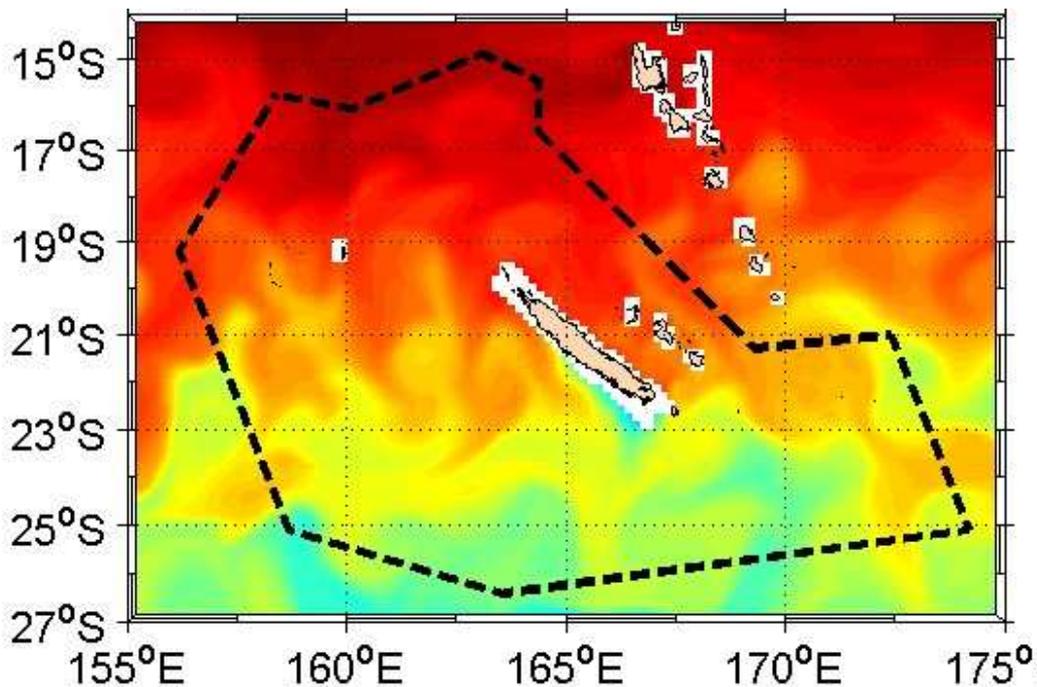


**ZoNéCo**

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

# ATLAS CLIMATOLOGIQUE SATELLITE DES COURANTS, VENT, ELEVATION ET TEMPERATURE EN SURFACE DANS LA ZONE ÉCONOMIQUE EXCLUSIVE DE NOUVELLE-CALEDONIE

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



**Annexe au rapport du 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.*

*Andres Vega, Alexandre Ganachaud et Julien Bosson*

**Nouméa, Nouvelle-Calédonie, Novembre 2005**

L'objet de cet atlas est de décrire la variabilité saisonnière de la température en surface de la mer (SST), des anomalies du niveau de la mer (SSH), des courants en surface et des vents en surface dans la Zone Economique Exclusive de Nouvelle-Calédonie. Quatre types de données satellite ont été utilisés : la donnée altimétrique (SSH) provenant des satellites TOPEX-Poseidon / ERS / JASON, les données infrarouges (SST) provenant de plusieurs satellites, l'information diffusiométrique (vent) des satellites ERS 1 et 2 et finalement les courants estimés à partir du vent en surface et du niveau de la mer. Ces satellites permettent d'obtenir des données océanographiques en surface sur de vastes domaines et constituent la principale source de données dans les régions où les observations *in situ* sont peu fréquentes et/ou couvrent une faible échelle spatiale. Allant de l'inter-annuel aux processus intra-saisonniers, les observations spatiales permettent aussi de déterminer les interactions, à grande ou à meso-échelle, entre les différents paramètres étudiés.

Cet atlas a été structuré de la forme suivante : après avoir brièvement décrit la région et les différentes sources de données utilisées dans cet ouvrage, nous présentons les cartes mensuelles des différents paramètres océanographiques (vent, SSH, SST et courants) suivies de commentaires concernant la variabilité saisonnière.

## **DESCRIPTION GENERALE DE LA ZEE DE NOUVELLE-CALEDONIE ET DES DIFFERENTES SOURCES DE DONNEES UTILISEES DASN CET ATLAS**

### ***La zone d'étude***

La ZEE de la Nouvelle-Calédonie recouvre 1.740.000 Km<sup>2</sup>, 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. Les études océanographiques hauturières de la ZEE concernent plus particulièrement la variabilité biologique (Le Borgne et al., 1985) et chimique (campagnes DIAPALIS, Rodier et Eldin, 2005). Hénin et al. (1984) décrit sommairement la circulation superficielle autour de la Nouvelle-Calédonie, présentant des schémas de courants par vent Alizés et par vent d'Ouest. 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).

A l'échelle du Pacifique Sud-Ouest, une climatologie de haute résolution 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.

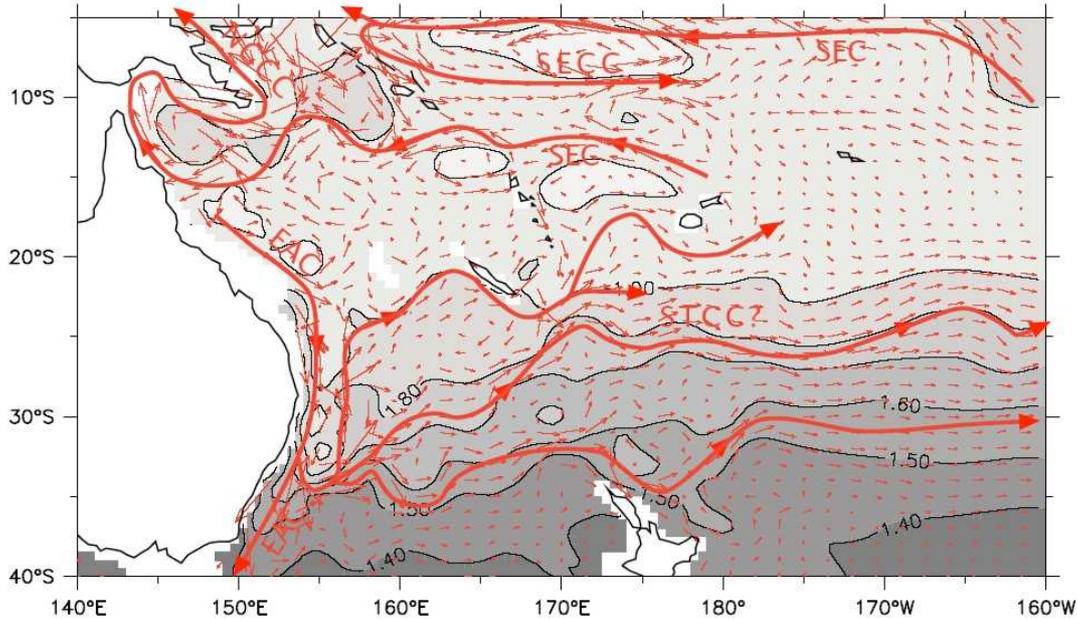


Figure 1 Circulation moyenne de surface estimée à partir des données climatologiques CARS (CSIRO Atlas of Regional Seas). SEC=Courant équatorial Sud, EAC=Courant Est Australien, SECC=Contre courant équatorial Sud, STCC=Contre courant sub-tropical. D'après Kessler (<http://www.pmel.noaa.gov/~kessler/figures.html>).

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 (EAC) 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).

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  $\mu\text{M/l}$ .

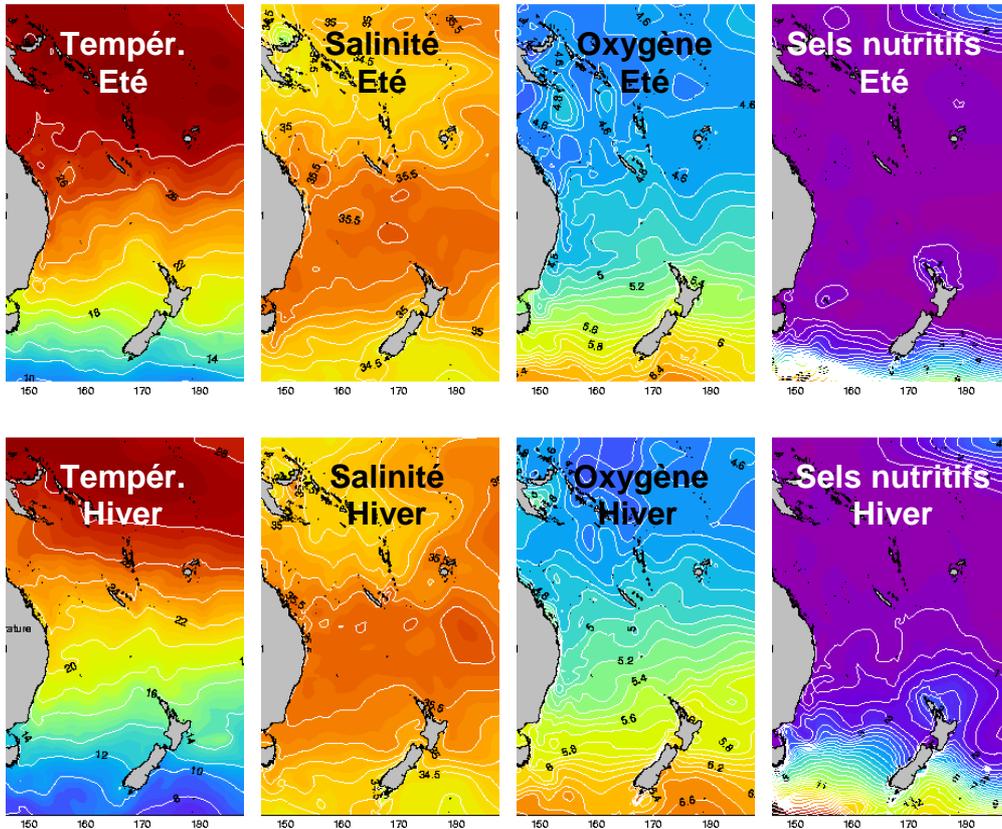
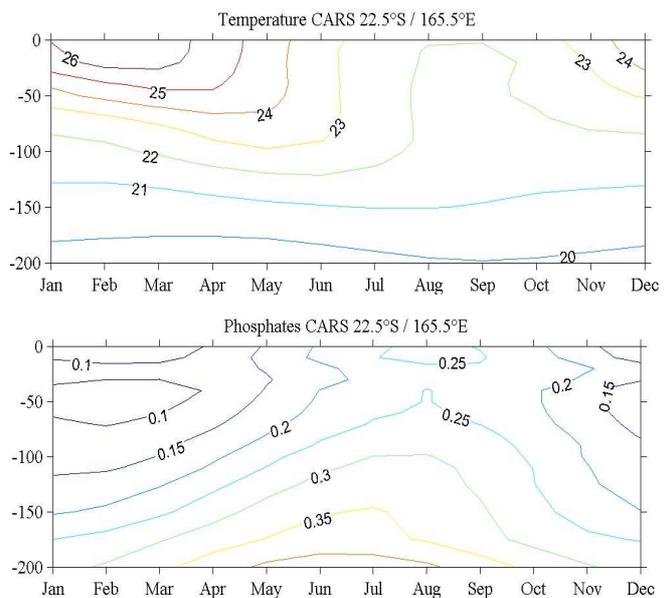


Figure 2 Distributions en surface de température, salinité, oxygène et sels nutritifs en été et hiver austral obtenues à partir de l'atlas climatologique CARS.

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.



## ***Information satellite utilisée***

### ***La température de surface de la mer (SST) 1992-2005***

Les données de SST correspondent à des moyennes hebdomadaires provenant de plusieurs satellites et interpolées sur une grille de 1 degré (produit *OI Sea Surface Temperature*, <http://www.nodc.noaa.gov/dsdt/oisst/>). La SST est calculée à partir du rayonnement émis sur la surface de la mer. Le rayonnement infrarouge peut traverser quelques millimètres d'eau, ainsi la grandeur mesurée est la température intégrée sur cette fine couche d'eau superficielle.

### ***Les anomalies du niveau de la mer (SSH ou SLA) 1992-2005***

Les synthèses hebdomadaires des SSH utilisées correspondent au produit grillé combiné de résolution au  $\frac{1}{4}$  de degré provenant des satellites ERS, TOPEX/Poseidon et JASON, traité et distribué par AVISO-CLS (<http://www.jason.oceanobs.com/>). Les SSH nous indiquent les anomalies du niveau de la mer par rapport à la moyenne totale sur chaque point de grille.

### ***Les champs de courants de surface 1992-2005***

Les champs de courants de surface sont calculés à partir des données satellites SSH (courants dits géostrophiques) et la tension du vent (transport d'Ekman), en assimilant les données provenant des flotteurs reliées par balises Argos<sup>1</sup> (Lagerloef et al., 1999). C'est un produit hebdomadaire au  $\frac{1}{4}$  de degré de résolution (<http://www.oscar.noaa.gov>).

---

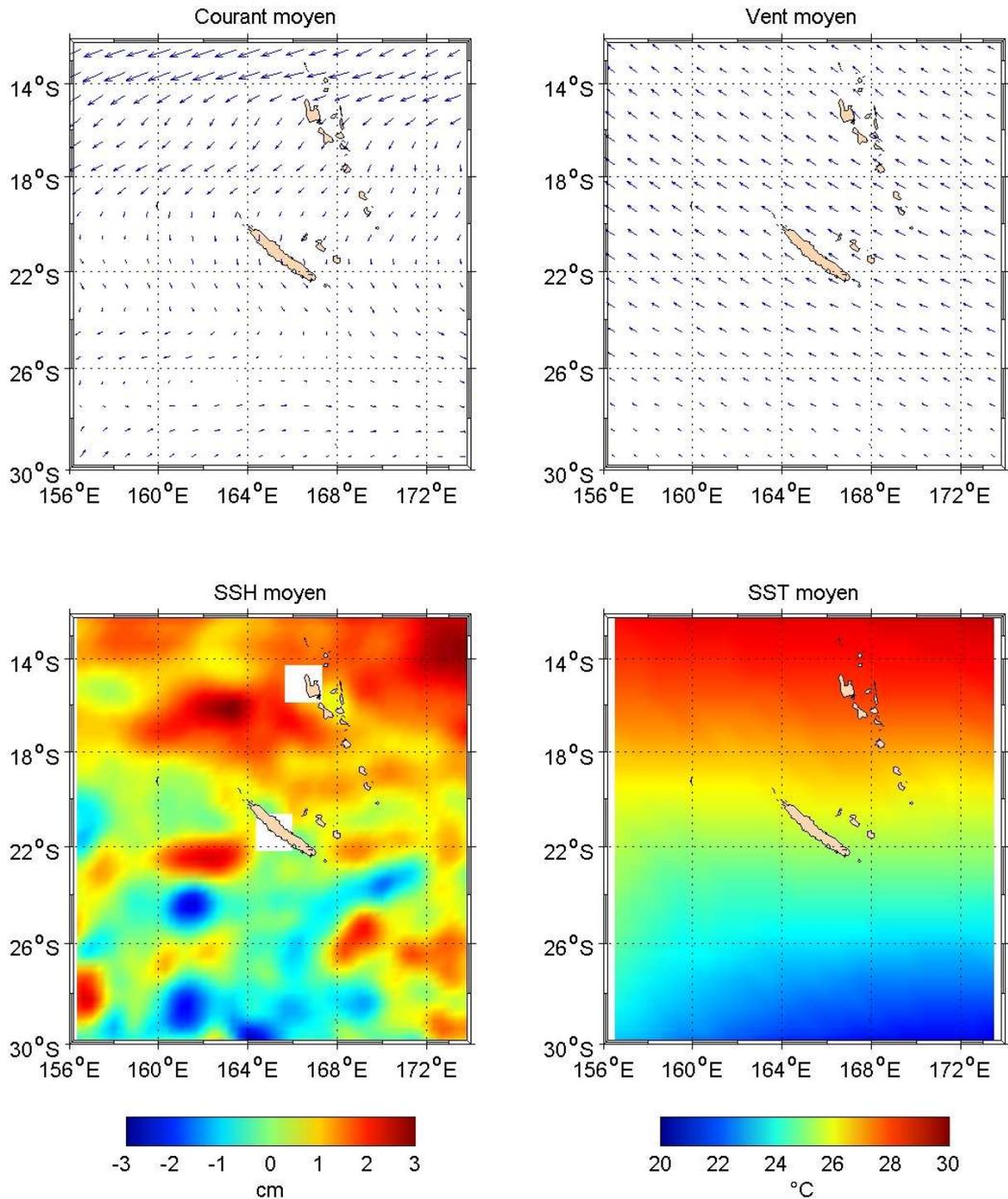
<sup>1</sup> “*Ocean Surface Current Analysis-Real-time*”

***Les champs de tension du vent en surface 1992-2005***

Les vecteurs moyens de la tension du vent sont calculés à partir des données provenant des satellites ERS1 pour la période 1992-1996, ERS2 pour la période 1997-2001 et QuickScat pour la période 2001-2005. Les données sont distribuées par le CERSAT (<http://www.ifremer.fr/cersat/en/index.htm>).

Les cartes de la distribution mensuelle de ces différents paramètres enregistrés par les satellites sont présentées dans les pages qui suivent.

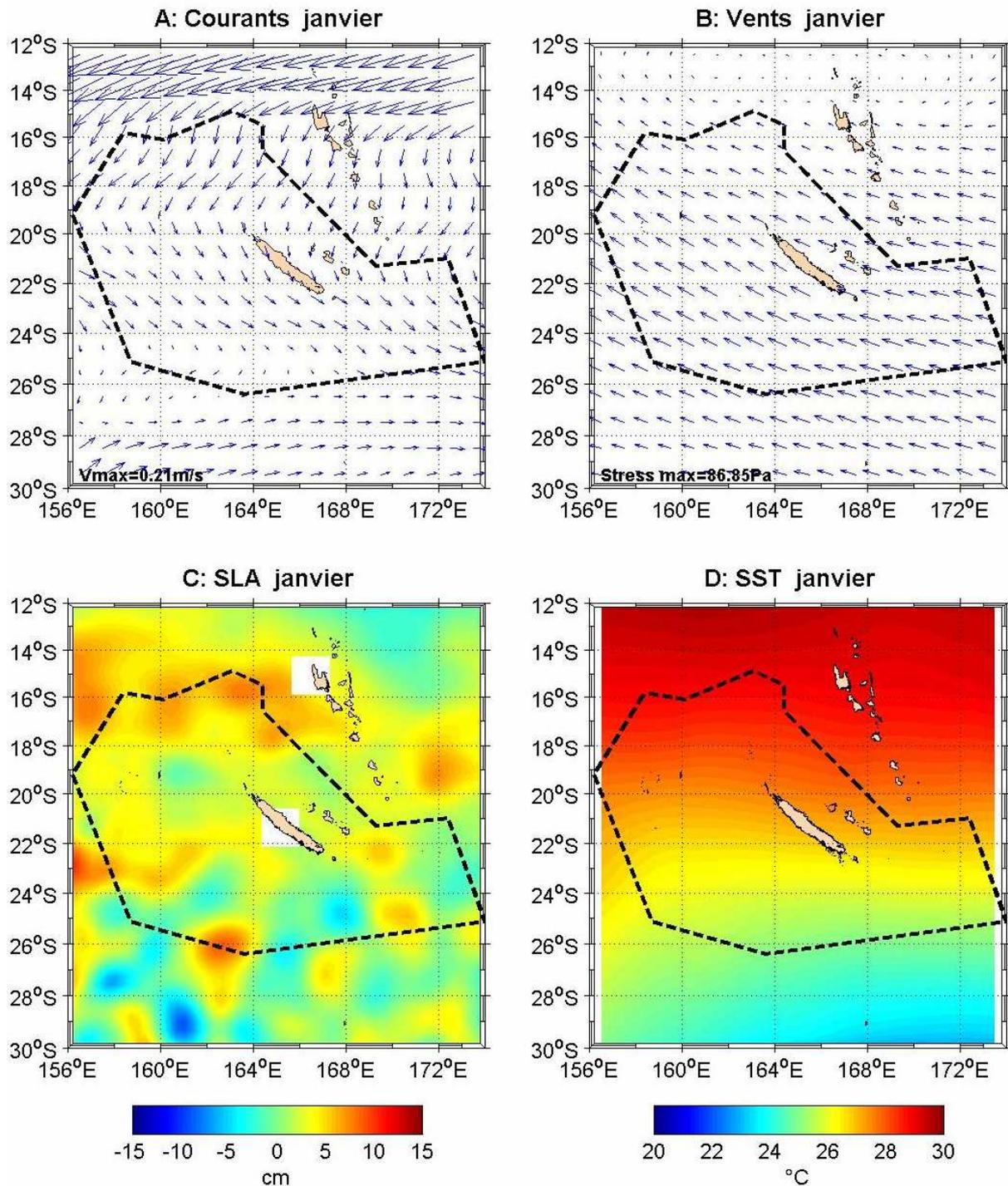
## CARTE DES MOYENNES ANNUELLES



**Figure 4** Moyennes sur la période totale (1992-2005) des courants de surface, tension du vent en surface, anomalie du niveau de la mer et température de l'eau de surface de la mer

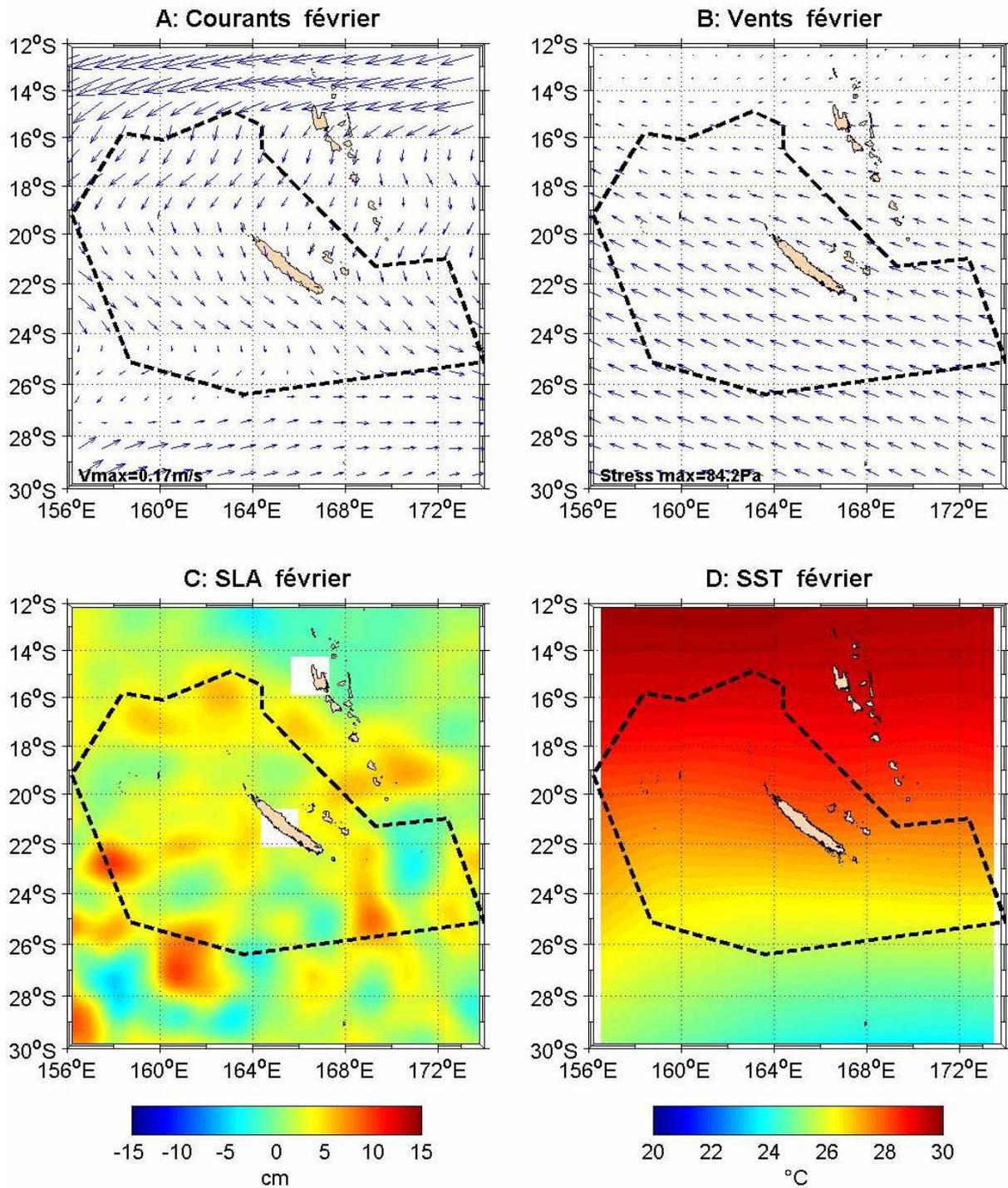
## CARTES DES MOYENNES MENSUELLES

### JANVIER



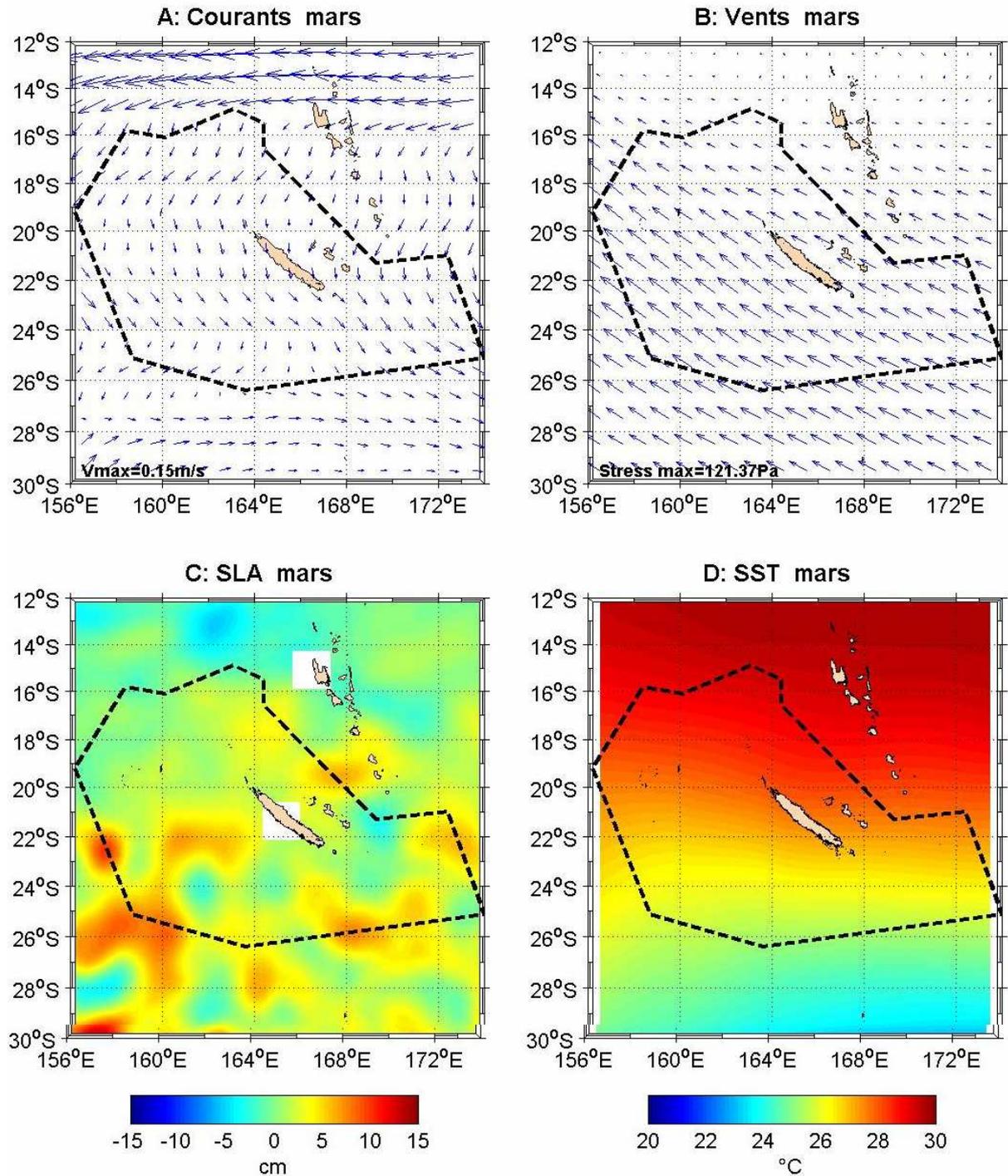
**Figure 5** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **janvier** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

**FEVRIER**



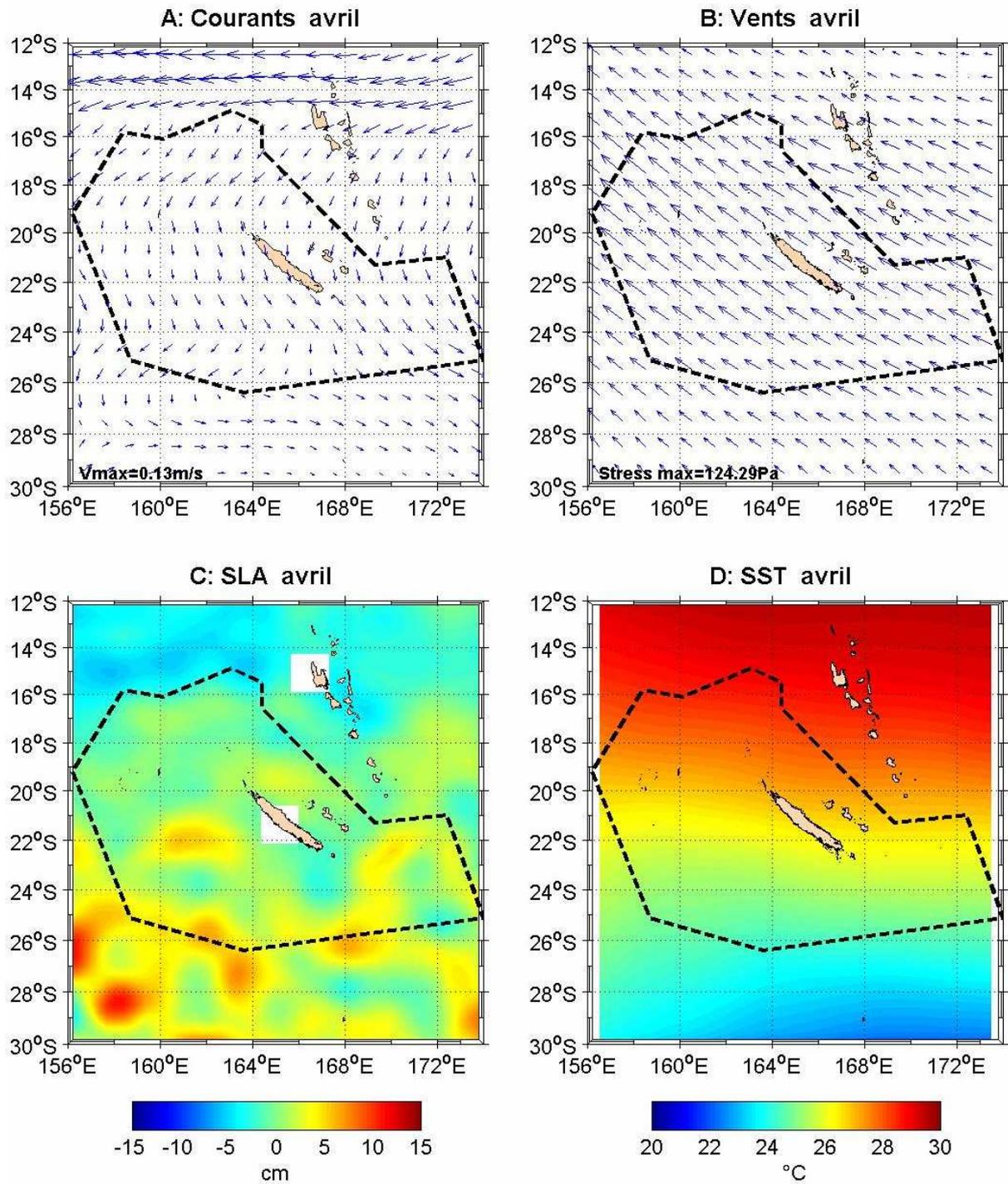
**Figure 6** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **février** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

## MARS



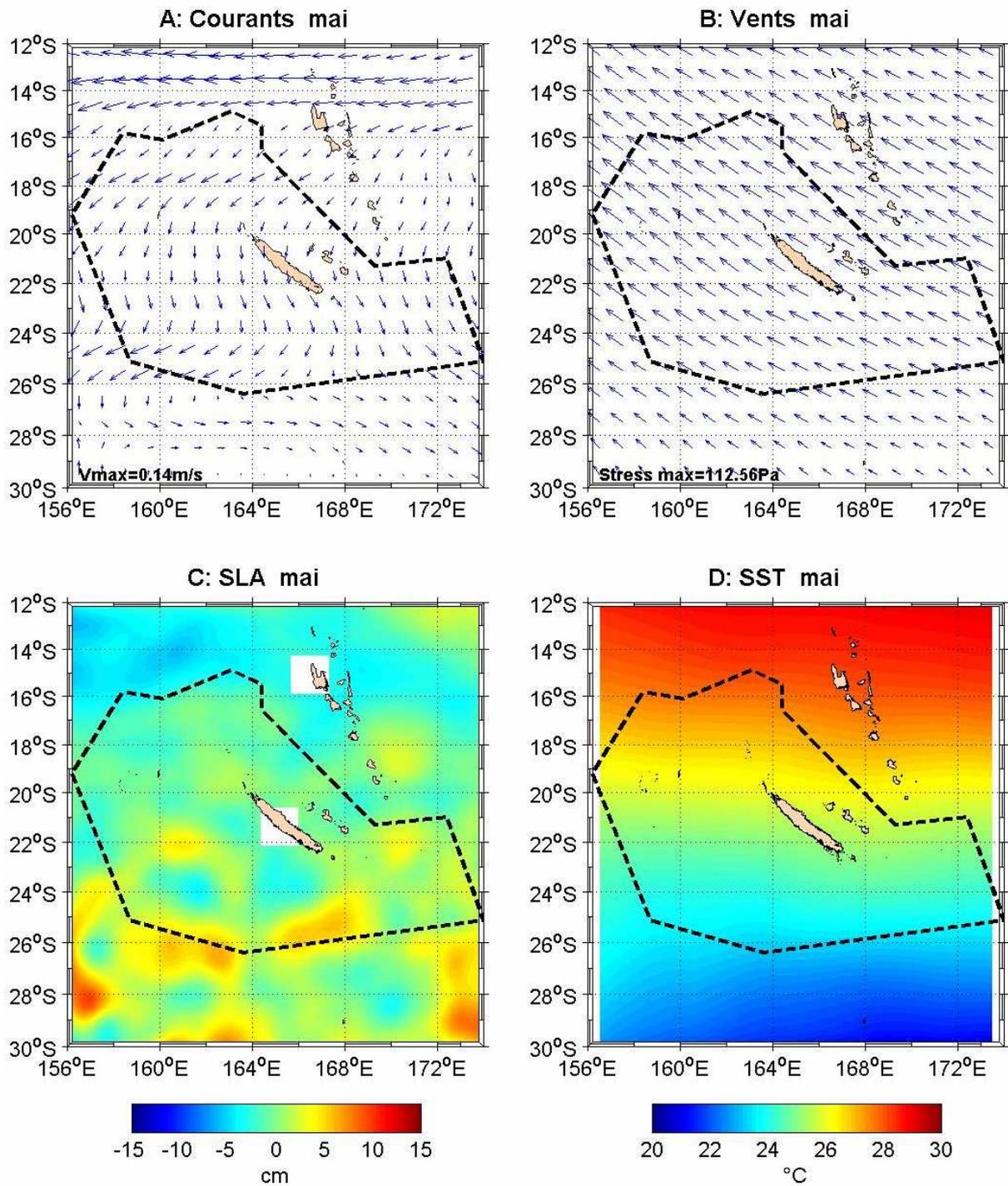
**Figure 7** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **mars** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

**AVRIL**



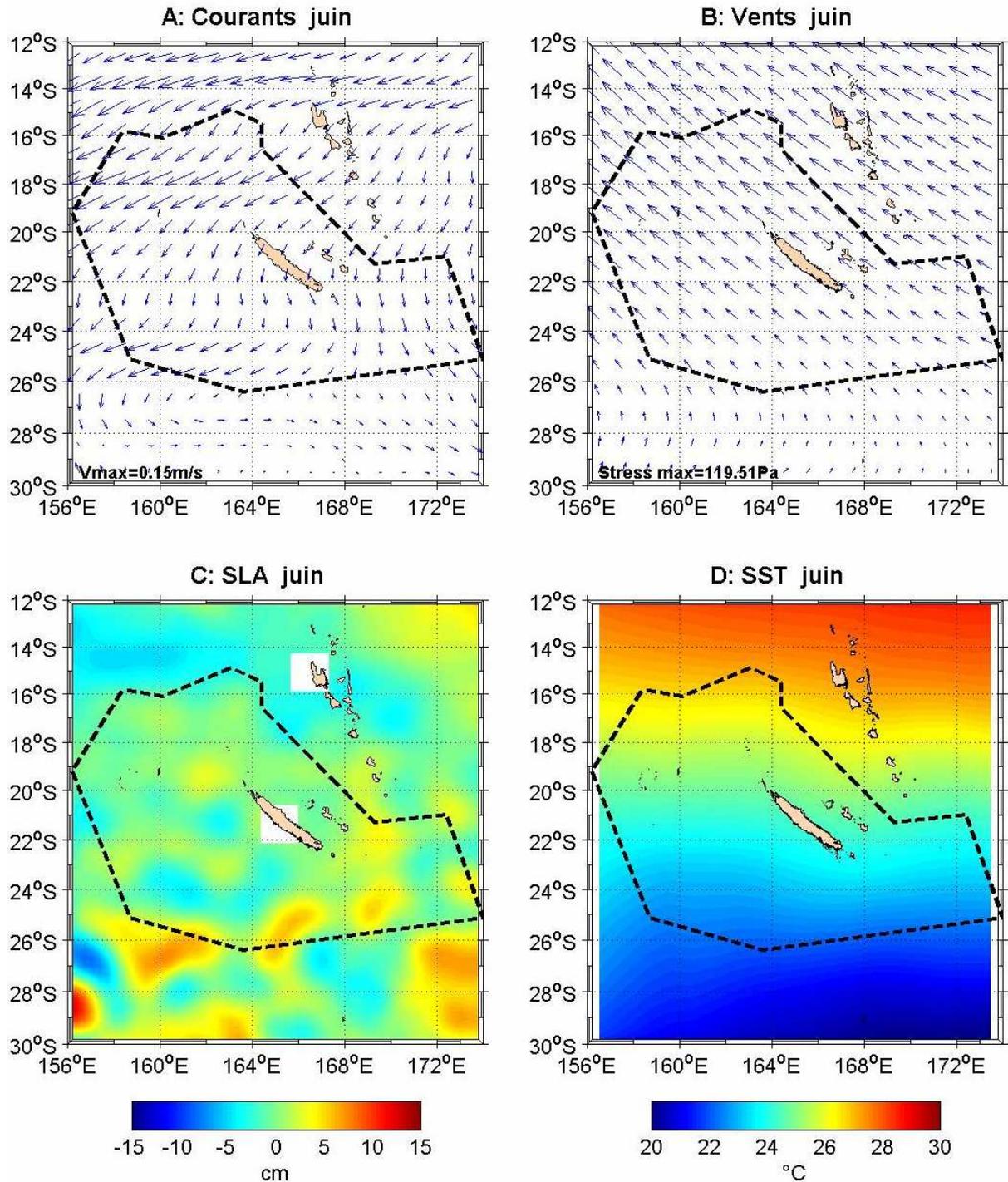
**Figure 8** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **avril** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

**MAI**



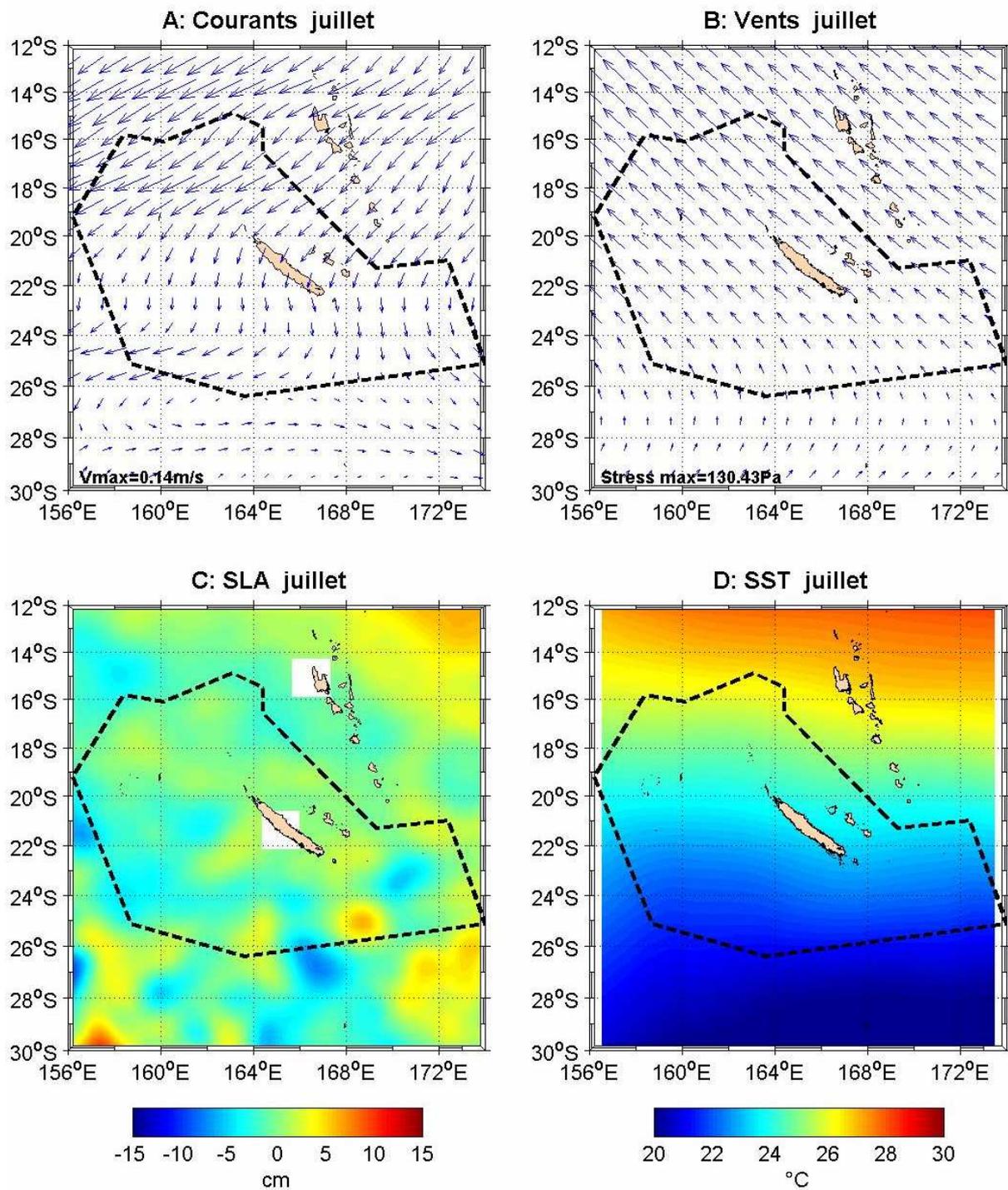
**Figure 9** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **mai** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

JUIN



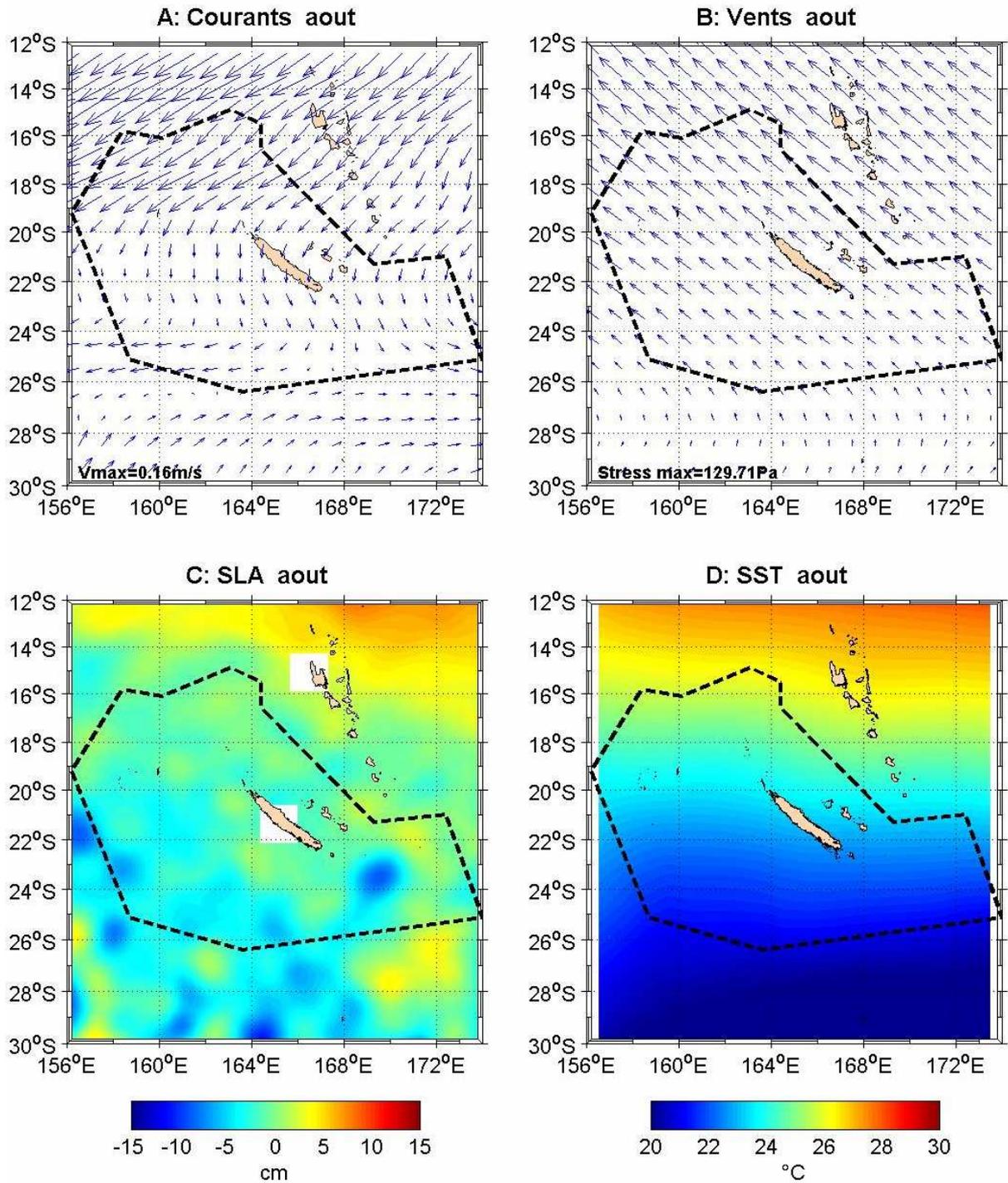
**Figure 10** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **juin** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

## JUILLET



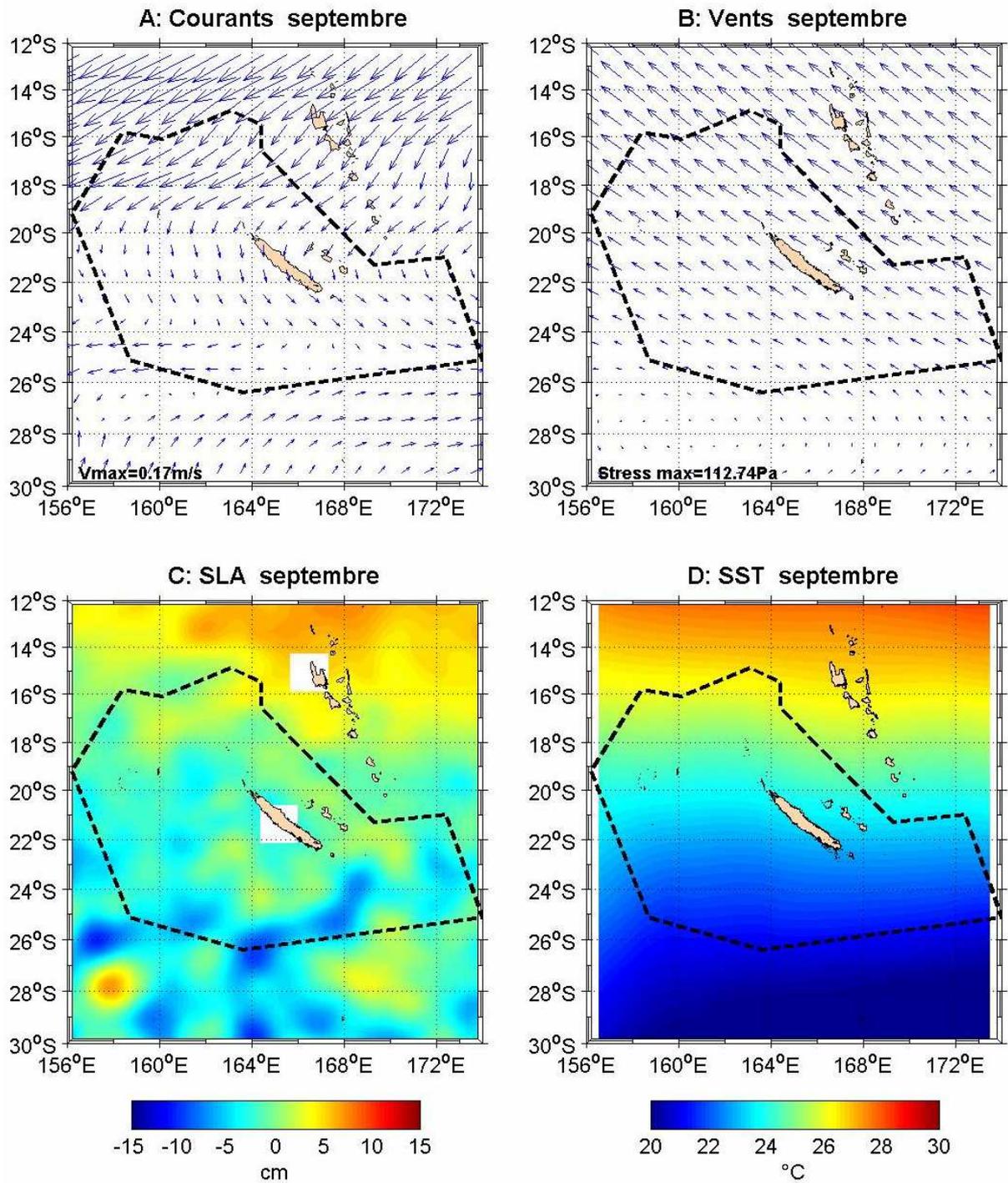
**Figure 11** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **juillet** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

**AOUT**



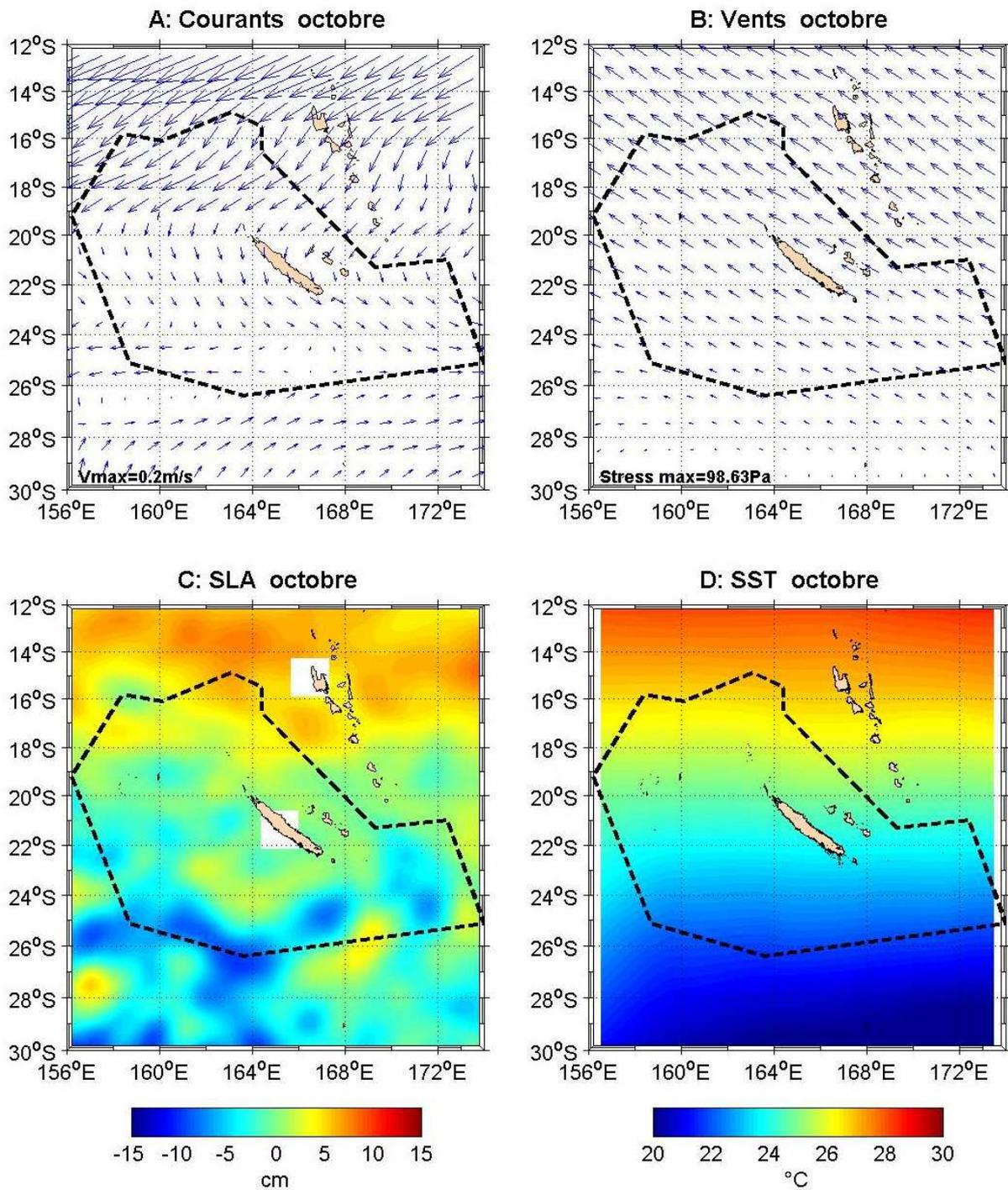
**Figure 12** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **août** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

**SEPTEMBRE**



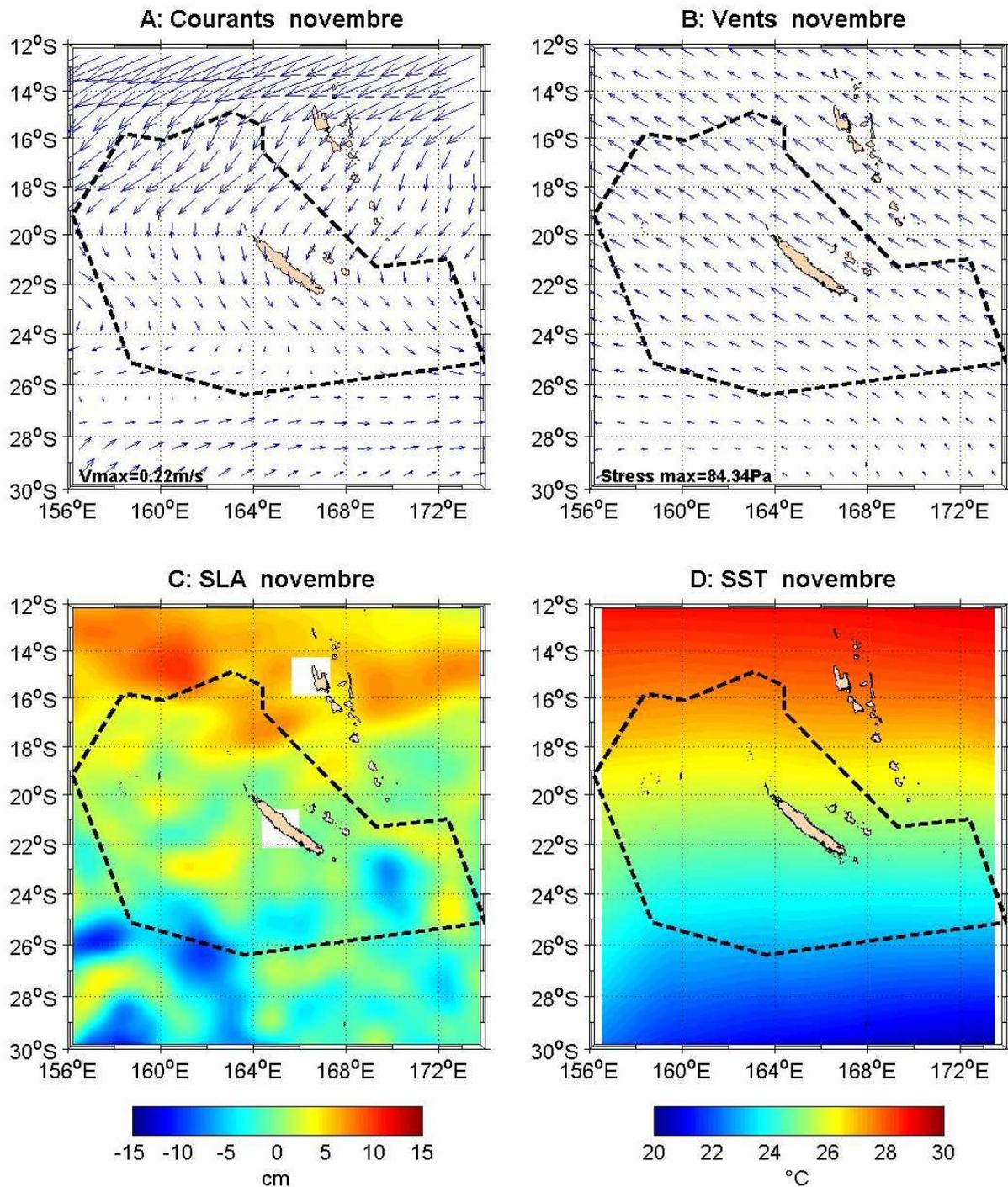
**Figure 13** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **septembre** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

## OCTOBRE



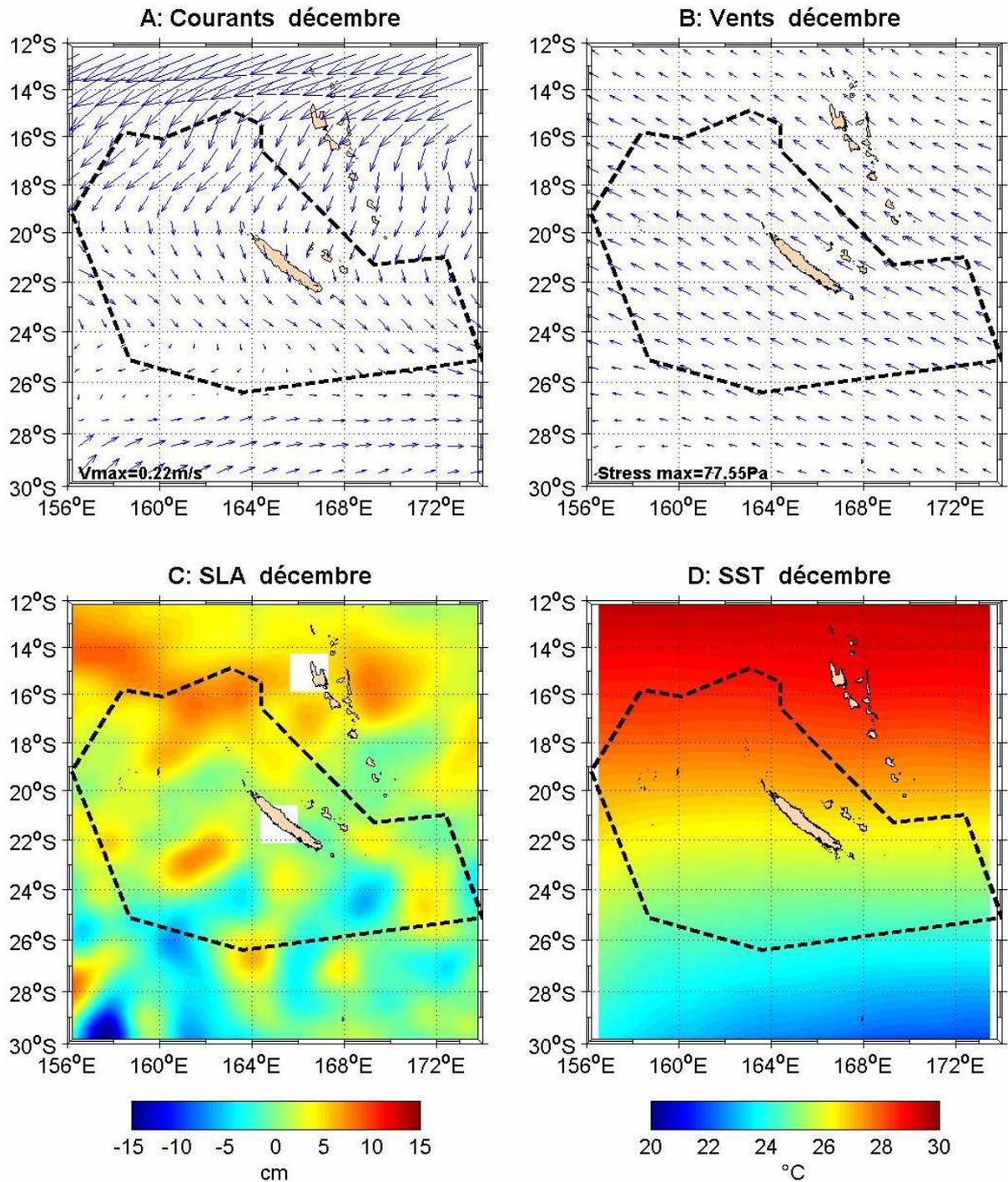
**Figure 14** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **octobre** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

## NOVEMBRE



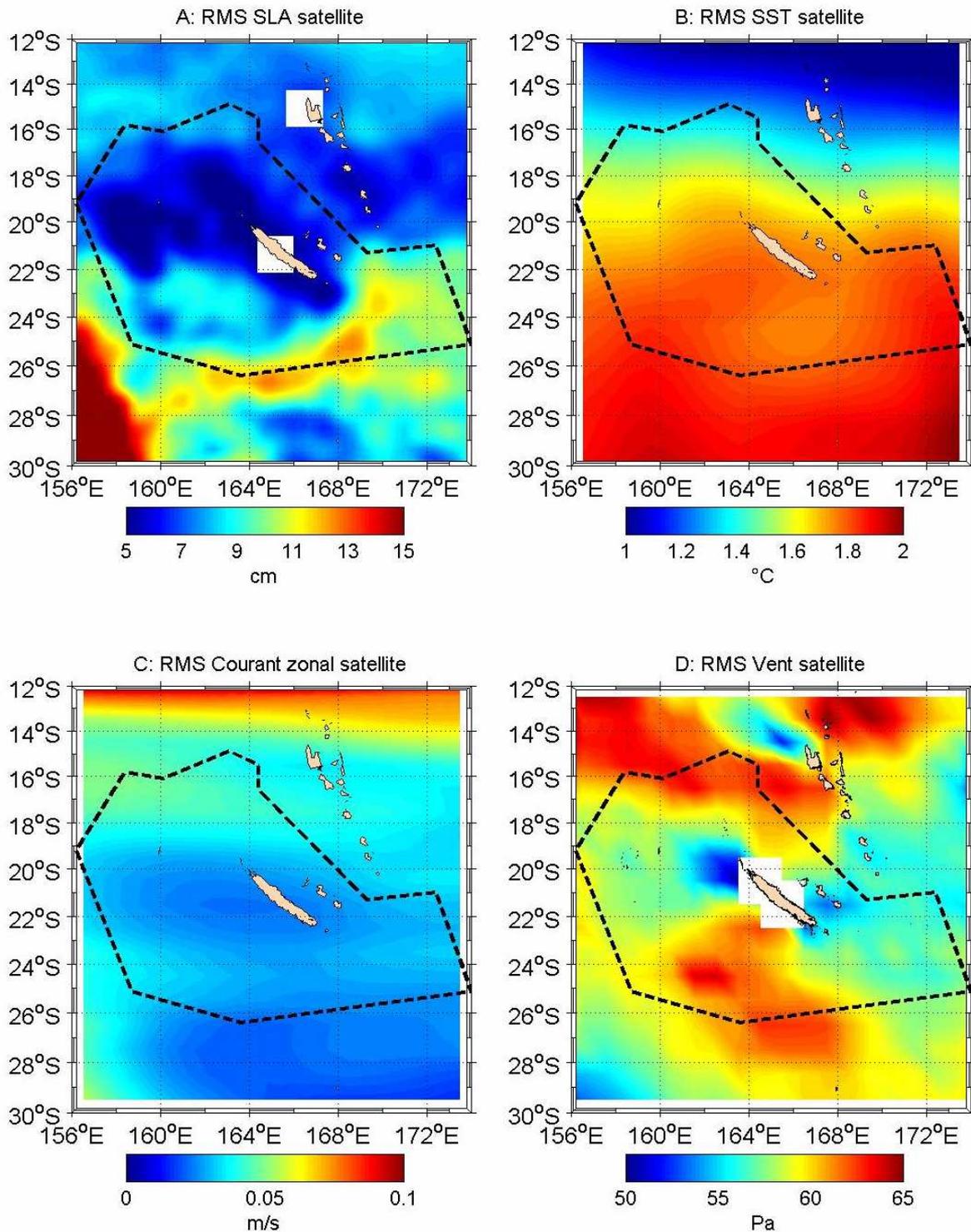
**Figure 15** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **novembre** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

## DECEMBRE



**Figure 16** Moyennes mensuelles correspondantes au mois de **décembre** de (A) courants de surface, (B) tension du vent en surface, (C) anomalie du niveau de la mer et (D) température de l'eau de surface de la mer

## CARTE D'ECART TYPE



**Figure 17** Cartes d'écart type sur la période 1992-2005. L'écart type est une mesure statistique qui permet d'estimer la variabilité d'un paramètre par rapport à la moyenne. Il nous indique les régions les plus énergétiques - en rouge sur les cartes. (A) Anomalies du niveau de la mer, (B) température en surface, (C) composante zonale du courant et (D) composante prédominante du vent (alizé parallèle au Territoire)

## **DESCRIPTION DE LA VARIABILITE SAISONNIERE**

### ***Courants de surface***

Deux systèmes de courants de surface dominant la circulation grande échelle autour de la Nouvelle-Calédonie (Fig. 1) : au nord le SEC qui se dirige vers l'Ouest et au sud le STCC qui coule vers l'Est. La distribution d'écart type de la composante Est-Ouest du courant (Fig. 17c) dans le ZEE présente 2 régions distinctes de forte énergie, le nord associé à la variabilité saisonnière du SEC et le sud en relation avec la variabilité saisonnière du STCC.

Quand on observe les cartes mensuelles (Figs. 5a à 16a) on constate que les courants marins en surface de la ZEE de Nouvelle-Calédonie ont tendance à se diriger vers le sud et présentent une forte variabilité saisonnière. La structure moyenne des courants est la suivante : des courants proviennent du SEC pénètrent dans la ZEE par le nord, puis se dirigent vers le Sud et Sud-Est jusqu'à rejoindre, à l'extrême sud, le système de courants du STCC qui coule vers l'Est. Les courants montrent une forte variation méridienne (Nord – Sud) et une distribution zonale (Est – Ouest) homogène. A l'ouest de la Grande Terre on observe un système de circulation cyclonique (dans le sens des aiguilles d'une montre) centré à l'extrême Ouest de la ZEE qui semble associé à l'interaction des courants issus du SEC avec le système du STCC. Cette région se trouve probablement sous une influence tourbillonnaire plus importante. Une grande partie de l'année les courants moyens sont plus forts au Nord, diminuant graduellement leur intensité vers le Sud.

La circulation océanique de surface dans la ZEE présente des caractéristiques différentes en saison sèche et en saison fraîche :

(1) *de juin à octobre*. Au Nord, l'intensité des courants qui coulent vers le Sud-ouest est beaucoup plus forte. Au centre des courants faibles coulent vers le Sud. Au Sud-Ouest de la ZEE les flux s'intensifient et se dirigent vers l'Ouest tandis qu'au Sud-Est de la zone économique ils coulent vers l'Est. La circulation dans le ZEE est fortement dominée par l'entrée par le Nord provenant du SEC. Novembre et décembre semblent être une période de transition.

(2) *de janvier à mai*. En moyenne les courants sont plus faibles durant cette période de l'année. L'intensité des flux se distribue avec plus d'homogénéité, on observe des amplitudes similaires du Nord au Sud. Les courants se dirigent principalement vers le Sud-Ouest au Nord de la ZEE, vers le Sud au centre et vers le Sud-Est au Sud. A la différence de ce que l'on observe entre juin et octobre, l'influence du STCC sur la circulation dans la ZEE s'intensifie et s'équilibre avec la modulation du SEC entre janvier et mai.

### ***Vents de surface***

Dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie les vents alizés, qui soufflent parallèles à la Grande Terre, dominant largement le signal de vent en surface observé par satellite. Il est intéressant de constater que la direction des vents est à l'opposée de celle des courants. Ceci nous indique que c'est principalement la circulation zonale grande échelle, dominée par le SEC et le STCC, qui force la circulation à échelle de la ZEE. Bien que la variabilité saisonnière de la direction du vent moyen soit faible, son intensité fluctue dans l'année.

La figure 17b présente la distribution d'écart type du vent dominant (direction Sud-est / Nord-ouest). Les zones de plus faible énergie se trouvent en amont et en aval de la Grande Terre. Le Sud et le Nord de la ZEE sont les régions qui enregistrent le plus de variabilité, indiquant un gradient plus élevé dans le sens Nord-Sud que Est-Ouest. Comme pour les courants, les deux mêmes périodes sont caractéristiques (Figs. 5b à 16b) :

(1) *de juin à octobre*. Suite au déplacement saisonnier de la Zone de Convergence du Pacifique Sud, les vents augmentent leur intensité vers le Nord. Les mois de novembre et de décembre correspondent à une période de transition où l'intensité des vents est spatialement homogène.

(2) *de janvier à mai*. La distribution de l'intensité du vent est inversée par rapport à la saison fraîche. Les vents les plus forts se situent préférentiellement au Sud de la ZEE.

### ***Anomalies du niveau de la mer***

Les anomalies du niveau de la mer (SSH) sont l'écart de hauteur par rapport à leur moyenne sur toute la période d'observation. Ce n'est donc pas une hauteur absolue, mais une hauteur relative à la moyenne. Les SSH représentent les variations en surface de la mer reflétant ainsi l'intégrale des anomalies de pression sur la colonne d'eau. Une élévation est souvent associée à un abaissement de la thermocline saisonnière (sous la couche de mélange) et vice-versa. Les applications issues de l'altimétrie sont nombreuses : l'estimation des courants géostrophiques, l'étude globale des variations climatiques,

l'assimilation de données pour les modèles, l'étude des marées, l'étude des ondes planétaires, etc.

La carte d'écart type (Fig. 17a) montre que les SSHs sont très énergétiques au Sud de la ZEE. Cette forte variabilité est associée au STCC qui coule vers l'ouest (Qiu et Chen, 2004) et représente probablement une intensification de l'activité tourbillonnaire. Il est cependant difficile d'interpréter une distribution de SSH sur des cartes car une réponse du niveau de la mer donnée peut être associée à l'interaction de différents processus dynamiques.

En général, la distribution des SSH dans la ZEE est très hétérogène (Figs. 5a à 16a). Les structures de méso-échelle, associées principalement à la propagation zonale de tourbillons, semblent dominer le signal de hauteur de mer. Les processus dynamiques qui dominent les variations saisonnières du niveau de la mer dans la ZEE sont probablement l'interaction entre le STCC et la circulation dérivée du SEC au Sud (phénomènes d'instabilité barocline), le déplacement saisonnier des masses d'eau chaudes provenant du Nord et froides provenant du Sud et la propagation vers l'Est d'ondes planétaires (ondes de Rossby). On discerne toujours les mêmes périodes caractéristiques :

(1) ***de mai à octobre***. Les SSH négatives dominent la distribution moyenne dans la ZEE. Ceci est probablement associé à la compression des couches de surface due au refroidissement des eaux de la ZEE durant cette saison.

(2) ***de novembre à avril***. Les SSH positives dominent la distribution moyenne dans la ZEE. En relation principalement avec le réchauffement d'origine équatorial dans la région.

## ***Température en surface de la mer***

La carte d'écart type de la SST (Fig. 17b) montre une distribution énergétique homogène au Sud de 18°S et une faible variabilité à l'extrême nord de la ZEE. Les variations saisonnières de SST à échelle de la ZEE sont largement dominées par le transport méridien alterné des masses d'eaux chaudes (SEC) et froides (STCC). La faible énergie observée au nord de 18°S s'explique par le fait que cette région se trouve presque en permanence sous l'influence des eaux plus chaudes éjectées par le SEC dans la ZEE.

La distribution de température dans la ZEE peut se séparer en deux périodes caractéristiques :

(1) ***de mai à novembre***. Des eaux relativement froides pénètrent du Sud et couvrent la majorité de la ZEE. La période la plus froide est le mois d'août où l'on observe des températures inférieures à 22°C au large de la Nouvelle-Calédonie.

(2) ***de décembre à mars***. Des eaux chaudes entre 25°C et 30°C couvrent la majorité de la ZEE. Le mois le plus chaud est le mois de février.

## 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.*
- 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.*
- Lagerloef, G., G.Mitchum, R.Lukas and P.Niiler, 1999. Tropical Pacific near-surface currents estimated from altimeter, wind and drifter data, *J. Geophys. Res.*, **104**, 23313-23326
- Le Borgne R., Dandonneau Y., Lemasson L. 1985. The problem of the island mass effect on chlorophyll and zooplankton standing crops around Mare (Loyalty islands) and New Caledonia. (Le problème de l'effet d'île sur les biomasses de chlorophylle et de zooplancton autour de Maré (Iles Loyauté) et de la Nouvelle-Calédonie). *Bull Mar Science* 37 (2): 450-459.
- Qiu, B. and S. Chen, 2004. Seasonal Modulation in the Eddy Field of the South Pacific Ocean. *J. Phys. Oceanog.*, **34**, 1515-1527.
- Ridgway K.R., J.R. Dunn, and J.L. Wilkin, Ocean interpolation by four-dimensional least squares -Application to the waters around Australia, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, Vol 19, No 9, 1357-1375, 2002
- Rodier, M. et G. Eldin. 2005. Physical and nutrient environnement near NC (SW Pacific) : a two years study. A soumettre à *Cont. Shelf Res.*