

Modélisation de la circulation océanique autour de l'archipel des Marquises

OPB205 – Modélisation de la circulation océanique
Master Océanographie -Spécialité Physique Biogéochimique
Université d'Aix-Marseille – OSU Institut Pythéas

CASSIANIDES Angelina
Jeudi 19 Avril 2018

I- Introduction

Présentation des îles Marquises

Situées au nord-est de la Polynésie Française

Océan Pacifique = oligotrophe ; Archipel des Marquises = HNLC
(*High Nutrient Low Chlorophyll*)

Comment l'expliquer ?

I- Introduction

Présentation des îles Marquises

Situées au nord-ouest de la Polynésie Française

Océan Pacifique = oligotrophe ; Archipel des Marquises = HNLC



Effet d'île

I- Introduction

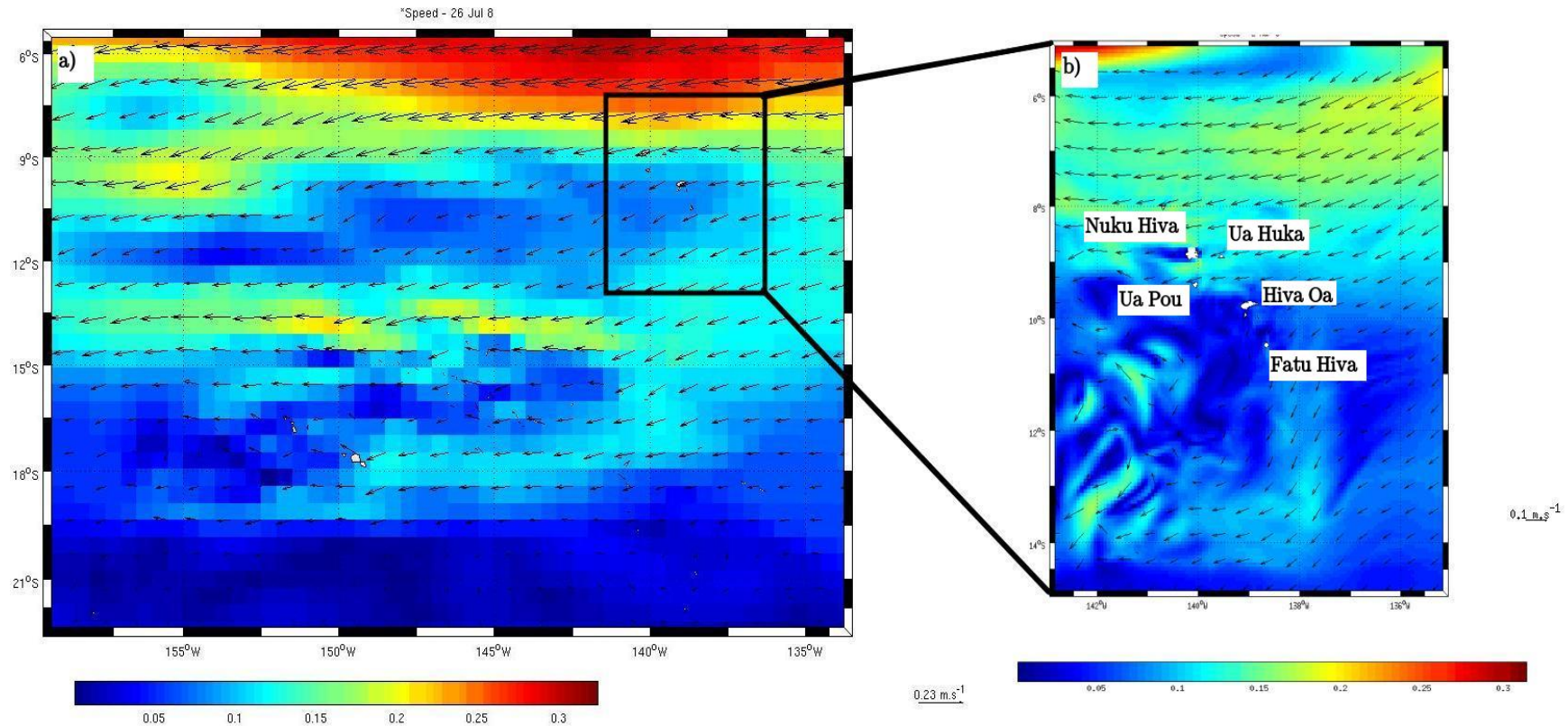


Figure 1 : Représentation de la vitesse du courant de surface (m.s^{-1}) (a) de la Polynésie Française et (b) de l'archipel des Marquises. Les vecteurs représentent la vitesse et le sens du courant de surface, avec une échelle de $0,1 \text{ m.s}^{-1}$.

South Equatorial Current en rouge + rencontre avec les îles
Marquises

= tourbillons cycloniques → remontée des eaux profondes qui
contiennent des éléments nutritifs

I- Introduction

Présentation de la modélisation numérique

Modèle numérique = ensemble de fonctions mathématiques visant à décrire un phénomène

Début dès le XXe siècle

Quelques dates

1922 : Richardson et son usine à prévoir le temps

1946 : 1^{er} calculateur : Electronic Numericable Integrator Analyser and Computer (ENIAC) à l'université de Pennsylvanie, Philadelphie

1950 : 1ère prévision numérique du temps par Charney

1963 : mode barocline 1969 : mode barotrope

Modèle en développement en France : CROCO, Coastal and Regional Community Model

II – Matériels et méthodes

Explication du modèle de ROMS, *Regional Oceanic Modeling System*

Hypothèses et approximations

Approximation hydrostatique

Approximation de Boussinesq

La fermeture Newtonienne

Négligence de la contribution barocline et de la pression atmosphérique

Système d'équations

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} + u \vec{\nabla} u - f v = \frac{-1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + A_h \nabla_h^2 u + A_v + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (1) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \vec{\nabla} v - f v = \frac{-1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + A_h \nabla_h^2 v + A_v + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \quad (2) \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (3) \\ \frac{\partial T}{\partial t} + u \vec{\nabla} T = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (4) \\ \frac{\partial S}{\partial t} + u \vec{\nabla} S = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \quad (5) \\ \rho = \rho(T, S) \quad (6) \end{array} \right.$$

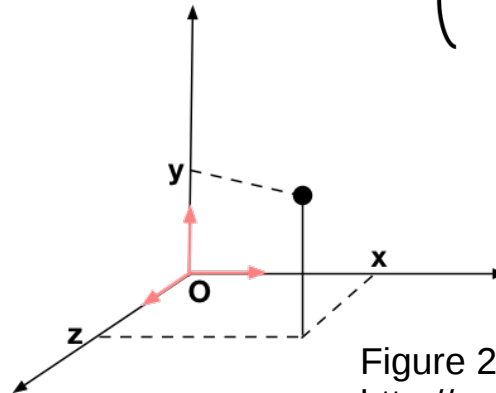


Figure 2 : repère cartésien, issu de <http://monde.de.physique.free.fr>

II – Matériels et méthodes

Explication du modèle de ROMS, *Regional Oceanic Modeling System*

Conditions limites

Tableau 1: Récapitulatif des équations liées aux conditions de surface et de fond

<i>A la surface libre ($z = \eta$)</i>	<i>Au fond ($z = -H$)</i>
$A_z \left(\frac{\partial u}{\partial z}; \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \quad (7)$	$A_z \left(\frac{\partial u}{\partial z}; \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad (11)$
$Q = \frac{\ \vec{\tau}_s\ }{\rho_0 \sqrt{C_\varepsilon \cdot C_q}} \quad (8)$	$Q = \frac{\ \vec{\tau}_b\ }{\rho_0 \sqrt{C_\varepsilon \cdot C_q}} \quad (12)$
$A_z^s \frac{\partial S}{\partial z} = (E - P)S \quad (9)$	$\left(\frac{\partial T}{\partial z}, \frac{\partial S}{\partial z} \right) = 0 \quad (13)$
$A_z^T \frac{\partial T}{\partial z} = H_s + H_e + H_l + (1 - Tr)H_c \quad (10)$	

II – Matériels et méthodes

Explication du modèle de ROMS, *Regional Oceanic Modeling System*

Discrétisation spatiale

Sur la verticale :

Grille sigma

Sur l'horizontal :

Grille Arakawa C

Discrétisation temporelle

Leapfrog ———▶ prédicteur

Adam-Moulton ———▶ correcteur

Time splitting

$$\Delta t \leq \frac{1}{\sqrt{gh}} \left[\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right]^{\frac{-1}{2}} \quad (14)$$

II – Matériels et méthodes

Implémentation de la zone

Résolution de $1/3 \sim 36$ km
Exploitation des données à partir
de l'année 1 mois 9

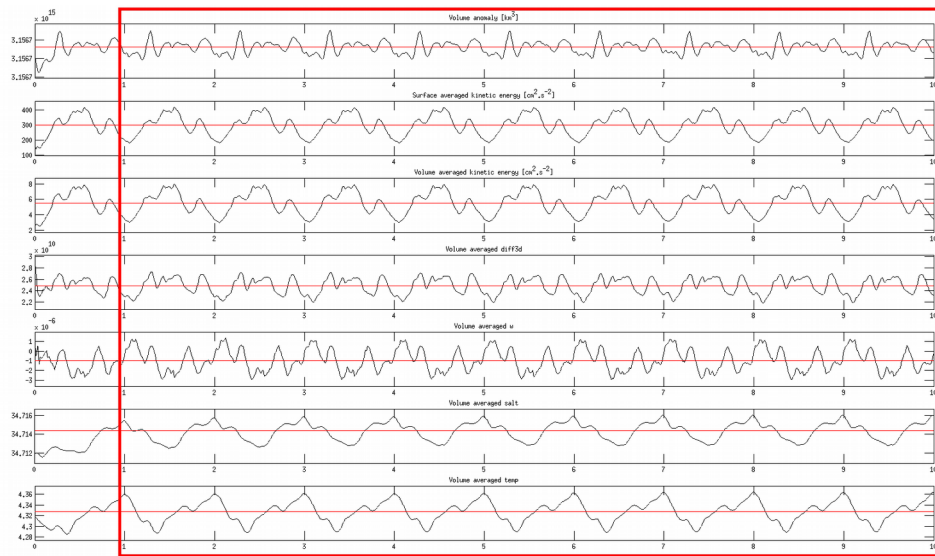


Figure 3 : Diagnostic de la simulation à $1/3$. De haut en bas, le volume total (km^3), l'énergie cinétique moyennée sur le surface (m^2s^{-2}), l'énergie cinétique moyennée sur le volume (m^2s^{-2}), la diffusivité moyennée sur le volume, la vitesse verticale moyennée sur le volume, la salinité moyennée sur le volume, la température moyennée sur le volume.

Résolution de $1/15 \sim 7$ km
Exploitation des données à partir
de l'année 2 mois 7

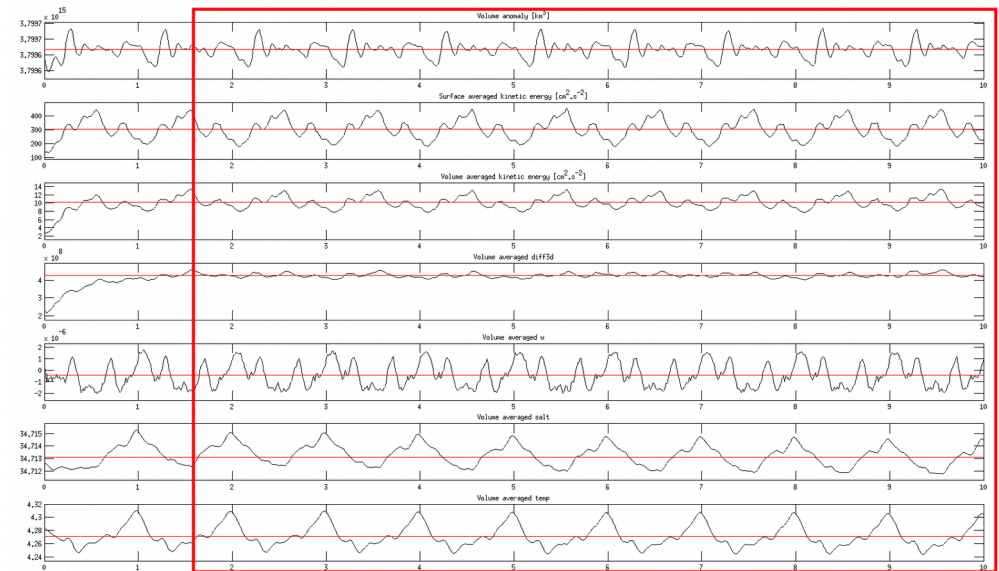


Figure 4 : Diagnostic de la simulation à $1/15$. De haut en bas, le volume total (km^3), l'énergie cinétique moyennée sur le surface (m^2s^{-2}), l'énergie cinétique moyennée sur le volume (m^2s^{-2}), la diffusivité moyennée sur le volume, la vitesse verticale moyennée sur le volume, la salinité moyennée sur le volume, la température moyennée sur le volume.

III – Résultats et discussion

Est-ce que les simulations sont en accord avec la littérature ?

Quelle résolution choisir pour observer l'effet d'île ?

Littérature : Raapoto et al. (2018)

III – Résultats et discussion

1/45

1/3

1/15

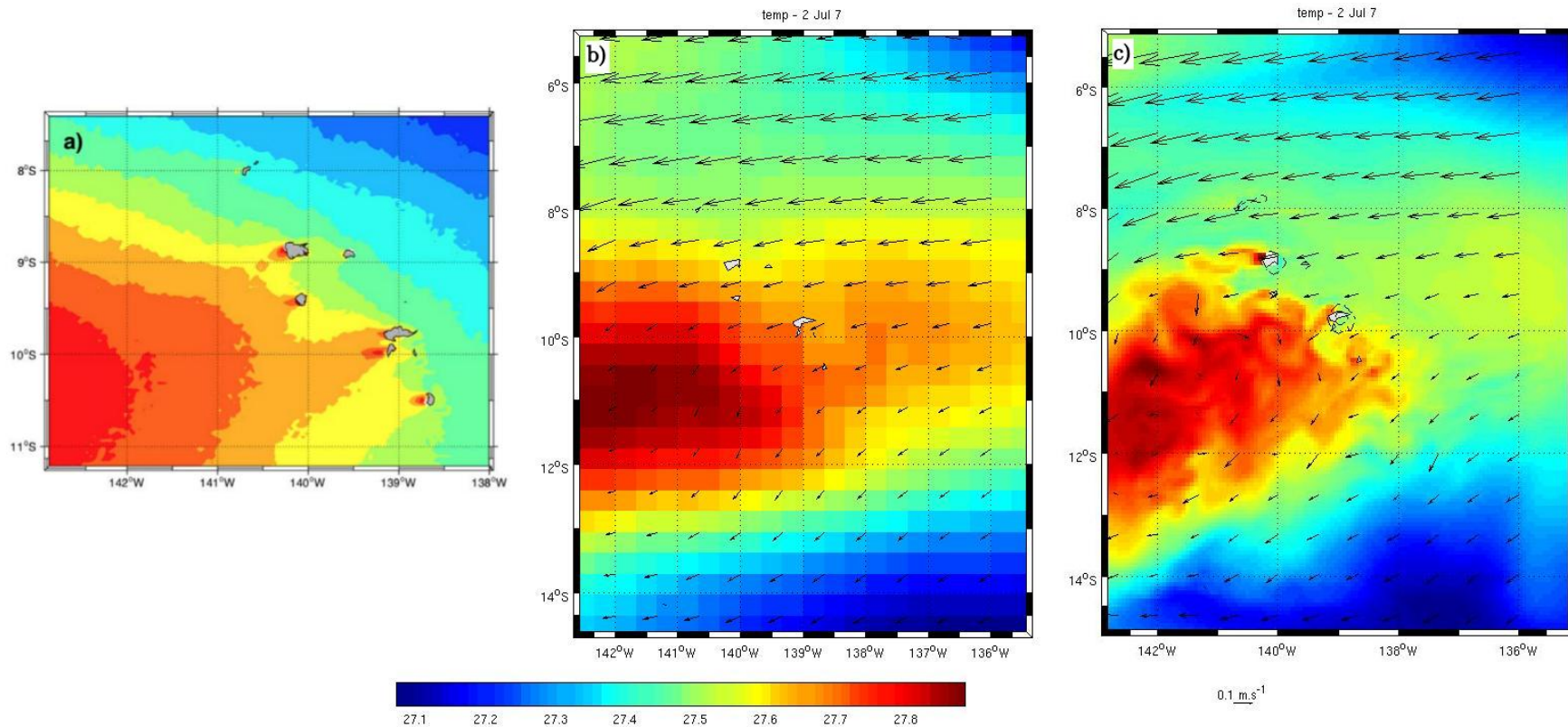


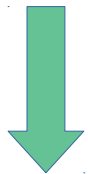
Figure 5 : Représentation de la SST, a) moyennée sur la période de juillet 2002 à juin 2015 avec une résolution de 1/45 (Raapoto *et al.*, 2018), b) selon la représentation à 1/3 à l'an 7 le 2 juillet et c) selon la représentation à 1/15 à l'an 7 le 2 juillet. Le champ de vecteur représente la vitesse moyenne à la surface, l'échelle est de 0,1 m.s⁻¹.

III – Résultats et discussion

Observation de l'effet d'île

Plusieurs **tourbillons** dans le sillage des îles. Certains sont cycloniques = remontée eaux profondes

Rq : Raapoto *et al.* (2018) détectent des tourbillons au N-E des îles. Ici aucun tourbillon.



Résolution trop faible

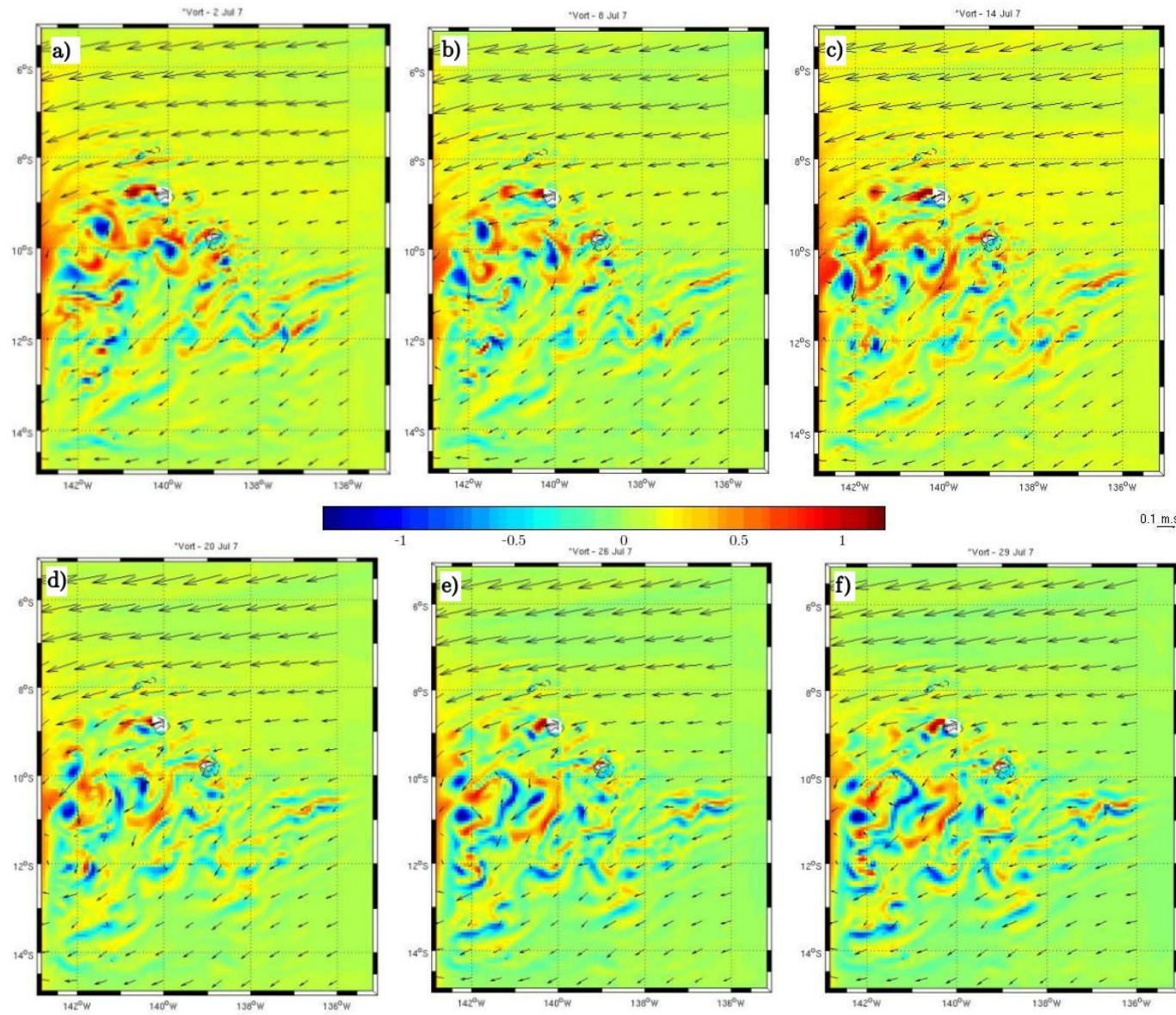


Figure4 : Répartition spatiale des tourbillons de vorticité à 10 m de la surface (s^{-1}). Le phénomène est observable le a) 2 juillet an 7 b) 8 juillet an 7 c) 14 juillet an 7 d) 20 juillet an 7 e) 26 juillet an 7 f) 29 juillet an 7

IV – Conclusion

Résultats

Le pas de temps est adéquat, notamment pour la résolution de 1/15 avec l'observation de petits événements = la vorticité

Améliorations

Affiner la résolution pour observer des phénomènes encore plus petits



Demande beaucoup de temps de calcul

Affichage des concentrations en chlorophylle

Bibliographie :

Raapoto, H., Martinez, E., Petrenko, A., Doglioli, A. M., & Maes, C. (2018). *Modeling the wake of the Marquesas archipelago*. Journal of Geophysical Research: Oceans, 123. [https://doi.org/ 10.1002/2017JC013285](https://doi.org/10.1002/2017JC013285)

Annexe

Comparaison saisonnière

Température de surface

Salinité de surface

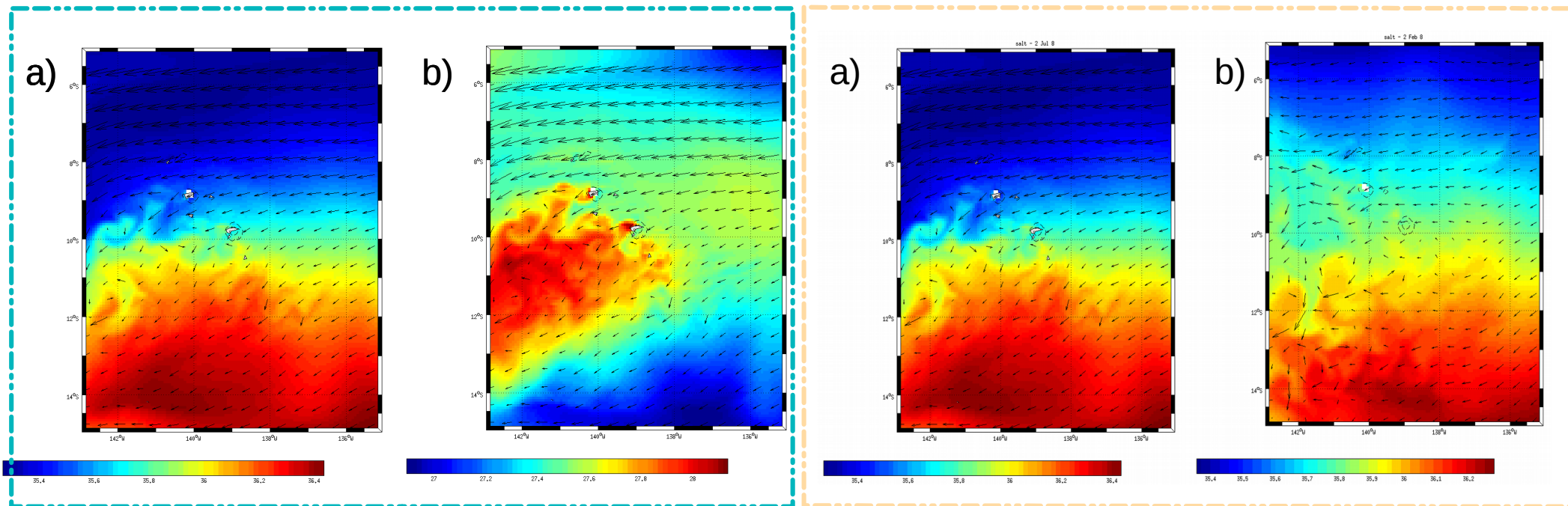


Figure 6: Comparaison saisonnière de la salinité de surface (cadre vert) et de la SST (cadre orange) entre a) la période estivale et b) la des moussons de l'archipel des Marquises. Les vecteurs représentent la vitesse et le sens du courant de surface, avec une échelle de 0,1 m.s⁻¹.