

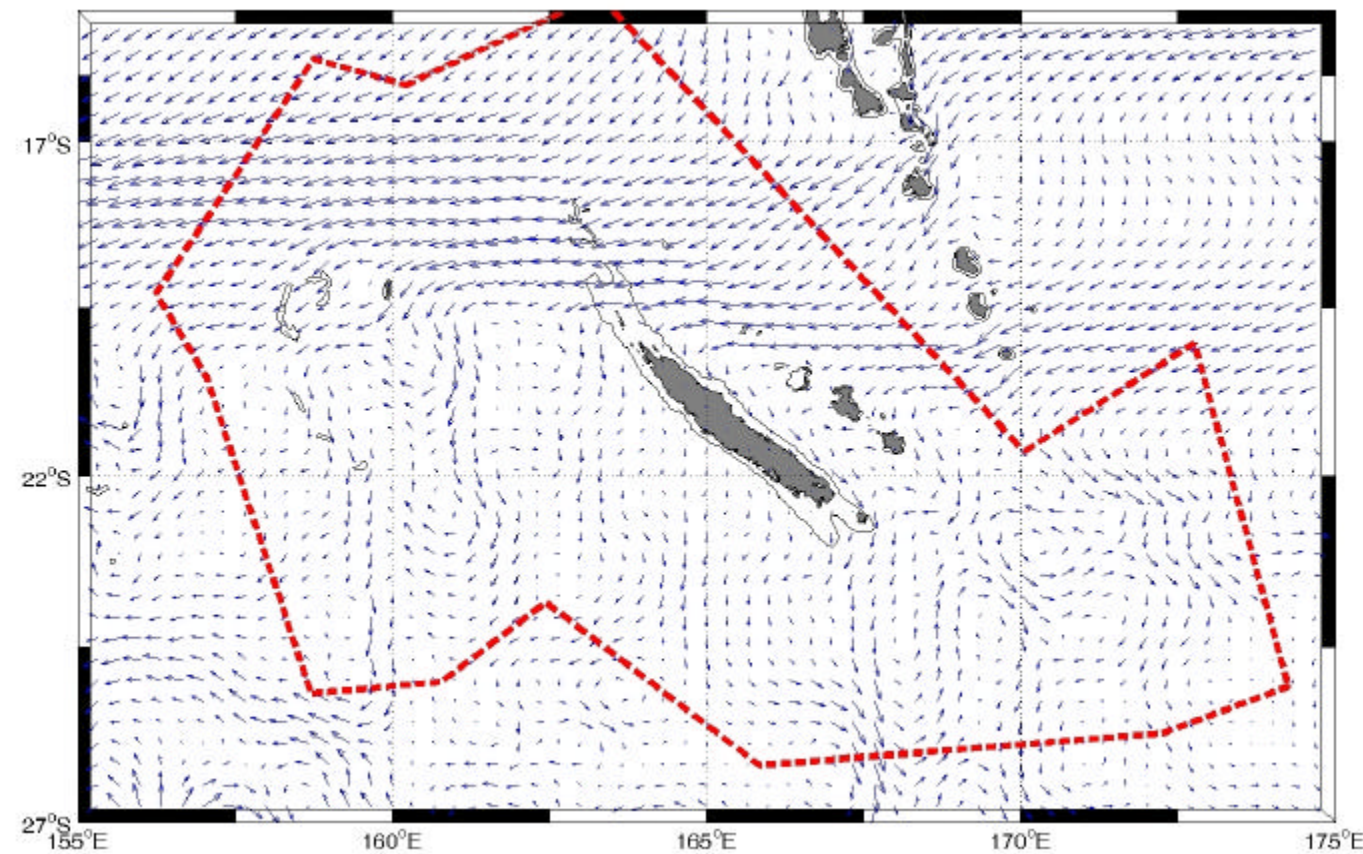


ZoNéCo

PROGRAMME D'ÉVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ÉCONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

ATLAS HYDRODYNAMIQUE DE LA ZONE ECONOMIQUE EXCLUSIVE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE

Andres Vega, Patrick Marchesiello et Jérôme Lefèvre



Elaboré par le Laboratoire d'Etudes Géophysiques et d'Océanographie Spatiale de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Nouvelle-Calédonie

Programme ZoNéCo « *Etude et prévisions de la circulation océanique dans la ZEE de Nouvelle Calédonie : courants, upwelling le long de la pente externe de Nouvelle-Calédonie et conséquences sur les ressources naturelles* ».

Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Septembre 2006

Cet atlas a pour objet de décrire la circulation océanique de surface autour de la Nouvelle-Calédonie. Pour comprendre et représenter ces courants, l'IRD-Nouméa a mis en place un modèle régional (ROMS) capable de simuler les principaux processus qui ont lieu autour de l'île avec une haute résolution spatiale et temporelle. L'utilisation d'un tel modèle pour décrire la circulation est indispensable car très peu d'observations de courants ont été réalisées dans la région et les modèles globaux ne peuvent résoudre correctement les processus d'échelle spatiale moyenne. Cet atlas est un complément à l'ouvrage « *Atlas climatologique satellite des courants, vent, niveau de la mer et température en surface dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie* » réalisé en novembre 2005 dans le cadre du projet ZoNéCo.

LA REGION D'ETUDE

La ZEE de la Nouvelle-Calédonie recouvre 1.740.000 Km², et bien que son rôle économique et social soit de première importance pour le Territoire, ses caractéristiques océanographiques ont été relativement peu étudiées. Les études hauturières menées par les équipes de l'IRD ont traditionnellement porté sur les grandes échelles et sur l'influence climatique d'El Niño. Diverses études océanographiques hauturières de la ZEE concernent la variabilité biologique (Le Borgne et al., 1985) et chimique (campagnes DIAPALIS, Rodier et Eldin, 2005). Hénin et al. (1984) décrivent la circulation superficielle autour de la Nouvelle-Calédonie, présentant des schémas de courants par vent Alizés et par vent d'Ouest.

Delcroix et Lenormand (1997) discutent l'effet de El Niño dans la région et font une étude climatologique basée sur des mesures de XBT. Une brève description de l'environnement hydroclimatique a aussi été présentée dans le rapport ZoNéCo *Ressources marines de Nouvelle-Calédonie* (Granperrin et al., 1997). Récemment, les caractéristiques de l'upwelling côtier en Nouvelle-Calédonie ont été décrites à partir d'images satellites (Hénin et Cresswell, 2005) et à travers un modèle simple pour estimer l'importance des sources de forçage des émergences d'eau froide (Alory et al., 2005).

Une climatologie de haute résolution à l'échelle du Pacifique Sud-ouest a été développée par le centre océanographique australien CSIRO (Ridgway et Dunn, 2003). Cet atlas, nommé CARS, permet de connaître les champs moyens de plusieurs paramètres chimiques et physiques. La figure 1 montre un schéma de la circulation géostrophique (c'est-à-dire sans compter l'effet direct du vent dans la couche superficielle) moyenne de surface dans le Pacifique Sud-ouest estimée à partir de CARS. L'information de courants présentée dans cet atlas considère la géostrophie mais aussi la dérive d'Ekman, c'est-à-dire l'effet du vent sur les couches supérieures.

Les eaux superficielles de la ZEE sont sous l'influence de deux grands systèmes de courants très distincts. Au sud, une branche du Courant Est Australien (STCC) amène de l'eau froide et saline tandis que de l'eau d'origine équatoriale, chaude et peu saline, pénètre au nord de la ZEE par le biais du Courant Equatorial Sud (SEC). En conséquence, les caractéristiques océanographiques des couches superficielles de la ZEE sont fortement influencées par la variabilité saisonnière de ces deux systèmes de courants (Fig. 2).

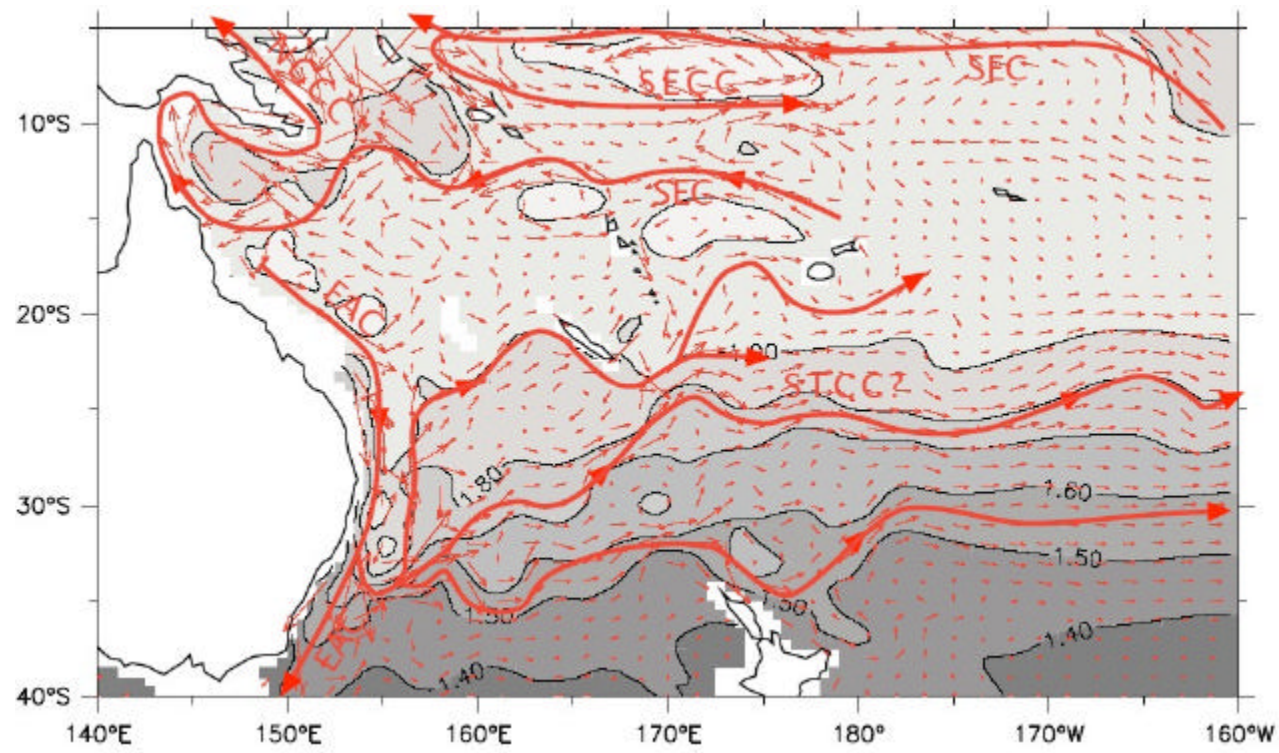


Figure 1 Circulation moyenne de surface estimée à partir des données climatologiques CARS (CSIRO Atlas of Regional Seas). SEC=Courant équatorial Sud, EAC=Courant Est Australien, SECC=Contre courant équatorial Sud, STCC=Contre courant sub-tropical. D'après Kessler (<http://www.pmel.noaa.gov/~kessler/figures.html>).

La forte variabilité saisonnière des paramètres océanographiques dans la ZEE s'observe aussi en profondeur (Fig. 3). Par exemple, durant la période hivernale (juin à octobre) la colonne d'eau est peu stratifiée (c.a.d. plus homogène), la couche de mélange a une épaisseur de plus de 100 m et les concentrations de phosphates (sel nutritif) atteignent des valeurs supérieures à 0.2 $\mu\text{M/l}$. Durant la période estivale (décembre à mars) la colonne est fortement stratifiée, l'épaisseur de la couche de mélange varie entre 20 et 50 m et les concentrations de phosphates sont inférieures à 0.15 $\mu\text{M/l}$. Les figures 5 et 6 présentent la distribution de divers paramètres dans la ZEE estimée à partir de données hydrographiques de température et de salinité (Delcroix et Lenormand, 1997).

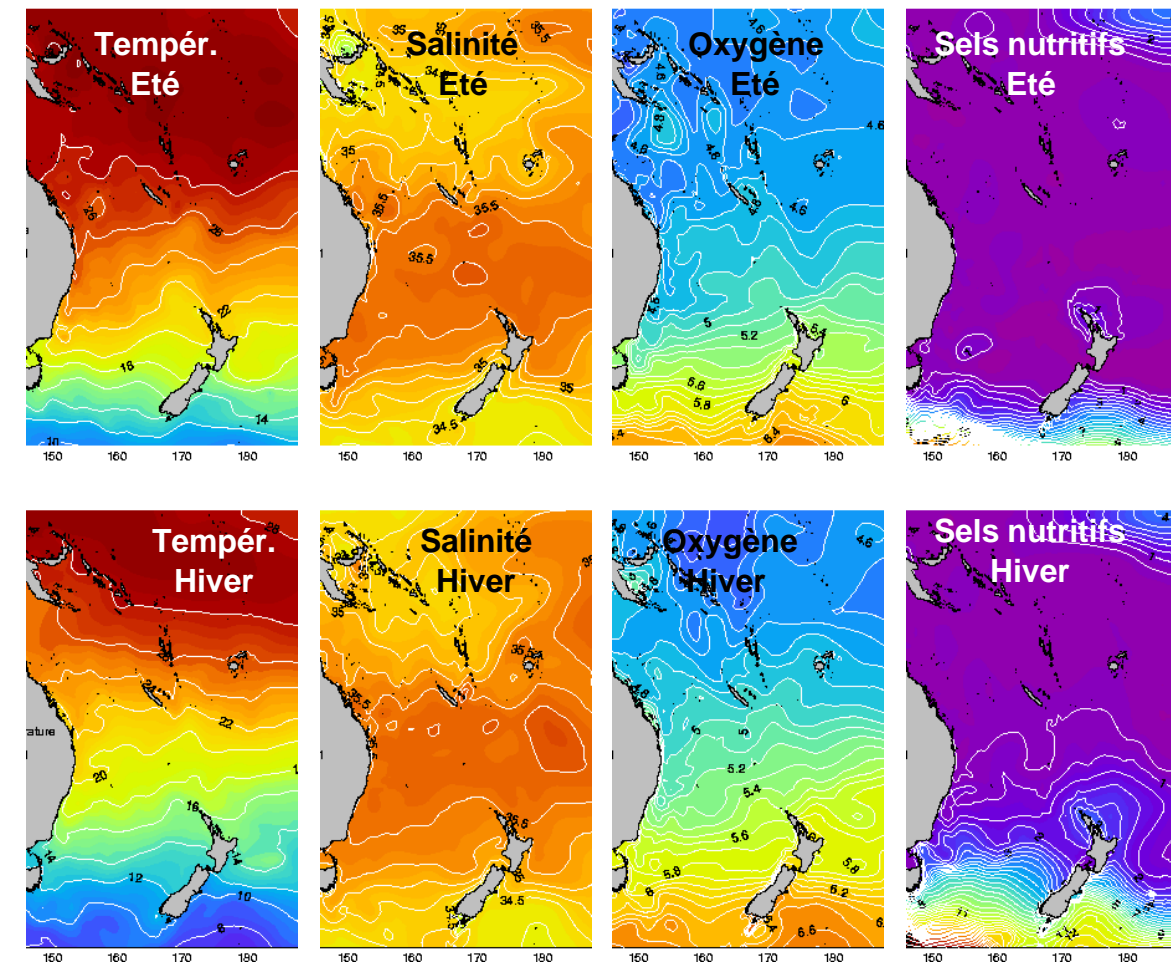


Figure 2 Distributions en surface de température, salinité, oxygène et sels nutritifs en été et hiver austral obtenues à partir de l'atlas climatologique CARS.

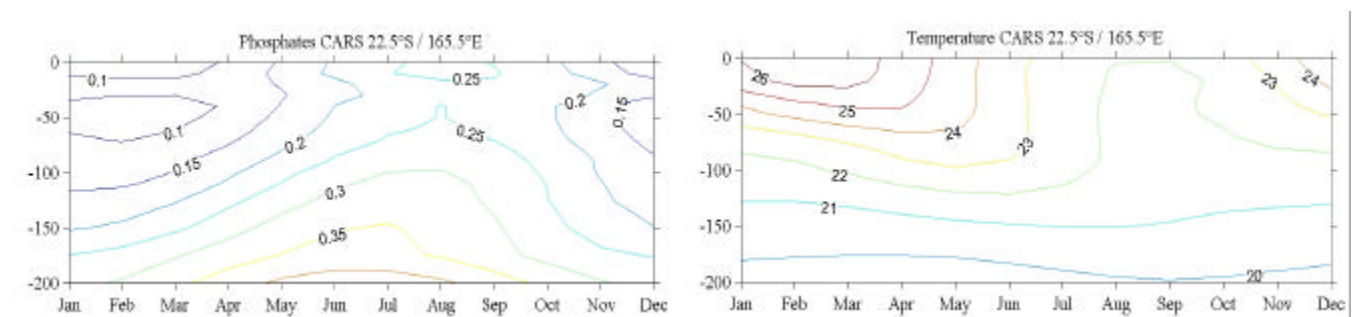


Figure 3 Distributions en profondeur de la température ($^{\circ}\text{C}$) et phosphates ($\mu\text{M/l}$) près de la côte ouest de Nouvelle-Calédonie obtenues à partir de l'atlas climatologique CARS.

La ZEE de Nouvelle-Calédonie se trouve sous l'influence du régime de vents alizés. Les alizés sont largement prédominants tout au long de l'année et représentent près de 70 % des occurrences. Ces vents ont une influence notable sur la circulation dans la ZEE et modulent les courants côtiers autour de la Nouvelle-Calédonie. Le système atmosphérique présente une forte variabilité saisonnière, avec des vents plus stables et plus forts durant la saison chaude (Fig. 4).

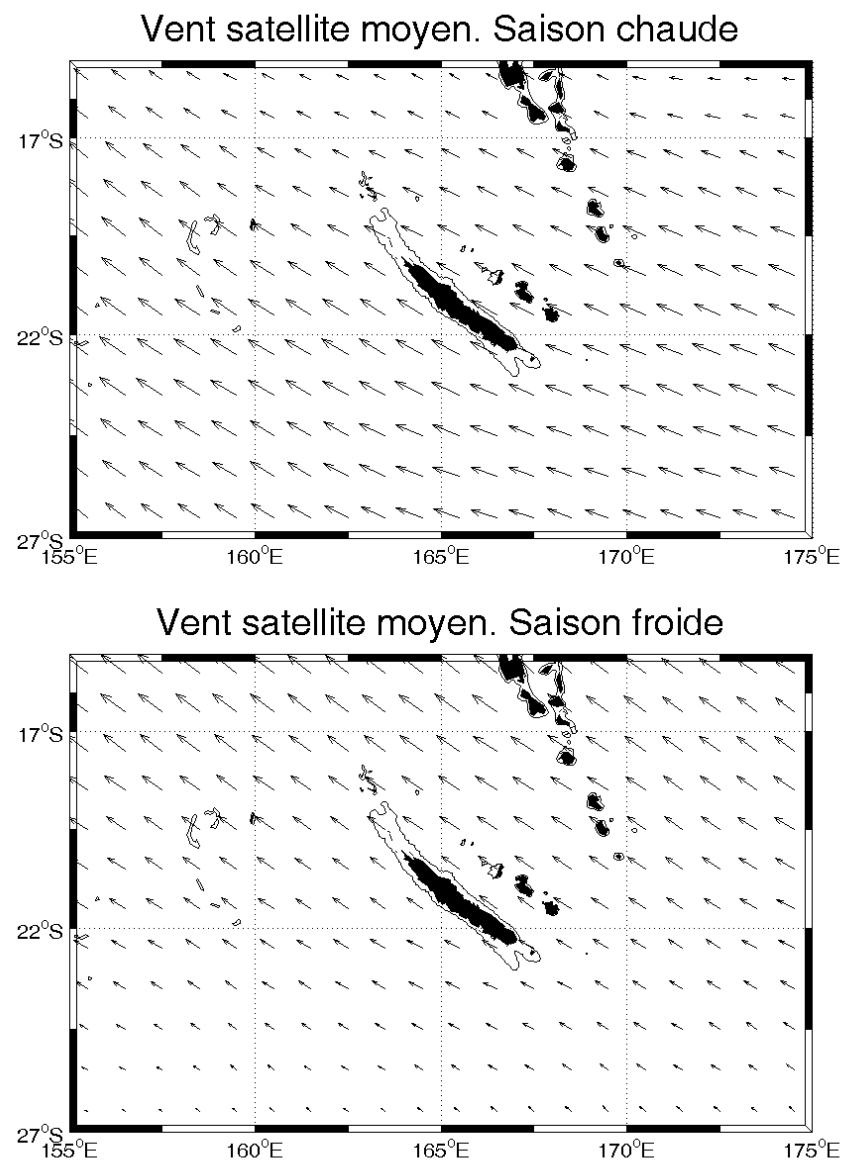


Figure 4 Vent moyen satellite (ERS) autour de la Nouvelle-Calédonie durant les saisons chaude (Janvier à mars) et froide (Juillet à septembre).

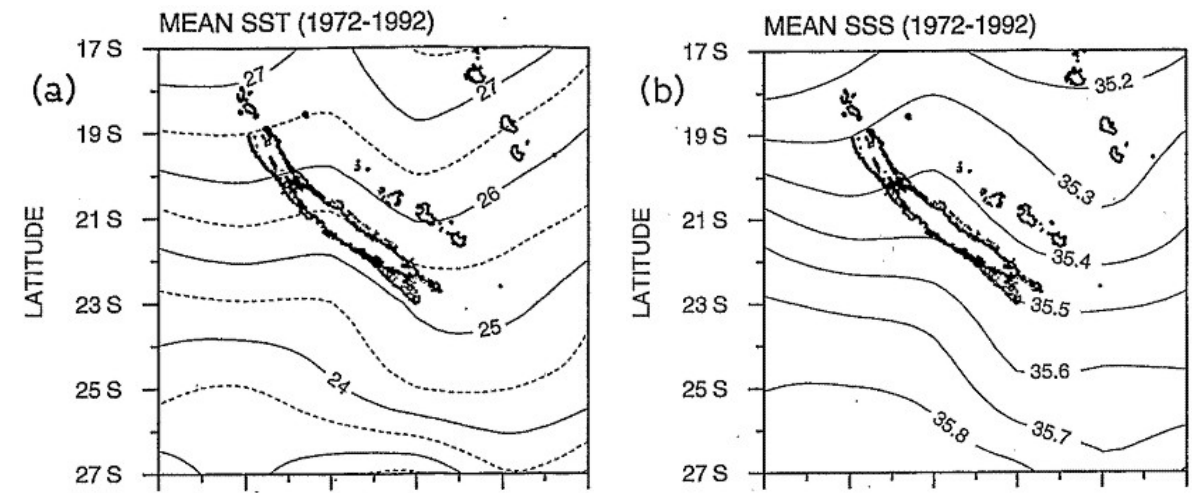


Figure 5 Température (a) et salinité (b) de surface moyenne (1972-1992) estimée à partir de mesures de XBT autour de la Nouvelle-Calédonie (Delcroix et Lenormand, 1997).

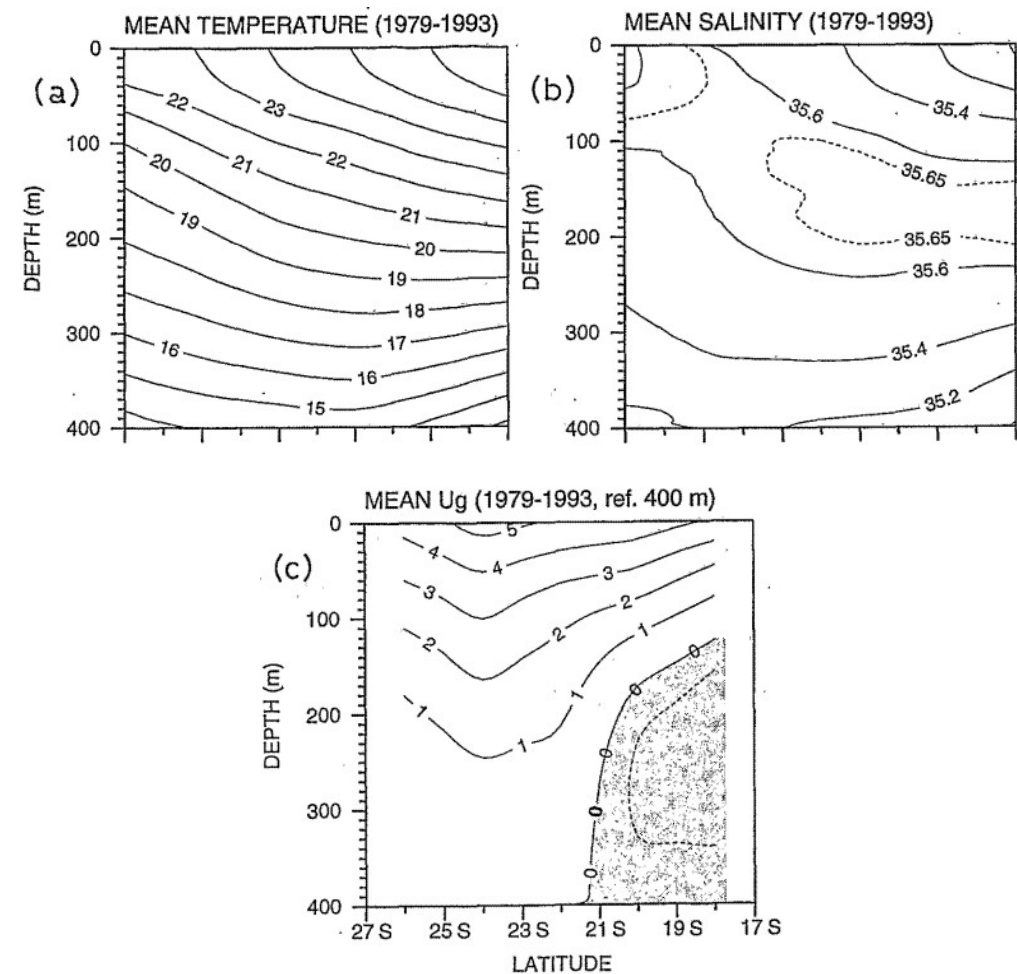


Figure 6 Sections méridiennes (moyenne 160°E à 170°E) de température (a), salinité (b) et courant zonal géostrophique (c) moyens (1979-1993), estimées à partir de mesures de XBT autour de la Nouvelle-Calédonie (Delcroix et Lenormand, 1997).

MISE EN PLACE DE LA PLATEFORME DE MODELISATION REGIONALE ROMS

Des études récentes dans le Pacifique sud-ouest ont montré que la présence de vastes archipels et d'îles de grande taille module la circulation océanique et atmosphérique de grande échelle, résultant en un système dynamique régional complexe. Celle-ci est associée à une redistribution locale des caractéristiques des masses d'eau, la présence de fronts thermiques, de tourbillons intenses et de phénomènes de résurgence d'eau profonde le long de la côte ouest (upwelling côtier), ayant un effet potentiellement important sur les écosystèmes de la région. La régionalisation concerne également le lagon qui communique avec l'océan par les passes et par l'intermédiaire de la houle au-dessus du récif barrière. La dynamique océanique régionale peut finalement affecter par son interaction avec l'atmosphère le potentiel cyclonique qui est très présent en Nouvelle-Calédonie.

Le modèle régional océanique ROMS est forcé aux frontières par un modèle océanique global et par les vents satellite grande échelle. Ainsi, l'information globale de basse résolution spatiale et temporaire qui alimente ROMS est transformée en information de haute résolution, permettant la simulation de processus de plus petite échelle, tels que l'activité tourbillonnaire, l'upwelling côtier ou encore les jets issus de l'interaction avec les îles.

CONFIGURATION DU MODELE REGIONAL

Le forçage océanique aux frontières de ROMS est le modèle global Mercator PSY2G correspondant à la période 1993-2005 (Ferry et al., 2005). Les sorties du modèle Mercator ont été comparées avec les observations de la climatologie CARS (Ridgway et Dunn, 2003). PSY2G génère une bonne représentation des grandes échelles de la circulation, température et salinité, mais présente un biais froid pour les eaux tropicales, tel que décrit par Ferry et al. (2005).

La stratégie employée repose sur l'emploi du modèle régional ROMS (Shchepetkin et McWilliams, 2005) contraint aux limites de la grille par les données globales (Fig. 7). Ainsi, le modèle régional bénéficie de l'assimilation des données effectuée dans Mercator et opère un transfert des informations des grandes échelles vers l'échelle de la ZEE (downscaling). L'étude met en œuvre deux grilles emboîtées : (a) la grille parent avec une résolution spatiale de 18 km qui couvre la mer de Corail à l'ouest et s'étend jusqu'à 180°E; (b) la grille enfant à 6 km de résolution centré sur la Nouvelle-Calédonie. L'emboîtement est asynchrone, c'est-à-dire que la simulation sur la grille enfant est forcée par les données de la simulation effectuée sur la grille parent. Ce forçage est introduit par l'intermédiaire de conditions de frontières ouvertes (Marchesiello et al., 2001) qui gèrent la compatibilité du forçage avec la solution intérieure comme elles gèrent celle de Mercator avec ROMS.

La simulation du domaine parent est exécutée sur la période 1993-2004, celle du domaine enfant sur la période 1999-2004. Pour les deux simulations il a été utilisé les flux de chaleur et d'eau douce en provenance

de PSY2G. Pour le domaine enfant il a été utilisé les vents satellite journaliers QuikSCAT, qui sont des données précises de haute résolution.. Finalement, les champs de forçage et d'initialisation ont été interpolés sur les grilles ROMS.

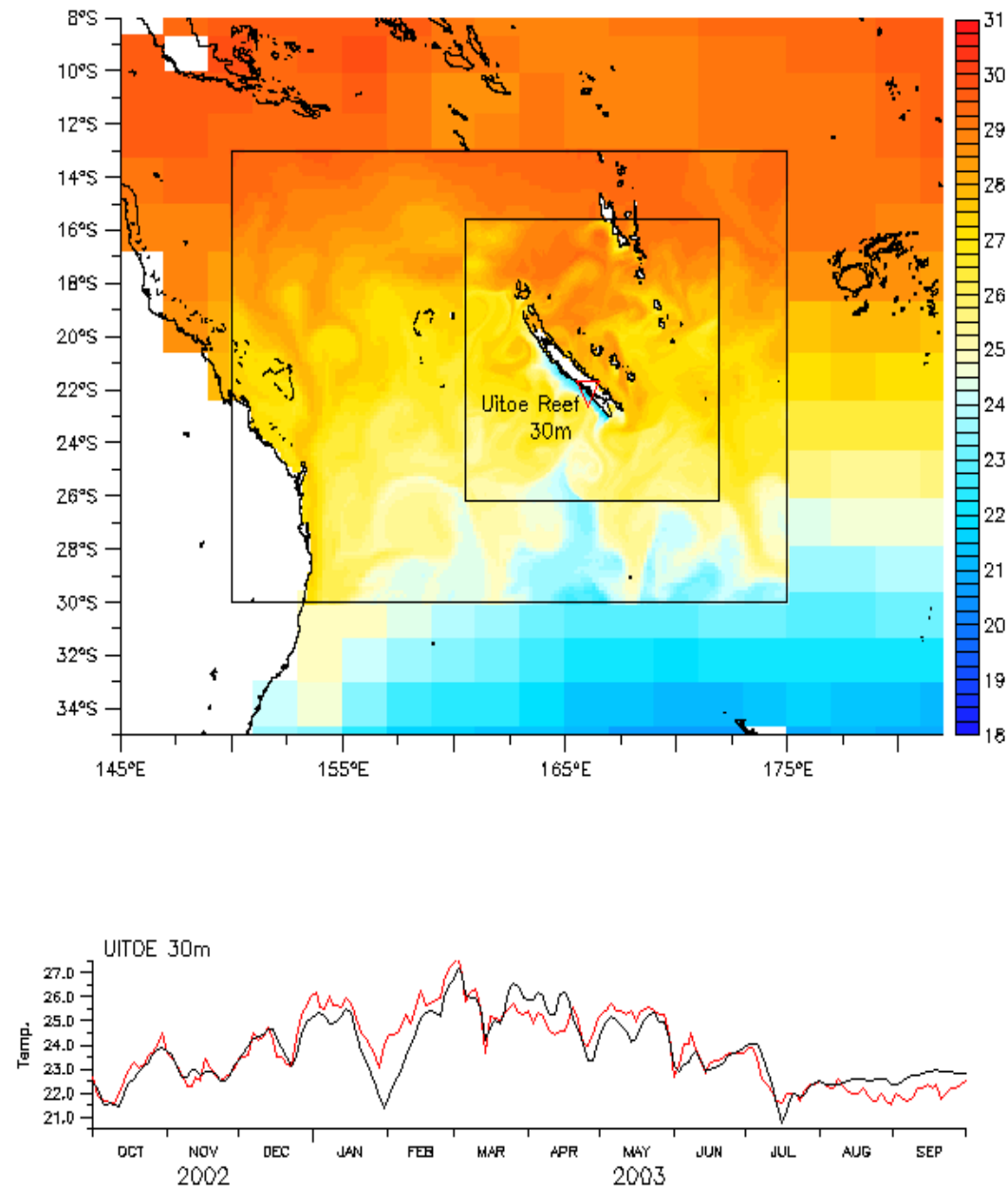


Figure 7 Emboîtement ROMS dans Mercator : situation du 30 janvier 2003 (haut). Comparaison de la température à 30 m de ROMS avec les observations de la station Uitoé (bas).

VALIDATION DU MODELE REGIONAL

Deux types de sets de données ont été utilisés pour la validation des sorties ROMS : (a) les séries temporaires de température correspondantes à 5 capteurs thermiques (Onset, précision +/- 0.2°C) localisés autour de la Nouvelle-Calédonie et (b) la climatologie régionale CARS et l'imagerie satellite.

Le tableau I présente la localisation des capteurs de température et les corrélations entre le modèle et les observations. On observe de fortes corrélations significatives qui indiquent une simulation adéquate des oscillations de la température le long de la pente externe du récif néo-calédonien, comme on peut apercevoir sur la figure 7 (bas).

Table I. Localisation de capteurs de température et corrélation avec le modèle ROMS.

Onset	Prof	Période	Location	Correl.	# Obs
<i>Sabine</i>	10 m	1998-2004	15.9°S, 166.1°E	0.9	919
<i>Surprises</i>	10 m	1997-2004	18.3°S, 163.0°E	0.9	633
<i>Uitoe 1</i>	10 m	1999-2006	21.8°S, 166.1°E	0.9	633
<i>Uitoe 2</i>	35 m	2001-2006	21.8°S, 166.1°E	0.9	816
<i>Uitoe 3</i>	62 m	2001-2006	21.8°S, 166.1°E	0.8	669

La climatologie régionale CARS et les images satellites ont été utilisées pour vérifier comment le modèle reproduit la circulation générale et la dynamique de méso-échelle autour des archipels de Vanuatu et de Nouvelle-Calédonie. Dans ROMS, la position des principaux courants de grande échelle qui modulent la région, le Jet Nord Calédonien (JNC) issu

du SEC (19°S) et le STCC (26°S) aux extrémités de la Grande Terre concordent bien avec les observations de Ridgway (2003), ainsi que les simulations du modèle global OCCAM (Webb, 2000). ROMS reproduit les méandres semi-permanents dans le sillage de l'île et le courant de Vauban décrit par Henin (1984). Les événements d'upwelling sont également très bien reproduits dans le modèle. L'extension spatiale et l'occurrence temporelle des événements sont en bon accord avec les observations. Un des résultats les plus remarquables est la limite de l'extension nord de la zone d'upwelling (vers 21°S), qui a été clairement observée par Henin et Cresswell (2005) à partir d'images satellites.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alory, G., A. Vega, A. Ganachaud, et M. Despinoy. 2005. A new upwelling index to hindcast New Caledonian cooling events. Soumis à *J. Geophys. Res.*
- Blaize, S. and D. Lacoste. 1995. Atlas climatique de la Nouvelle-Calédonie. *Ed. Météo-France.*
- Delcroix T. and O. Lenormand, 1997. ENSO signals in the vicinity of New Caledonia, south-western Pacific. *O. Acta*, 20, 481-491,
- Grandperrin, R., B. Richer de Forges et J.M. Auzende. 1997. Ressources Marines de Nouvelle-Calédonie : Le programme ZoNéCo.
- Hénin C. et G. Cresswell, 2003: Automatic coastal stations of New Caledonia and thermal variability. Evidence for coastal upwelling. Soumis à *Cont. Shelf Res.*
- Henin, C., J-M. Guillerm et L. Chabert. 1984. Circulation superficielle autour de la Nouvelle-Calédonie. *Oceanogr. Trop.*, 19 (2), 113-126.
- Marchesiello, P., J.C. McWilliams, and A. Shchepetkin, 2001: Open boundary conditions for long-term integration of regional oceanic models. *Ocean Modelling*, 3, 1-20.
- Marchesiello, P., J.C. McWilliams, and A. Shchepetkin, 2003: Equilibrium structure and dynamics of the California Current System. *J. Phys. Oceanog.*, 33, 753-783.
- Ridgway K.R. and Dunn J.R., 2003—Mesoscale structure of the mean East Australian current System and its relationship with topography. *Progress in oceanography*, 56, 189-222.
- Ridgway K.R., J.R. Dunn, and J.L. Wilkin. 2002. Ocean interpolation by four-dimensional least squares -Application to the waters around Australia. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, Vol 19, No 9, 1357-1375.
- Rodier, M. et G. Eldin. 2005. Physical and nutrient environment near NC (SW Pacific) : a two years study. A soumettre à *Cont. Shelf Res.*
- Shchepetkin A. and J.C. McWilliams, 2005: The Regional Oceanic Modeling System: A split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate ocean model. *Ocean Modelling*, 9, 347-404.
- Webb D. J., 2000: Evidence for shallow zonal jets in the south equatorial current region of the south west Pacific., *J. Phys. Oceanogr.*, **30**, 706-720.

INDICE DES FIGURES

1. **Bathymétrie de la région.**

DESCRIPTION DES CARTES DE L'ATLAS

CARTES DE TEMPERATURE DE SURFACE

Domaine : ZEE. Période : 2000-2004. Résolution : 15 Km.

2. **Température de surface moyenne**
3. **Température de surface moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
4. **Température de surface moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
5. **Variabilité saisonnière de la température de surface**
Différence entre période chaude (Carte 3) et froide (Carte 4).

CARTES DE SALINITE DE SURFACE

Domaine : ZEE. Période : 2000-2004. Résolution : 15 Km.

6. **Salinité de surface moyenne**
7. **Salinité de surface moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
8. **Salinité de surface moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
9. **Variabilité saisonnière de la salinité de surface**
Différence entre période chaude (Carte 7) et froide (Carte 8).

CARTES DE LA PROFONDEUR DE L'ISOTHERME 19°C

Domaine : ZEE. Période : 2000-2004. Résolution : 15 Km.

10. **Profondeur moyenne de l'isotherme 19 °C**

11. **Profondeur moyenne de l'isotherme 19 °C en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
12. **Profondeur moyenne de l'isotherme 19 °C en saison froide**
Moyenne Juillet à Septembre
13. **Variabilité saisonnière de la profondeur de l'isotherme 19 °C**
Différence entre période chaude (carte 11) et froide (carte 12).

CARTES HORIZONTALES DES COURANTS

Domaine : ZEE. Période : 2000-2004. Résolution : 15 Km.

14. **Courants de surface moyens**
Direction et intensité représentées respectivement par vecteurs et couleurs.
15. **Courants moyens à 50 m de profondeur**
Direction et intensité représentées respectivement par vecteurs et couleurs.
16. **Courants moyens à 150 m de profondeur**
Direction et intensité représentées respectivement par vecteurs et couleurs.
17. **Courants de surface moyens en saison chaude**
Moyenne Janvier à Mars
18. **Courants de surface moyens en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
19. **Variabilité turbulente des courants de surface**
C'est l'écart type par rapport aux moyennes saisonnières (carte 15 et 16). Elle représente l'incertitude de notre connaissance des courants, due à la nature turbulente de l'écoulement.

ZOOM SUR LA NOUVELLE CALEDONIE

Période : 2000-2004. Résolution : 5 Km.

20. **Courants de surface moyens**
Direction et intensité représentées respectivement par vecteurs et couleurs.
21. **Courants de surface moyens en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
22. **Courants de surface moyens en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre

23. **Température de surface moyenne**
24. **Température de surface moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
25. **Température de surface moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
26. **Salinité de surface moyenne**
27. **Salinité de surface moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
28. **Salinité de surface moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
29. **Courants et température de surface lors d'un épisode d'alizés fort**
Vents alizés soutenus du 9 Novembre 2004 (saison chaude).
30. **Courants et température de surface lors d'un épisode d'alizés faible**
Vents alizés faibles du 31 décembre 2004 (saison chaude).

SECTIONS MERIDIENNES LE LONG DE 162°E (15 °S A 27 °S)

Période : 2000-2004. Résolution : 15 Km.

31. **Température moyenne**
32. **Température moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
33. **Température moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
34. **Salinité moyenne**
35. **Salinité moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars
36. **Salinité moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre
37. **Vitesse zonale moyenne**
La couleur rouge correspond à des courants vers l'est, bleu vers l'ouest.
38. **Vitesse zonale moyenne en saison chaude**
Moyenne de Janvier à Mars. La couleur rouge correspond à des courants vers l'est, bleu vers l'ouest.
39. **Vitesse zonale moyenne en saison froide**
Moyenne de Juillet à Septembre. La couleur rouge correspond à des courants vers l'est, bleu vers l'ouest.

TEMPERATURE DE SURFACE DANS LA ZEE

La **température de surface moyenne** présente un gradient Nord-sud très prononcé. Au Nord de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie les températures sont supérieures à 27 °C tandis qu'au Sud de la ZEE celles-ci sont inférieures à 23 °C. On observe que la côte Sud-ouest est sensiblement plus froide que la côte Sud-est. Ce phénomène est causé par l'occurrence de forts événements d'upwelling côtier durant la période estivale. L'upwelling se traduit par une remontée d'eau profonde, et donc froide, le long de la pente externe de la barrière causée par les vents alizés.

Les moyennes correspondantes à la **saison chaude** amplifient le contraste côte Sud-ouest / Sud-est, montrant des différences de 2 °C. Le Nord de la ZEE présente des températures au dessus des 29 °C tandis que le sud oscille autour des 25 °C.

Durant la **saison froide** le gradient Nord-sud et le contraste côte Est/Ouest sont moins prononcés. Le Nord de la ZEE se caractérise par des températures supérieures à 25 °C et le sud de la ZEE par des valeurs proches à 20 °C.

La **variabilité saisonnière** correspond à la différence entre la saison chaude et la saison fraîche. La plus forte variabilité s'observe dans la région Sud-est de la ZEE avec des valeurs de l'ordre de 5 °C. En général le Sud de la ZEE présente une plus forte différence entre les saisons chaudes et fraîches que le Nord, où l'on observe une variabilité inférieure à 3.5 °C. Il est intéressant de noter le contraste côte Est / côte Ouest. La région d'upwelling (côte Sud-ouest) montre des valeurs faibles, inférieures à 3 °C. Cela s'explique par les brusques refroidissements qui ont lieu en période estivale.

SALINITE DE SURFACE DANS LA ZEE

La **salinité de surface moyenne** présente des caractéristiques similaires à celles observées sur la température, mais avec des différences notables. Bien que le gradient Nord-sud soit dominant, on observe aussi un gradient Est-ouest important. Les plus fortes salinités, supérieures à 35.6, sont présentes au Sud de la ZEE. Le nord de la ZEE est dominé par des salinités inférieures à 35.1. Comme pour la température, il existe un contraste entre la côte Ouest et la côte Est. Les salinités sont plus élevées à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie qu'à l'Est.

En général, les différences de salinité entre les **saisons chaude et froide** sont moins importantes que pour la température. Durant la saison chaude le

contraste côte Est / côte Ouest est plus aigu (35.4 / 35.2 respectivement) qu'en saison froide (35.5 / 35.4 respectivement).

La région de plus forte **variabilité saisonnière** de salinité est l'Ouest de la ZEE, autour des îles Chesterfield, avec des valeurs proches à 0.4. Les plus faibles variations saisonnières de salinité s'observent au Nord et au Sud de la ZEE, avec des valeurs inférieures à 0.1. La côte Est de la Nouvelle-Calédonie présente des valeurs plus élevées que la côte Ouest.

PROFONDEUR DE L'ISOTHERME DE 19 °C

Pour représenter les variations verticales de la température nous avons choisi la profondeur de l'isotherme de 19 °C (Z19). La **Z19 moyenne** atteint sa profondeur maximale, 200 m, autour de la latitude 20 °S. Au Sud de la ZEE la Z19 se trouve à 130 m et au Nord celle-ci atteint les 180 m de profondeur. On observe peu de différences entre les saisons chaude et froide. En effet, la **variabilité saisonnière** présente des maxima très localisés inférieurs à 20 m.

COURANTS DE SURFACE DANS LA ZEE

Les sorties de courant du modèle ROMS considèrent les estimations géostrophiques (effet du champ de densité sur toute la colonne d'eau) et la dérive d'Ekman (effet du vent dans la couche de surface). La dérive d'Ekman peut masquer les courants géostrophiques en surface (on peut l'observer sur les sections verticales de courant zonal), ce qui explique les différences entre les cartes présentées dans l'introduction et les cartes de cet atlas. La **circulation moyenne** dans la région est une combinaison de la circulation grande échelle (courants forcés loin de la région) et de l'effet d'île (interaction topographique). Sur la moyenne 2000-2004 on distingue clairement les deux types de circulation. A l'Est de l'archipel du Vanuatu on observe deux jets zonaux (direction Est-ouest) générés à l'Est de la ZEE qui sont déviés par les îles et se combinent pour former, à l'ouest du Vanuatu, un intense jet zonal, le **Jet Nord Calédonien (JNC)**. Le **JNC** est une branche du Courant Equatorial Sud (**SEC**) et se caractérise par des intensités moyennes entre 0.3 et 0.5 nœuds et se propage jusqu'aux côtes de l'Australie. Plusieurs branches méridiennes (sens Nord-sud) se détachent du **JNC** à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie et se propagent vers le Sud, la plus importante se situant à 162 °E. Quand les courants zonaux atteignent la côte Est de la Calédonie, une partie se dévie vers le Sud-est le long de la côte formant ainsi le **courant de Vauban**. Une fois qu'il atteint l'extrême

Sud de l'île le **courant de Vauban** continue sa propagation vers le Sud de la ZEE, transportant ainsi des eaux d'origine équatoriale. Les courants moyens proches de la côte Ouest sont plus faibles et se propagent vers le Sud. Ces faibles intensités moyennes reflètent la forte variabilité observée à l'Ouest de l'île. En effet, la côte Est présente une circulation plus stable et permanente, caractéristique des courants de Bord Ouest (comme le Courant Est Australien), tandis que la côte Ouest montre une circulation plus variable, fortement influencée par l'apparition de tourbillons et autres mécanismes de méso-échelle. En général, le Nord de la ZEE est dominé par une circulation zonale vers l'Ouest orchestrée par le **JNC** et le Sud de la ZEE se caractérise par une circulation plutôt méridienne vers le Sud représentée par diverses branches qui se détachent du **JNC**.

Bien que le **JNC** semble présenter peu de **variation saisonnière**, la circulation de surface moyenne dans l'ensemble de la ZEE diffère selon la saison. Durant la saison chaude, la circulation méridienne qui s'observe au Sud du JNC s'intensifie, tout comme la redistribution vers le Sud des caractéristiques équatoriales. Les courants moyens de la côte Est (**Vauban**) et Ouest sont beaucoup plus forts en été qu'en hiver.

La carte de **variabilité turbulente** de l'intensité des courants permet d'estimer la proportion des courants d'origine turbulente, c'est-à-dire associés aux phénomènes de méso-échelle, tels les tourbillons. C'est également une mesure de la pertinence des cartes moyennes à décrire les courants à chaque instant (plus la variabilité est élevée, plus il y a des chances que les courants d'un instant donné diffèrent des cartes moyennes). Ces courants sont très variables et sont principalement associés à des petites échelles de temps. La plus forte variabilité se situe au Sud de la ZEE et les minimales se localisent le long du **JNC**, autour des îles Chesterfield et le long des côtes Est et Ouest.

ZOOM AUTOUR DE LA NOUVELLE-CALEDONIE

Les cartes de haute résolution autour de la Nouvelle-Calédonie nous permettent de mieux observer l'effet de l'île sur la circulation et la distribution de température et salinité. Les cartes « zoom » proposées sont des vraies simulations de haute résolution et non pas de simples interpolations des simulations à l'échelle de la ZEE.

Les **courants moyens** nous donnent un clair aperçu de la circulation côtière. Quand le **JNC** rencontre la côte Est, une partie est déviée vers le Sud le long de la côte et une partie passe par le **Grand Passage** qui sépare les récifs d'Entrecasteaux du Grand Lagon Nord. Les courants qui s'achèment par le

Grand Passage sont très forts, atteignant des valeurs proches de 1 nœud. A l'Ouest du Grand Passage, une partie du courant continue sa propagation vers l'Ouest et une autre partie dévie vers le Sud, le long de la barrière récifale. Un peu au Nord de Bourail (21°30'S) le courant se détache de la côte et se propage vers l'ouest. Les faibles courants moyens observés le long de la côte Ouest se dirigent vers le Sud-est, dans le sens contraire du vent dominant, les alizés. Le contraste entre les faibles **courants de la côte Ouest** et l'intense **courant de Vauban** est très net. A l'Ouest l'intensité moyenne ne dépasse pas les 0.4 nœuds tandis qu'à l'Est l'intensité moyenne est supérieure à 0.6 nœuds. Il est intéressant de noter que le **courant de Vauban** s'intensifie au sud de la latitude 20°30'S. Il semble que cette intensification est liée à l'apport provenant des canaux entre les îles **Loyautés**. La principale différence entre les **courants moyens en saison chaude** et **saison froide** est l'intensité. Les courants qui coulent le long des côtes Ouest et Est, ainsi que celui qui passe entre les îles Loyautés, sont plus forts en été. Ce résultat indique un renforcement du **SEC** durant la période estivale. Le courant qui traverse le **Grand Passage** garde des magnitudes similaires, montrant peu de variabilité saisonnière. En été, la branche de courant côtier qui provient du **Grand Passage** se détache de la côte plus au Sud qu'en hiver. Ce résultat est surprenant car les vents alizés, qui soufflent dans le sens contraire au courant, sont plus intenses en saison chaude. La forte activité tourbillonnaire présente à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie, qui contraste avec la constance du **courant de Vauban** à l'Est, est plus intense durant la période estivale.

La **température moyenne** consolide le contraste qui existe entre les côtes Est et Ouest. Les eaux à l'Ouest de la Nouvelle-Calédonie sont 1 à 2 degrés plus froides. Cette différence est liée principalement aux événements d'upwelling (côte Sud-ouest et Corne Sud). Les îles **Loyautés** génèrent des zones « d'ombres » provoquant l'apparition d'eaux légèrement plus froides au sud des îles. L'upwelling côtier s'observe clairement sur la moyenne correspondant à la **saison chaude** et disparaît durant la **saison froide**. En été la température en dehors du lagon fluctue entre 26 et 28 °C (sauf la zone sous influence de l'upwelling), tandis qu'en hiver celle-ci varie entre 23 et 25 °C. La distribution de **salinité moyenne**, tout comme la température, montre un écart prononcé entre les côtes Est et Ouest. Le long de ces deux côtes on observe une propagation vers le Sud-est des flux, mais la côte Ouest présente des eaux plus salines que la côte Est (35.3 à 35.6 et 35.1 à 35.4 respectivement). La salinité maximale se situe à l'extrême Sud-ouest et la minimale est localisée sur le Grand Passage. Durant la **saison chaude** la mer autour de l'île est moins saline que durant la **saison froide**, indiquant une influence plus prononcée des eaux d'origine équatoriale. Le très prononcé gradient que l'on observe au Sud de **l'Île des Pins** nous indique que la Nouvelle-Calédonie joue le rôle d'un tampon pour l'hydrodynamique, séparant deux régions très distinctes. Cette zone de transition Nord-sud et Est-ouest, amplifiée par l'effet de masse de l'île, apparaît clairement

dans toutes les cartes de température et de salinité, et est aussi visible sur les images satellite.

Afin de schématiser la circulation durant la présence et l'absence d'événement d'upwelling en saison chaude, nous avons incorporé deux cartes « instantanées », correspondantes à des situations de vent alizé fort et soutenu et de vent alizé faible. Durant l'épisode d'alizé fort du 9 novembre 2004, on observe d'importantes plumes d'eau froide qui émergent le long de la côte Sud-ouest. Ces filaments sont advectés 50 à 100 km au large par les courants. La présence de nombreux tourbillons indique une forte activité de méso échelle, plus prononcée à l'Est du Grand Passage, au Sud des Îles Loyauté et à l'Ouest de la Nouvelle Calédonie en général. La côte Ouest est sous l'influence de 2 types de circulation différente. La moitié Sud est gouverné par des flux qui remontent vers le Nord, directement forcés par le vent alizé, ou sous l'influence du STCC. Ce courant se détache de la côte emportant ainsi au large les eaux froides. La moitié Nord est sous l'influence de la circulation de grande échelle, en relation avec la déflexion le long de la côte d'un intense courant qui se propage vers l'Est entre les latitudes 20 °S et 21 °S. Durant l'épisode d'alizé faible du 31 décembre 2004, l'upwelling a disparu et le schéma de circulation est différent. La forte activité tourbillonnaire observée le 9 novembre à l'Est de l'île a disparue. La côte Est se trouve maintenant sous le contrôle du courant de Vauban, augmentant ainsi sa stabilité dynamique. La côte Ouest montre toujours une forte activité tourbillonnaire et se trouve sous l'influence dominante des courants qui passent par le Grand Passage et dévient vers le Sud.

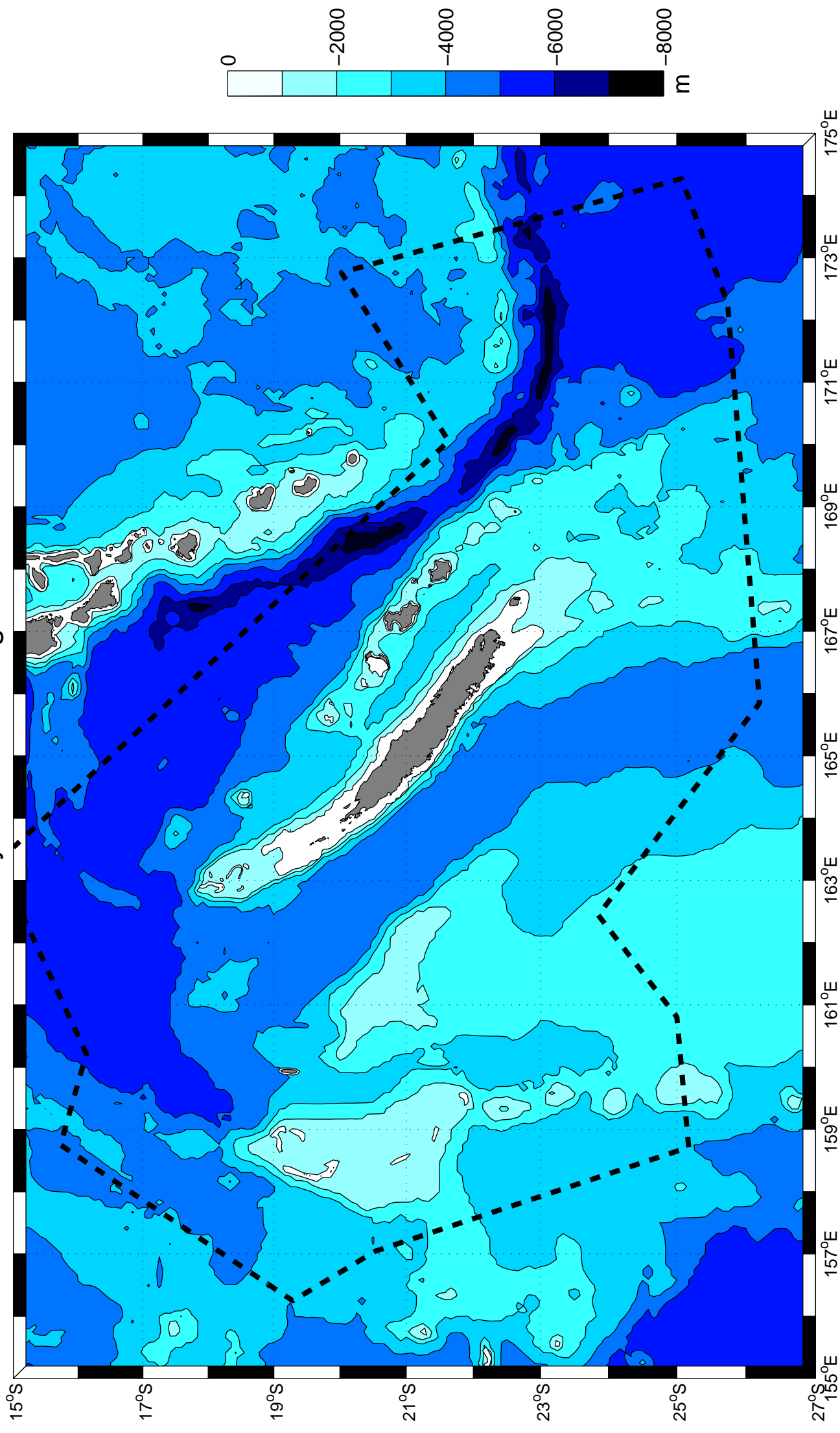
situé à 50 m au Sud et à 130 m au Nord. Comme pour la température, il existe à 20 °S de latitude une variation importante de la structure verticale. Sous la surface, les différences de salinité entre les saisons froides et chaudes semblent peu importantes.

Les sections de vitesse zonale moyenne nous indiquent les variations Nord-Sud des jets zonaux, tel que le JNC et le STCC. Les valeurs positives (négatives) indiquent un courant vers l'Est (Ouest), associé au STCC (JNC). La caractéristique la plus importante est sans doute l'imposante présence du JNC qui s'étend des latitudes 17 °S à 19 °S. Le JNC est présent jusqu'en dessous des 500 m mais semble s'atténuer et diminuer son étendue avec la profondeur. Les vitesses maximales (> 0.3 nœuds) se situent en surface mais on observe un maximum secondaire sub-superficiel aux alentours des 100 m. Au Sud du JNC on observe 3 jets zonaux, associées au STCC, qui se propagent avec une direction opposée, c'est-à-dire vers l'Est, avec un maximum en subsurface. Ce maximum sub-superficiel est la conséquence de l'effet de masque de la composante d'Ekman en surface. Les 2 jets situés entre les 20 °S et les 23 °S sont symétriques. Plusieurs structures différencient les conditions de saison chaude de celle de saison froide. En été on observe une intensification des jets symétriques vers l'Est situés à 20 °S et 23 °S, lesquelles possèdent des intensités en sub-surface similaires à celles du JNC. La formation de ces 2 jets semblent liée à l'apparition, durant la période estivale, d'un jet zonal étroit (21°30'S) qui se propage vers l'Ouest et qui coupe en deux la circulation vers l'Est. Le jet vers l'Est situé à 25 °S est plus intense en hiver. Le JNC montre par contre peu de variabilité saisonnière.

SECTIONS MERIDIENNES 162 °E

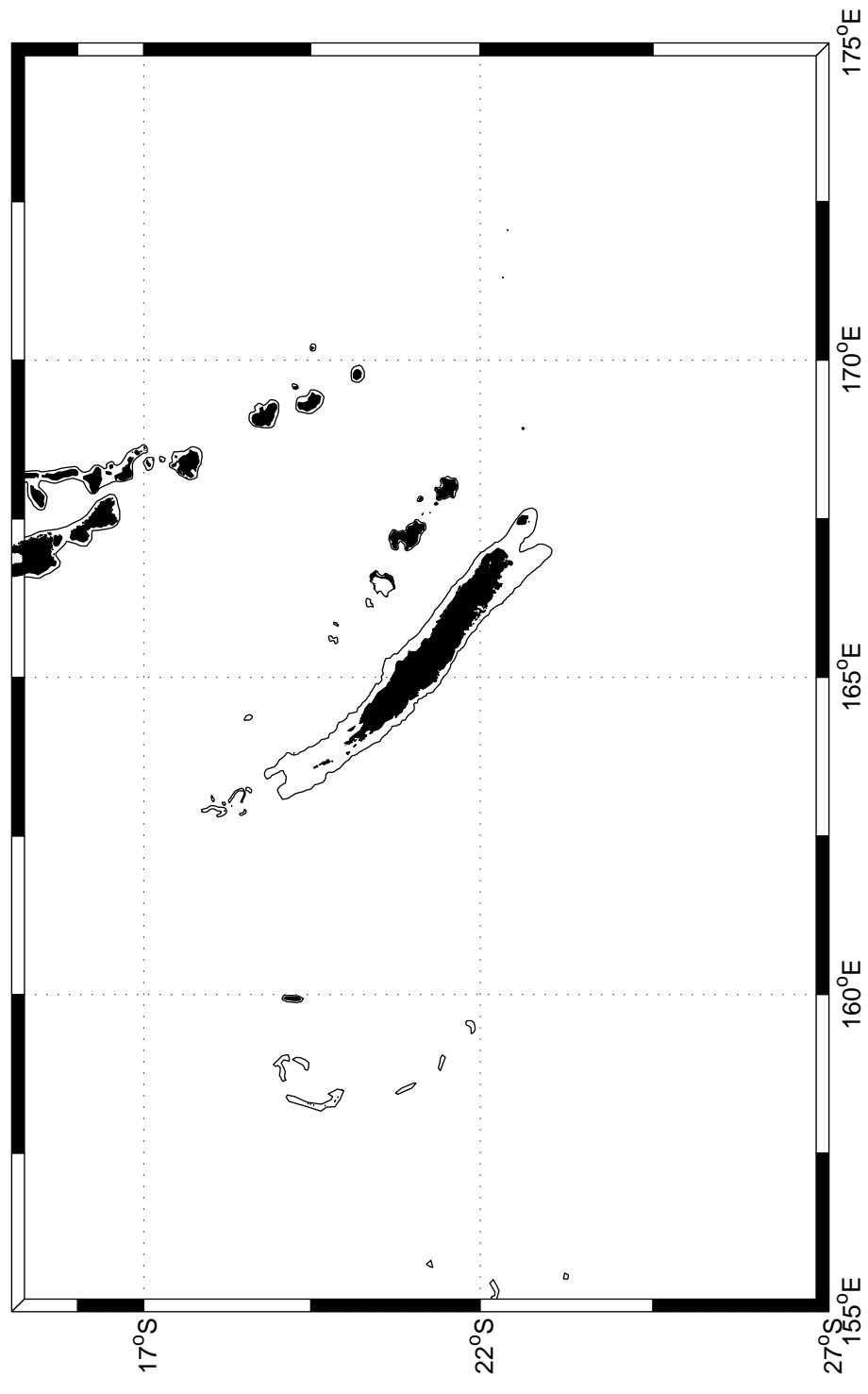
Les sections méridiennes servent à observer les variations dans le sens Nord-Sud et en profondeur de la température, la salinité et le courant zonal (sens Est-Ouest). La température moyenne montre une distribution bien particulière. Sous les 50 m de profondeur, les isothermes (« lignes » de même température) s'approfondissent à mesure que l'on se déplace vers le Nord, atteignent une profondeur maximale à 20 °S, puis s'inclinent à nouveau vers la surface. On observe plusieurs différences entre la saison chaude et la saison froide. La pente des isothermes au Sud des 20 °S est plus prononcée en été. A cause du réchauffement des eaux en surface, le gradient vertical de température est aussi plus important durant l'été. La thermocline saisonnière (là où le gradient vertical de température est maximal, correspondant à la base de la couche de mélange) se situe aux alentours des 50 m de profondeur en saison chaude, tandis qu'en saison froide celle-ci se situe plutôt sous les 100 m. En général, plus on se déplace vers le Sud, plus la thermocline est profonde. La salinité moyenne présente un maximum sous la surface (> 35.4). Ce maximum sub-superficiel se

Bathymétrie de la région

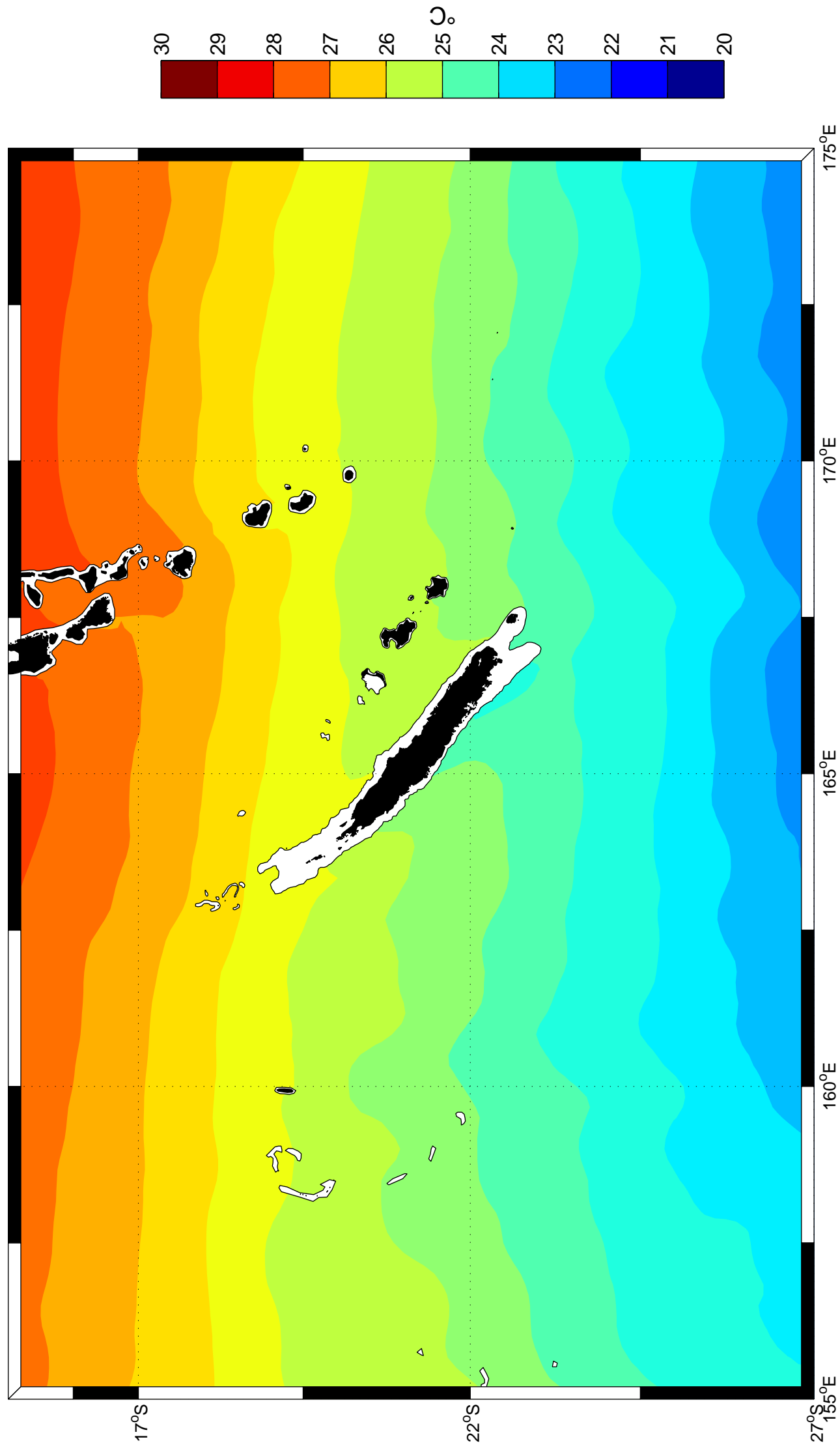


CARTES DE TEMPERATURE DE SURFACE

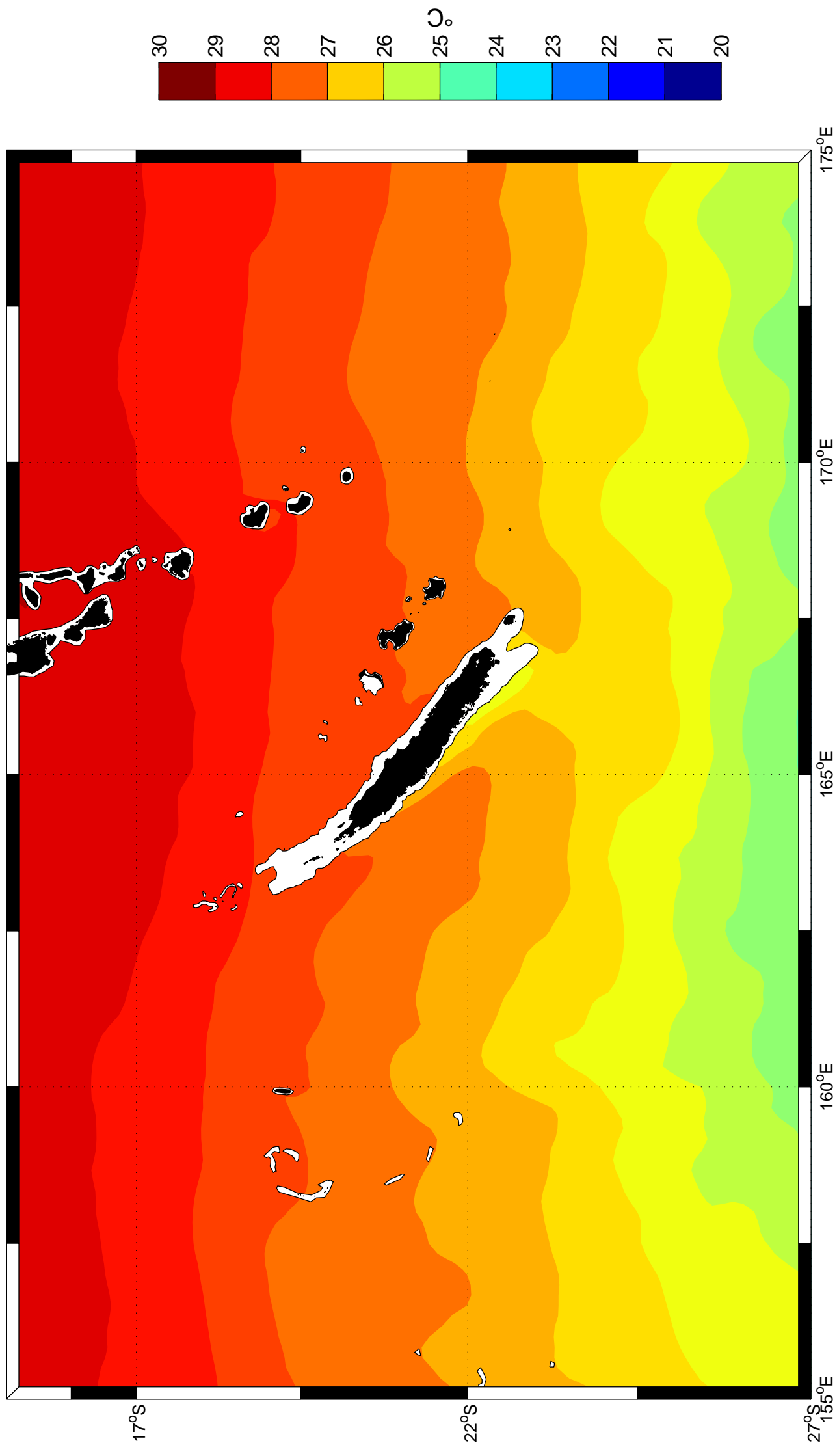
Domaine : ZEE Résolution : 15 km



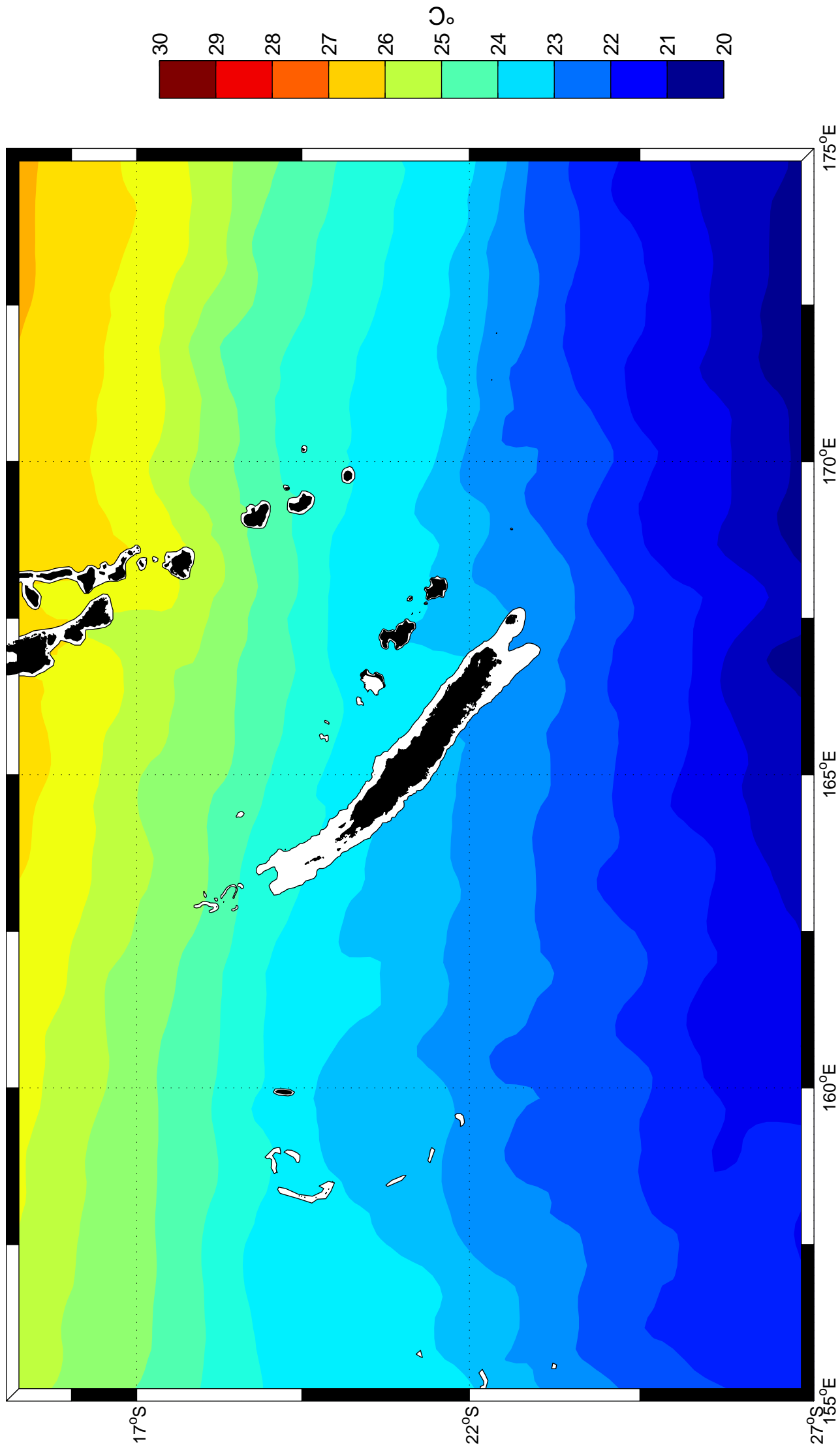
Temperature de surface moyenne



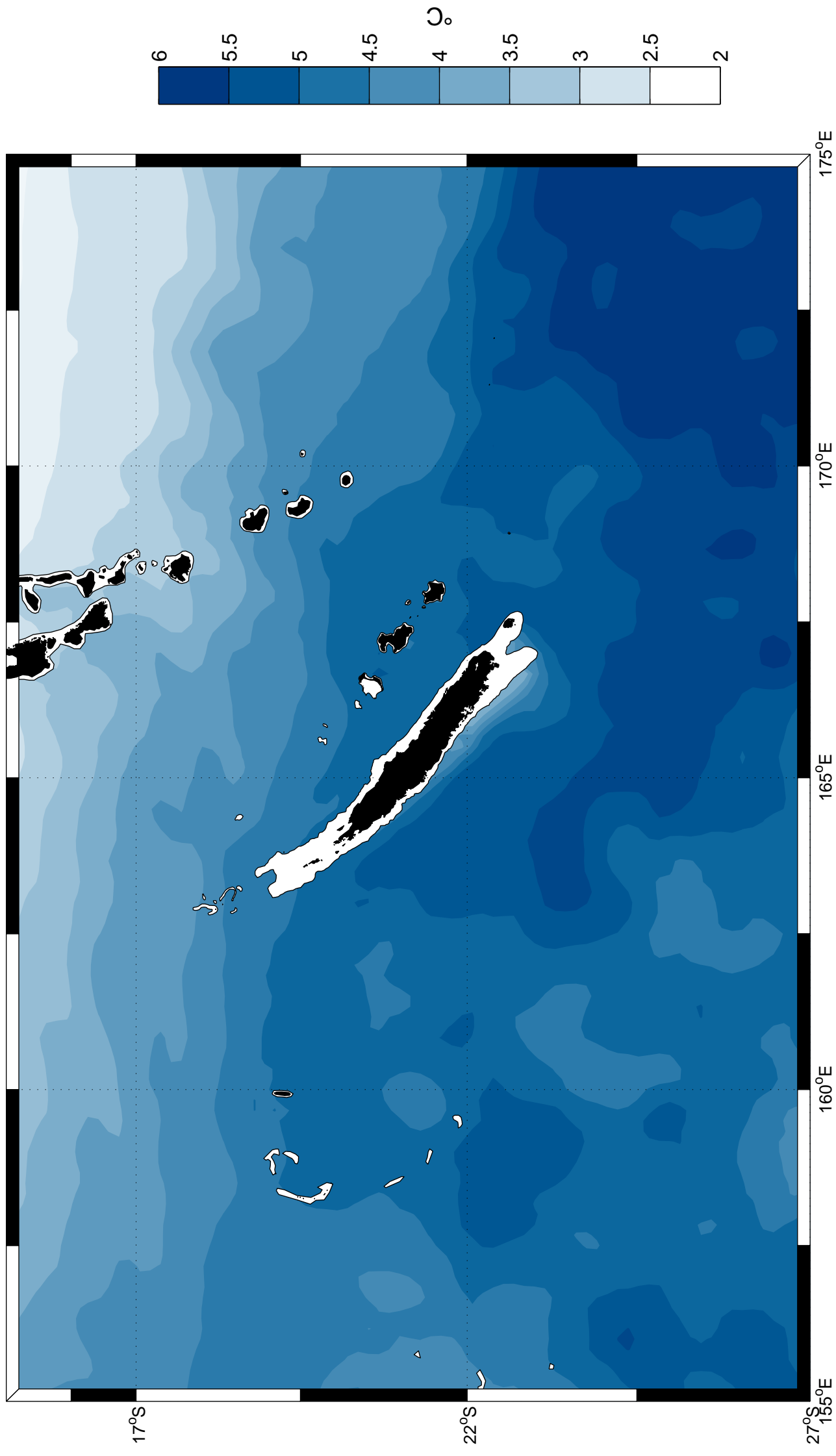
Température de surface moyenne. Saison chaude



Température de surface moyenne. Saison froide

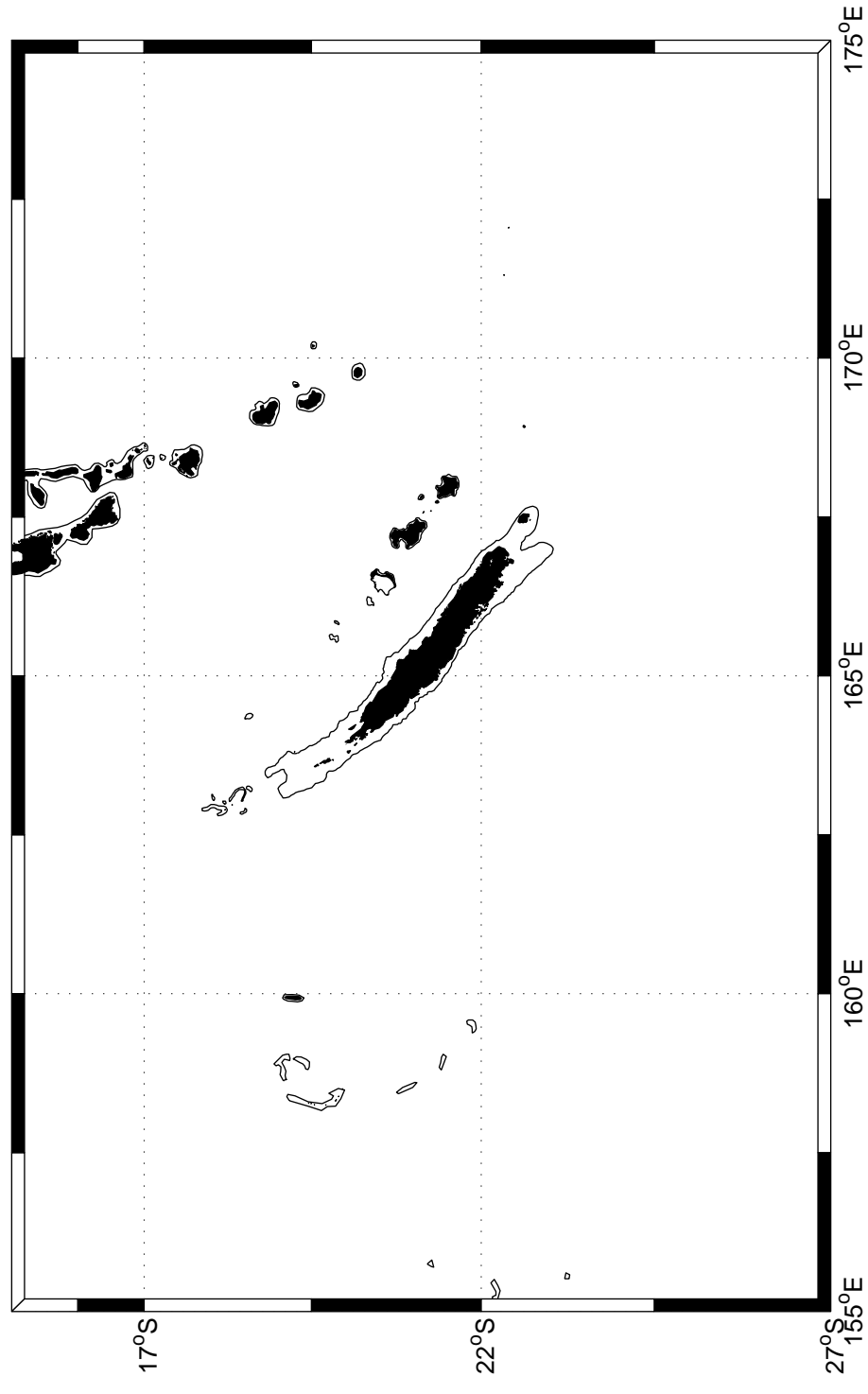


Variabilité saisonnière de la température de surface

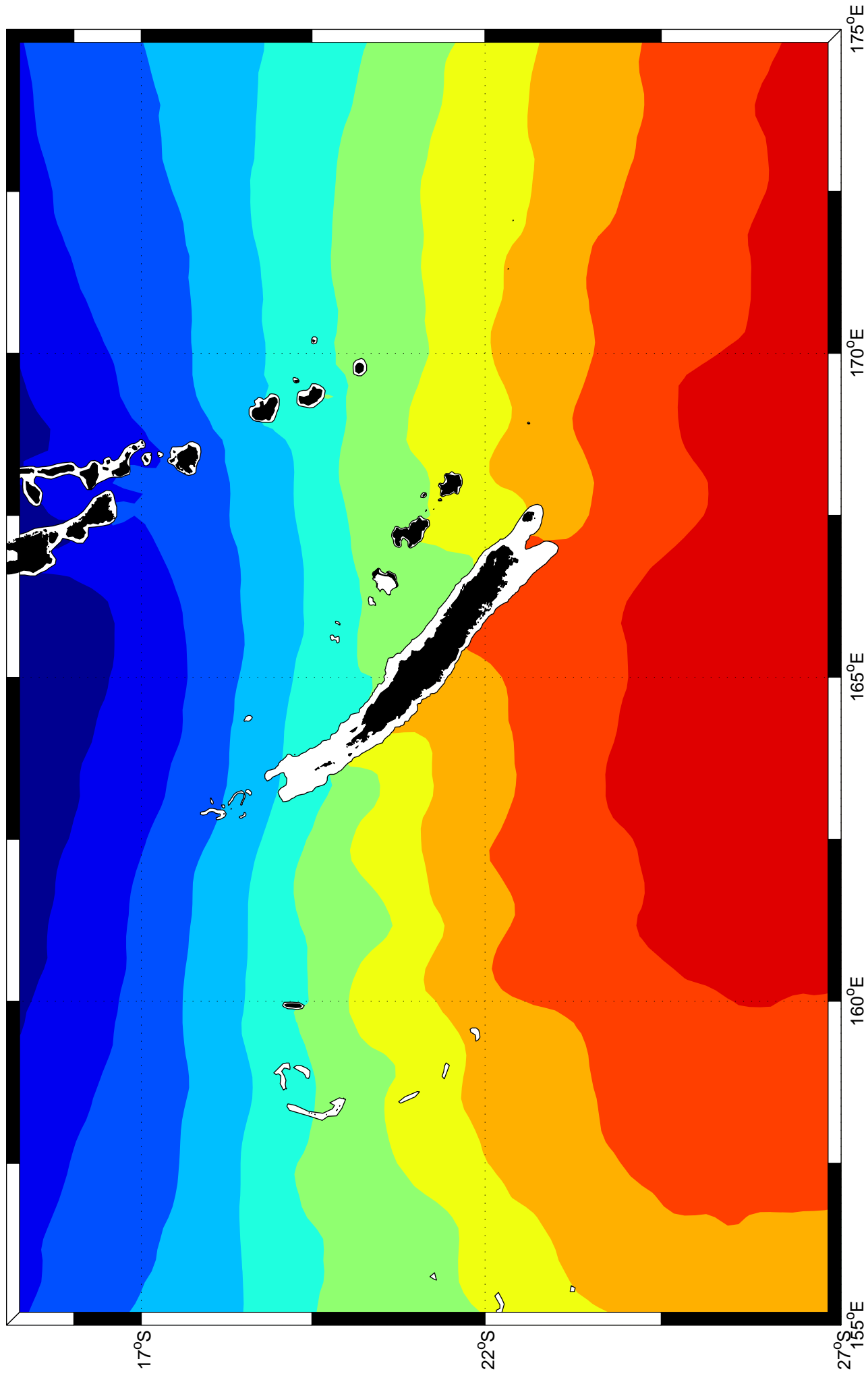


CARTES DE SALINITE DE SURFACE

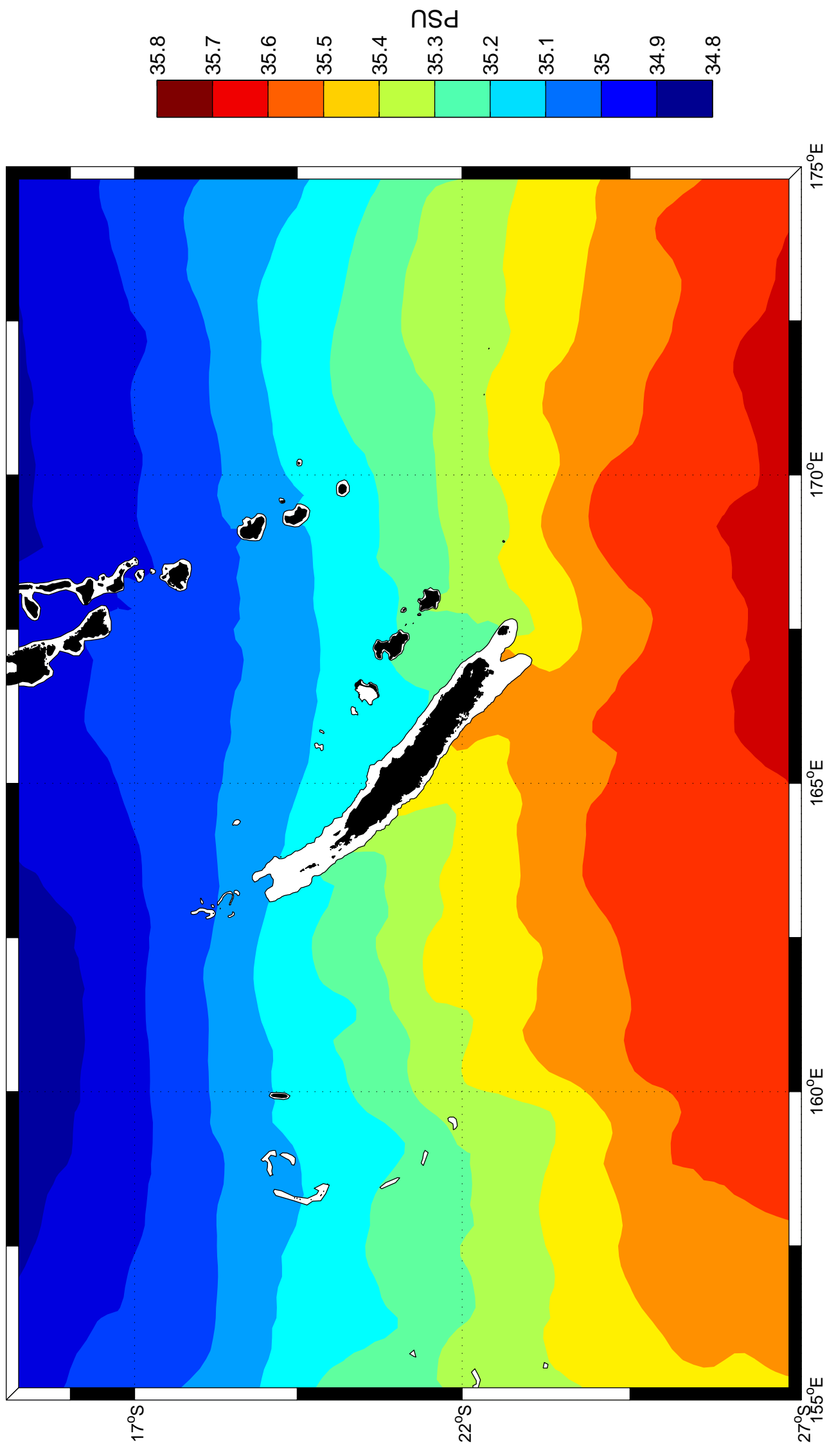
Domaine : ZEE Résolution : 15 km



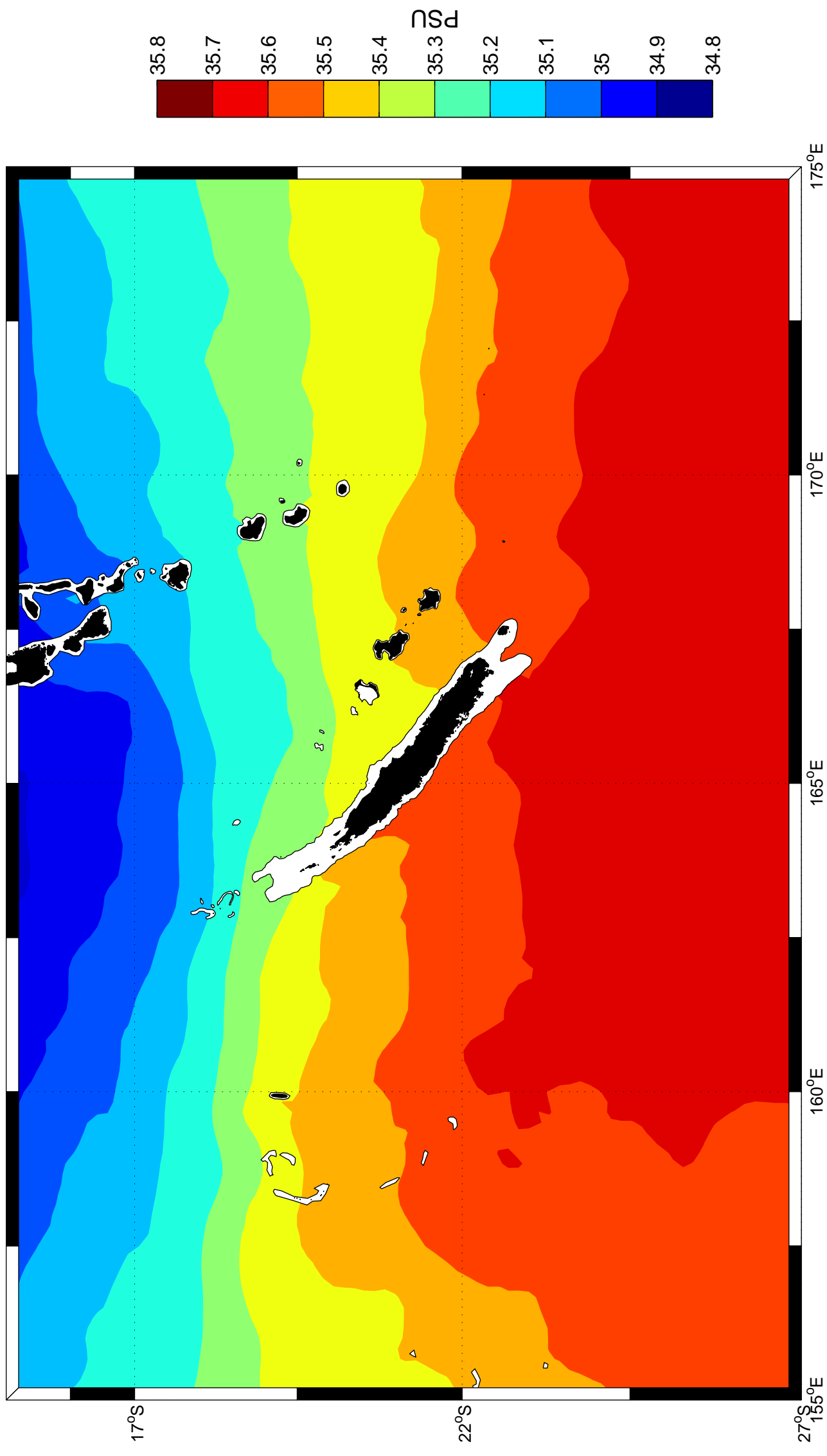
Salinité de surface moyenne



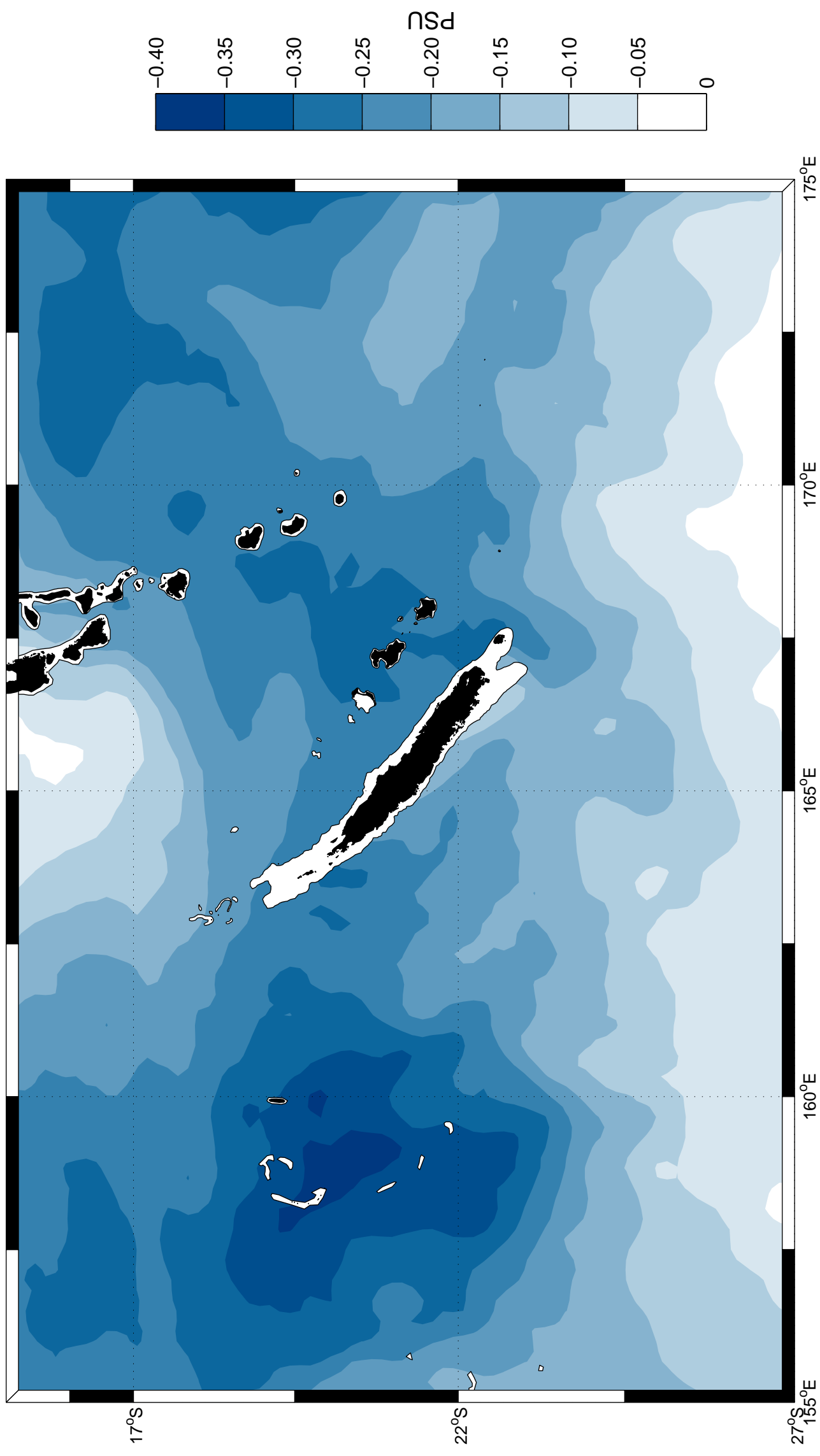
Salinité de surface moyenne. Saison chaude



Salinité de surface moyenne. Saison froide

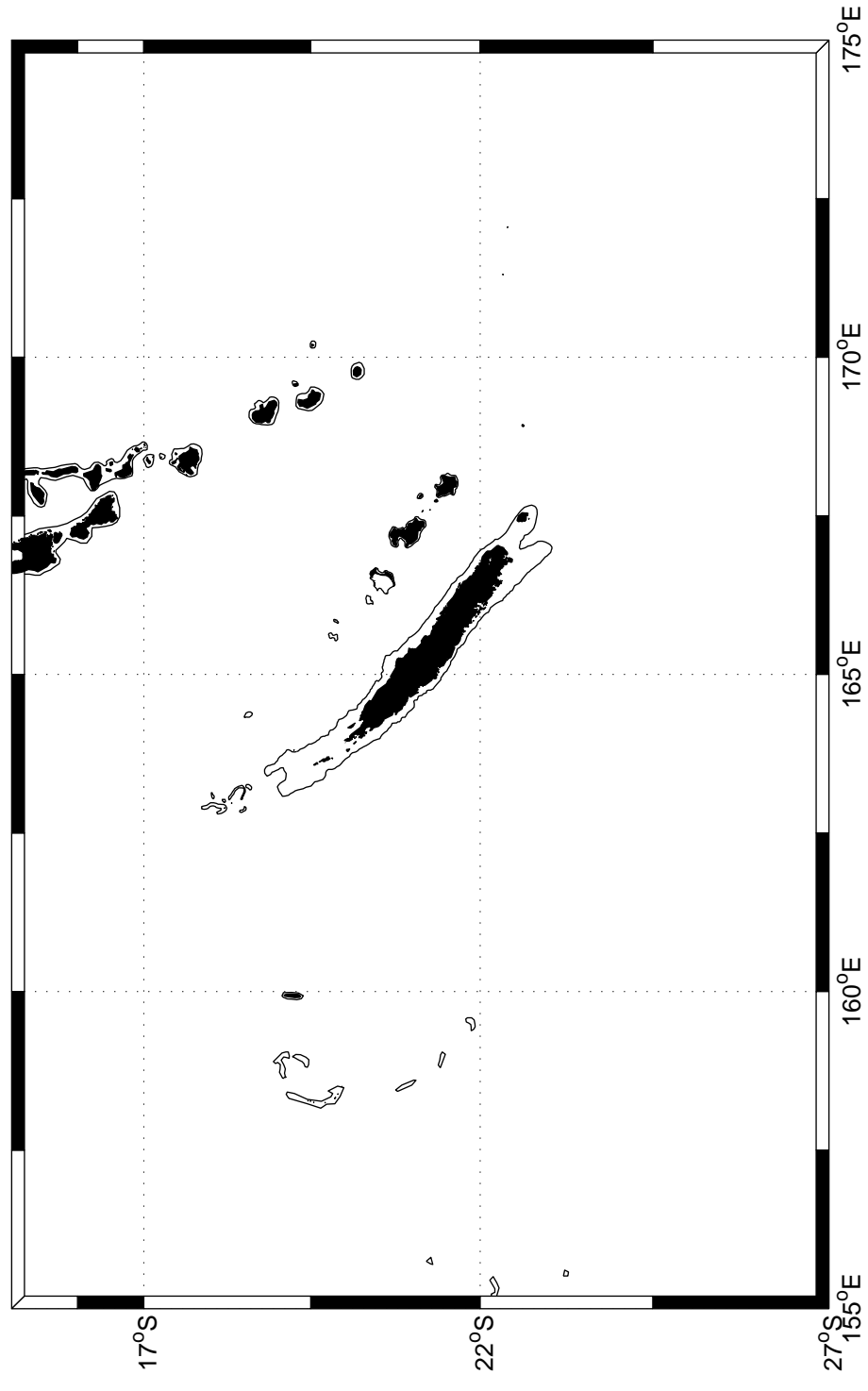


Variabilité saisonnière de la salinité de surface

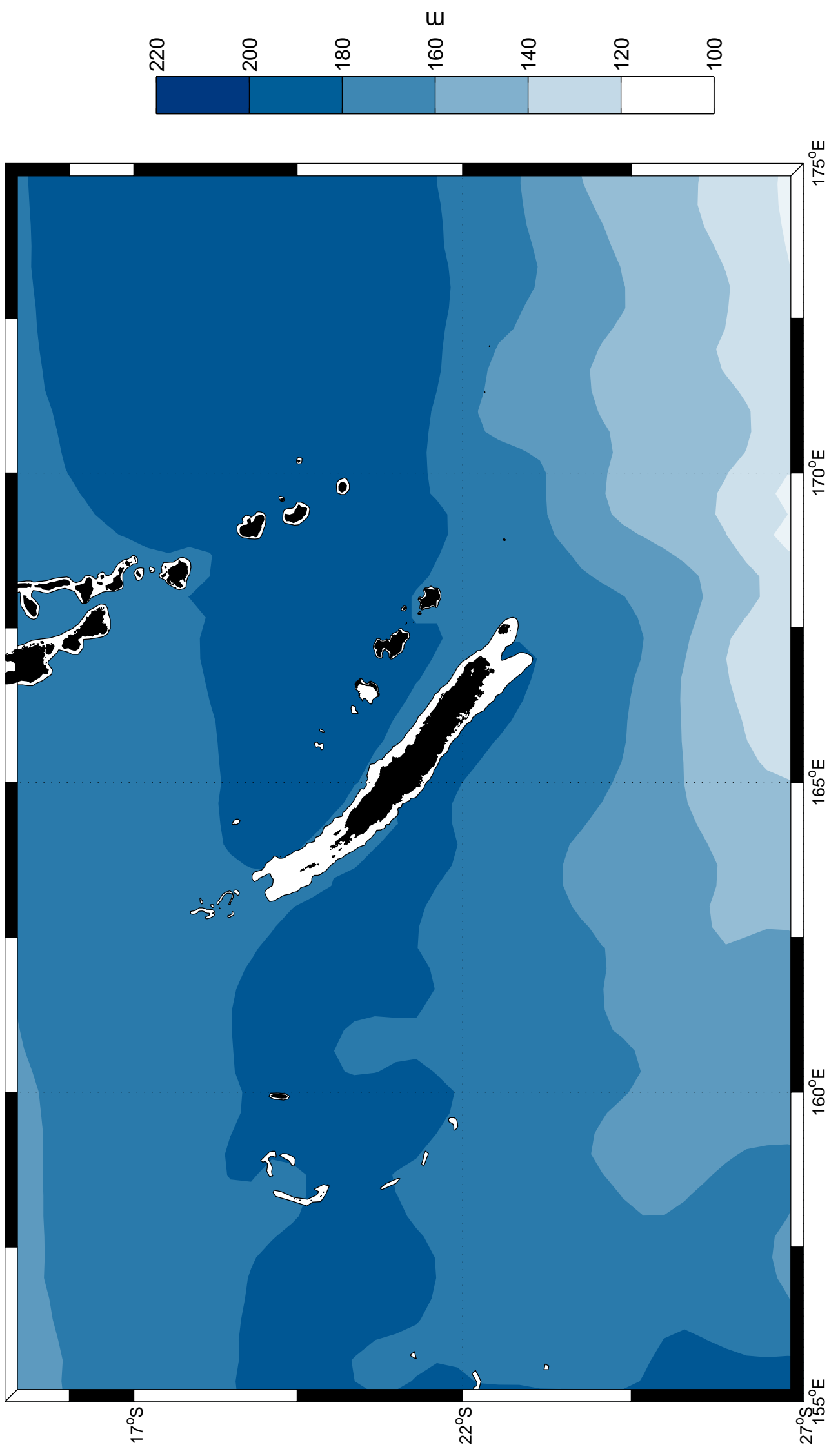


CARTES DE PROFONDEUR DE L ISOTHERME DE 19 °C

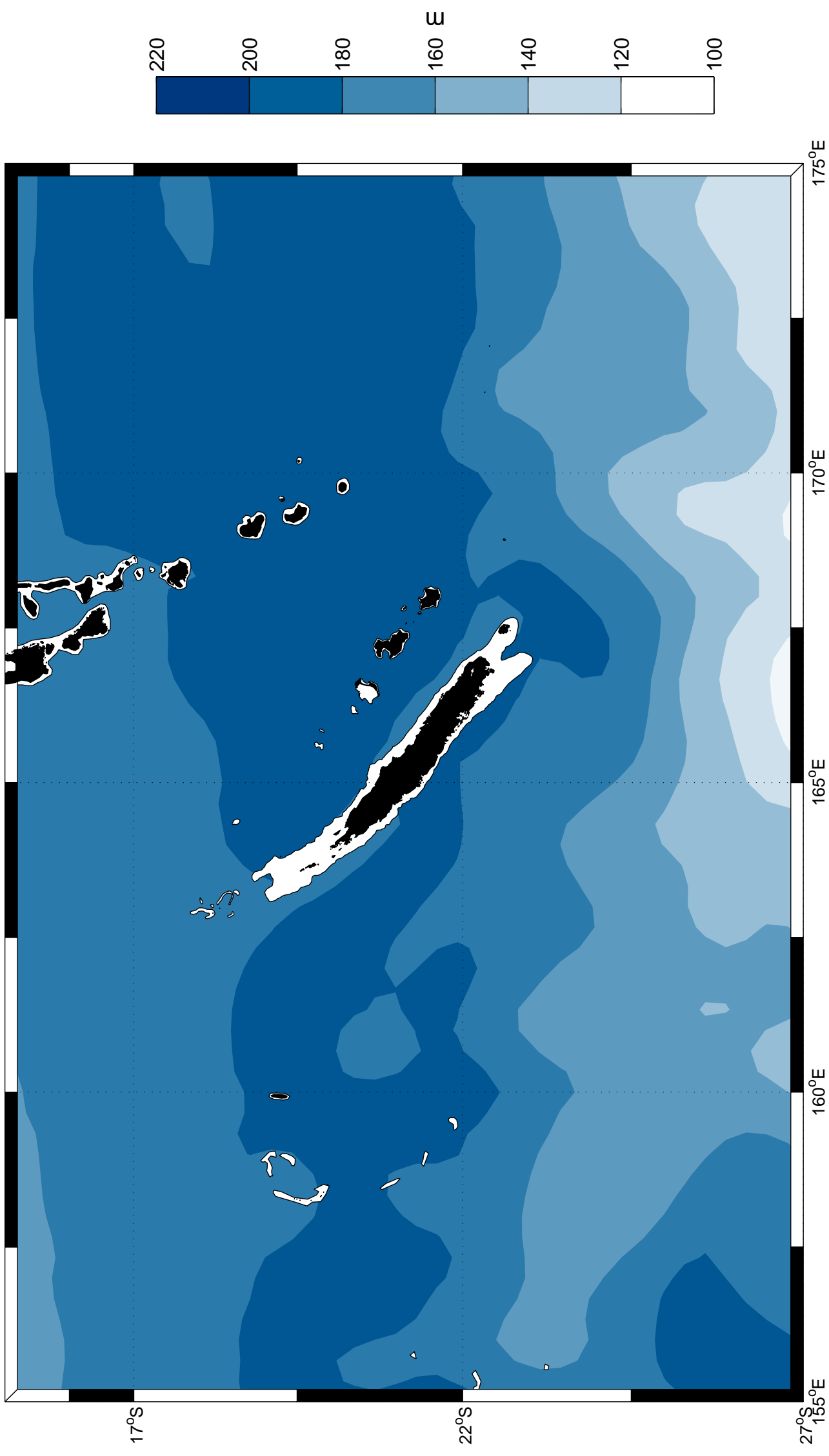
Domaine : ZEE Résolution : 15 km



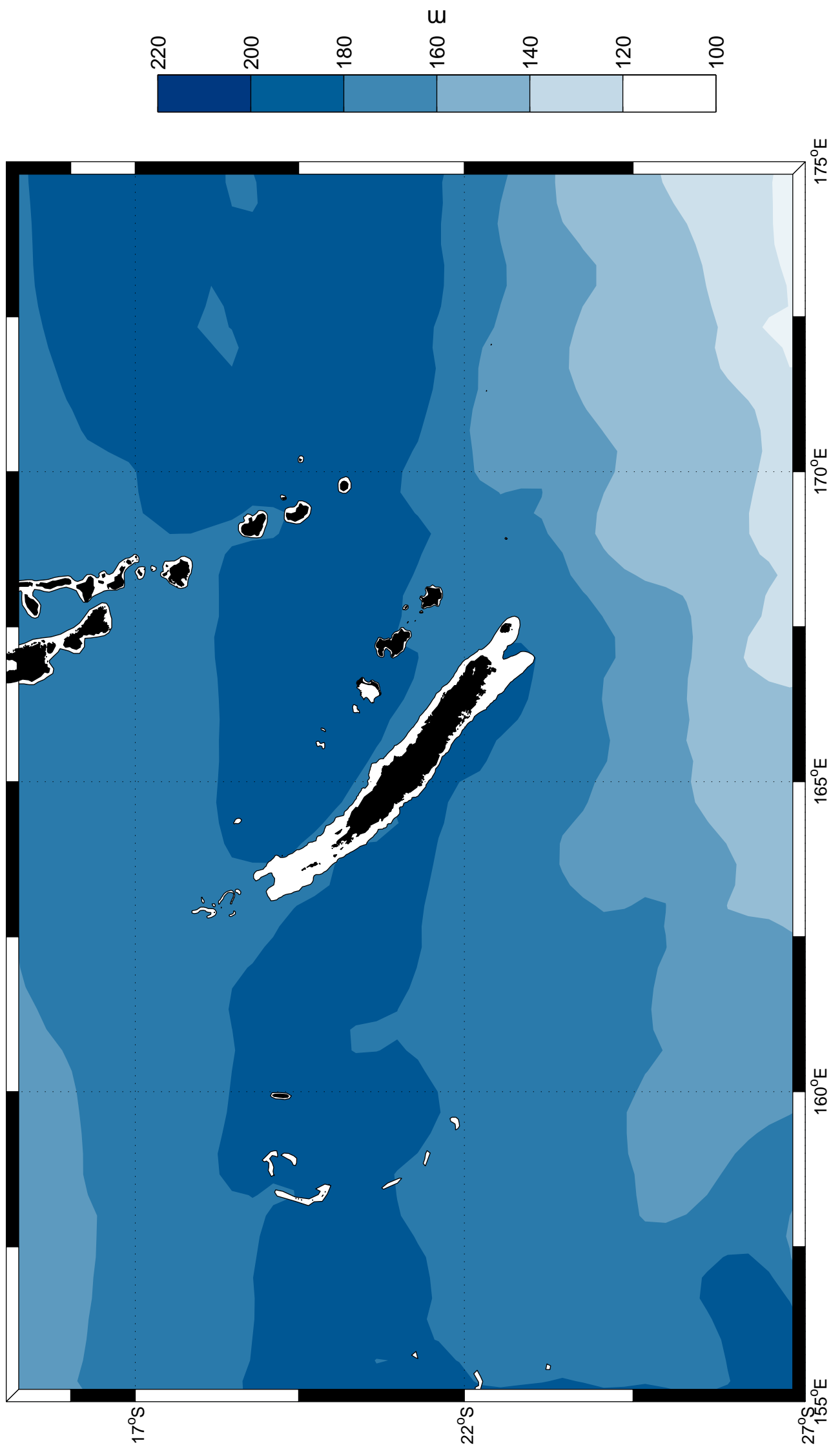
Profondeur moyenne de l'isotherme de 19°C



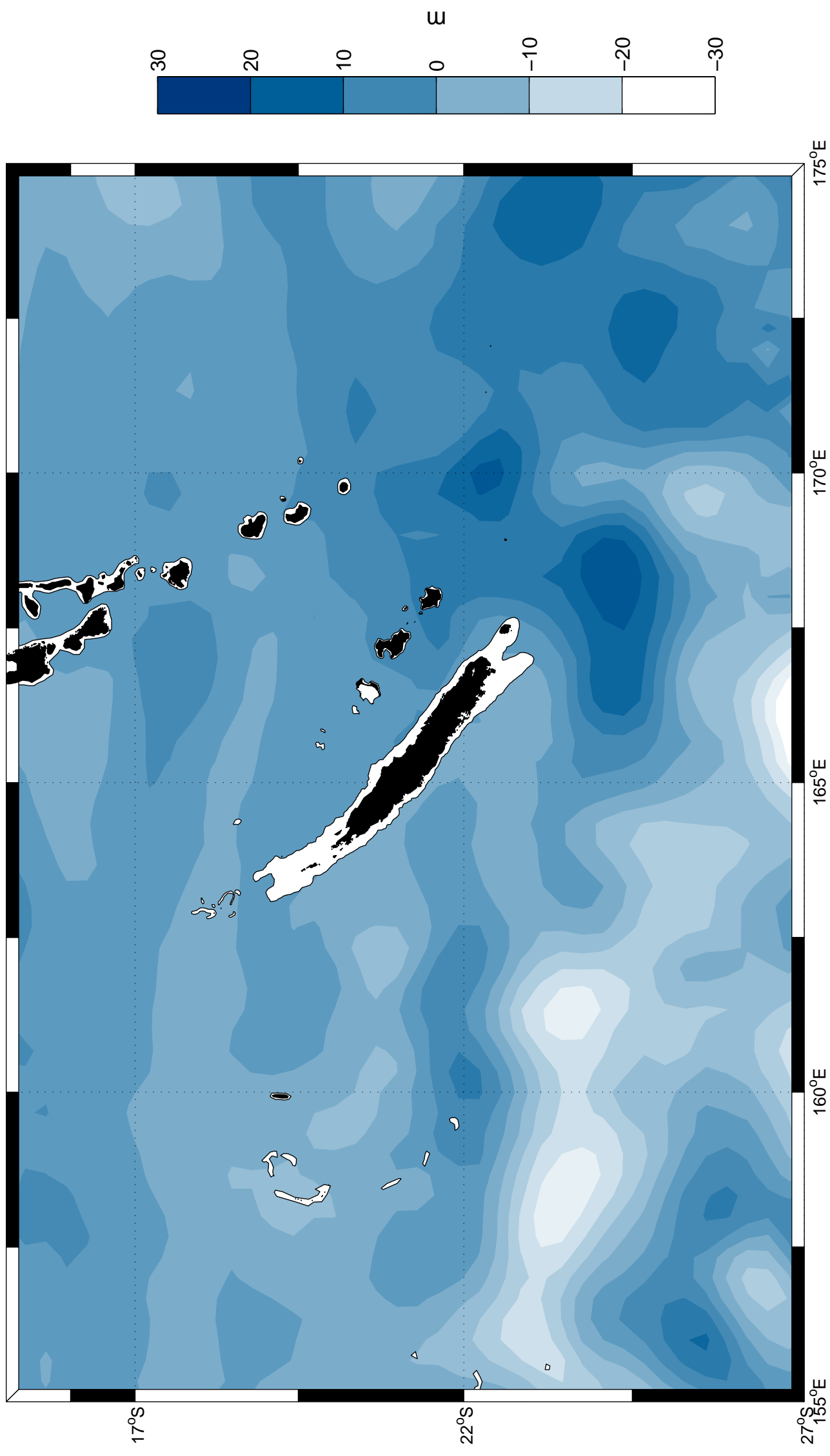
Profondeur de l'isotherme 19°C. Saison chaude



Profondeur de l'isotherme 19°C. Saison froide

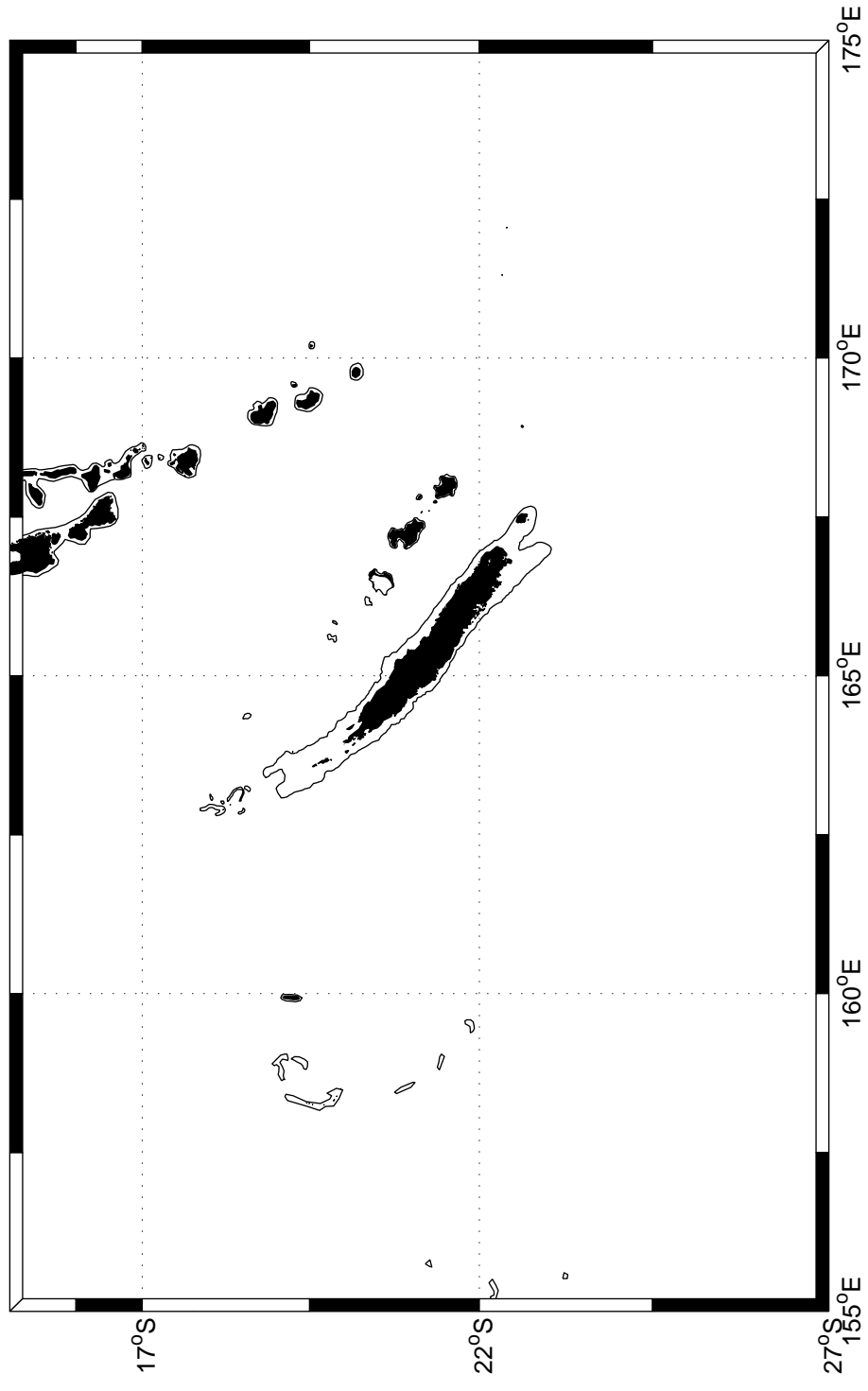


Variabilité saisonnière de la profondeur de l'isotherme 19°C

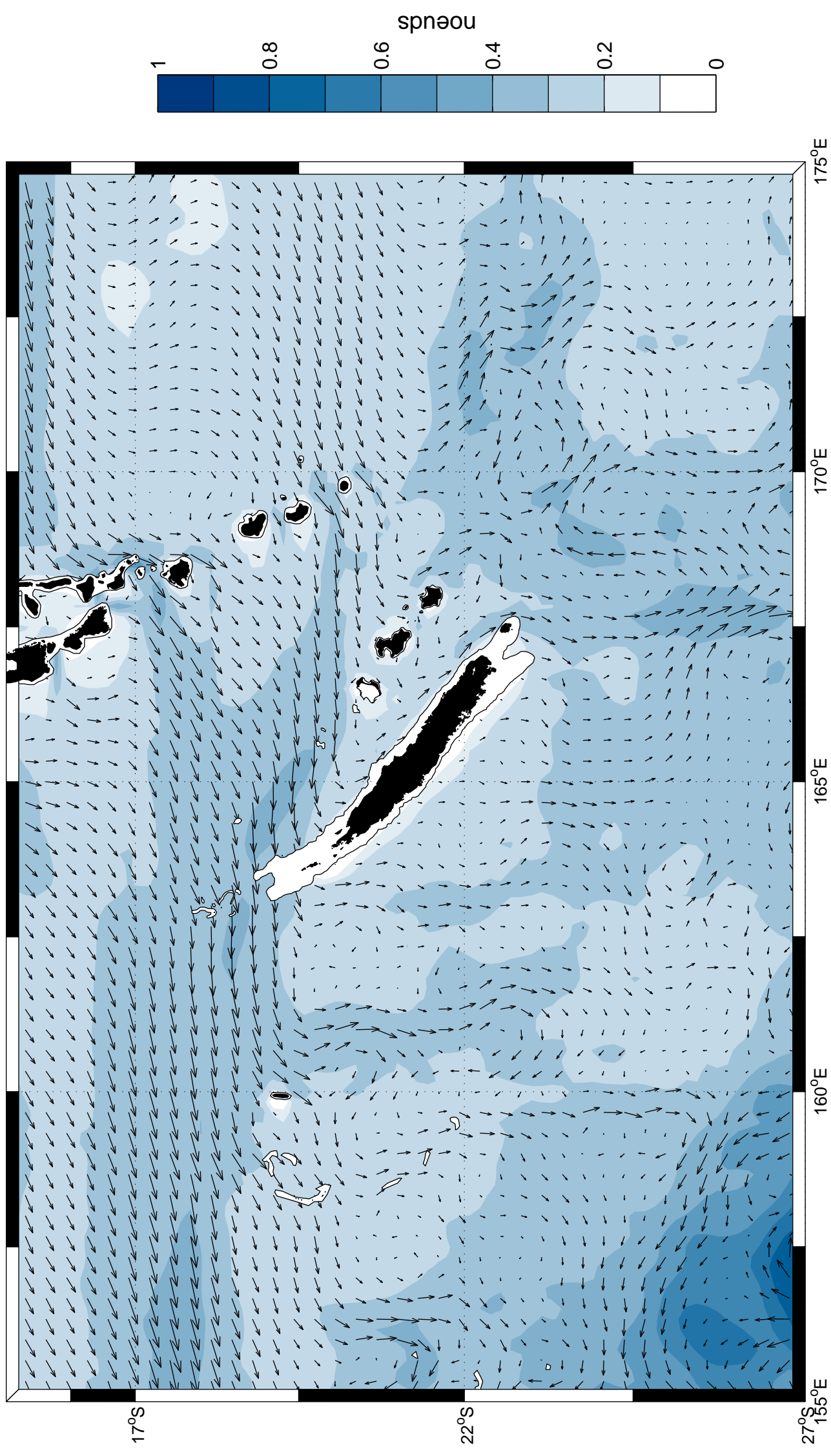


CARTES HORIZONTALES DES COURANTS

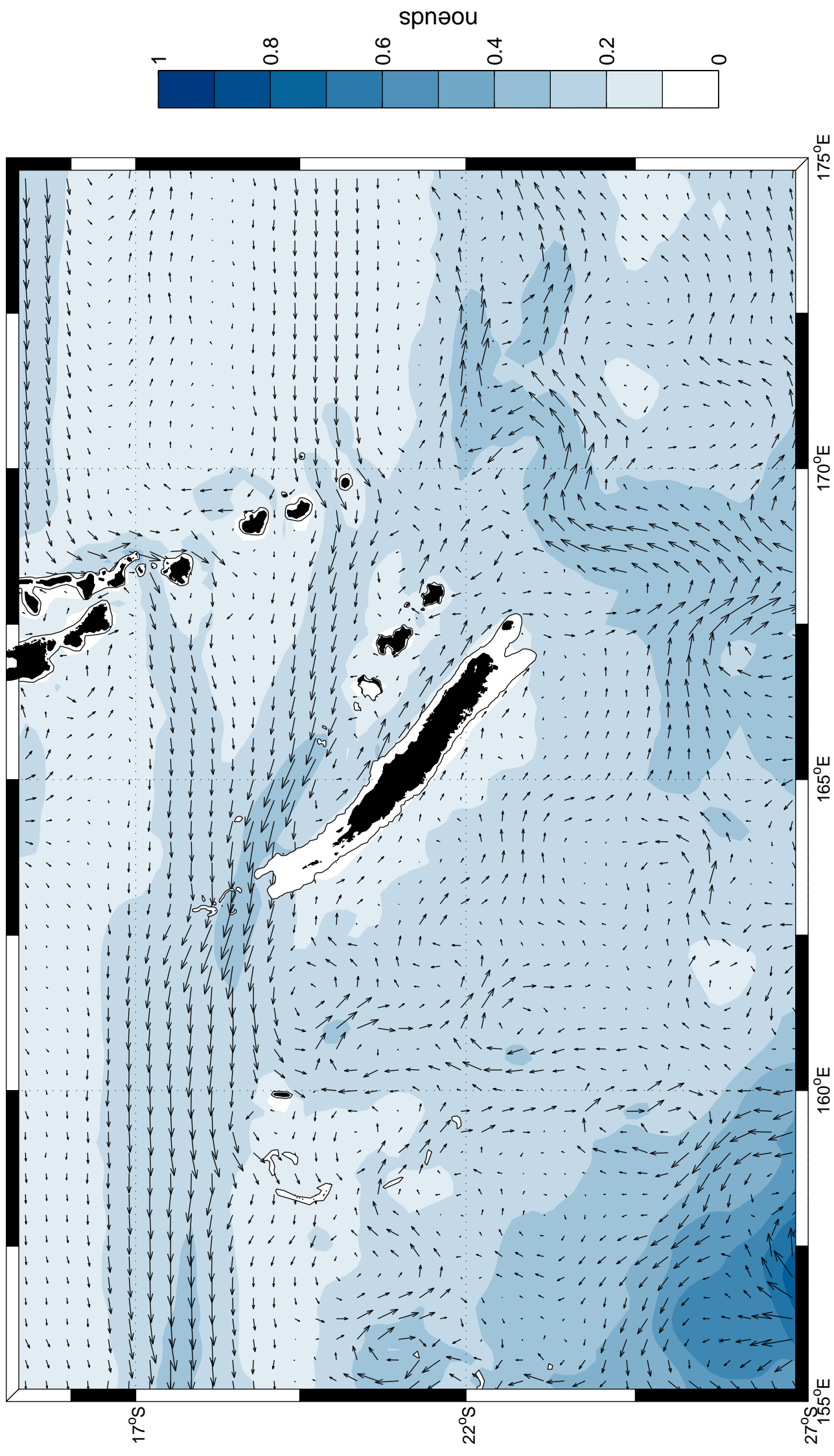
Domaine : ZEE Résolution : 15 km



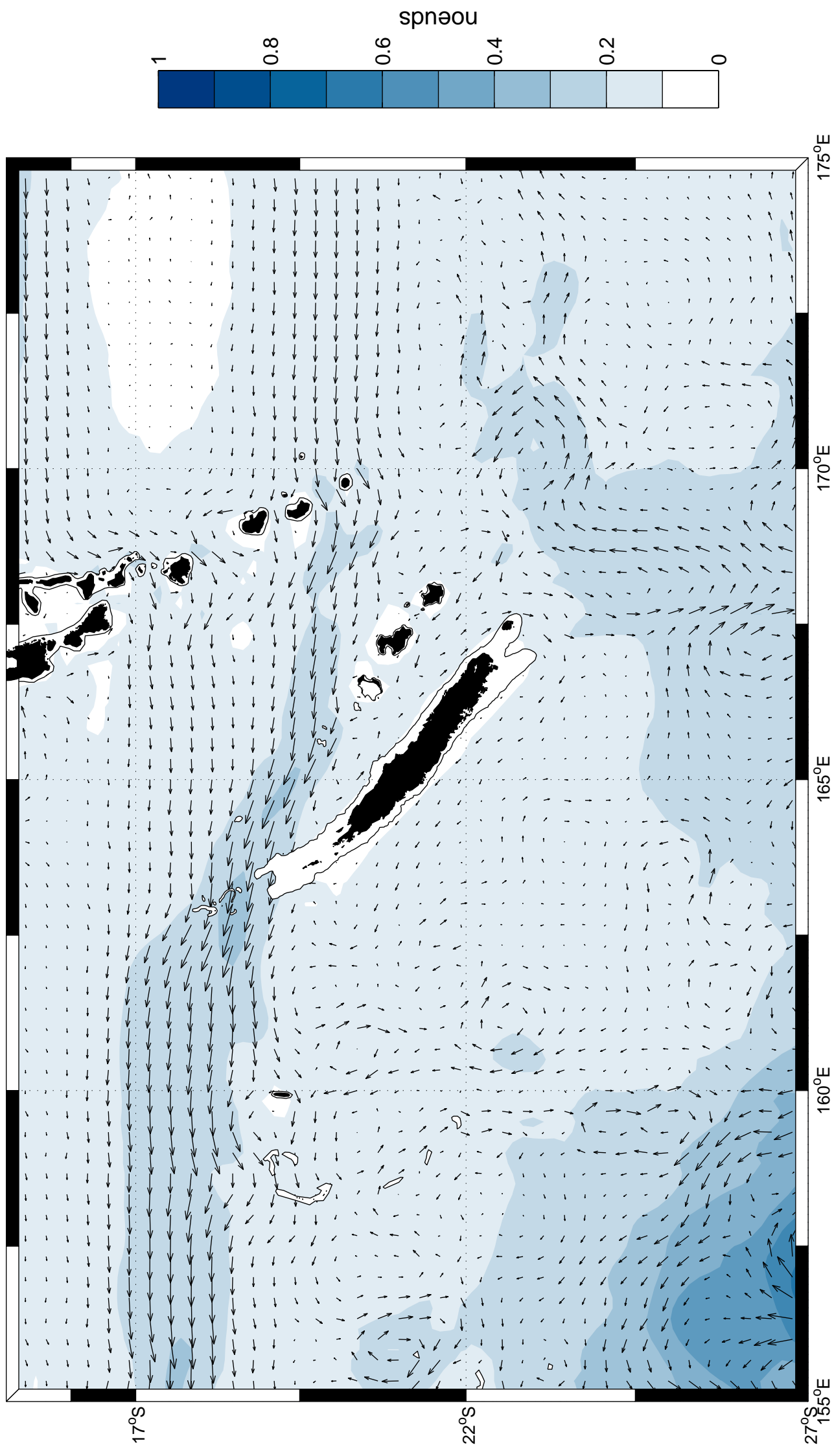
Courants de surface moyens



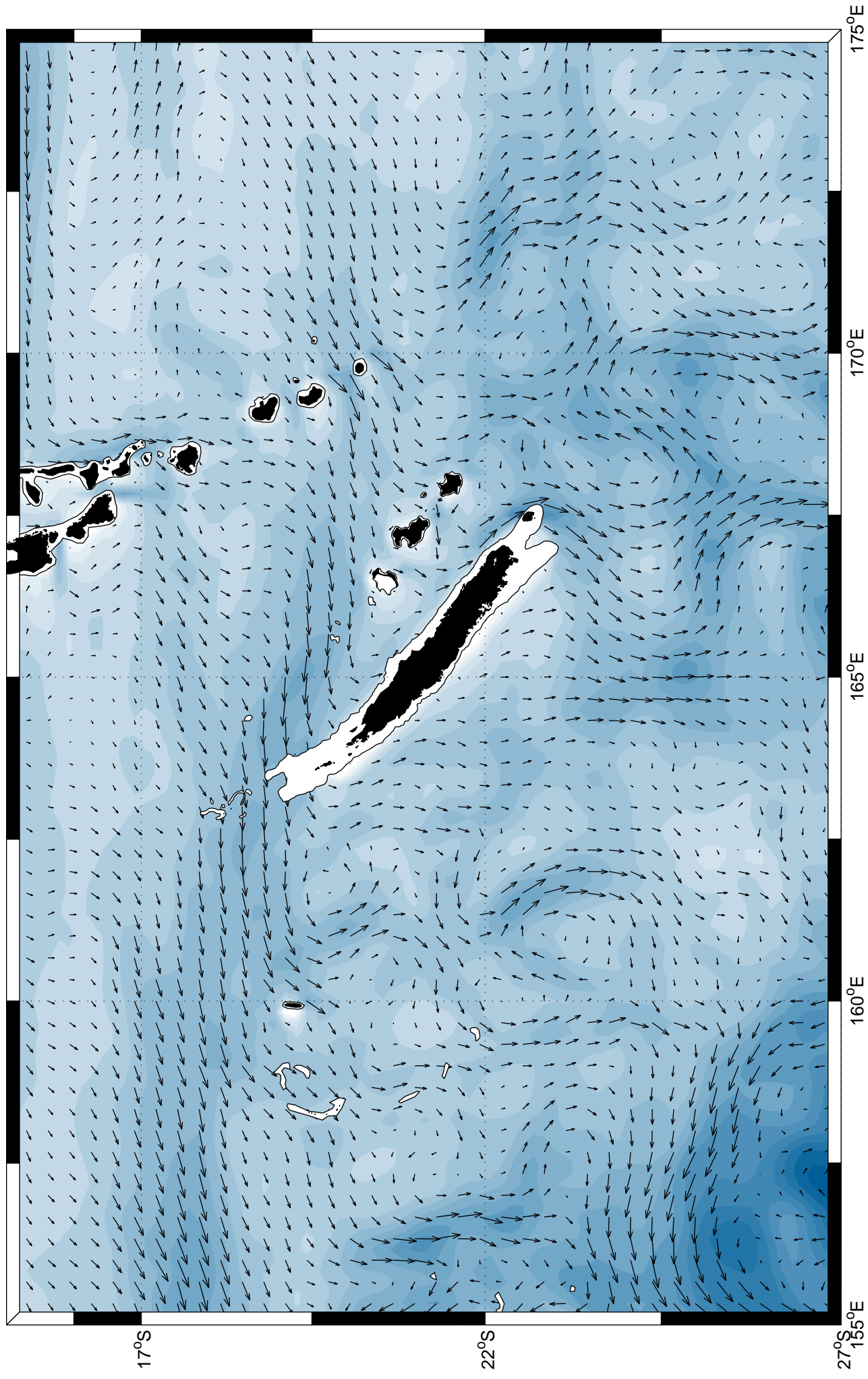
Courants moyens à 50 m de profondeur



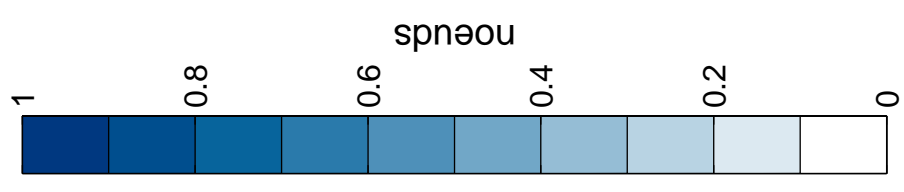
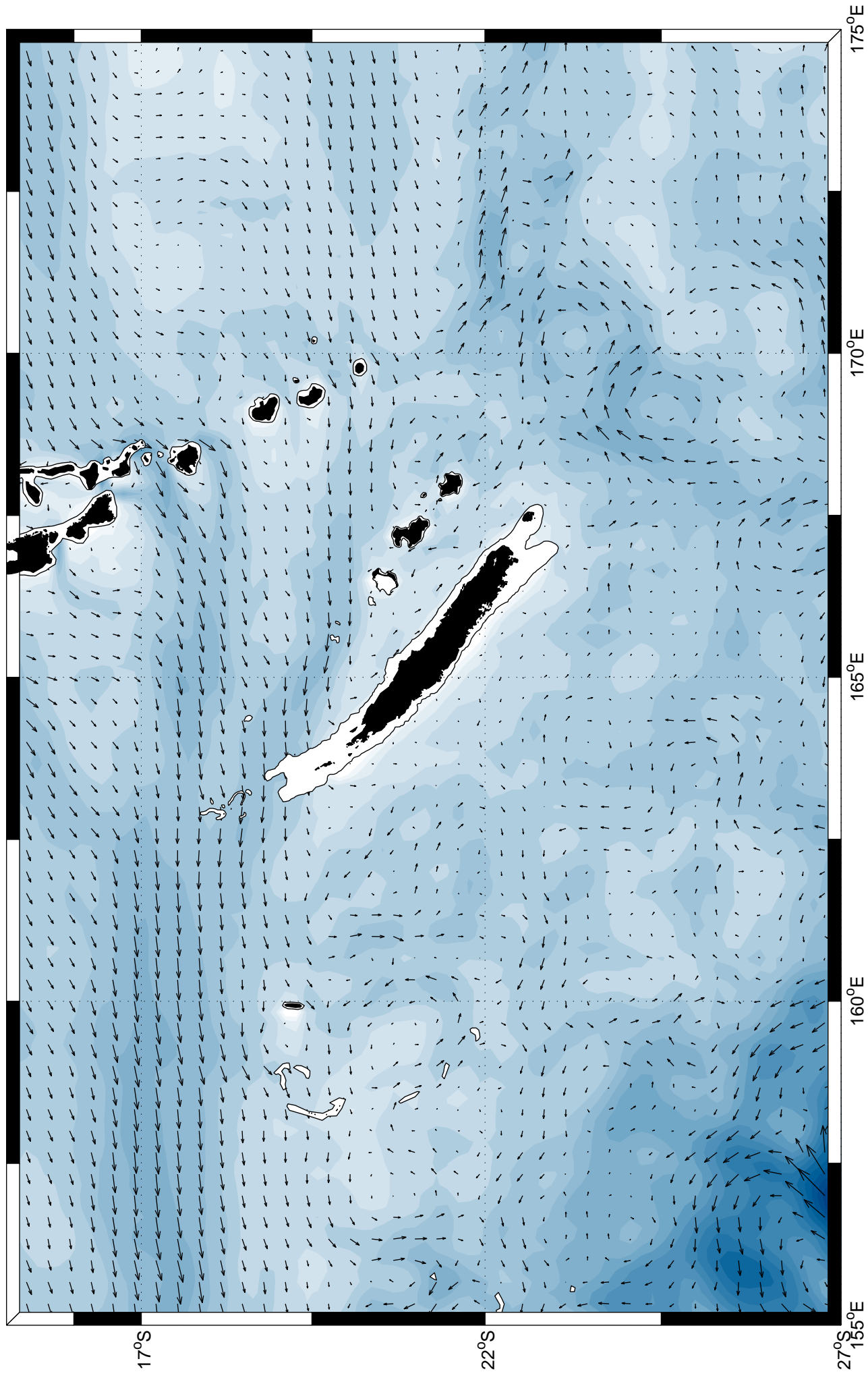
Courants moyens à 150 m de profondeur



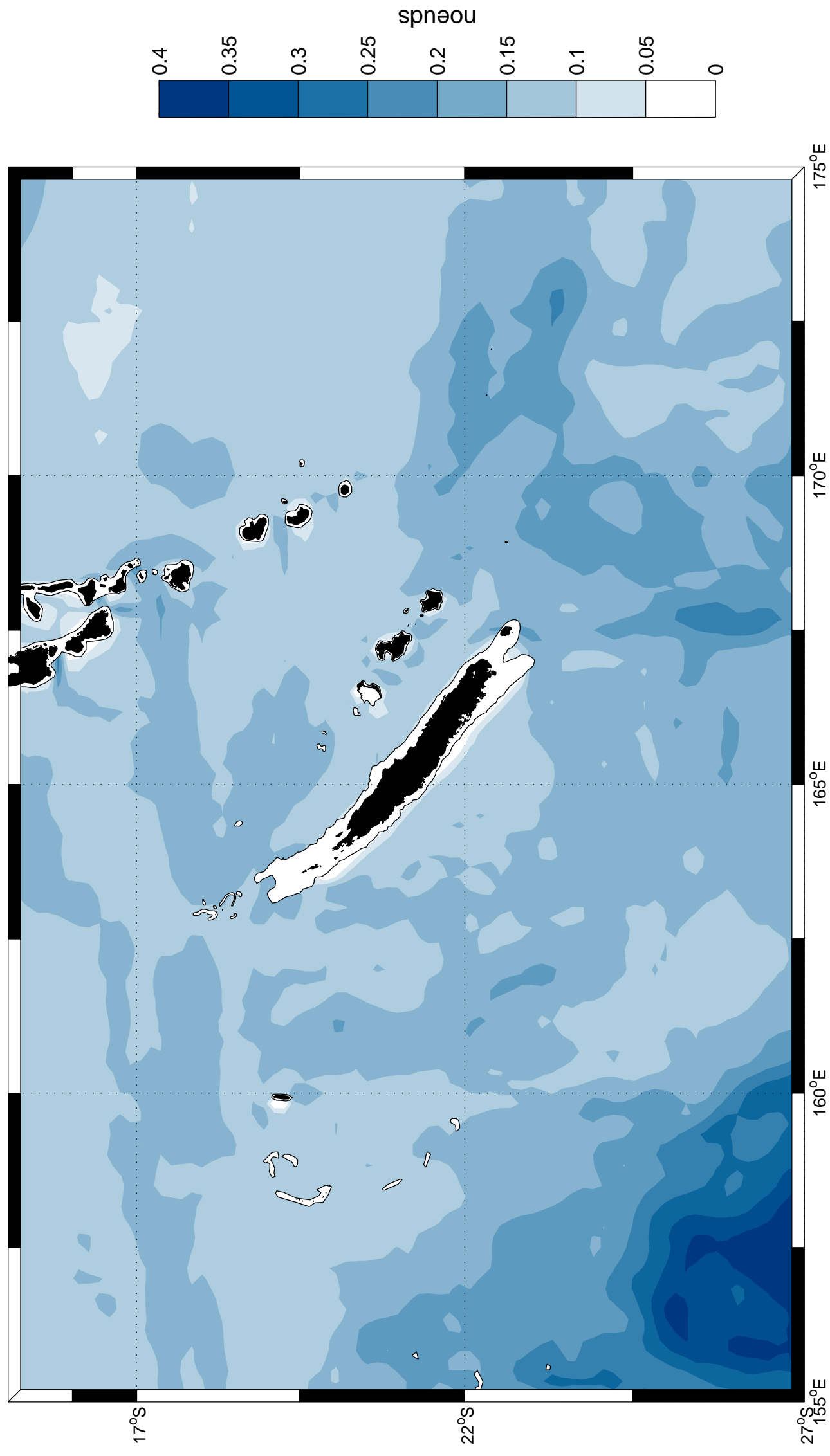
Courants de surface moyens. Saison chaude



Courants de surface moyens. Saison froide

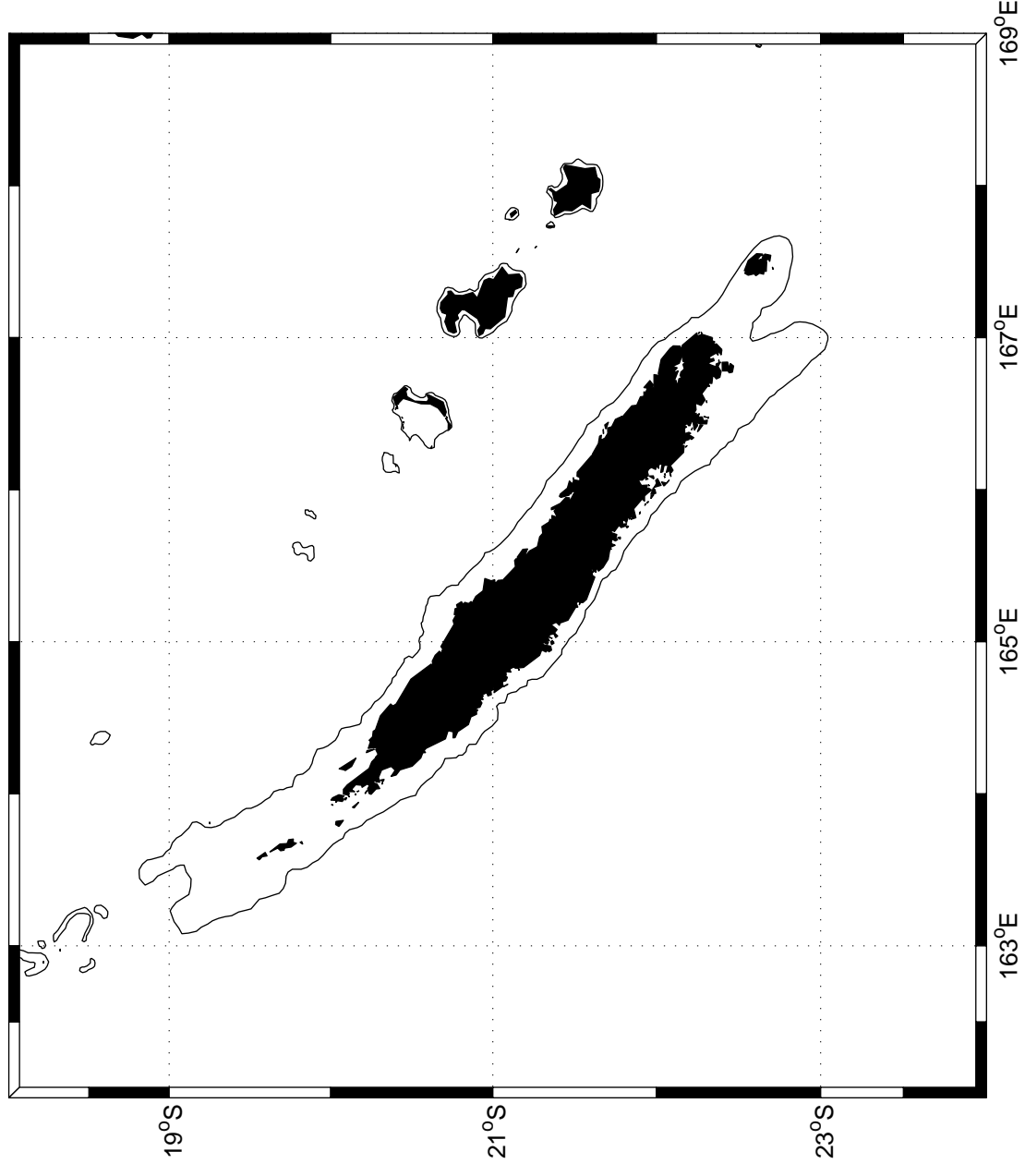


Variabilité turbulente des courants de surface

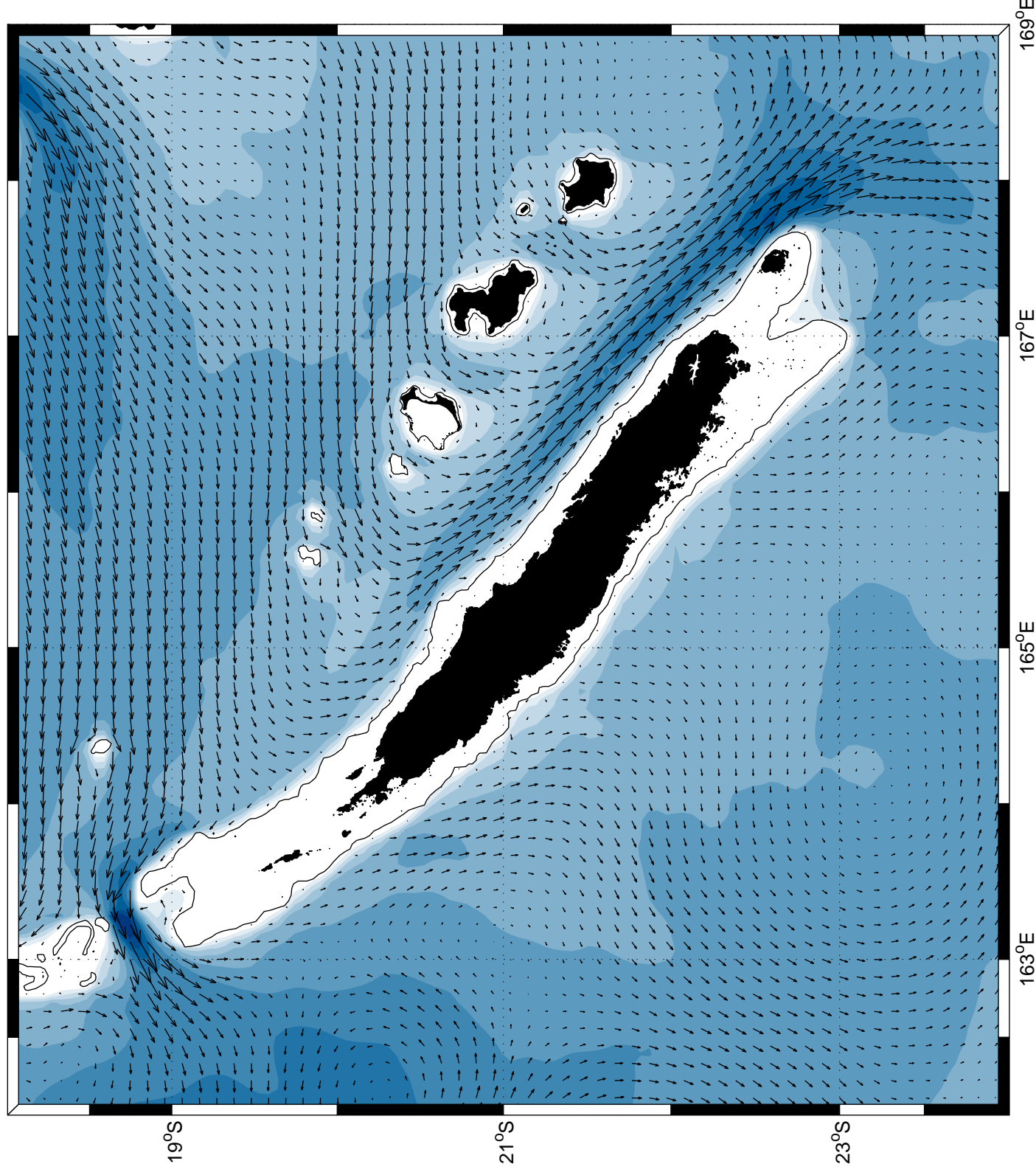


ZOOM SUR LA NOUVELLE-CALÉDONIE

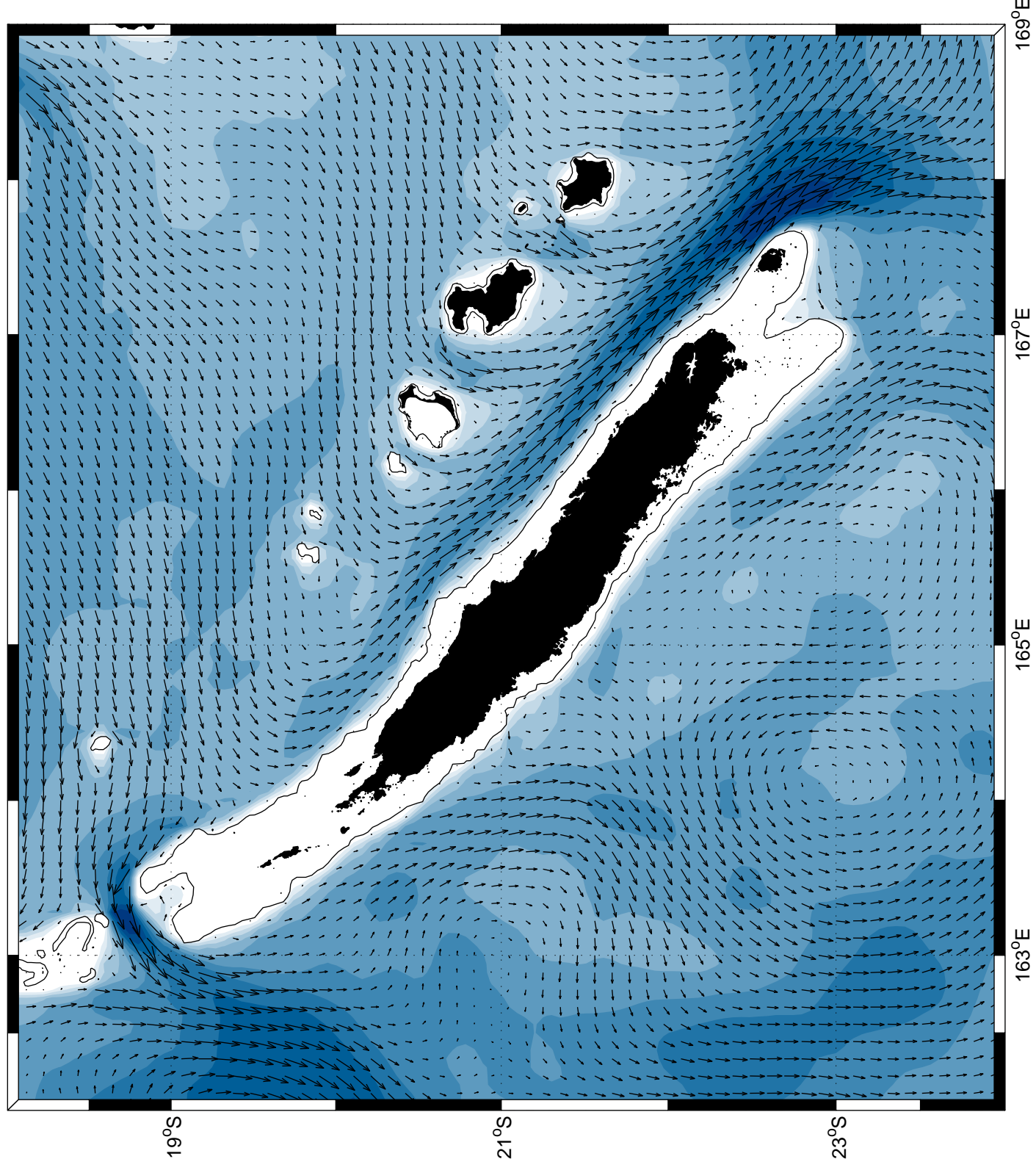
Domaine : NC Résolution : 5 km



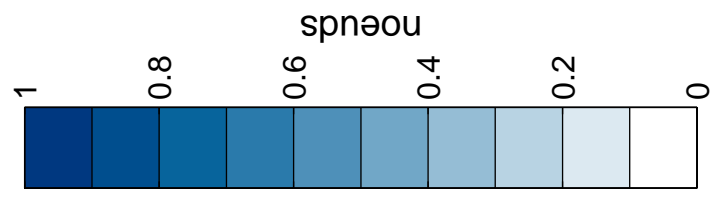
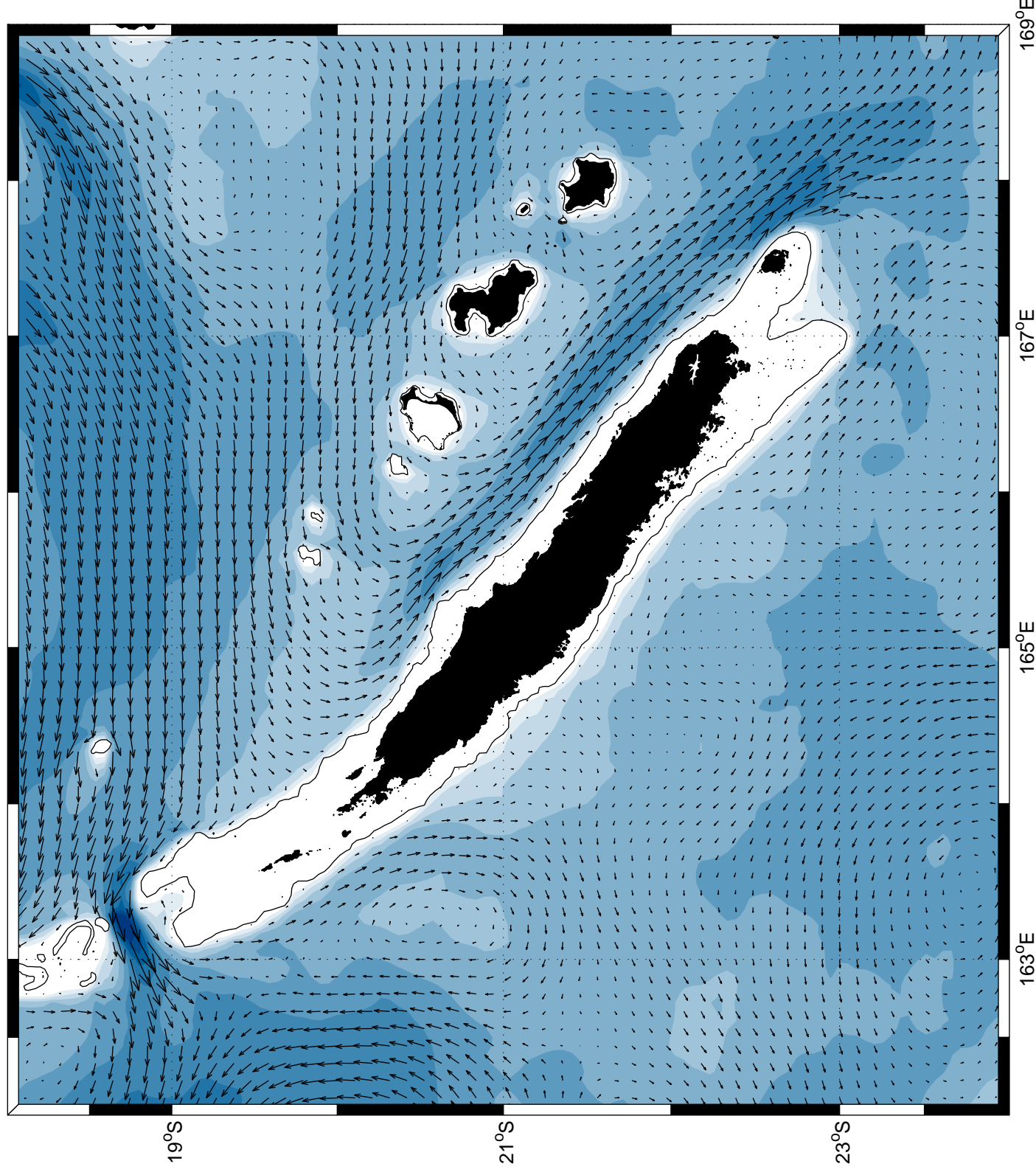
Courants de surface moyens



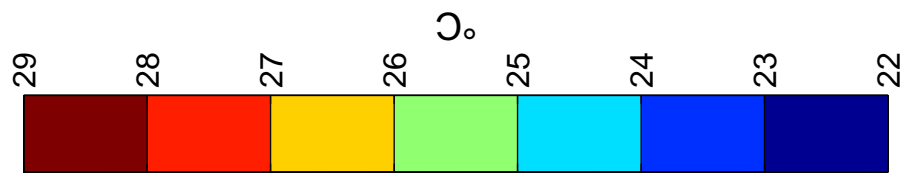
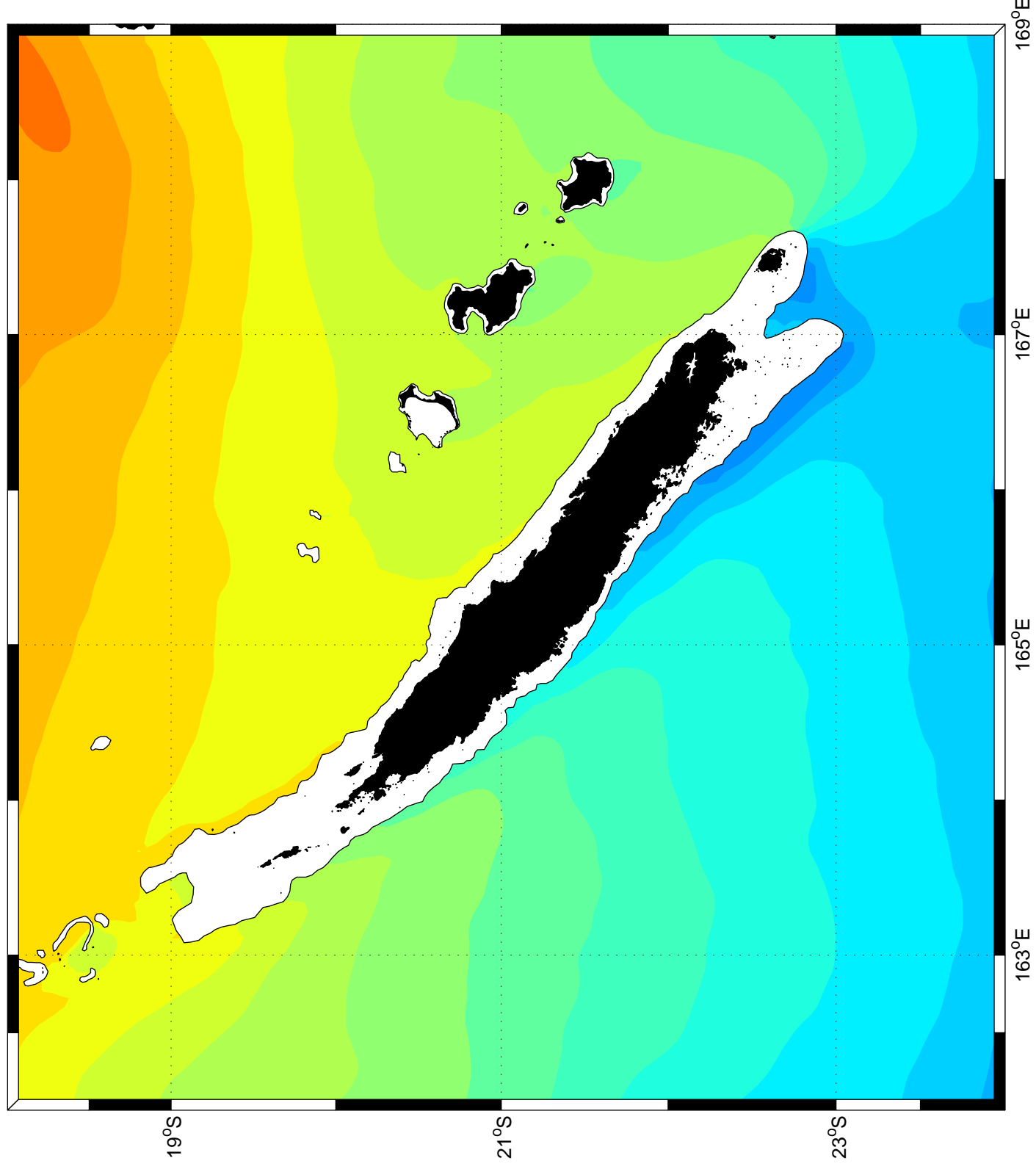
Courants de surface moyens. Saison chaude



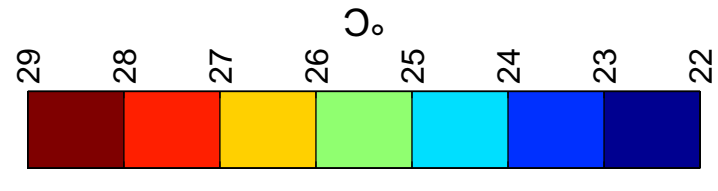
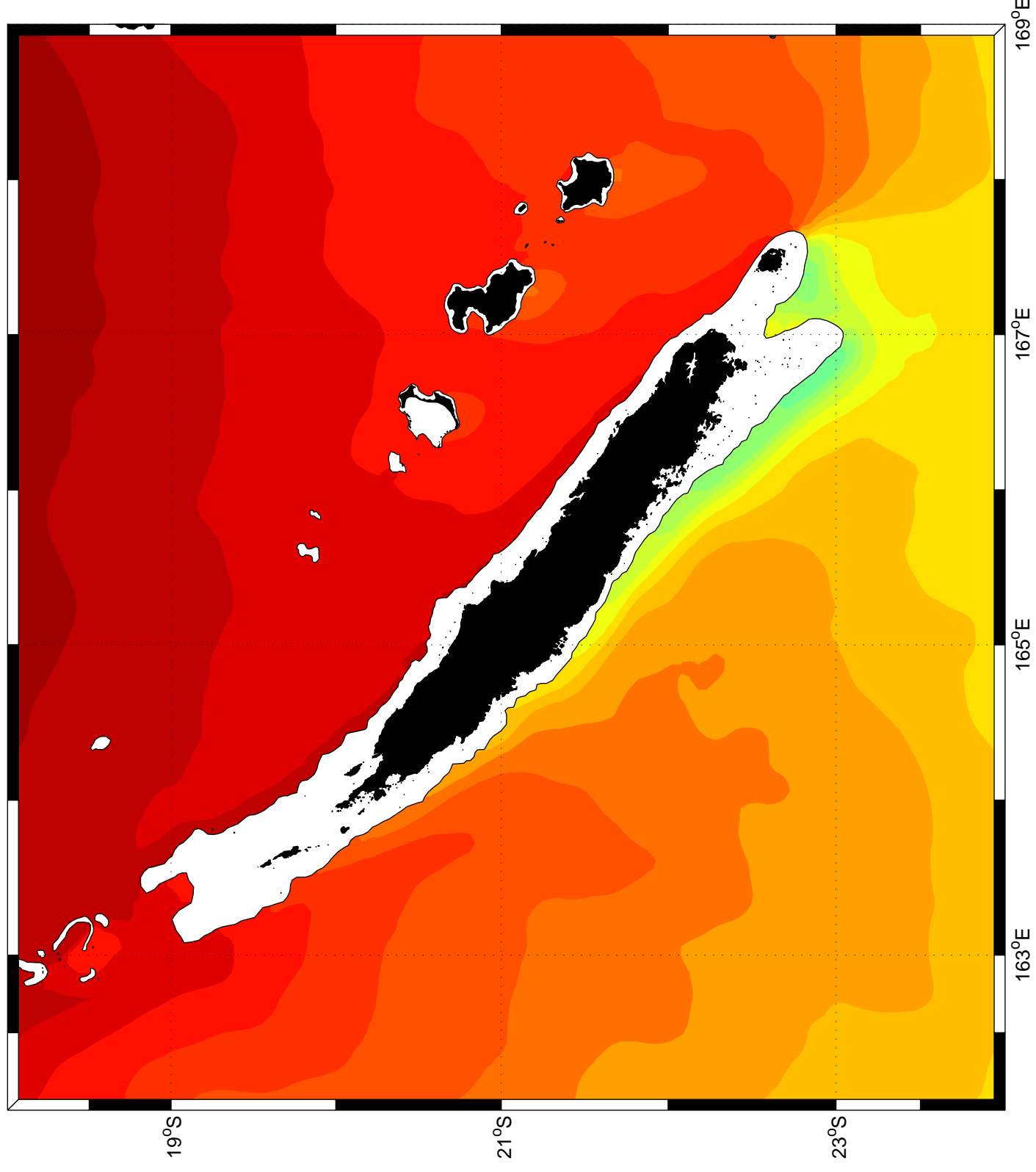
Courants de surface moyens. Saison froide



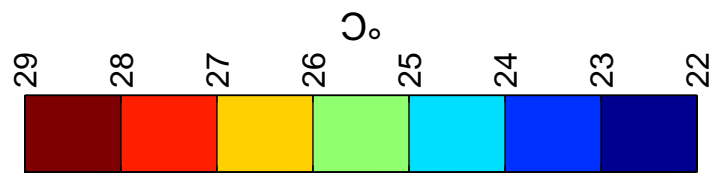
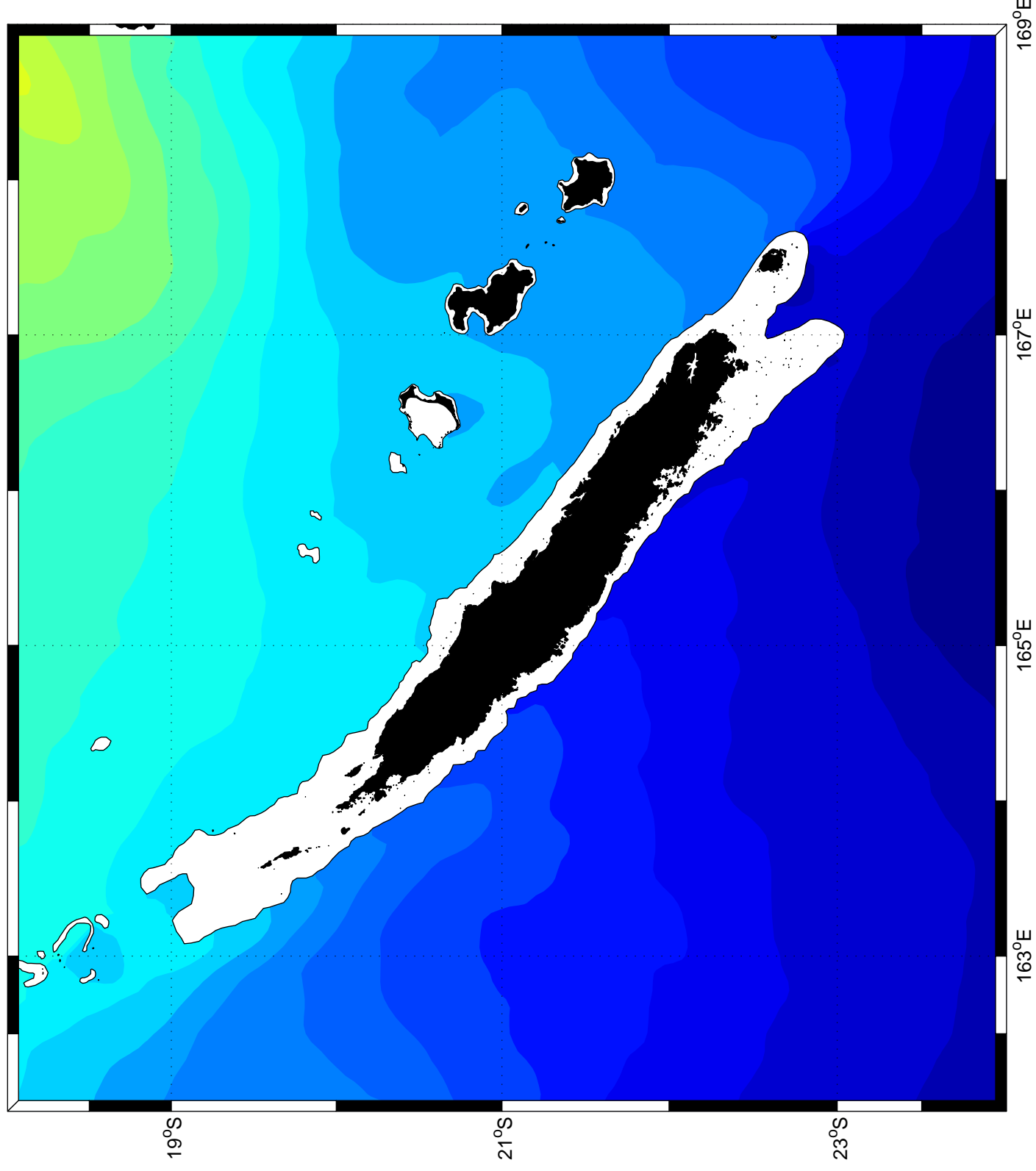
Température de surface moyenne



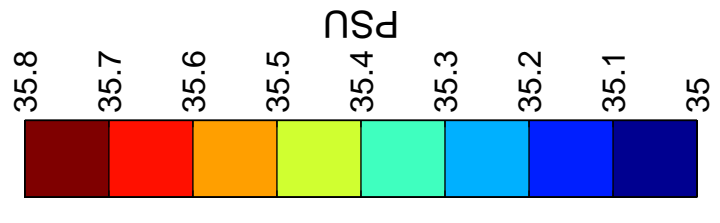
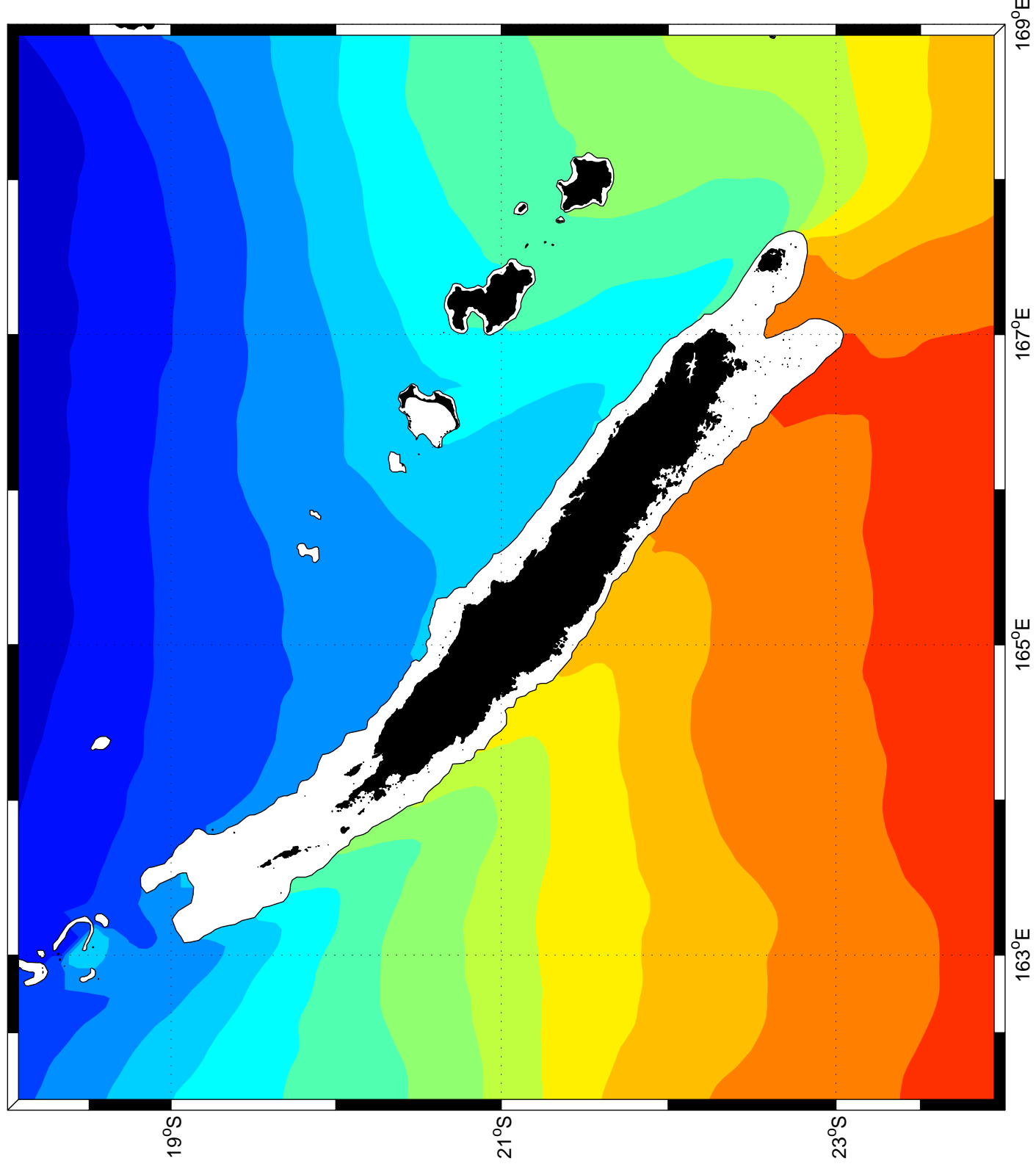
Température de surface moyenne. Saison chaude



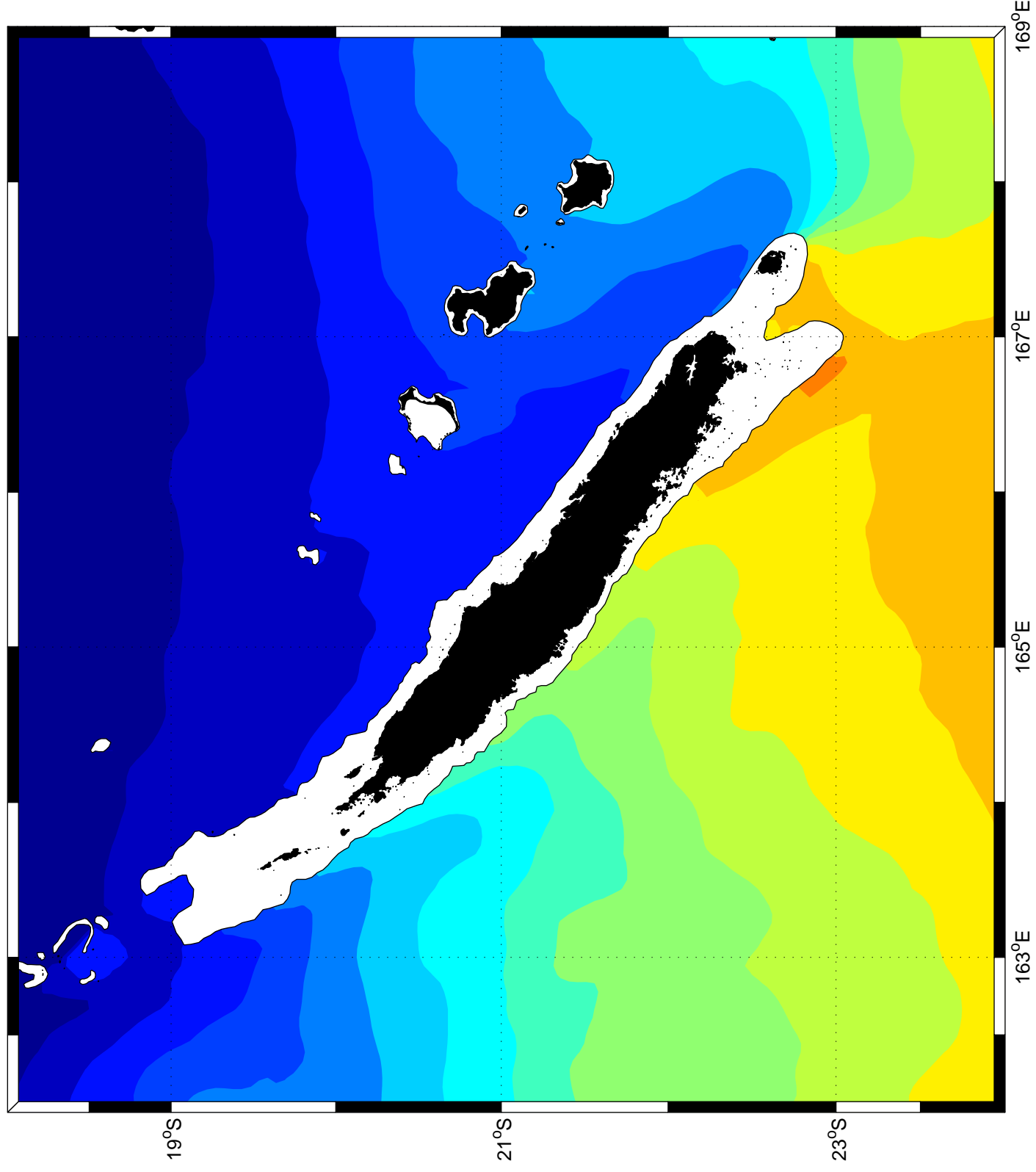
Température de surface moyenne. Saison froide



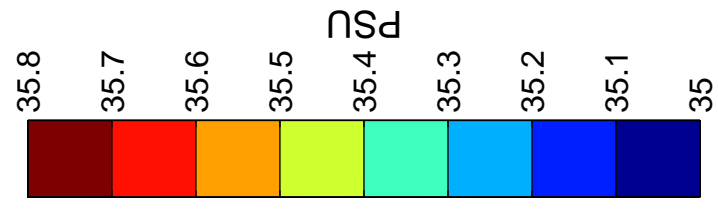
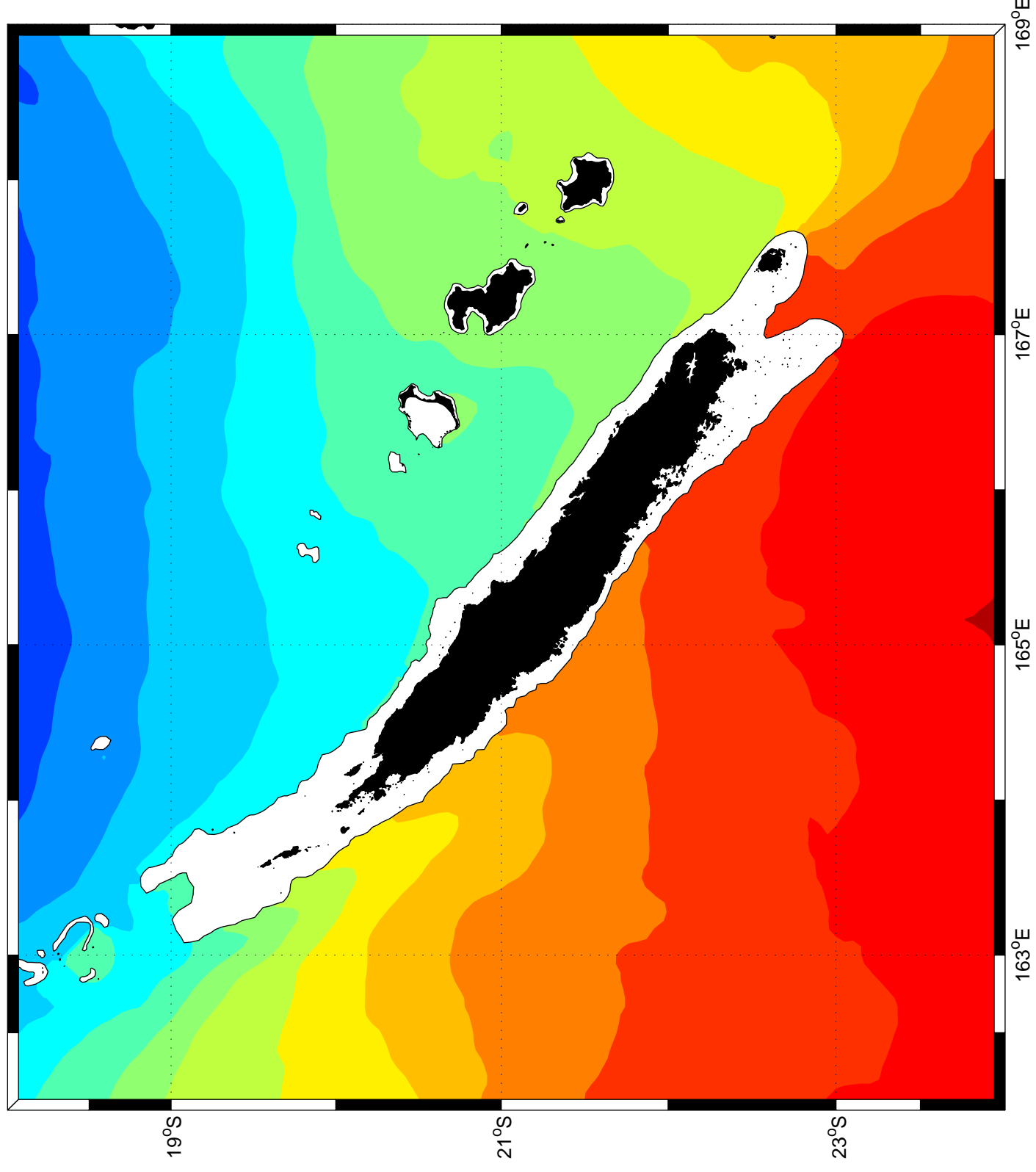
Salinité de surface moyenne



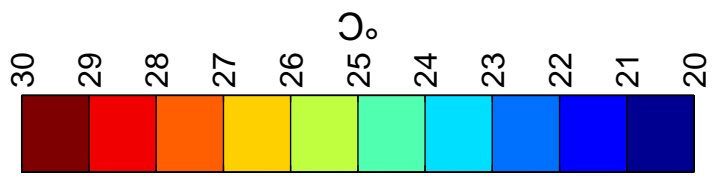
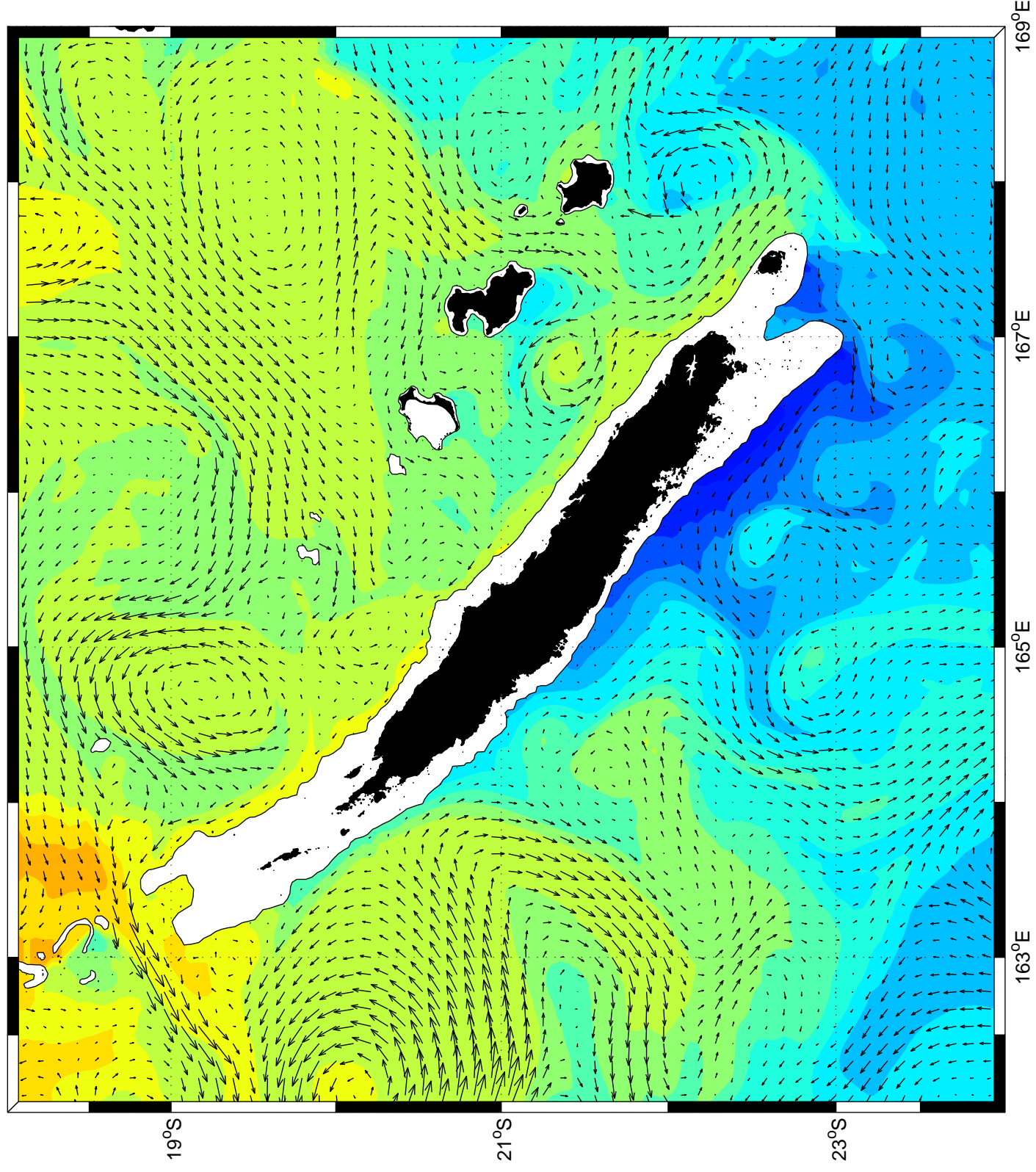
Salinité de surface moyenne. Saison chaude



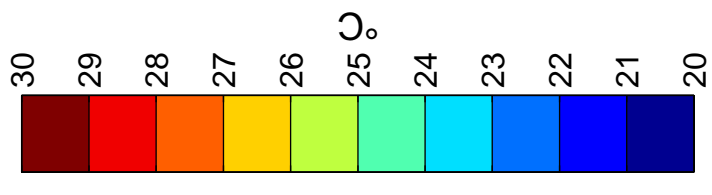
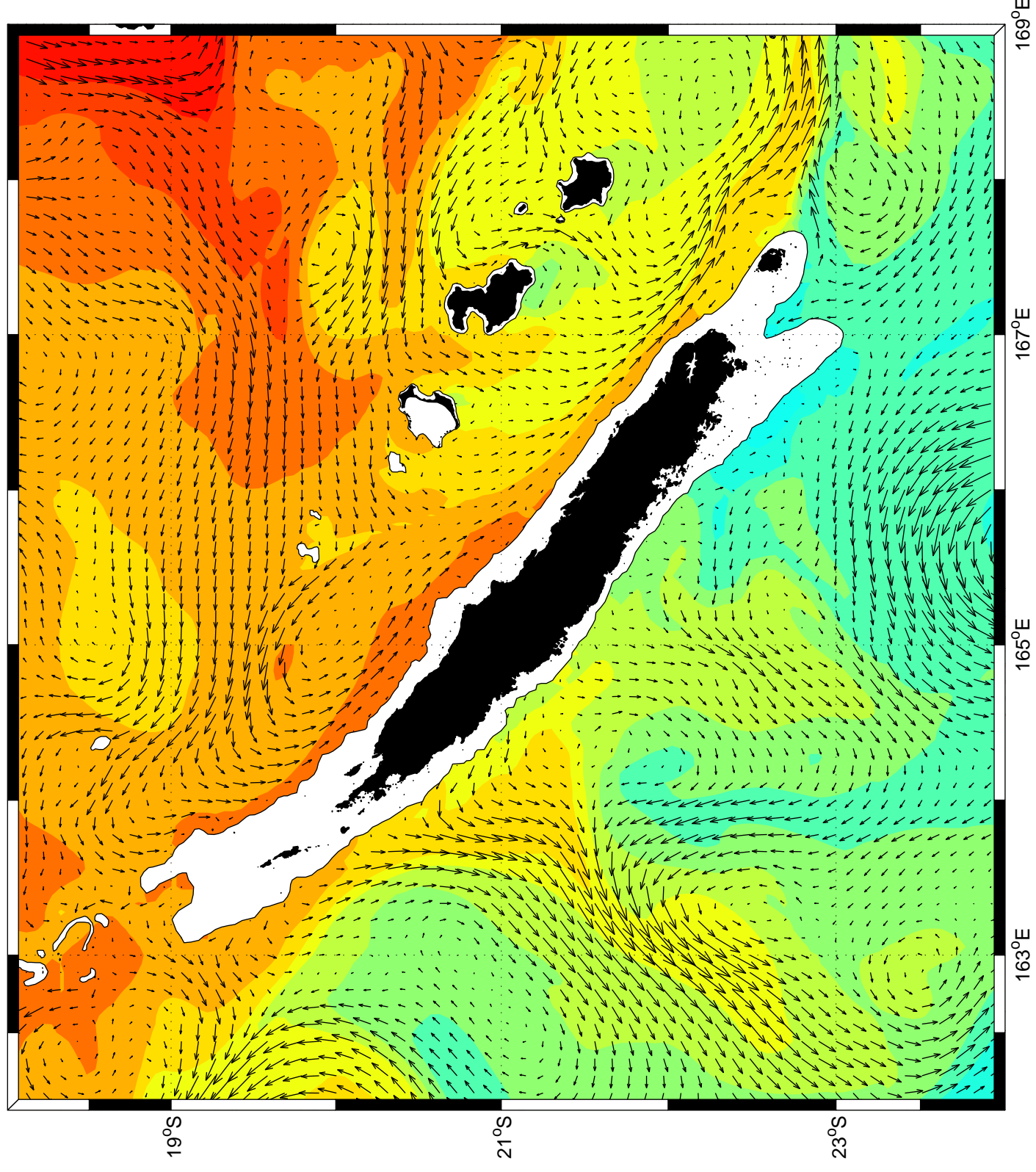
Salinité de surface moyenne. Saison froide



Courants et température de surface épisode d'alizés fort



Courants et température de surface épisode d'alizés faible



SECTIONS MERIDIENNES 162 °E

Domaine : ZEE Résolution : 15 km

