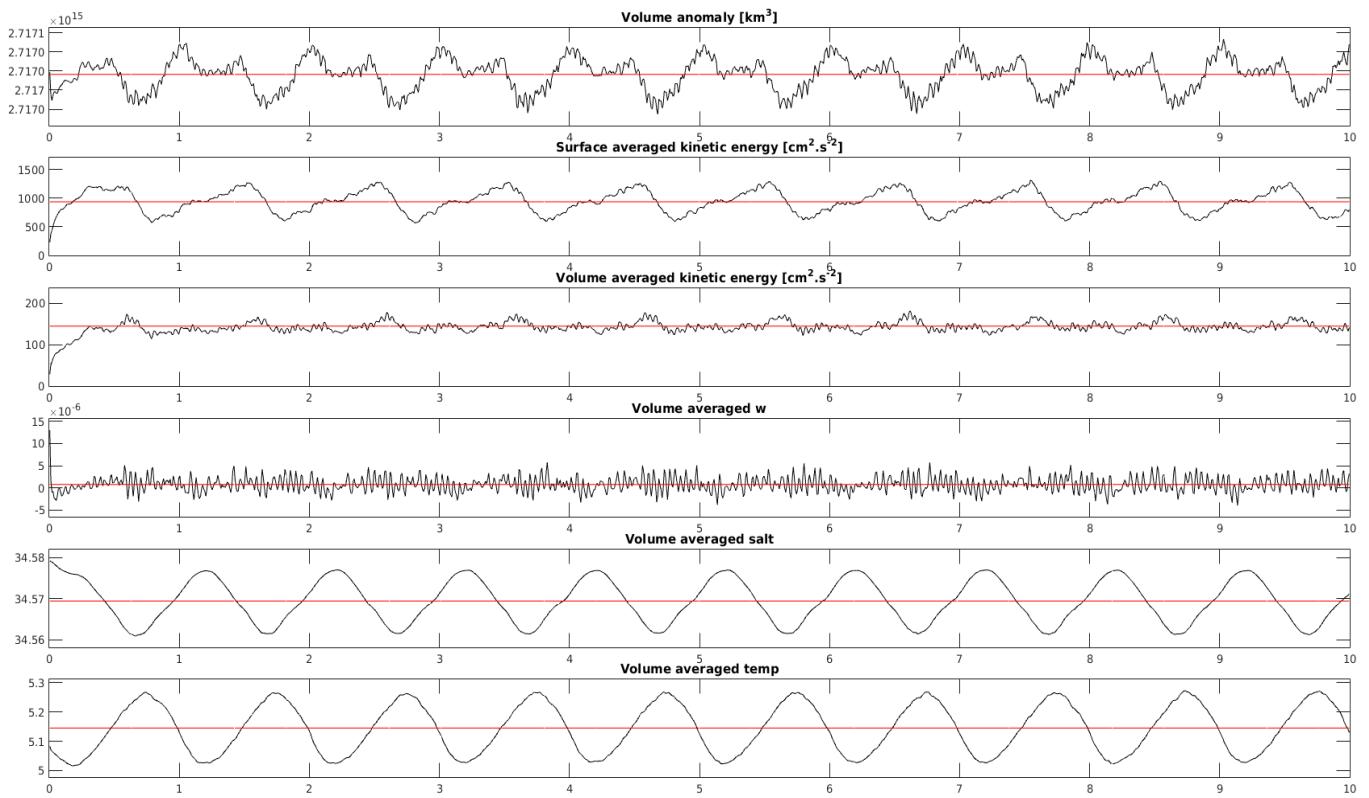


Fig 2 : Graphiques diagnostiques du modèle

Tout d’abord, la première chose à faire quand le modèle a fini de tourner est de déterminer quelles données sont exploitables. Pour cela, il faut exécuter les scripts “`croco_diags.m`” et “`plot_diags.m`” qui réalisent les graphiques ci-dessus. En étudiant ces graphiques, nous pouvons voir à partir de quelle valeur notre modèle devient stable. Et par la même occasion de savoir à partir de quand le modèle affiche des estimations réalistes et non idéalisées. Pour déterminer cette valeur, il faut d’abord repérer le dernier graphique qui commence à osciller de manière régulière autour de la moyenne calculée par le modèle. Puis noter la valeur de temps pour laquelle le graphique commence à représenter ce type d’oscillation. Ici, le dernier graphique à être stable est celui de la moyenne de l’énergie cinétique de surface. On observe qu’il commence à être stable avant la fin de la première année. Les valeurs du modèle peuvent donc être utilisées à partir de cette valeur de temps,

mais par sécurité nous avons préféré plutôt prendre les valeurs à partir de la 2nd année. C'est aussi la seule année dont les données sont utilisées dans ce rapport.

3.2. Variation saisonnière de la température

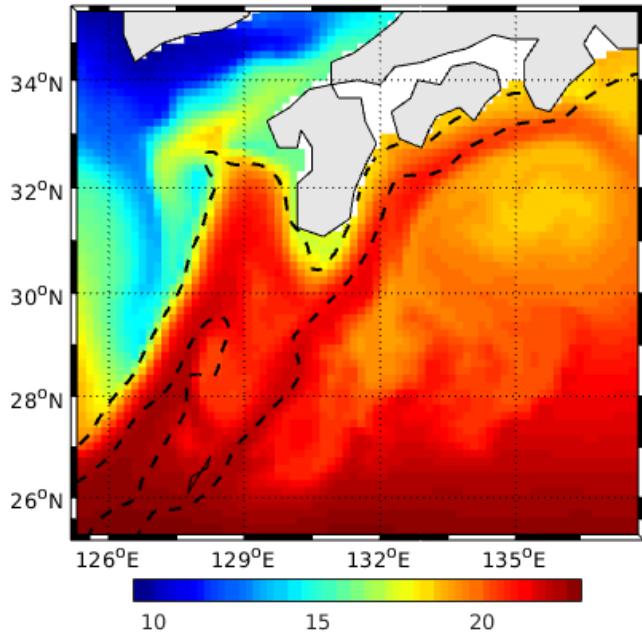


Fig.3 : Température de surface au sud du Japon au mois de Janvier

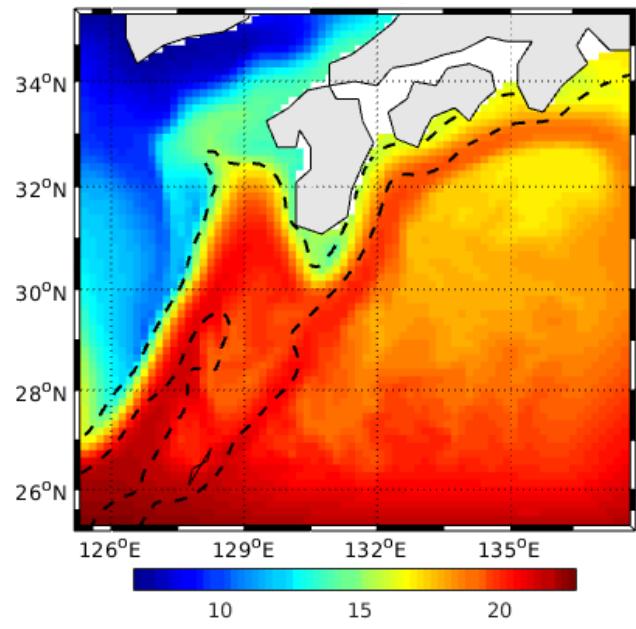


Fig.4 : Température de surface au sud du Japon au mois d'Avril

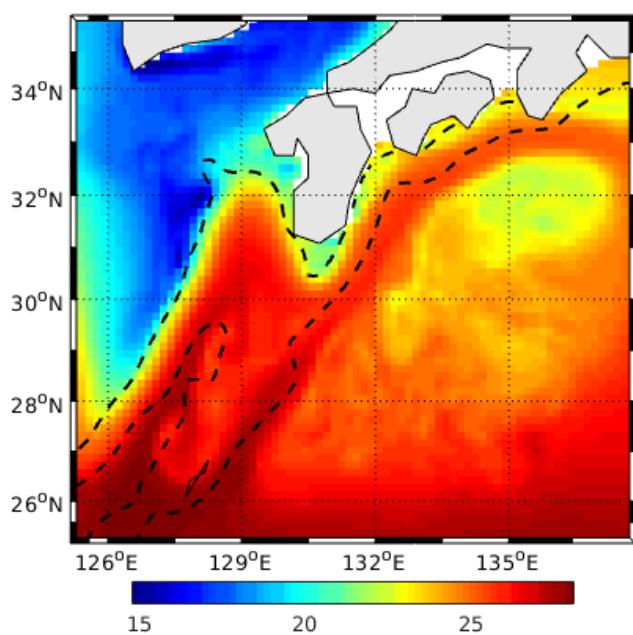


Fig.5 : Température de surface au sud du Japon au mois de Juillet

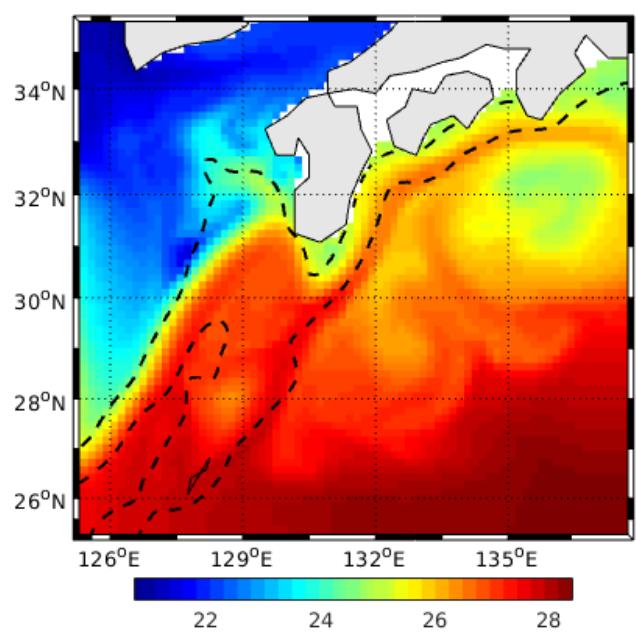


Fig.6 : Température de surface au sud du Japon au mois d'Octobre

Les figures 3, 4, 5 et 6 représentent les températures de surface (en °C) dans les eaux au sud du Japon. Ici, la température est mise en valeur par un code couleur, dont les valeurs sont indiquées sur le bandeau coloré sous chaque carte. Quant aux couleurs utilisées, celles-ci vont du bleu jusqu'au rouge. Les valeurs de température augmentent du bleu jusqu'au rouge

et inversement du rouge jusqu'au bleu. La seule différence entre ces cartes, excepté bien sûr qu'elles n'affichent pas exactement les mêmes résultats, est qu'elles correspondent chacune à un jour d'un mois particulier. La figure 3 correspond au mois de Janvier, la figure 4 pour le mois d'Avril, la figure 5 pour le mois de Juillet et enfin, la figure 6 pour le mois d'Octobre. Chacun de ces mois appartient à une saison spécifique, de ce fait chacune de ces cartes est représentative d'une saison spécifique.

En comparant ces figures entre elles, on remarque que la figure 4 correspondant au printemps, présente presque le même intervalle de température sur son code couleur que celui de la figure 3 caractérisant l'hiver. Par contre, on remarque d'abord qu'il y a plus de couleurs bleu dans la figure 4. Mais aussi, qu'au niveau des côtes japonaises, à partir de 131°E (environ) des couleurs jaunes sont apparues alors que sur la figure 3, à la place du jaune se trouvent de l'orange et du rouge. Ce qui signifie que la figure 3 montre de manière générale des températures plus élevées que celles de la figure 4. Ensuite, en comparant cette fois les figures 4 et 5, la première chose à relever est le changement des valeurs du code couleur. Celles de la figure 5, représentant l'été, sont bien plus élevées. Amenant alors à penser que les températures des eaux de surface sur la figure 5 sont plus fortes comparé à la figure 4 et aussi la figure 3 dont le code couleur est presque identique à celui de la figure 4. En guise de dernière comparaison, par rapport à la figure 5, la figure 6 pour le mois d'Octobre, un mois d'automne, a des valeurs plus importantes sur son code couleur. Donc, en suivant le même raisonnement établi précédemment, la figure 6 présente des températures plus élevées que celles de la figure 5. Ainsi, on peut émettre l'hypothèse que, d'après ces cartes, il y a eu un refroidissement des eaux de surface entre l'hiver et le printemps dans la zone d'étude. Puis qu'entre le printemps et l'été, un réchauffement a eu lieu. Un réchauffement qui s'est par la suite amplifié durant l'automne.

3.3. Simulation du courant de Kuroshio

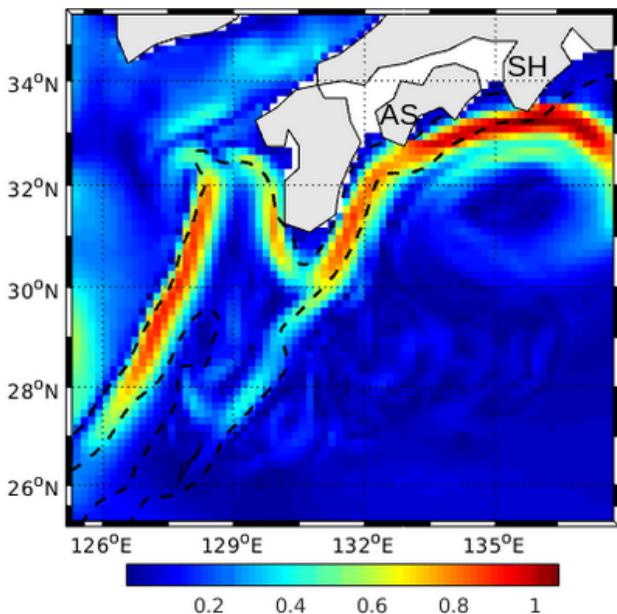


Fig.7 : Vitesse des courants au sud du Japon en Janvier

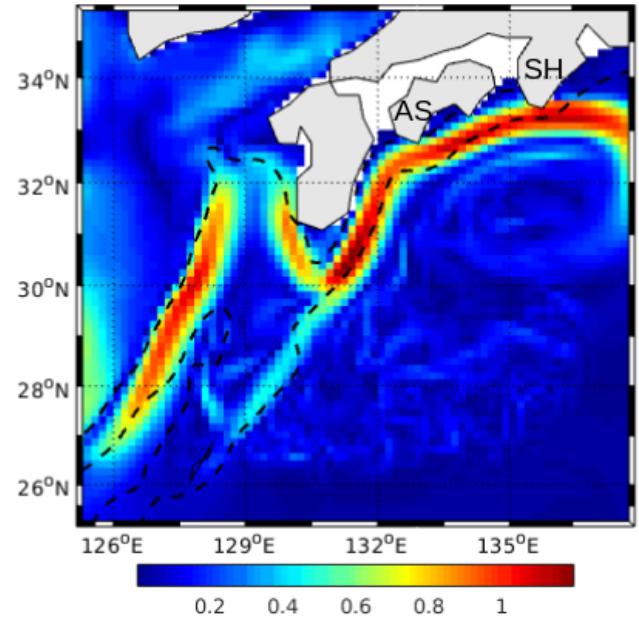


Fig.8 : Vitesse des courants au sud du Japon en Avril

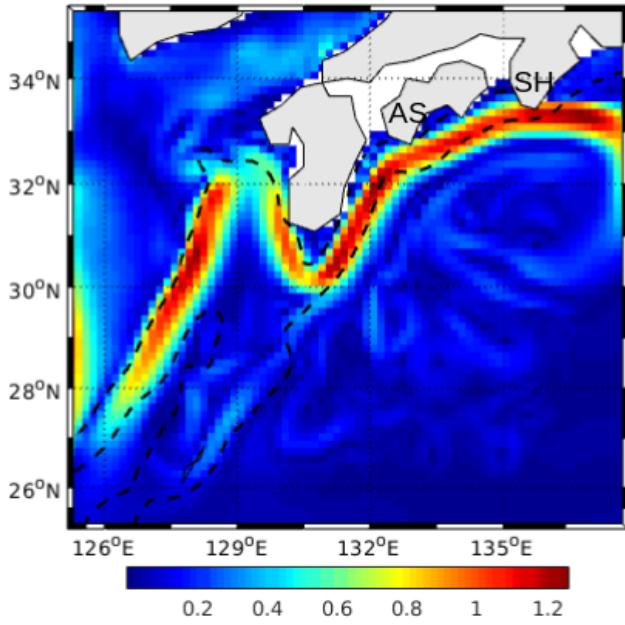


Fig.9 : Vitesse des courants au sud du Japon en Juillet

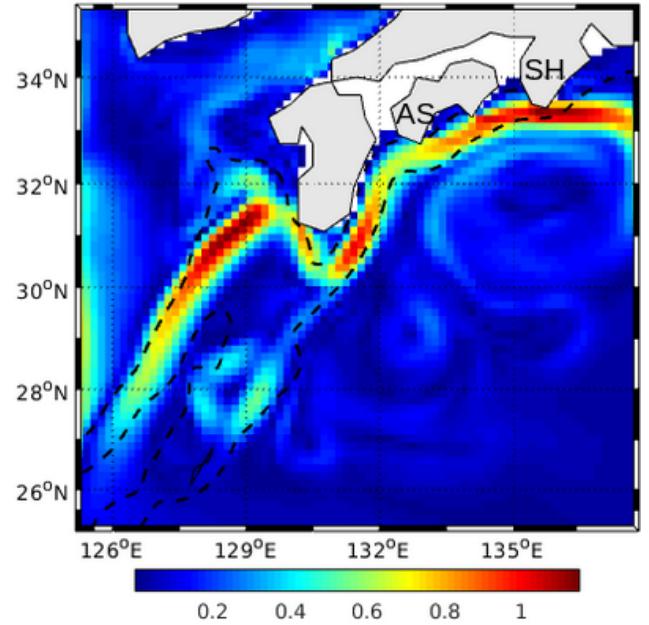


Fig.10 : Vitesse des courants au sud du Japon en Octobre

À la différence des figures 3, 4, 5, et 6 qui représentent la température de surface, les figures 7, 8, 9 et 10 retransmettent la vitesse des courants à la surface (en m/s^1), mais dans les mêmes conditions. C'est-à-dire des vitesses calculées pour des mois appartenant chacun à une saison spécifique : l'hiver, le printemps, l'été et l'automne. On observe sur chacune de ces cartes que les couleurs bleues sont majoritaires. Néanmoins, on remarque un regroupement distinct de couleurs vertes, jaunes et rouge commun à ces 4 cartes, logeant la côte japonaise. Ce regroupement met en évidence un courant plus puissant que ceux aux alentours. Le fait est que bien que sa vitesse ne soit pas toujours la même, celle-ci est toujours bien plus grande que celles des courants avoisinant. On peut donc en déduire que ce courant est le courant de Kuroshio. Ensuite, on distingue clairement, quelque soit la saison, que ce courant présente toujours des valeurs maximales au sud du Cap Shiono-misaki (SH), variant de $1 m/s^1$ à $1.2 m/s^1$. Au niveau du Cap Ashizuri (AS), le courant de Kuroshio présente aussi des valeurs figurant parmi les plus élevées. Mais, contrairement au sud de SH où la vitesse reste la plus forte, la vitesse de ce puissant courant a plus tendance à varier au sud de AS. De plus, selon ces résultats, il est généralement plus proche de la côte au sud de AS que celle au sud de SH. À noter également que la position du courant semble aussi moins varier au niveau de SH.

La figure 11 ci-dessous, est une section verticale de la vitesse des courants au sud de SH. Plus précisément, là zone où passe le courant de Kuroshio. Cette section s'étend de 0 m jusqu'à 4000 m de profondeur. Quant à la façon dont les vitesses sont représentées les vitesses, cela se fait encore grâce à un code couleur identique à ceux des figures 7, 8 et 10. La couleur rouge est principalement dominante de la côte jusqu'à 25 km au large sur une profondeur allant au maximum à 700-800 m. Ce qui renvoie aux plus fortes vitesses qui puissent être observées sur la figure, c'est-à-dire entre 0.8 et $1.0 m/s^1$.

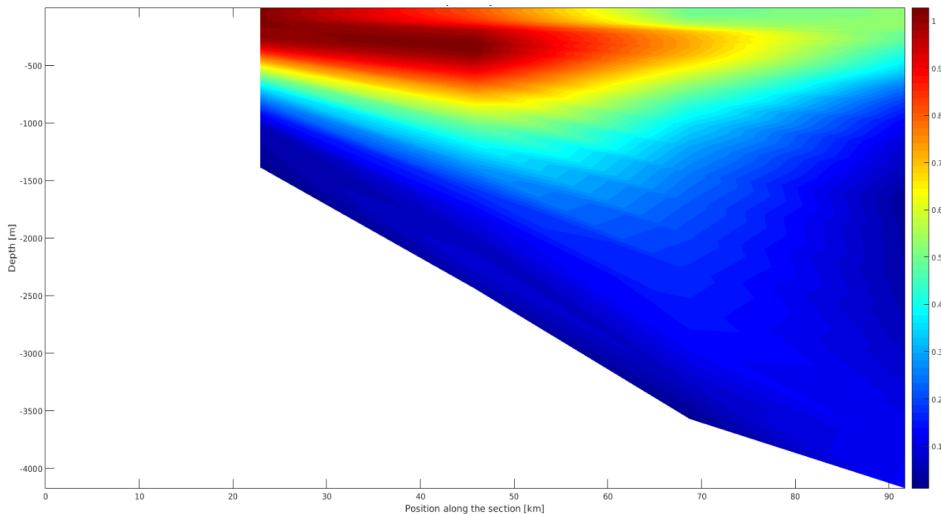


Fig.11 : Section verticale des vitesses au sud de SH

La figure 12 ci-contre, provient de l'étude Liu et al(2018) traitant du Kuroshio dans la même zone géographique que celle de ce rapport. Elle aussi a été réalisée grâce à un modèle. Celle-ci indique la vitesse moyenne des courants à 50 m de profondeur, mais cette fois-ci via des lignes de vitesse. Chaque ligne correspond à une valeur de vitesse. On retrouve très bien sur cette carte la même circulation du courant de Kuroshio indiquée sur les figures 7, 8, 9 et 10, notamment lorsque ce dernier longe la côte japonaise. Aussi, la vitesse des courants ici représentés sont assez proches de celles que l'on peut voir sur ces mêmes figures.

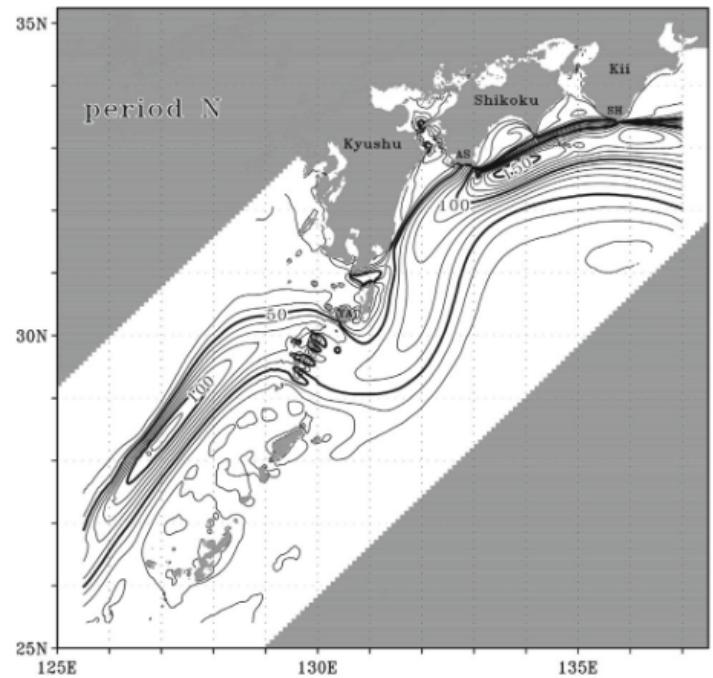


Fig.12 : Carte des vitesses moyennes des courants à 50m de profondeur (Liu et al(2018))

4. Discussions

4.1. Simulation de la température

L'étude des cartes 3, 4, 5 et 6 indique que les eaux de surface au printemps sont plus froides qu'en hiver. Puis, qu'un réchauffement se produit au printemps et semble continuer en

été et aussi en automne. C'est ce que montre les estimations que fournit le modèle. Mais en réalité, les températures augmentent de l'hiver jusqu'à la fin de l'été et diminuent de l'été jusqu'à l'hiver. Le fait de ne pas retrouver cette évolution précise peut pousser à questionner la véracité de ce modèle. Néanmoins, il existe quelques raisons qui pourraient expliquer ces résultats. Premièrement le réchauffement des eaux de surface se déroulant encore en automne peut être expliqué par le fait que cette région de l'océan ait conservé la chaleur qu'elle a accumulée durant l'été. Secondelement, ces figures ont certes pour but de représenter les variations saisonnières, mais faute de ne pas pouvoir réaliser des figures représentant des moyennes de plusieurs mois ou années, chacune correspond à une moyenne faite sur 3 jours. De plus, le travail présenté dans ce rapport ne se concentre que sur une infime partie de l'océan Pacifique. Ce qui est représenté ici n'est sûrement pas représentatif de l'ensemble de l'océan Pacifique dans l'hémisphère nord. Il peut arriver qu'à des échelles de temps et d'espace réduites, d'observer des phénomènes particuliers, mais qui sont insignifiants à des échelles globales.

4.2. Comparaison du modèle avec la littérature

L'objectif de cette sous-partie est principalement de débattre à propos de la véracité de ce modèle, en comparant les résultats jusqu'ici obtenus sur la représentation du courant de Kuroshio et l'estimation de sa vitesse avec ceux d'une recherche réalisée par des scientifiques aguerris. Dans la perspective de construire une infrastructure permettant la production d'électricité en exploitant la puissance de ce courant, Liu et al(2018) étudie 3 zones potentiellement favorables à ce type d'installation. Via un modèle océanique à haute résolution, cette étude tente de déterminer laquelle de ces trois zones est la plus appropriée pour la mise en place d'une centrale électrique. Ces 3 zones sont :

- le sud du Cap Ashizuri (AS)
- le sud du Cap Shiono-Misaki (SH)
- le détroit de Tokara

Le Cap Ashizuri et le Cap Shiono-Misaki sont tous deux représentés sur les cartes traitant particulièrement le courant de Kuroshio (Fig 7, 8, 9, 10 et 12). Pour ce qui est du détroit de Tokara, selon Liu et al(2018), cette zone serait la moins favorable. Pour cette raison et aussi à cause d'une trop grande précision pour la représenter distinctement, cette zone n'a pas été prise en compte dans le modèle de ce rapport. Une chose importante à retenir pour la comparaison qui va suivre, les résultats de cette recherche ont été confirmés par comparaison avec des mesures ADCP. Ce qui fait des valeurs de Liu et al(2018) une excellente référence pour les résultats du modèle.

Avant de parler de la vitesse du courant de Kuroshio, focalisons-nous d'abord sur sa position dans l'article et dans ce rapport. Il a été relevé lors de la comparaison entre la figure 12 et les figures 7, 8, 9 et 10 que les circulations simulées étaient similaires. Plus précisément, il n'y a aucune différence majeure que ce soit pour la forme du courant et sa position, approuvant alors notre modèle sur ce point. Jusqu'ici, les résultats du modèle concernant la vitesse du courant ont indiqué que celle-ci est dans l'ensemble la plus forte au niveau du Cap Shiono-Misaki. De plus, les vitesses correspondantes aux lignes de courant (Fig 12) quand celles-ci passent au niveau du cap sont assez proches des valeurs indiquées sur la figure 11 à 50 m de profondeur. Donc, en termes de vitesse, le modèle semble aussi en accord avec Liu et al(2018). Selon cette même étude, les conditions nécessaires pour qu'une zone soit favorable à la production à la production d'électricité à partir de courants océaniques sont :

- une forte proximité avec les courants en questions

-que les courants soient suffisamment forts

D'après les simulations du modèle, ces critères sont le plus respectés au sud de SH. De ce fait, le sud de SH serait la zone la plus appropriée pour une production d'électricité à partir de courants océaniques. Cependant, les conclusions de Liu et al(2018) sont toutes autres.

Contrairement à ce qui a été supposé dans le précédent paragraphe, la zone la plus favorable ne serait pas le sud de SH mais celui de AS. Ce contraste qu'il y a entre ces deux travaux peut d'abord être expliqué par la différence d'échelle de temps. Chacune des cartes du modèle de ce rapport ont été faites en prenant des moyennes sur 3 jours. Tandis que celles de Liu et al(2018) représentent deux périodes distinctes : une s'étendant sur 8 ans (la période N) et une autre sur 1 an (la période L). Il y a certes un écart considérable entre ces 2 périodes mais cela reste tout même bien plus important que celle utilisée pour le modèle. Au cours de la période N, les résultats concernant le sud de SH sont similaires à ceux de ce modèle : le courant de Kuroshio est proche de la côte et montre la vitesse la plus forte. Par contre, durant la période L, en plus de s'éloigner de la côte, sa vitesse diminue drastiquement. À propos du sud de AS, Liu et al(2018) montre des vitesses élevées et semblables durant ces deux périodes (1.20 m/s^1 et 1.30 m/s). De plus, le courant de Kuroshio s'avère aussi très proche de la côte au niveau de cette même région, une proximité qui reste dans l'ensemble la même, que ce soit lors de la période N ou L. À l'opposé des résultats pour le sud de SH, où le courant montre une vitesse plus faible et une distance par rapport à la côte plus grande lors de la période L. Donc, selon Liu et al(2018), la zone la plus favorable serait celle au sud de AS. Ce qui contraste avec le modèle de ce rapport. Mais, comme expliqué précédemment, les résultats de cet article ont été confirmés par comparaison avec des mesures ADCP. Par conséquent, la nécessité de modifier notre modèle s'impose. Une de ces potentielles modifications serait de le configurer pour qu'il donne des résultats correspondant à la moyenne de plusieurs valeurs sur de plus longues périodes temporelles.

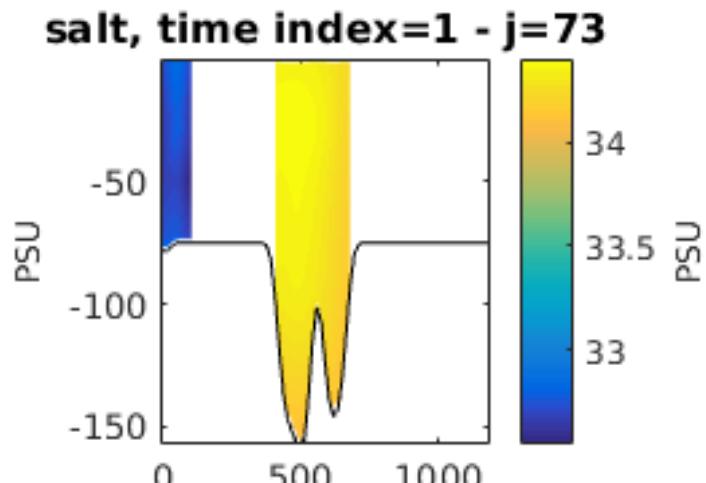
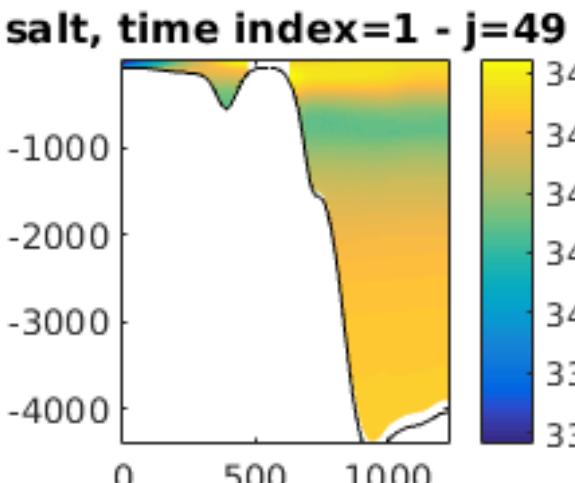
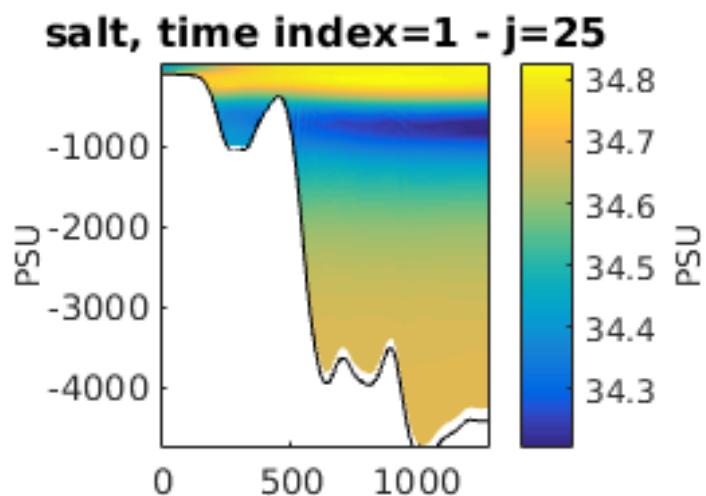
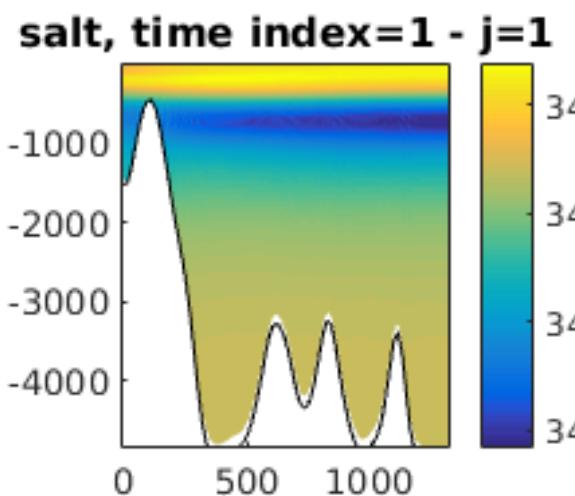
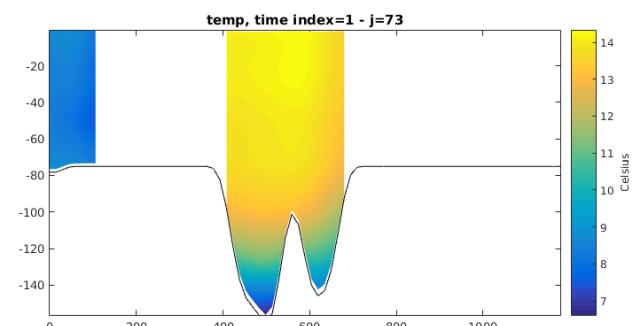
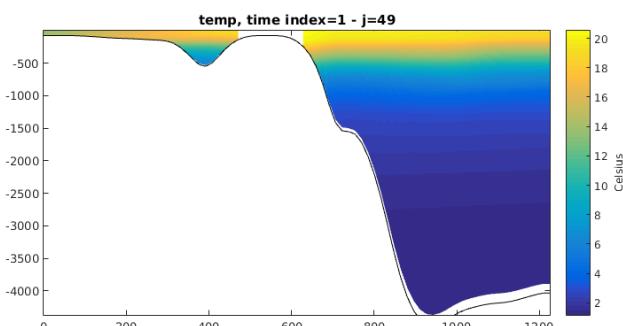
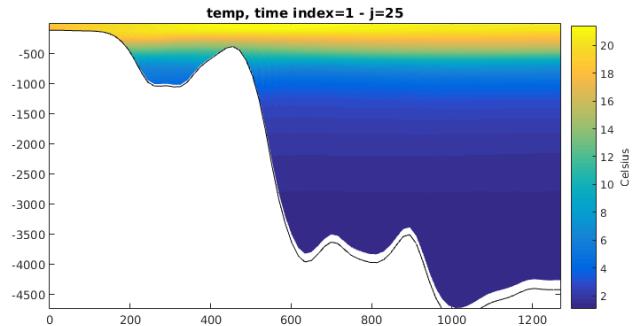
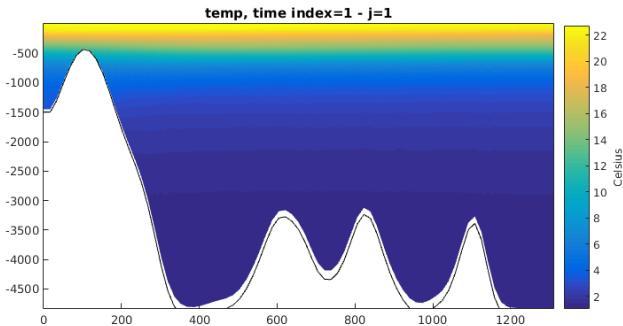
5. Conclusion

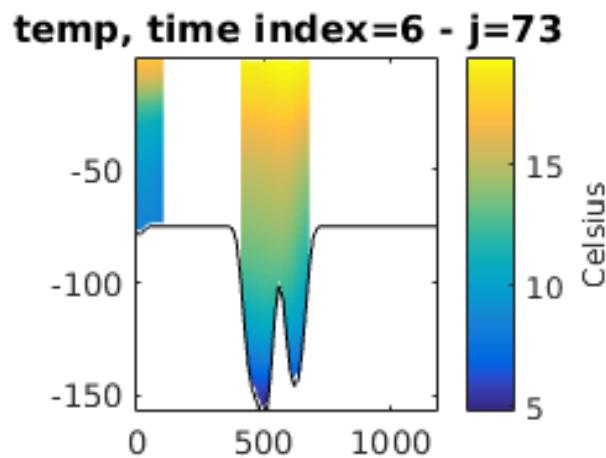
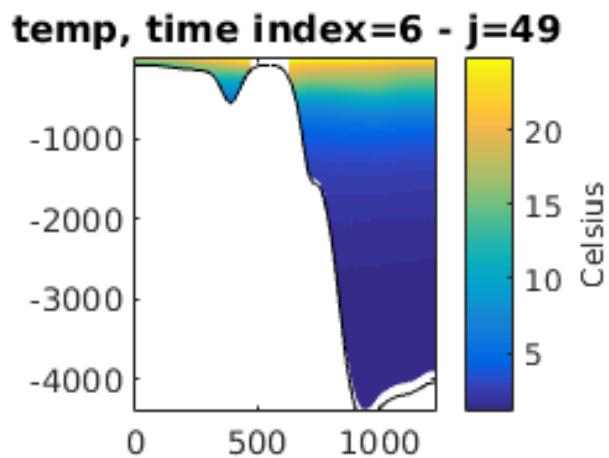
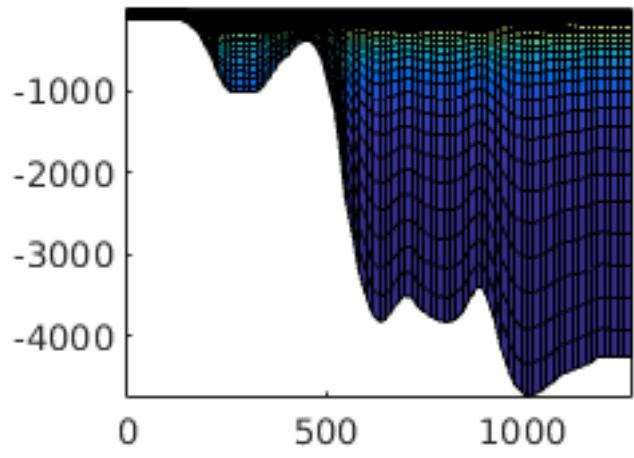
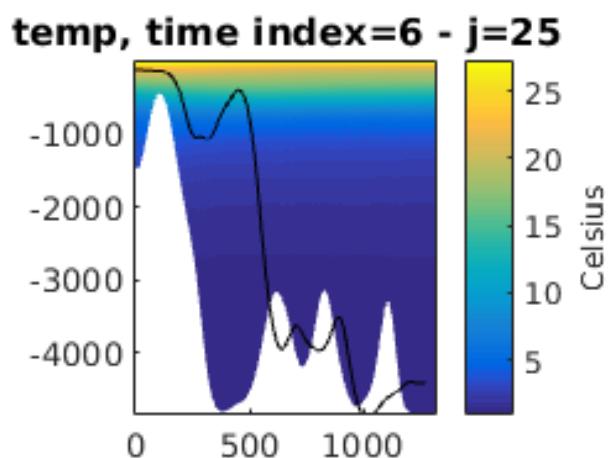
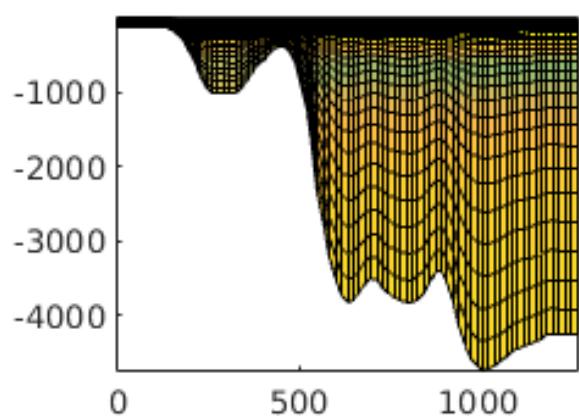
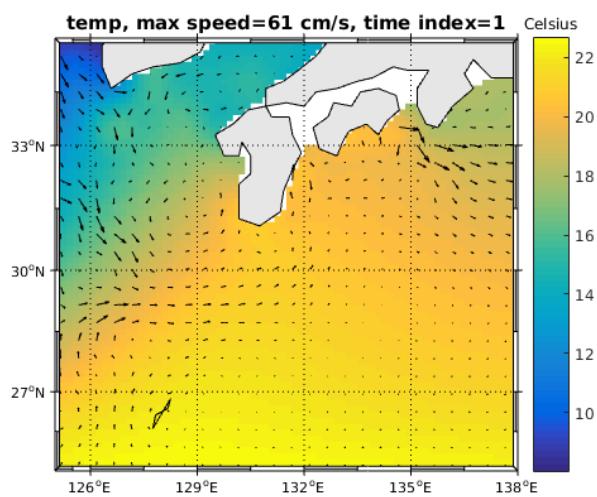
Ce modèle montre une simulation correcte de la circulation et de la position du courant de Kuroshio. Bien que qu'il n'ait pas représenté le schéma classique des oscillations saisonnières de température, cela ne veut pas nécessairement dire que ce dernier n'est pas apte pour l'étude de cette caractéristique. Mais soulève plutôt l'intérêt d'essayer ce modèle pour une région d'étude plus grande au lieu d'une échelle très réduite où les tendances locales prédominent. Enfin, la comparaison avec Liu et al(2018) a relevé l'importance d'ajuster certains scripts composant le modèle afin qu'il puisse fournir des résultats faisant la moyenne de variables non pas seulement sur 3 jours, mais sur des périodes correspondant à plusieurs mois ou années. De sorte à le rendre apte à simuler et à présenter des résultats sur le long terme.

Bibliographie

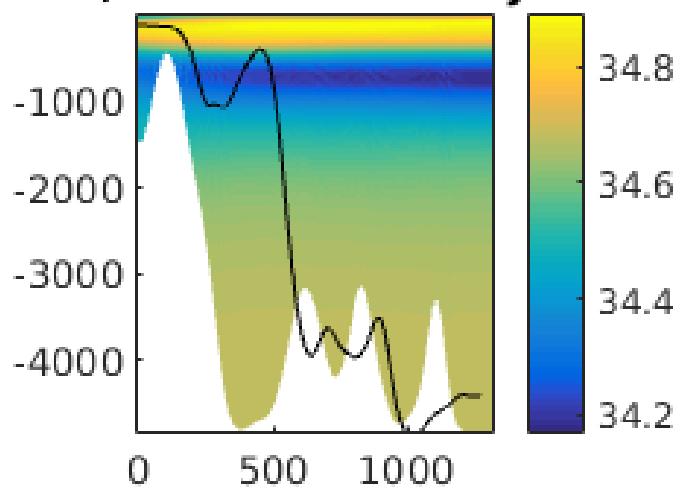
Liu, T., Wang, B., Hirose, N. et al. *High-resolution modeling of the Kuroshio current power south of Japan*. Journal of Ocean Engineering and Marine Energy, 2018, 4, 37-55

Annexes

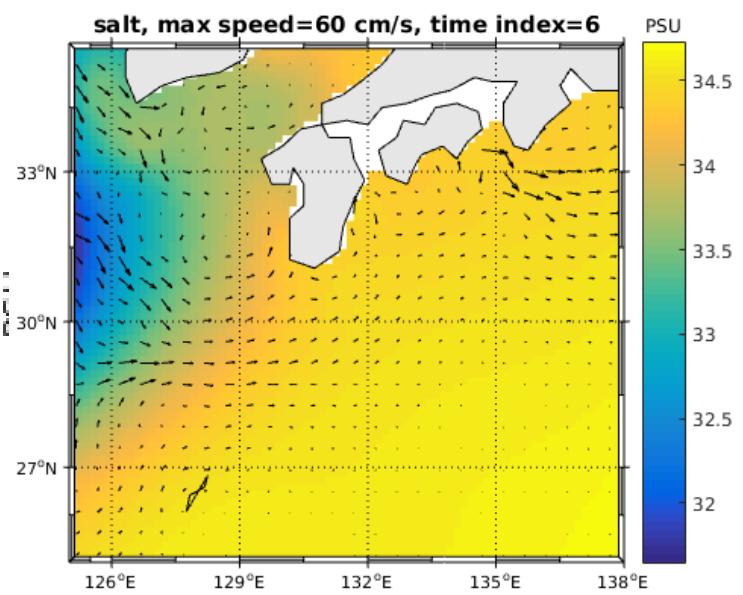




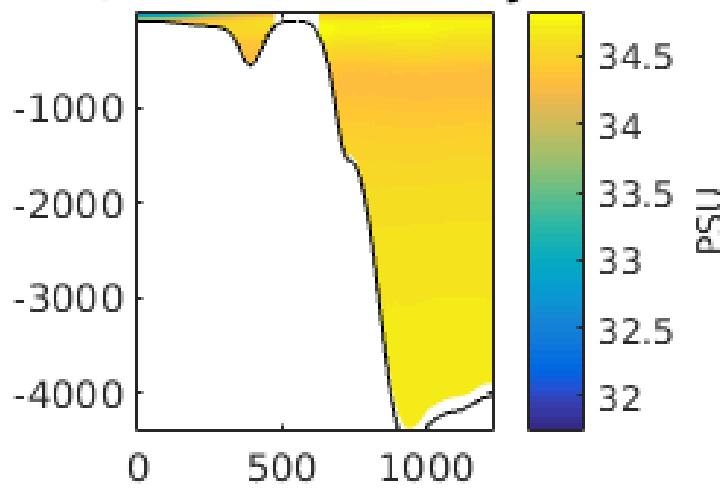
salt, time index=6 - j=25



salt, max speed=60 cm/s, time index=6



salt, time index=6 - j=49



salt, time index=6 - j=73

