

Action soutenue par le Ministère d'Outre Mer

ETUDE DE LA DYNAMIQUE COTIERE DE NOUVELLE-CALÉDONIE : MOUILLAGE CoDyS

Novembre 2006



Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

UR065 (LEGOS)
UR103 (CAMELIA)
UR167 (CYROCCO)
US025

Entre 2004 et 2006, le Ministère de l'Outre-Mer a soutenu les projets de recherche, élaborés par l'équipe du LEGOS à l'IRD de Nouméa, sur l'étude de la circulation océanique côtière autour de Nouvelle-Calédonie. Grâce à cette contribution, plusieurs types de mesures ont pu être mises en place et les études ont pu être avancées au point d'établir la ligne de base concernant les principales caractéristiques de la dynamique de l'océan dans la région. Après 2 ans de collaboration avec le MOM, 2 campagnes hydrographiques ont été réalisées, des modèles numériques océanographiques et atmosphériques de haute résolution ont été développés, 2 publications internationales ont été soumises et divers capteurs, dont un mouillage, ont été mis en place. Une partie des résultats a fait l'objet de deux communications dans de congrès internationaux.

Le présent rapport présente le déroulement et les résultats du projet MOM *ETUDE DE LA DYNAMIQUE COTIERE DE NOUVELLE-CALEDONIE : MOUILLAGE CoDyS* présenté pour l'année 2006.

Nous voudrions remercier tous ceux qui ont d'une ou d'autre forme participé à la réalisation projet, et plus particulièrement l'équipage du N/O Alis.

SOMMAIRE

1. Introduction et contexte	p. 2
2. La région d'étude	p. 5
3. Préparation et déroulement des campagnes	p. 10
4. Résultats de la campagne	p. 16
5. Résultats du modèle	p. 42
6. Références bibliographiques	p. 52

1. INTRODUCTION ET CONTEXTE

Le récif néo-calédonien est entouré d'une pente externe abrupte qui s'oriente parallèle au vent Alizé dominant. Ces caractéristiques déterminent une dynamique côtière complexe fortement modulée par le vent. Le processus côtier le plus remarquable est sans doute l'upwelling observé le long de la côte ouest, lequel correspond à une remontée d'eau profonde le long de la pente externe causée par le vent Alizé, générant des phases régulières de refroidissement de la température de l'eau en surface, accompagnées éventuellement d'un apport en sels nutritifs et d'une croissance de la production primaire. La circulation océanique côtière et en particulier l'upwelling peuvent jouer un rôle déterminant dans la gestion des ressources marines, l'évaluation de l'impact de la pollution, la détermination de l'échange d'eau entre le lagon et le large, l'estimation de la trajectoire des cyclones et la connaissance du climat régional.

Les mesures de courant récentes montrent que la circulation côtière autour de la Nouvelle-Calédonie est complexe, très sensible aux conditions météorologiques et au relief, mais aussi à la circulation à plus grande échelle. Par exemple, dans le cas de condition de vent favorable à l'upwelling, les courants le long de la pente ouest de la Nouvelle-Calédonie ont tendance à se diriger vers le sud-est, à l'opposé de la direction du vent. Cette circulation pourrait être typique des événements d'upwelling. Les refroidissements dus à l'upwelling sont observés entre octobre et mars seulement. Cette variabilité temporelle semble liée à l'approfondissement saisonnier des isothermes et au cycle saisonnier des vents alizés (Alory et al., 2005). Les plumes d'eau froide que l'on observe le long de la côte sud-ouest sont de tailles similaires, parfois plus grandes, que celles des centres d'upwelling en Orégon, au Chili ou au Pérou. D'un point de vue physique, l'upwelling néo-calédonien est aussi intense celui des bord Est des océans, régions connues pour leur forte production primaire. Cependant, d'un point de vue biologique, l'upwelling néo-calédonien reste apparemment très en dessous de la production présente dans les grands centres d'upwelling. Bien que la compréhension des événements d'upwelling soit une des motivations majeures de ce projet, il est important de souligner que les objectifs visent aussi la connaissance des courants dans toute la région Nouvelle-Calédonie

et de ses interactions avec le système atmosphérique, le relief, les courants de grande échelle et le climat.

Diverses sources d'information océanographique et météorologique récentes ont été examinées autour de la Nouvelle-Calédonie. Nous avons particulièrement analysé les observations de température de surface (SST) et de salinité de surface (SSS) provenant des capteurs fixes de mis en place sur la barrière récifale par l'IRD ; les vents et pressions des stations météorologiques de Météo-France ; les données satellites de vent (ERS), de SST (AVHRR et MODIS), de niveau de la mer (TOPEX-Poseidon et ERS) et Chlorophylle-a (SeaWiFS et MODIS) ; les produits de température, vent et flux air-mer du centre opérationnel NCEP ; les climatologies océaniques CARS et LEVITUS ; les campagnes océanographiques réalisées par l'IRD ; les sorties des modèles globaux MERCATOR, ORCA et autres ; les températures enregistrées à bord de navires marchands équipés par l'IRD et diverses bases de données internationales.

Les objectifs proposés dans ce projet sont les suivants :

- (a) caractériser et d'évaluer les mécanismes dominants de la dynamique des couches océaniques de surface autour de la Nouvelle-Calédonie*
- (b) valider une configuration de haute résolution côtière d'un modèle numérique d'océan régional actuellement en développement à l'IRD-Nouméa.*
- (c) développer un prototype de plate-forme de prévision opérationnelle avec des applications orientées à la gestion des problématiques environnementales (rattachement au programme national MERCATOR).*

Pour répondre à ces objectifs, outre l'analyse des données existantes, nous avons installé un mouillage composé de capteurs de courants et températures repartis sur la colonne d'eau, associé à une campagne océanographique, et nous avons maintenu un développement continu de notre plateforme de modélisation océanique et atmosphérique. Ces mesures sont sans précédent car il n'existe pas de séries temporelles de courants et température au large des côtes néo-calédoniennes.

2. 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.

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.

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).

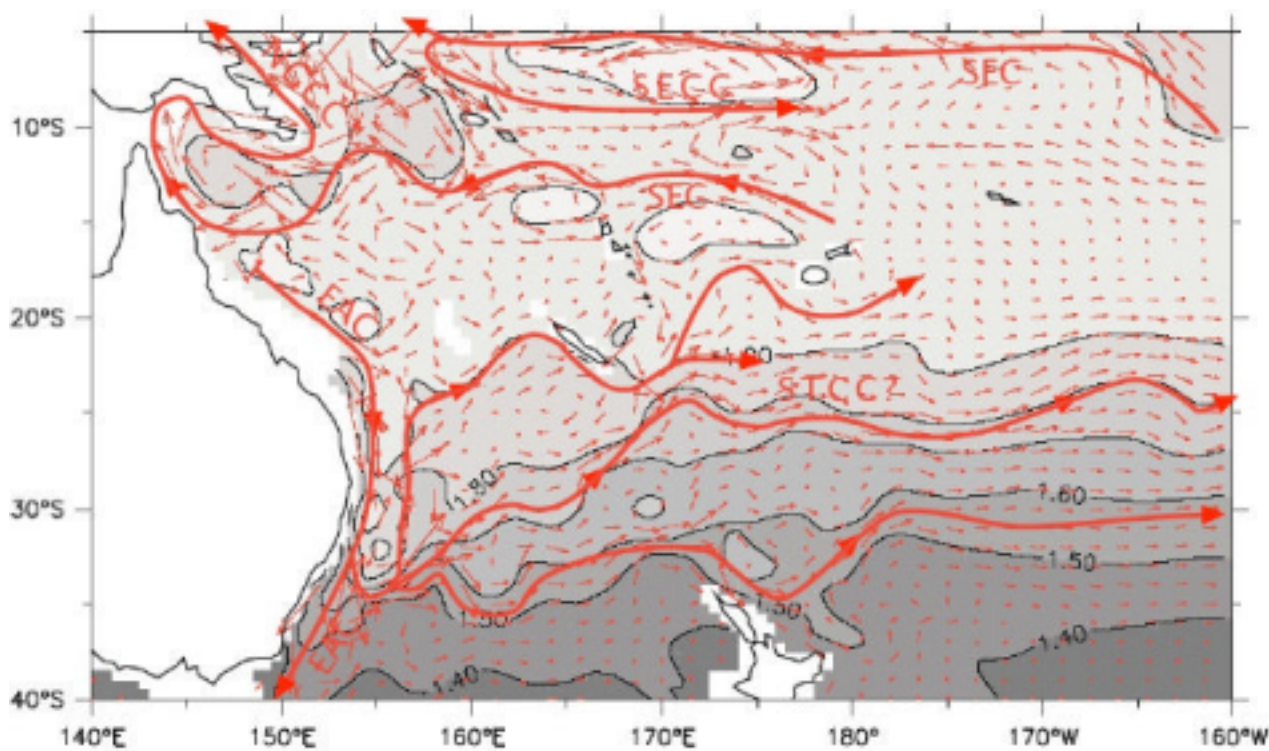


Figure 1 Circulation moyenne de surface estimée à partir des données climatologiques CARS (CSIRO Atlas of Regional Seas). SEC=Courant équatorial Sud, EAC=Courant Est Australien, SECC=Contre courant équatorial Sud, STCC=Contre courant sub-tropical. D'après Kessler (<http://www.pmel.noaa.gov/~kessler/figures.html>).

La forte variabilité saisonnière des paramètres océanographiques dans la ZEE s'observe aussi en profondeur. 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).

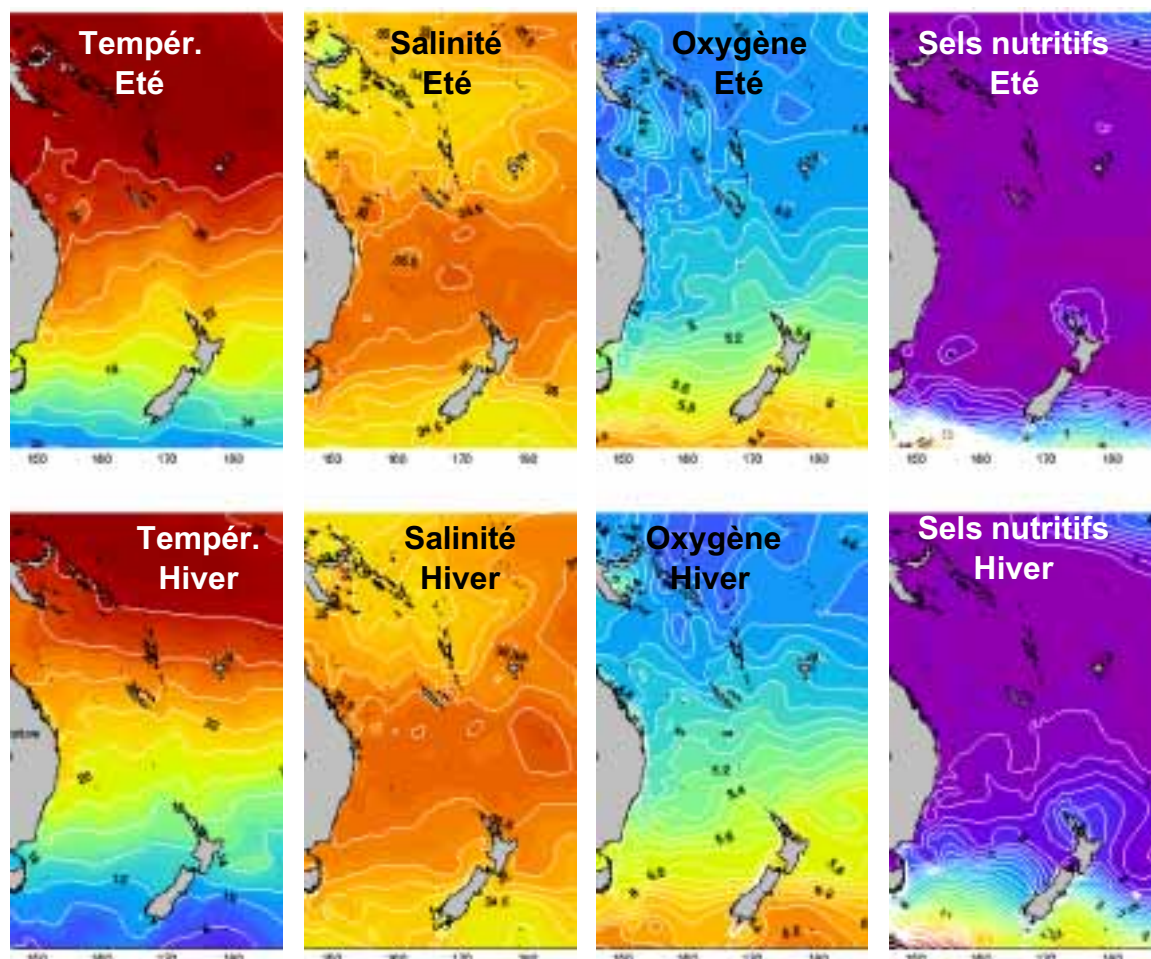


Figure 2 Distributions en surface de température, salinité, oxygène et sels nutritifs en été et hiver austral obtenues à partir de l'atlas climatologique CARS.

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. 3).

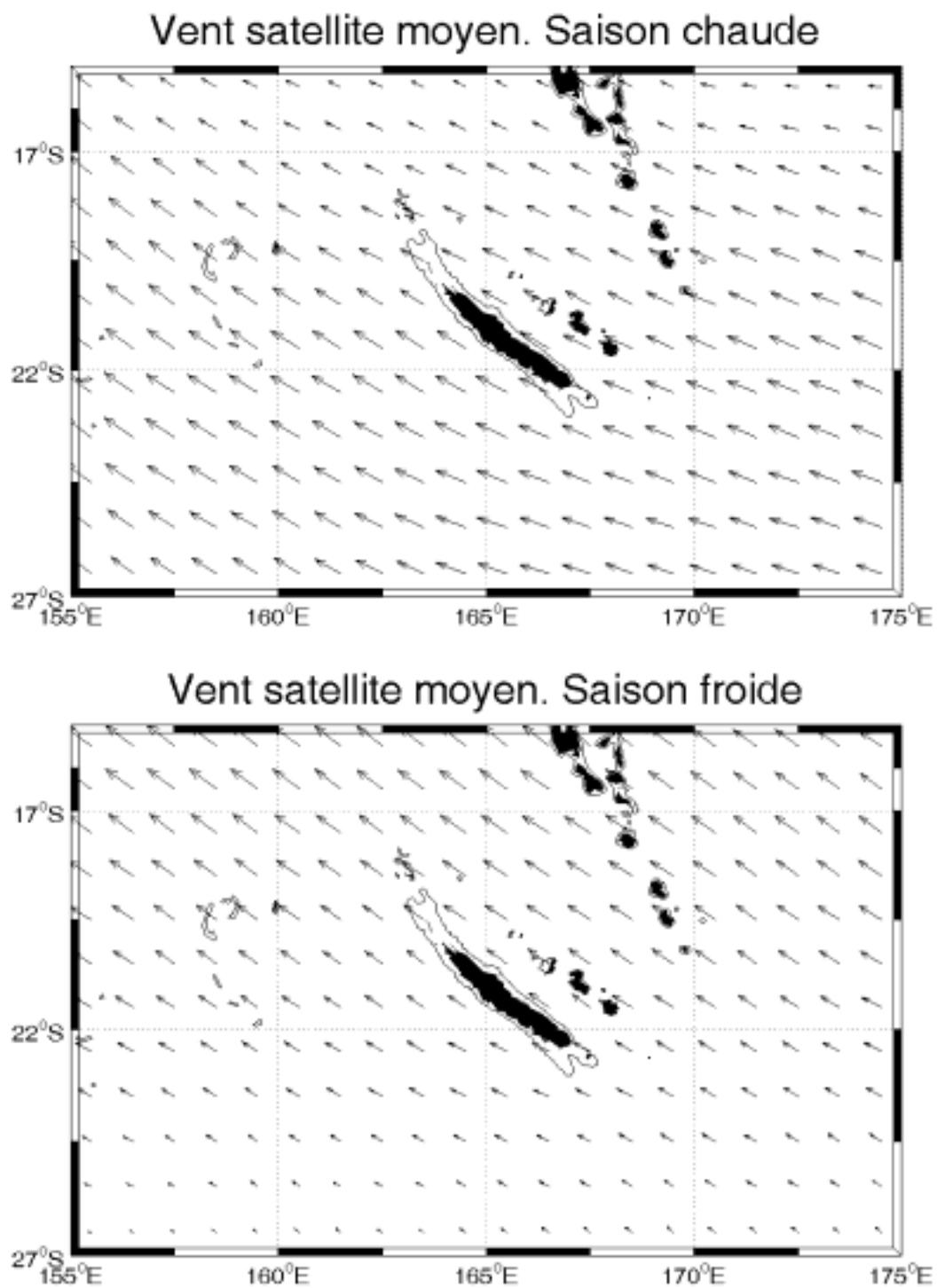


Figure 3 Vent moyen satellite (ERS) autour de la Nouvelle-Calédonie durant les saisons chaude (Janvier à mars) et froide (Juillet à septembre).

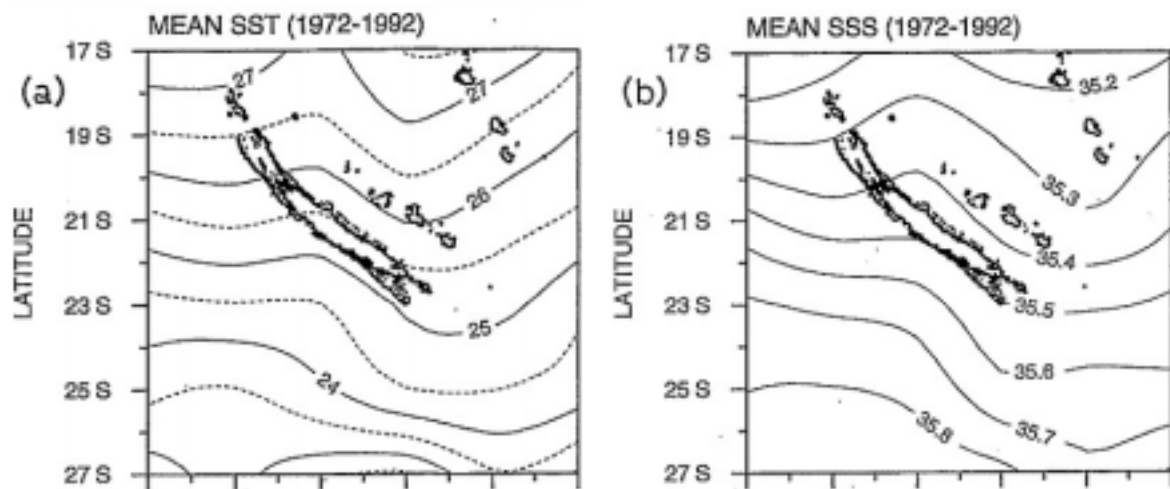


Figure 4 Température (a) et salinité (b) de surface moyenne (1972-1992) estimée à partir de mesures de XBT autour de la Nouvelle-Calédonie (Delcroix et Lenormand, 1997).

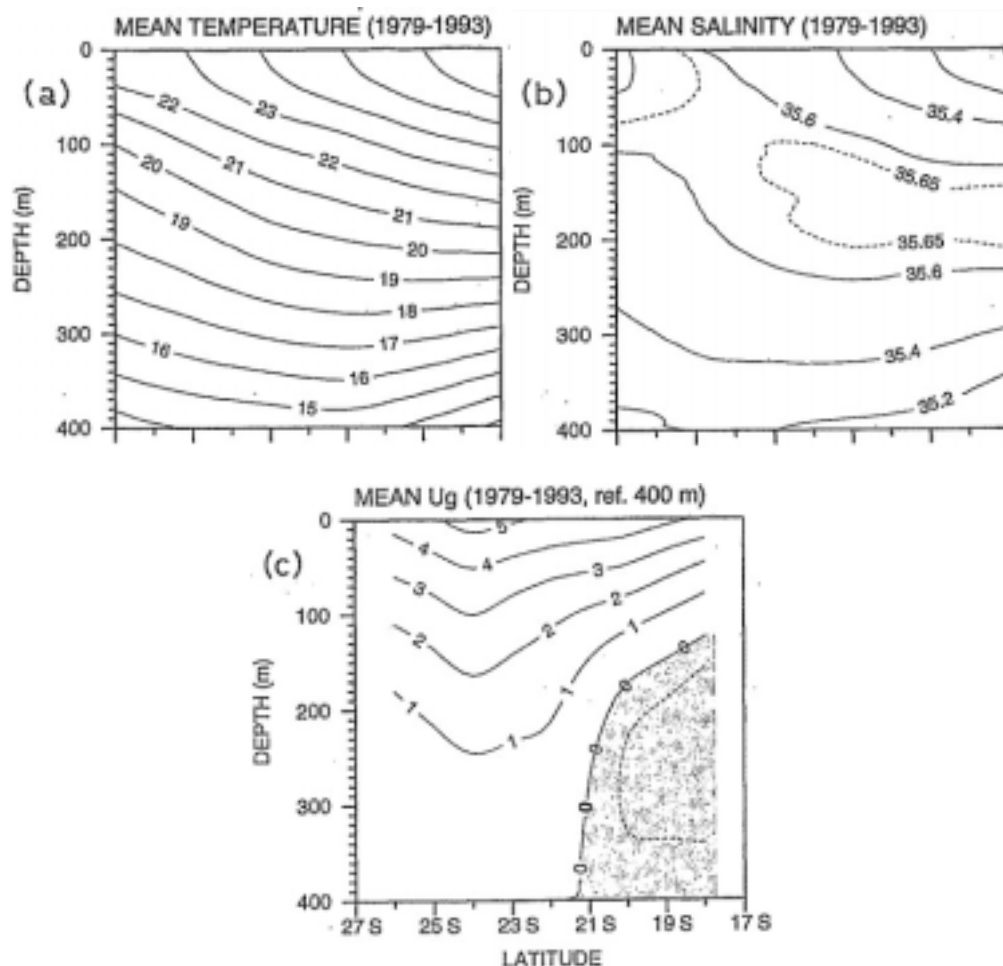


Figure 5 Sections méridiennes (moyenne 160°E à 170°E) de température (a), salinité (b) et courant zonal géostrophique (c) moyens (1979-1993), estimées à partir de mesures de XBT autour de la Nouvelle-Calédonie (Delcroix et Lenormand, 1997).

3. PREPARATION ET DEROULEMENT DES CAMPAGNES

Les principales difficultés de ce projet ont été associées au caractère expérimental de celui-ci : CoDyS constitue une première car c'est la première fois qu'un mouillage océanographique de longue durée est mis en place à l'extérieur du lagon de Nouvelle-Calédonie. Le budget accordé par divers organismes à ce projet fût relativement faible pour ce type d'expérience, ce qui nous a menés à remettre en état du matériel déjà utilisé auparavant et à réaliser un design et une structure de mouillage conforme aux limitations budgétaires et au matériel disponible. Le mouillage mis à l'eau à quelques kilomètres à l'extérieur de la pointe Sud de la barrière Ouest (Fig. 6), était équipé de 3 courantomètres Aanderaa RCM-7, 7 capteurs de température RBR-TR, 2 largeurs acoustiques et d'un système de flottaison de plus de 700 kg (Fig. 7). Lors de la mise à l'eau du mouillage, 19 stations hydrographiques ont été réalisées (Fig. 6), permettant de mesurer entre la surface et 200 m les sels nutritifs, le phytoplancton et le zooplancton, la température et la salinité et de nombreux autres paramètres (voir *résultats du mouillage*).

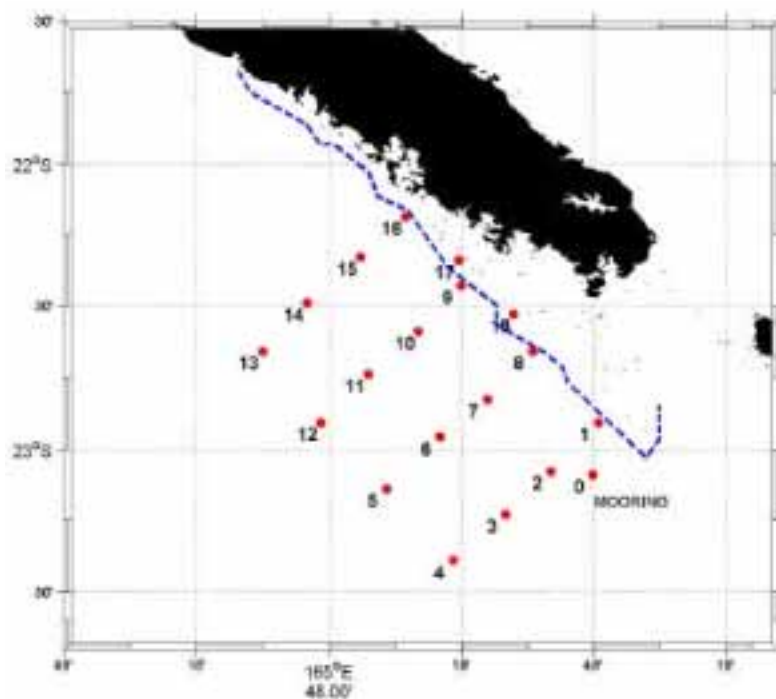


Figure 6. Localisation des stations océanographiques réalisées lors de la mise à l'eau du mouillage (campagne EMERLIS, décembre 2005) et emplacement du mouillage (point 0).

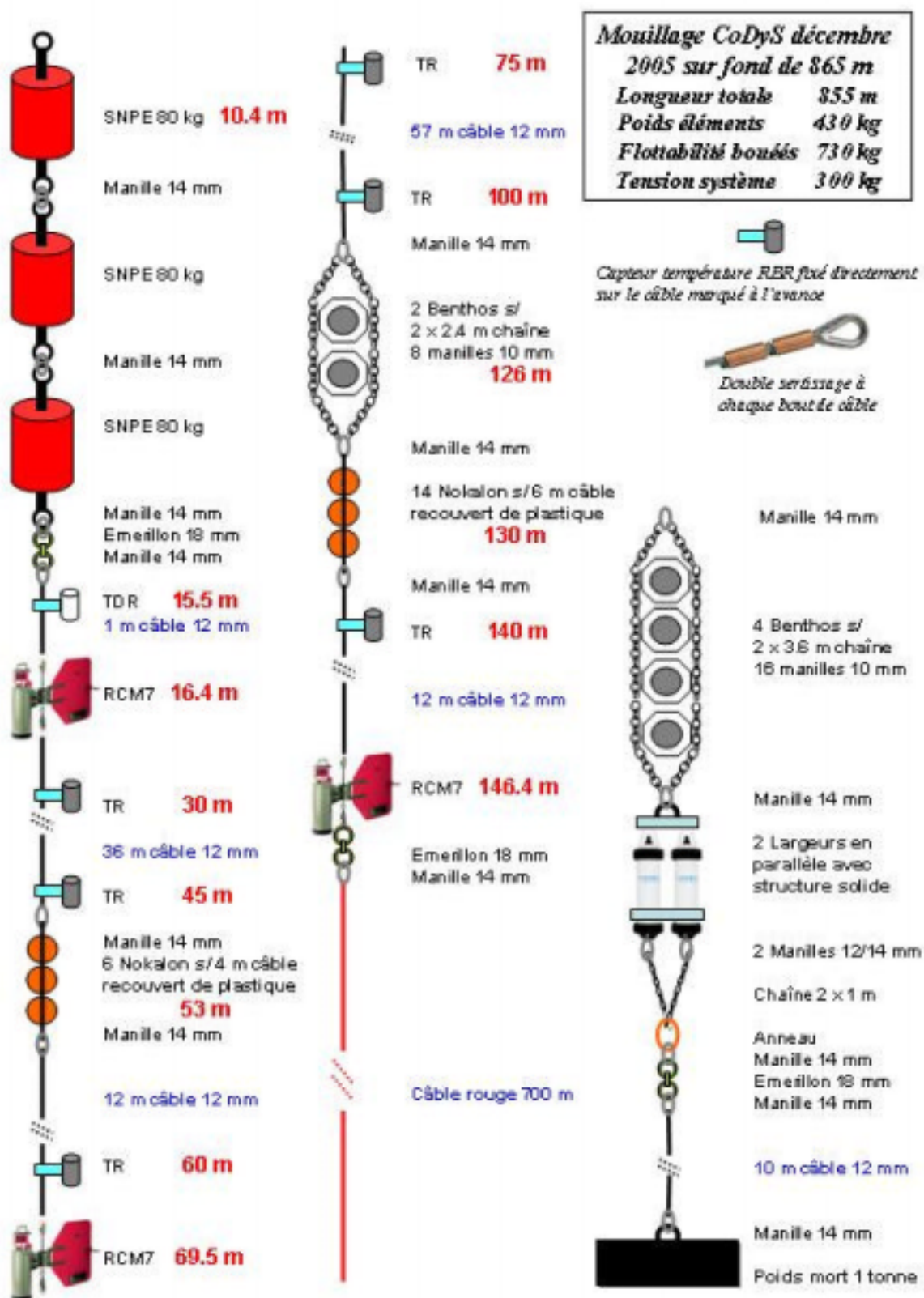


Figure 7. Schéma de la structure du mouillage CoDyS

Première campagne : échantillonnage hydrographique (EMERLIS) et mise à l'eau du mouillage (CoDyS). Décembre 2005.

Informations générales sur le déroulement de la campagne

Date de départ : 14 décembre 2005 Port de départ : Nouméa
Date d'arrivée : 17 décembre 2005 Port d'arrivée : Nouméa
Limites Nord : 22° S Sud : 23°30' S Ouest : 165°30' E Est : 167° E

Objectifs de la campagne Etude des conditions physiques et biogéochimiques de la côte sud-ouest de Nouvelle-Calédonie (à l'extérieur du lagon). Mise en place d'un mouillage sur 800 m de fond équipé de courantomètres et capteurs de température entre la surface et 200 m de profondeur.

Organisme Maître d'œuvre : IRD / LEGOS

Equipe scientifique

Chef de mission : Andres Vega, IRD UR065 Nouméa, physique
David Varillon, IRD US025 Nouméa, électronique
Martine Rodier, IRD UR167 Nouméa, chimie
Christophe Maes, IRD UR065 Nouméa, physique
Robert Leborgne, IRD UR103 Nouméa, biologie
Alain Lapetite, IRD UR103 Nouméa, biogéochimie

Travaux effectués en mer

19 stations océanographiques effectuées entre 0 et 200 m (**figure 1**).

Le travail en station comprend des profils CTD-O2 et de L-ADCP et des prélèvements pour les mesures des paramètres chimiques avec une rosette 12 bouteilles. Les paramètres mesurés sont présentés à continuation. Un prélèvement avec un filet à plancton a été réalisé à chaque station.

Paramètre	Responsable
Pigments phytoplanctonique	M. Rodier
Phytoplancton	M. Rodier
Zooplancton	R. Leborgne
Mesures biochimiques (CO ₂ , O ₂)	M. Rodier
Fluorométrie, transmissiométrie	M. Rodier, A. Vega
Mouillage	A. Vega
Courants déduits de la navigation	A. Vega
Bathythermographe	D. Varillon
Rosette	A. Vega, D. Varillon
Phosphates, Nitrites, Nitrates, Silicates	M. Rodier

Les enregistrements en continu pendant le trajet comprennent la température et salinité par thermosalinographe et les conditions météorologiques de surface.

Mise en place d'un mouillage sur 800 m de fond équipé de courantomètres et capteurs de température sur les premiers 200 m (**figure 2**).

Remarques sur le déroulement de la campagne : Pas de difficultés particulières

Deuxième campagne : récupération du mouillage (CoDyS). Avril 2006.

Informations générales sur le déroulement de la campagne

Date de départ : 9 avril 2006

Port de départ : Nouméa

Date d'arrivée : 9 avril 2006

Port d'arrivée : Nouméa

Objectifs de la campagne Etude des conditions physiques et biogéochimiques de la côte sud-ouest de Nouvelle-Calédonie (à l'extérieur du lagon). Récupération d'un mouillage sur 800 m de fond équipé de courantomètres et capteurs de température entre la surface et 200 m de profondeur.

Organisme Maître d'œuvre : IRD / LEGOS

Equipe scientifique

Chef de mission : Andres Vega, IRD UR065 Nouméa, physique

David Varillon, IRD US025 Nouméa, électronique

Travaux effectués en mer

Récupération d'un mouillage sur 800 m de fond équipé de courantomètres et capteurs de température sur les premiers 200 m (**figures 1, 2**).

Remarques sur le déroulement de la campagne

La continuation de la campagne EMERLIS de décembre 2005 devait se réaliser durant cette mission (19 stations hydrographiques, filet de plancton et relevage du mouillage). Suite à des conflits sociaux (grève de l'équipage de l'Alis) la mission n'a pas pu se réaliser comme prévu. Grâce à la bonne volonté du capitaine de l'Alis et son équipage nous avons pu réaliser une sortie « d'opportunité » pour récupérer le mouillage avant la saturation des mémoires des instruments.

Tous les instruments du mouillage ont correctement fonctionnés.

Photographies première campagne (mise à l'eau décembre 2005)



Photographies deuxième campagne (récupération avril 2006)



4. RESULTATS DE LA CAMPAGNE

L'objet de ce rapport est de présenter le déroulement des campagnes et une partie des données acquises. L'analyse approfondie de l'information (et les respectives publications internationales) est actuellement en cours. L'information concernant les variables planctoniques a été publiée dans un rapport de stage (Soul et Leborgne, 2006) qui se trouve en annexe. Les données physiques (Mouillage, CTD, Modèle numérique, etc.) sont également présentées dans un site Web (<http://www.ird.nc/UR65/Vega/UpwellingPage>).

Campagne océanographique EMERLIS (décembre 2005)

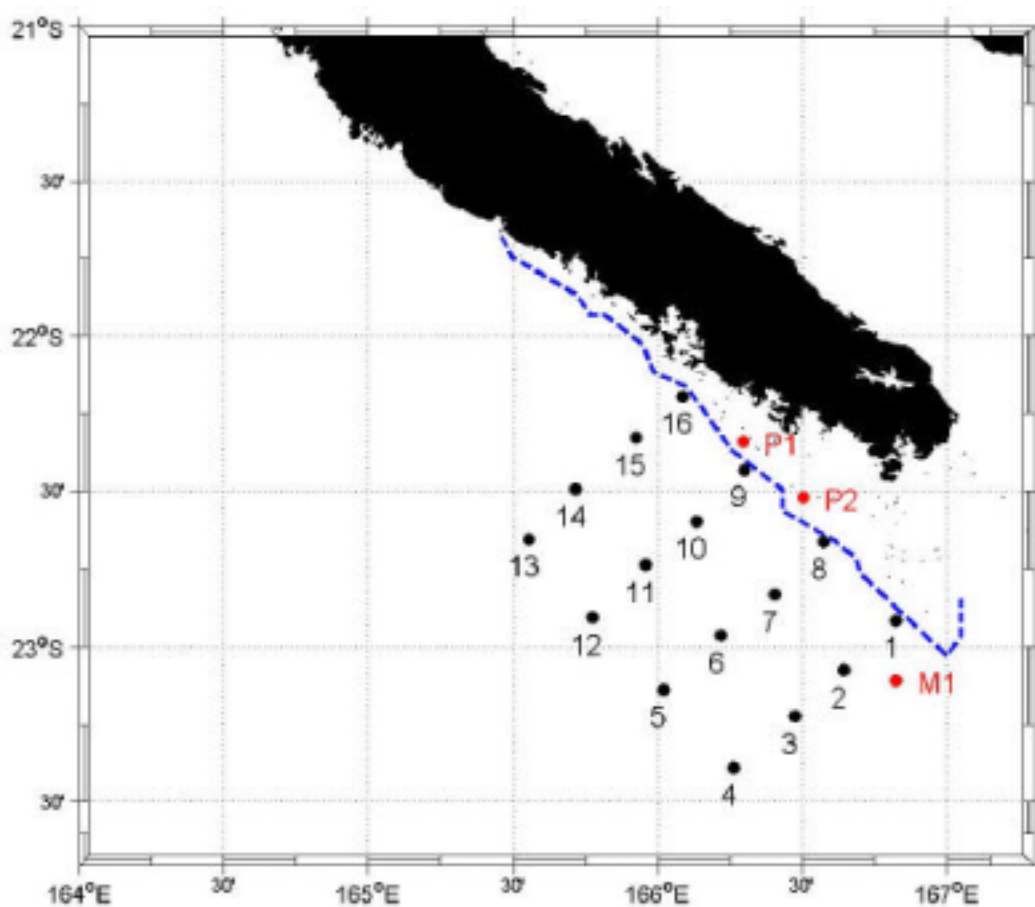


Figure 8. Position des stations océanographiques durant la campagne EMERLIS/CoDyS (décembre 2005). M1 correspond à la localisation du mouillage.

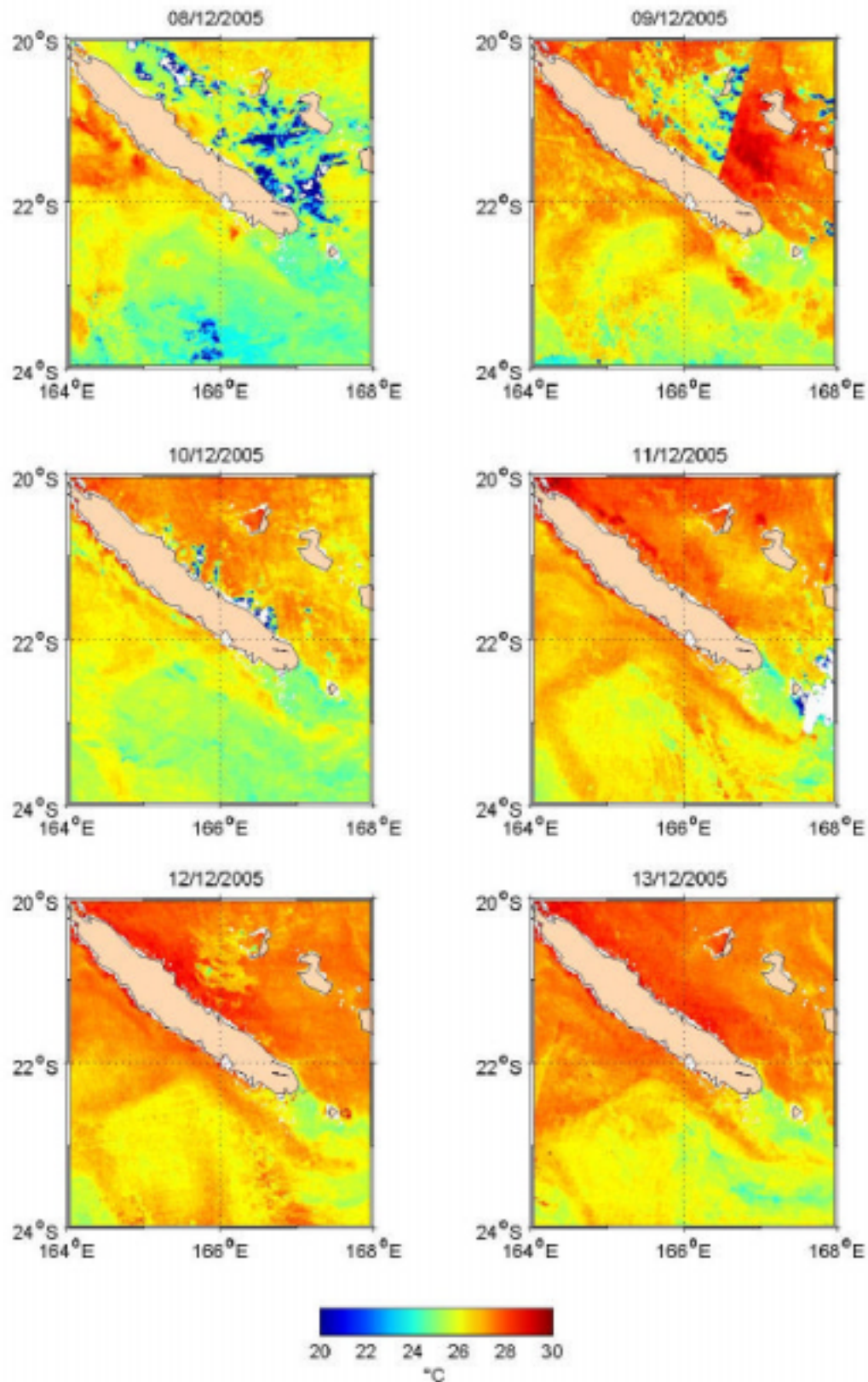


Figure 9. Images satellite de température en surface (SST AVHRR) durant le déroulement de la campagne EMERLIS. Les images indiquent des conditions d'absence d'upwelling durant la campagne. Toute la côte ouest se trouve sous influence des eaux chaudes provenant du Nord.

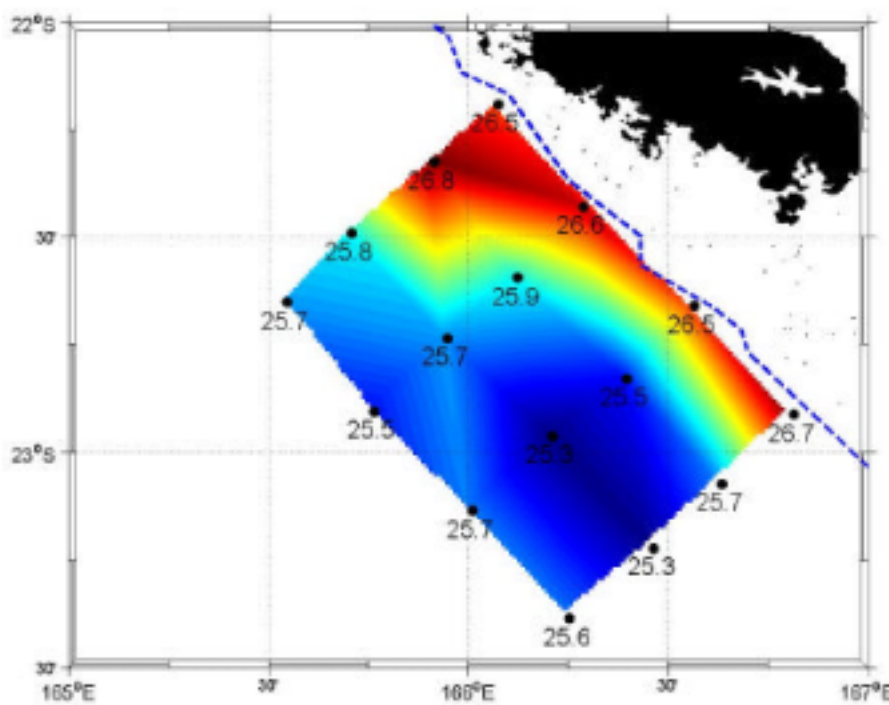


Figure 10. Température en surface (°C). On observe que les eaux plus chaudes provenant du Nord forment une bande étroite collée à la barrière, créant ainsi un important gradient thermique entre la côte et le large.

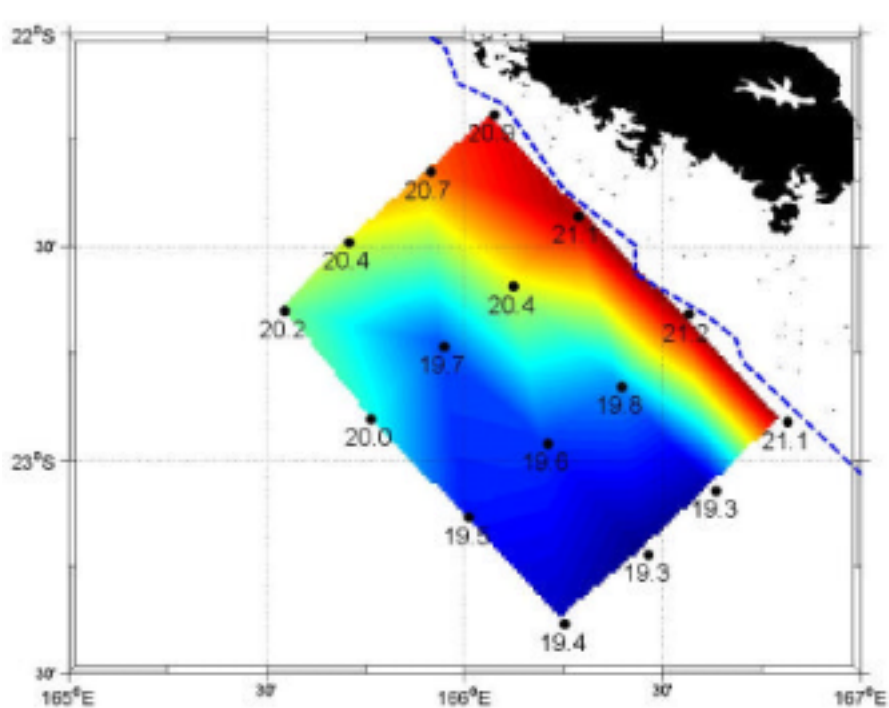


Figure 11. Température à 150 m de profondeur (°C). La distribution est similaire à celle observée en surface.

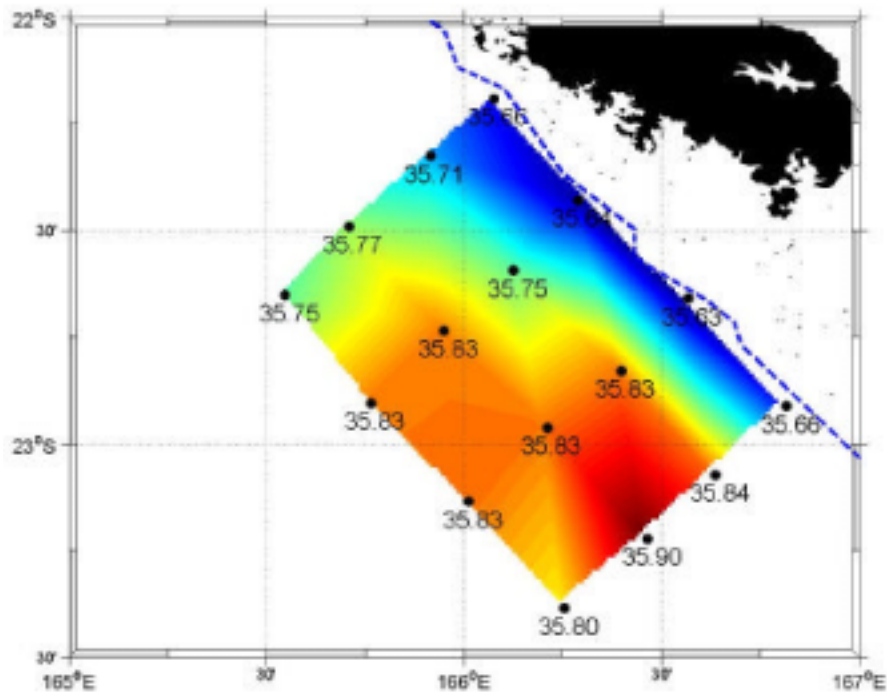


Figure 12. Salinité en surface (PSU). Des eaux peu salines, associées aux eaux chaudes provenant du Nord, forment une bande étroite le long de la pente externe de la barrière.

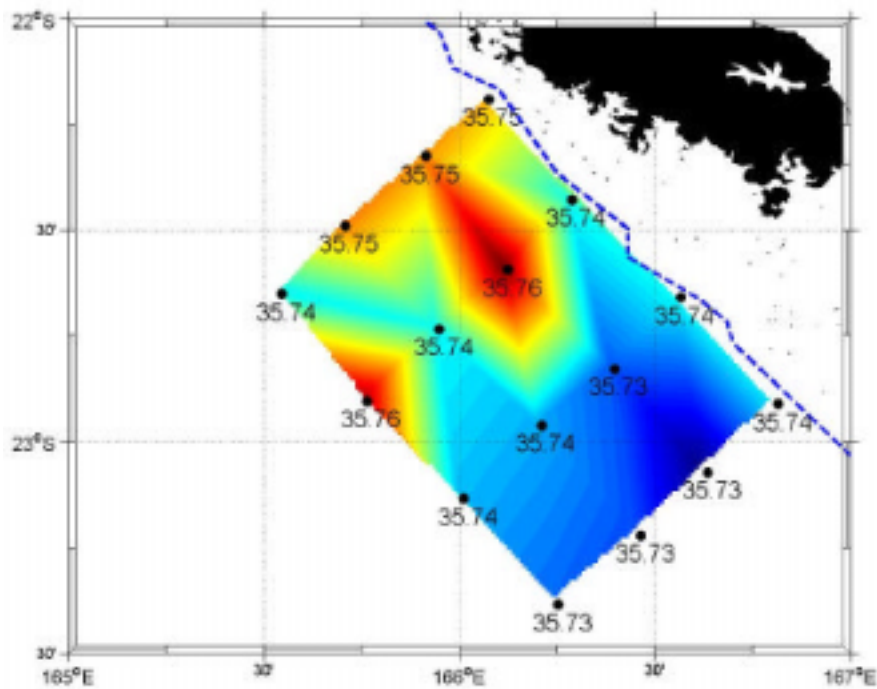


Figure 13. Salinité à 150 m de profondeur (PSU). La bande côtière peu saline semble disparaître, laissant place à une distribution plus hétérogène.

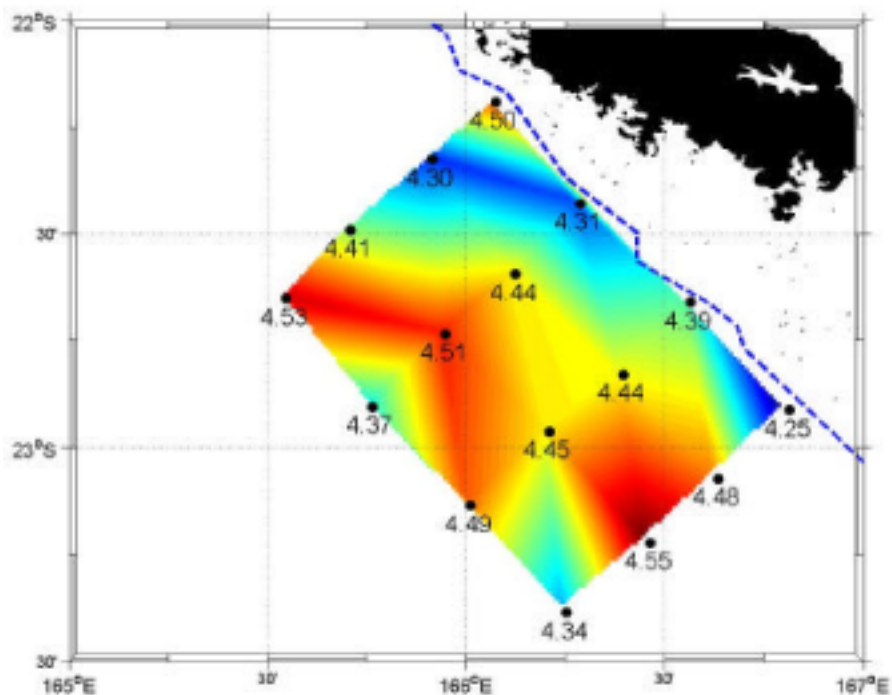


Figure 14. Oxygène dissous en surface (mg/l). Des eaux peu oxygénées, associées aux eaux chaudes et peu salines provenant du Nord, forment une bande étroite le long de la pente externe de la barrière.

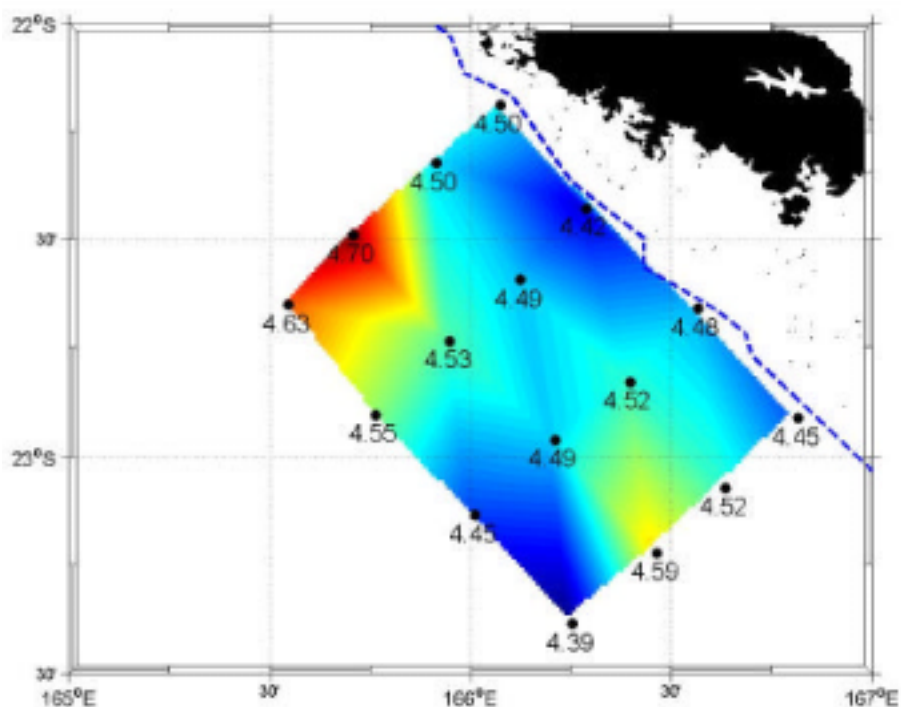


Figure 15. Oxygène dissous à 150 m de profondeur (mg/l). Le contraste entre le faible contenu en oxygène des eaux côtières et le contenu plus élevé au large disparaît. Situation similaire à celle observée dans la distribution de salinité à 150 m.

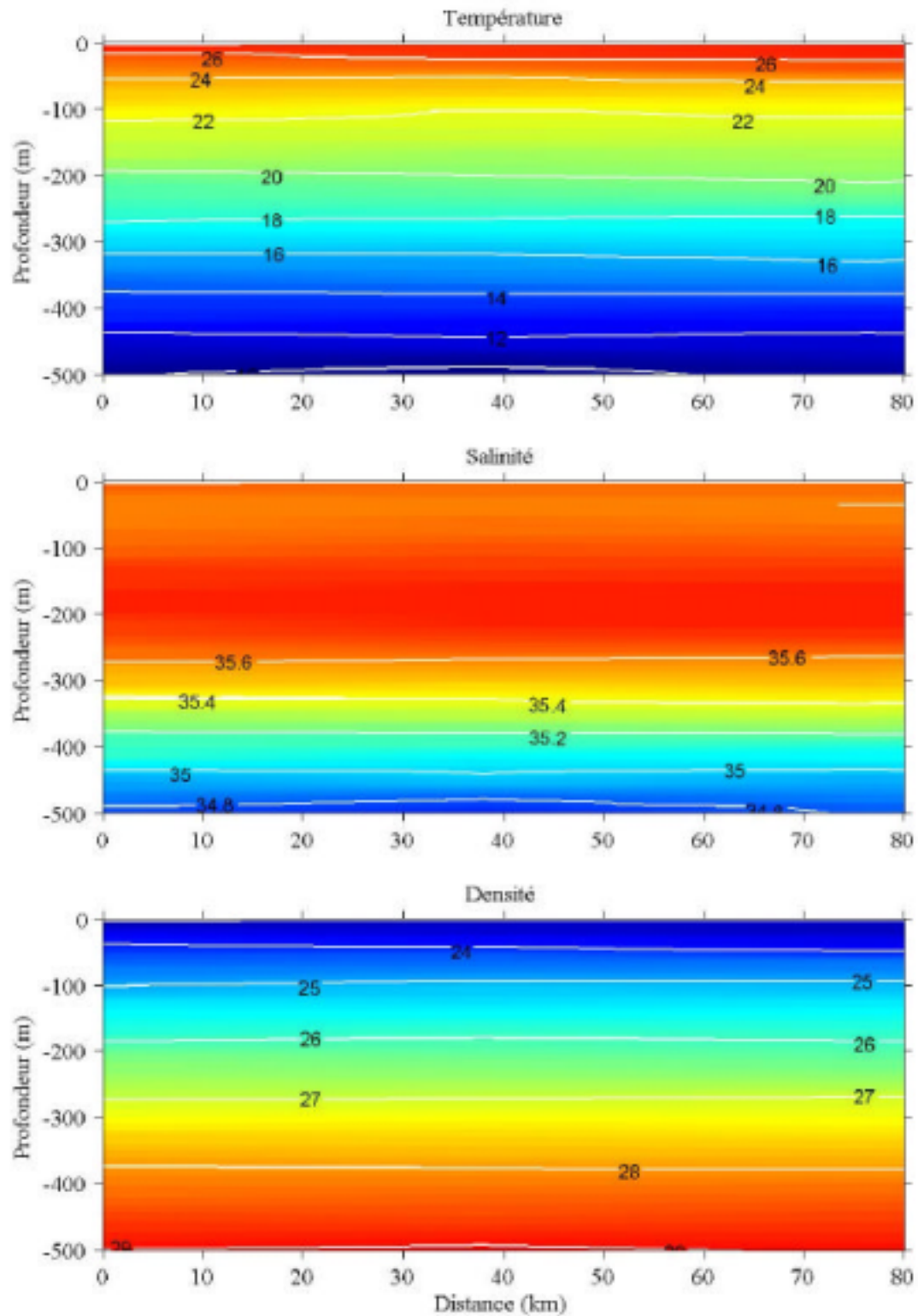


Figure 16. Sections parallèles à la côte (barrière récifale) de température, salinité et densité correspondantes aux stations 1, 8, 9 et 16. La thermocline saisonnière se trouve à moins de 50 m de la surface. Ces sections représentent les conditions à la côte.

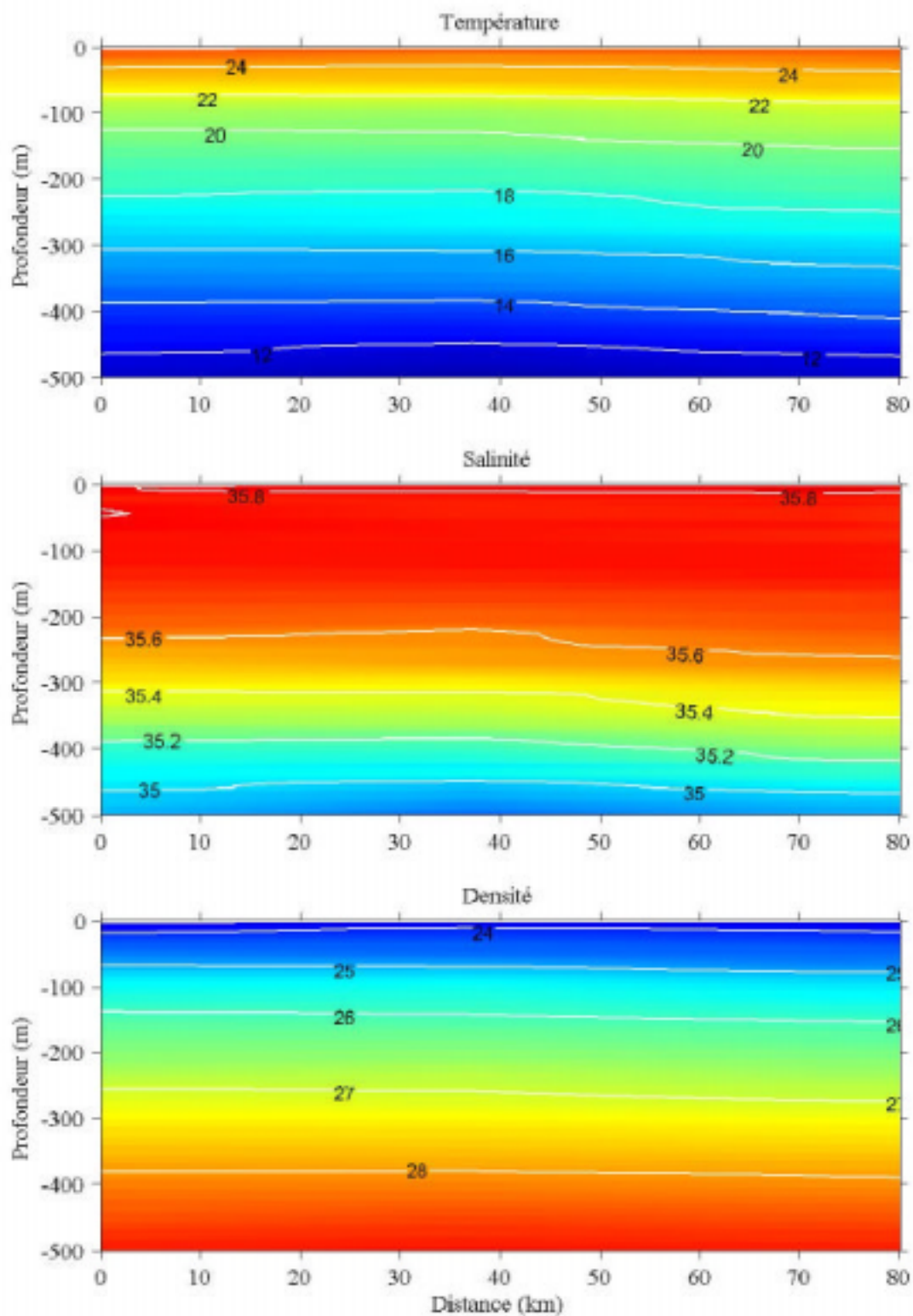


Figure 17. Sections parallèles à la côte (barrière récifale) de température, salinité et densité correspondantes aux stations 4, 5, 12 et 13. Ces sections représentent les conditions au large.

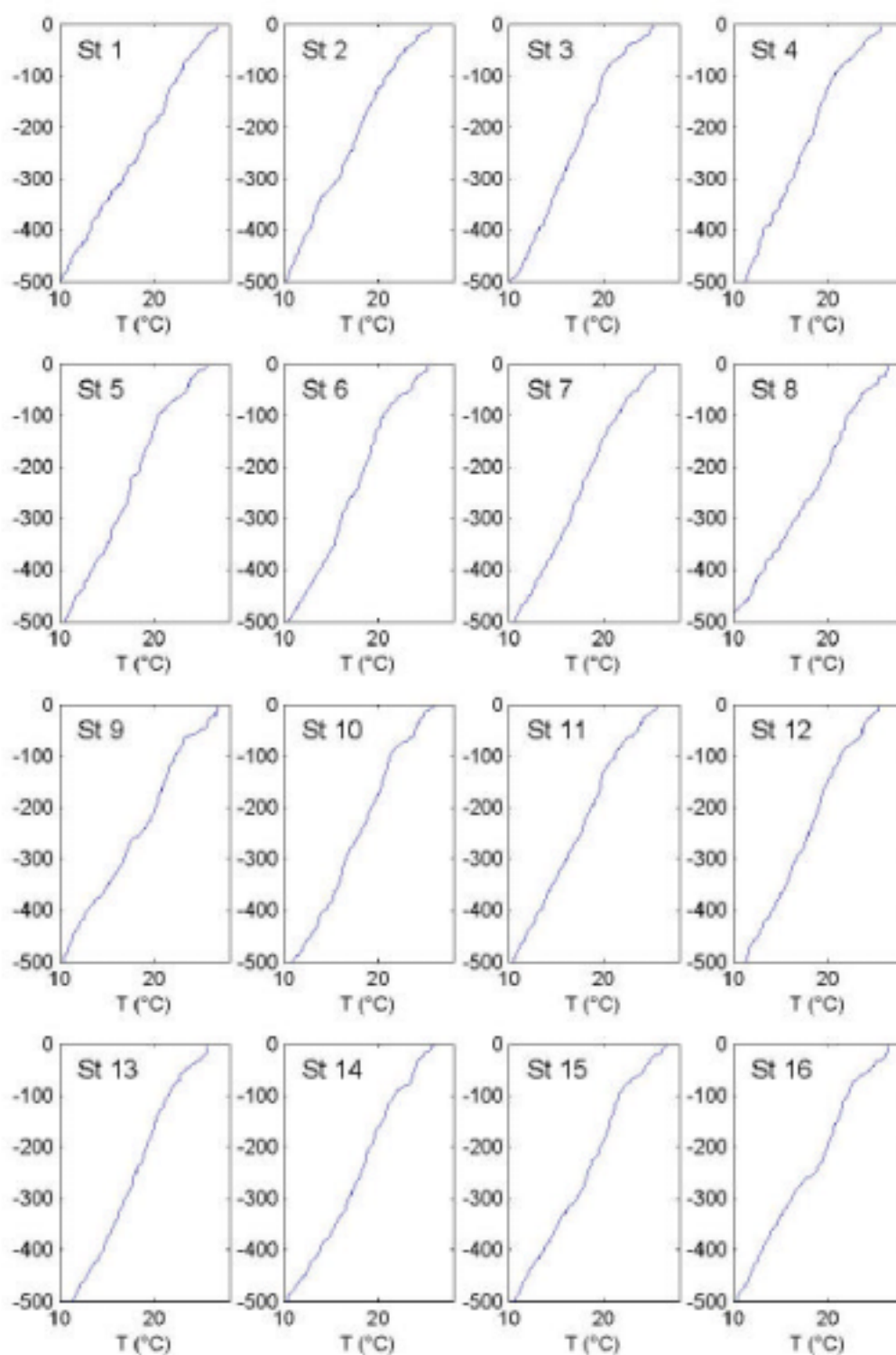


Figure 18. Profils de température CTD pour les stations 1 à 16.

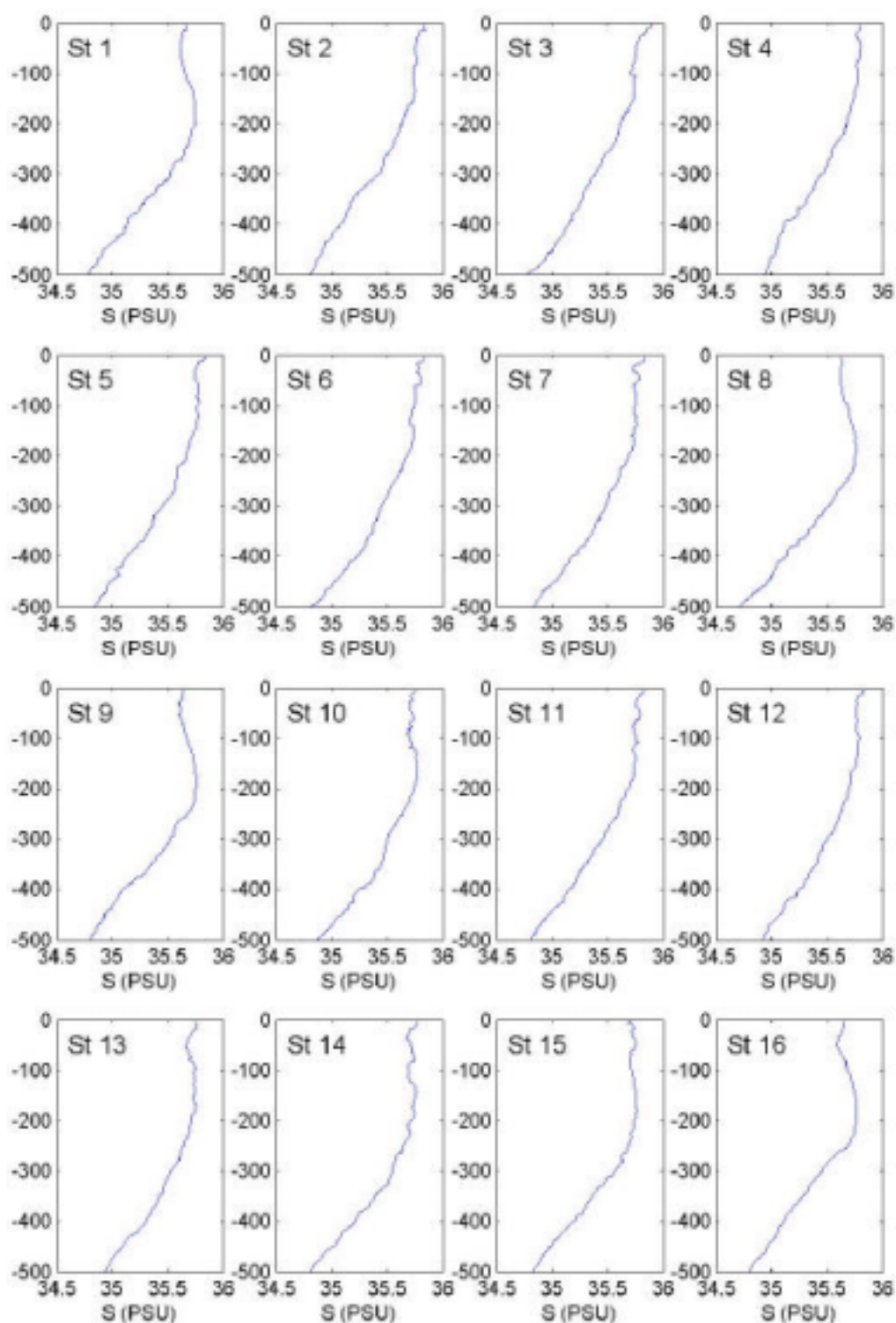


Figure 19. Profils de salinité CTD pour les stations 1 à 16.

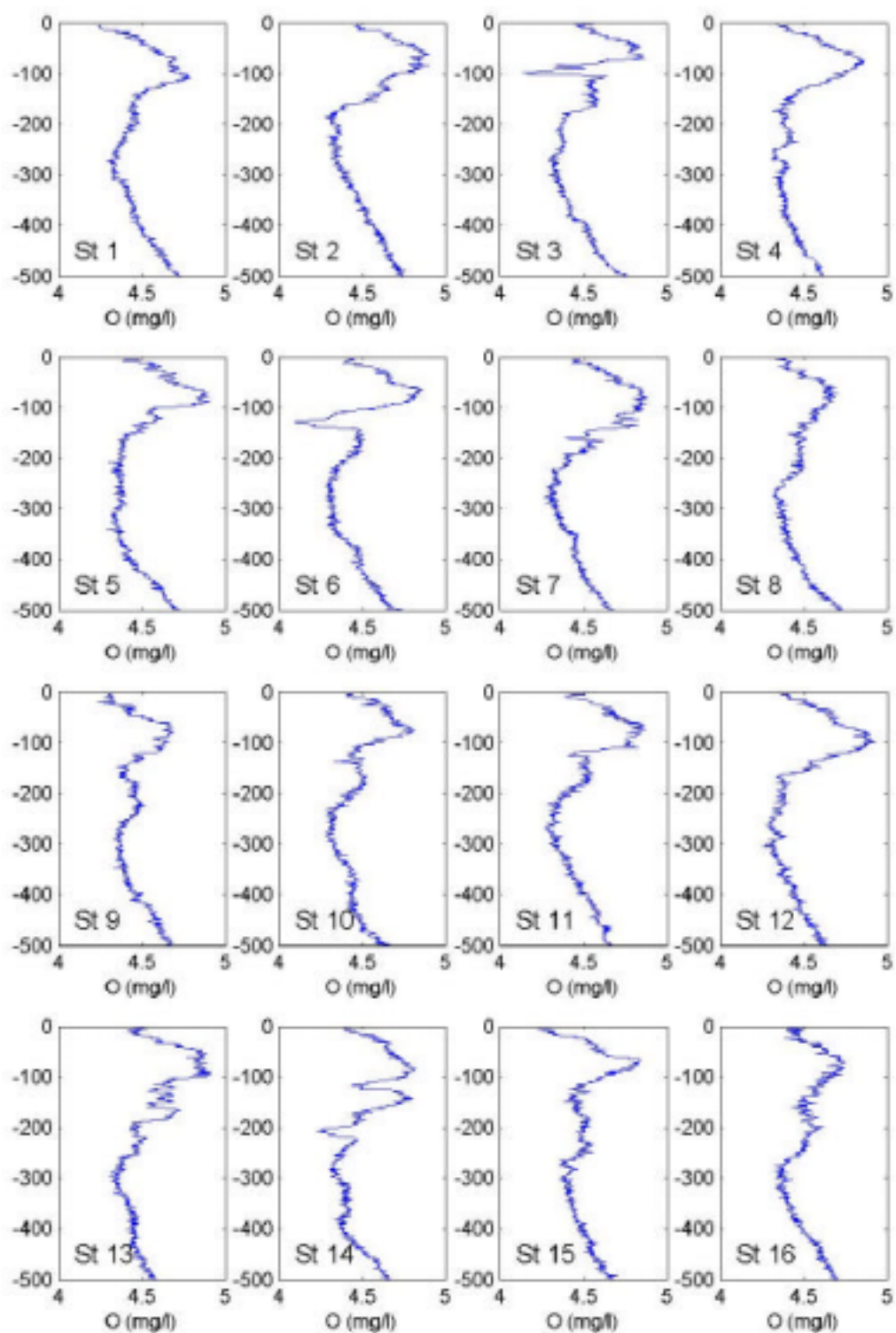


Figure 20. Profils d'oxygène dissous CTD pour les stations 1 à 16.

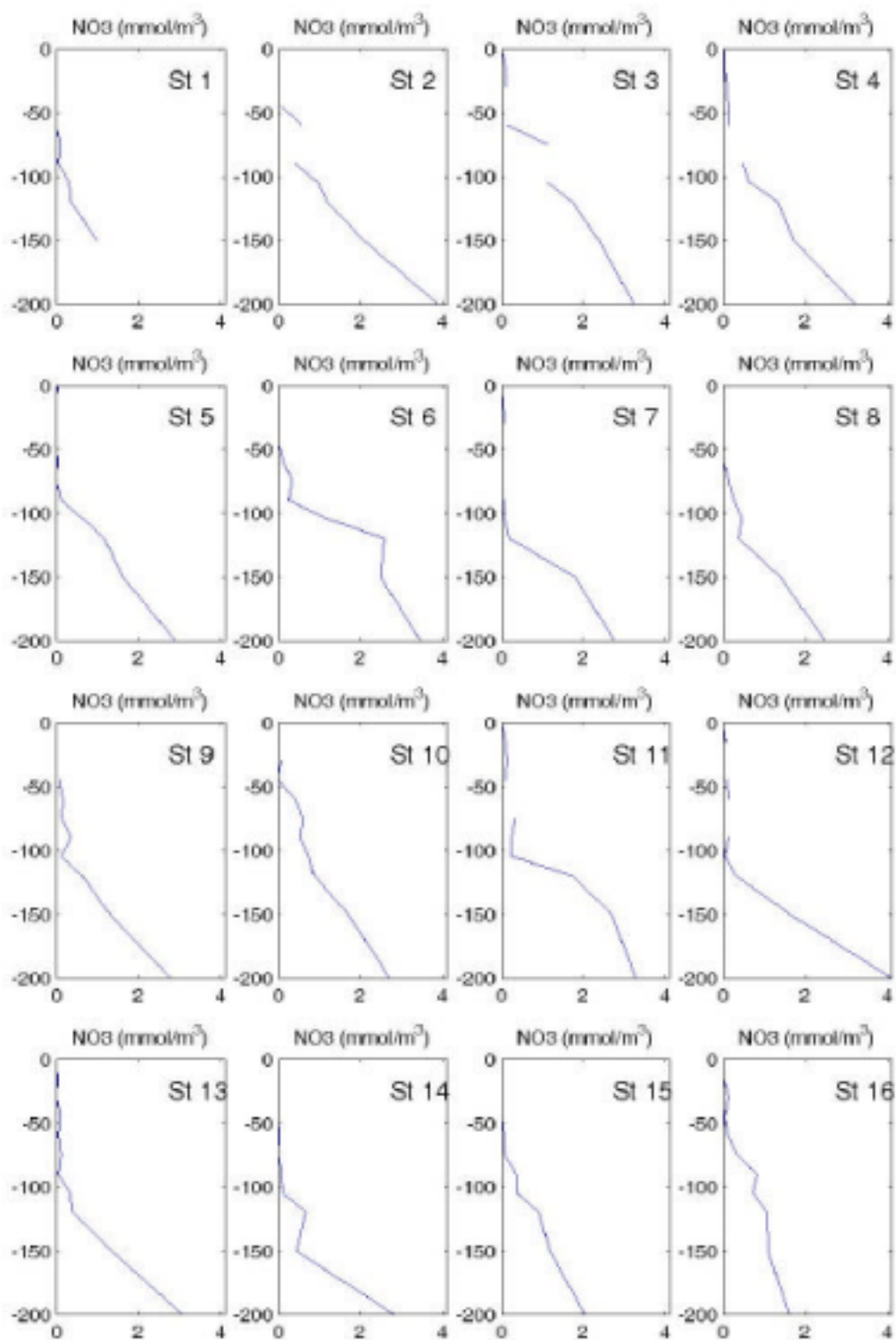


Figure 21. Profils de nitrate bouteille pour les stations 1 à 16.

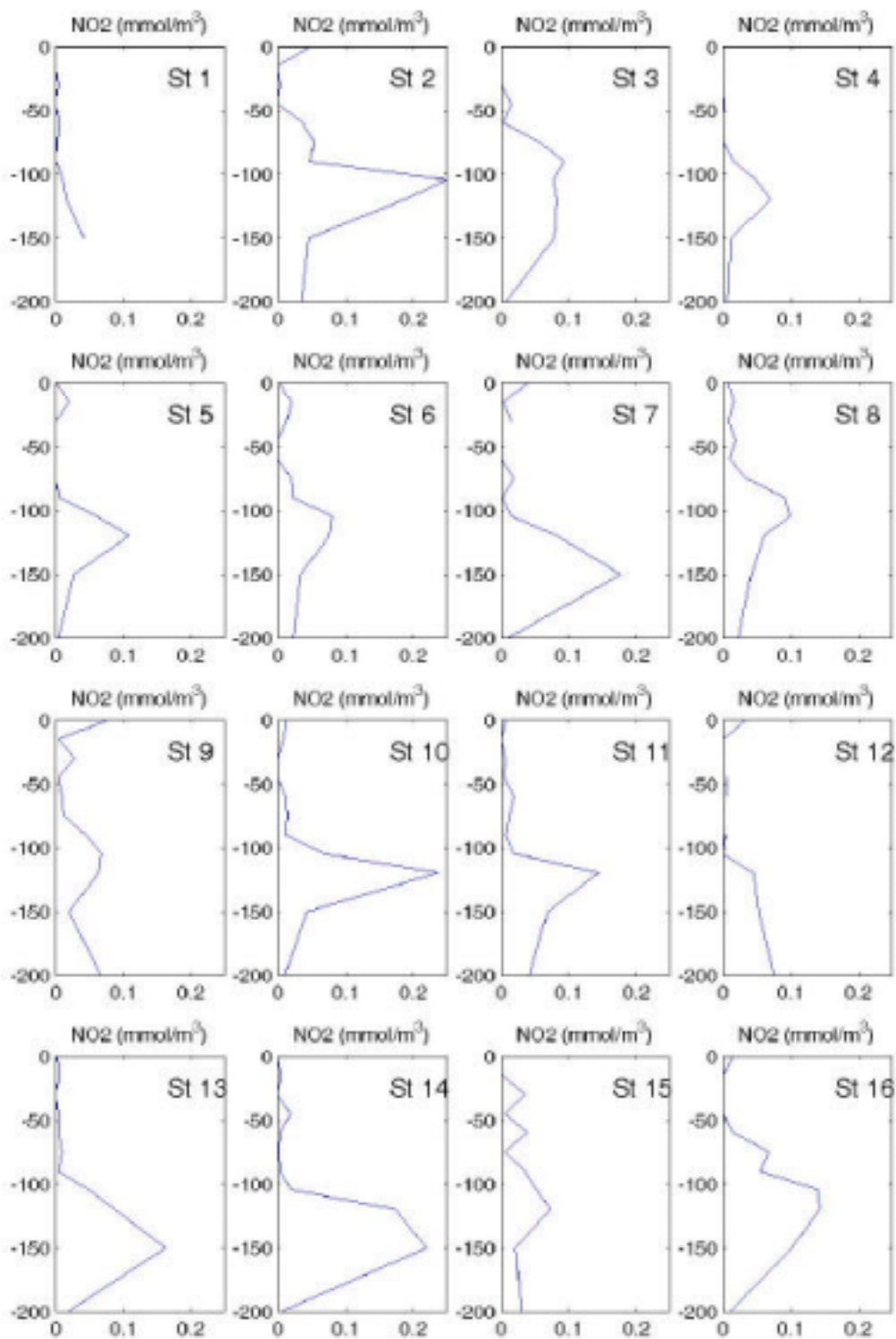


Figure 22. Profils de nitrite bouteille pour les stations 1 à 16.

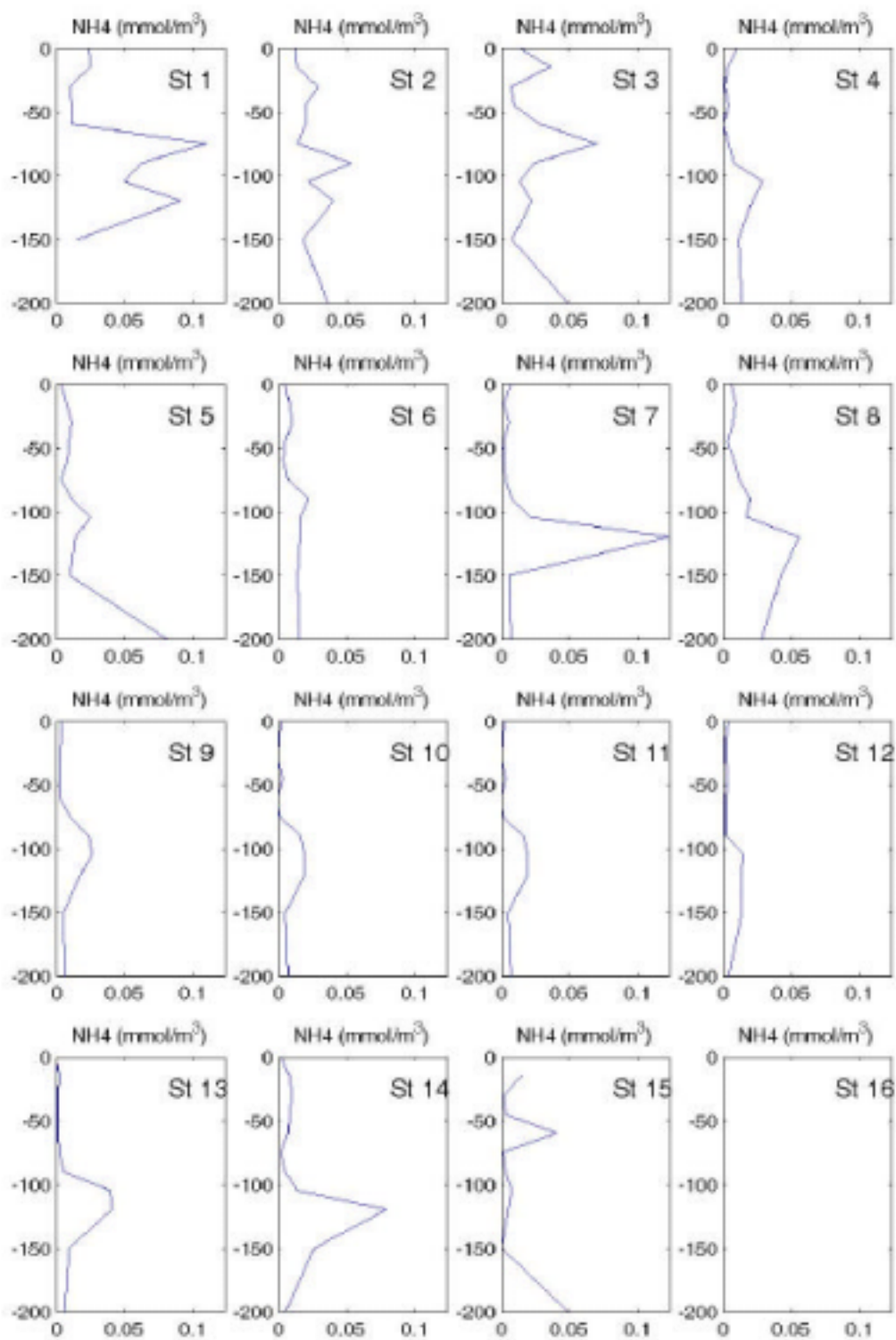


Figure 23. Profils d'ammonium bouteille pour les stations 1 à 16.

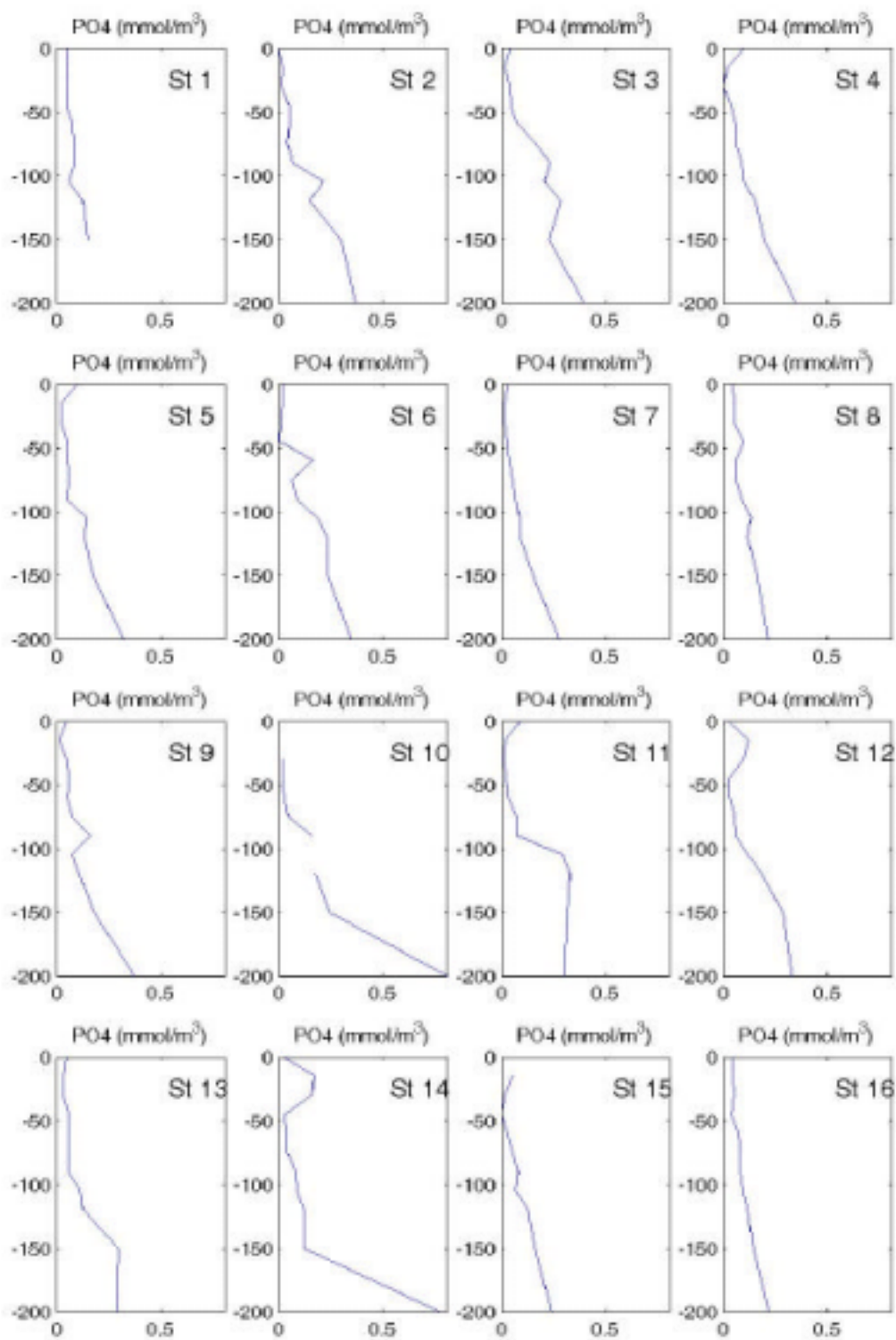


Figure 24. Profils de phosphate bouteille pour les stations 1 à 16.

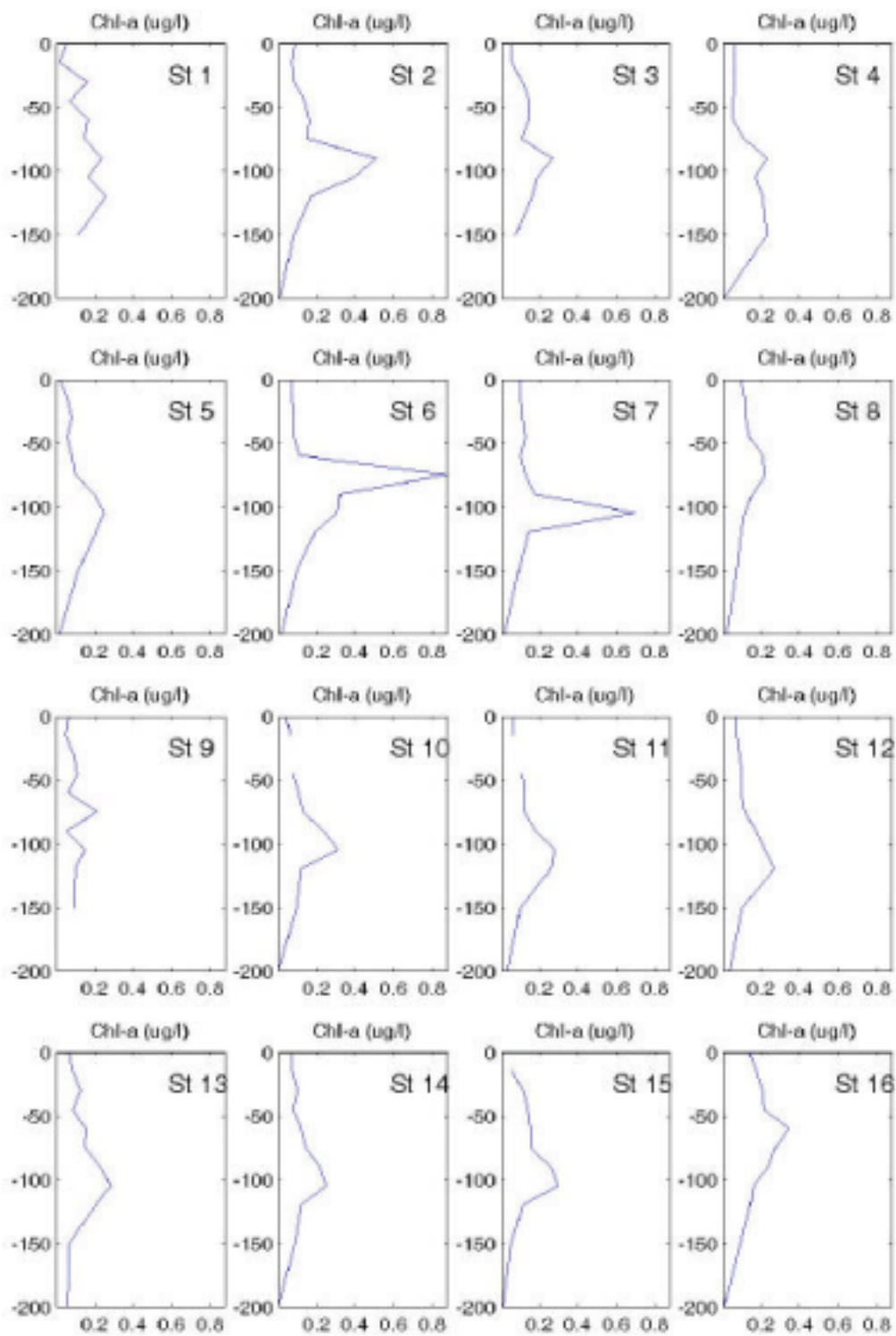


Figure 25. Profils de chlorophylle-a bouteille pour les stations 1 à 16.

Mouillage côtier courants et température dans la couche supérieure (CoDyS, décembre 2005 à avril 2006).

Le mouillage CoDyS a été élaboré pour mesurer les variations de courant et de température le long de la barrière et étudier l'effet du vent sur la circulation. Le mouillage, posé sur 850 m de fond (Fig. 8), était équipé de 3 courantomètres Aanderaa placés à 30 m, 85 m et 160 m de profondeur et de 7 capteurs de température de haute précision (Fig. 7). A cause des limitations budgétaires nous avons opté pour un système de flottaison supérieur en sub-surface, ce qui induit des erreurs de mesure suite à l'inclinaison de la ligne par les courants. Pour cette raison le haut du mouillage fût équipé d'un capteur de pression permettant de calculer l'inclinaison et ainsi déduire la profondeur réelle des instruments. Tout l'équipement a bien fonctionné et la structure a bien résisté aux conditions hauturières. Nous avons collecté 4 mois de données de bonne qualité entre le 14 décembre 2005 et le 9 avril 2006, période correspondante à l'occurrence des événements d'upwelling. Bien qu'a priori expérimental, le succès de cette première expérience nous a incité à présenter de nouveaux projets pour poser des mouillages de longue durée (plus d'un an) autour de la Nouvelle-Calédonie. Le développement croissant de la modélisation régionale de haute-résolution requiert de séries temporelles de courant et température pour valider et compléter les résultats des modèles. L'imagerie satellite permet d'obtenir l'information de surface et les mouillages nous donnent les variations en profondeur.

Les figures présentées à continuation montrent la circulation dominante, c'est-à-dire les courants qui coulent parallèles à la pente externe de la barrière (alongshore), et les variations de température avec la profondeur. L'angle de variance maximale, présenté dans quelques figures, indique le sens (par rapport au Nord) où l'énergie est maximale et correspond à la ligne de côte.

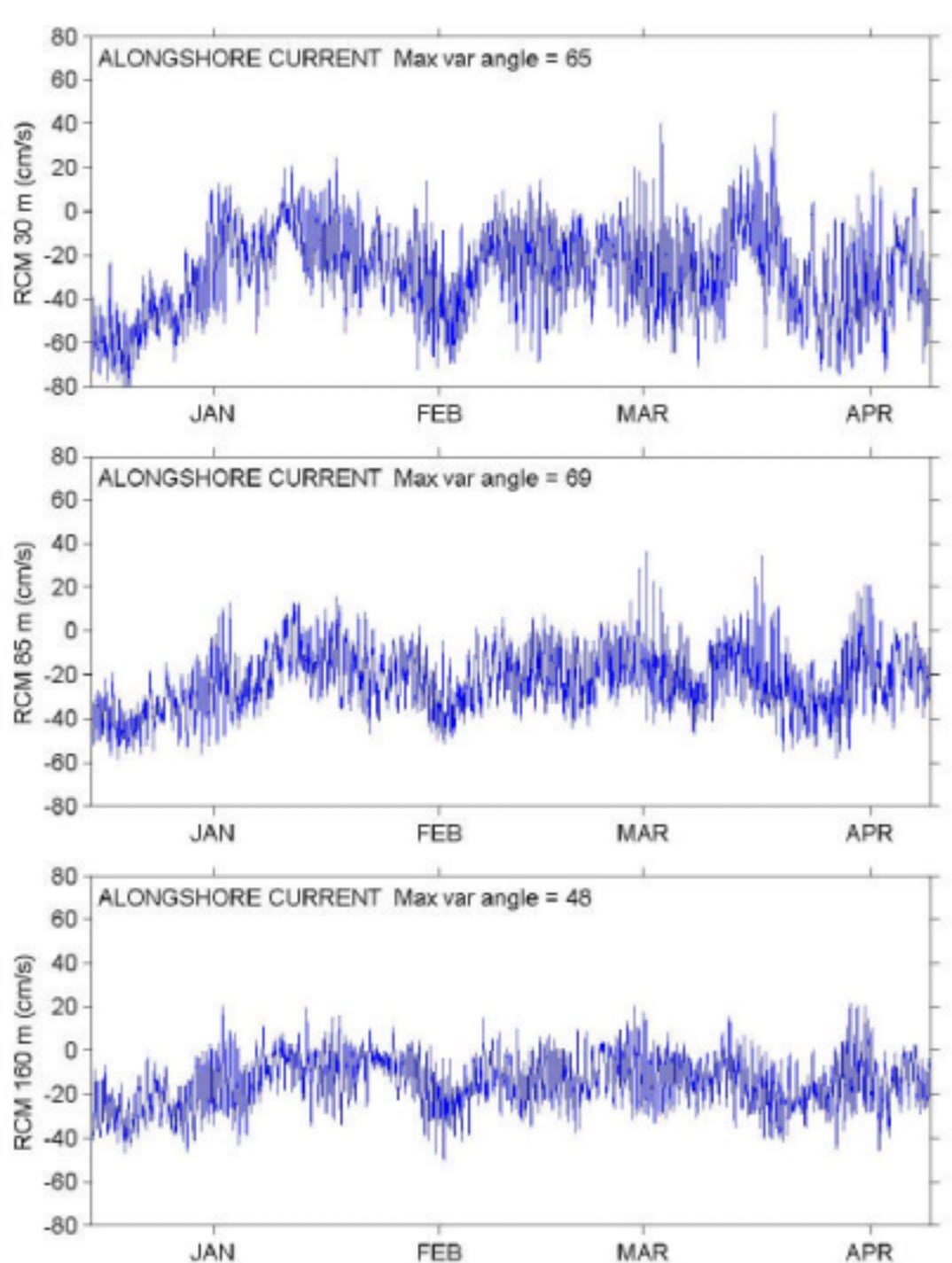


Figure 21. Séries temporelles brutes (non filtrées) des courants parallèles à la ligne de côte à 30 m, 85 m et 160 m de profondeur. Les courants s'affaiblissent avec la profondeur mais il semble que la variabilité observée proche à la surface se propage en profondeur. Les courants se propagent vers le Sud-est, à l'opposé du vent dominant, les alizés. Les intensités maximales sont proches à 0.8 m/s à 30 m et de l'ordre de 0.4 m/s à 160 m.

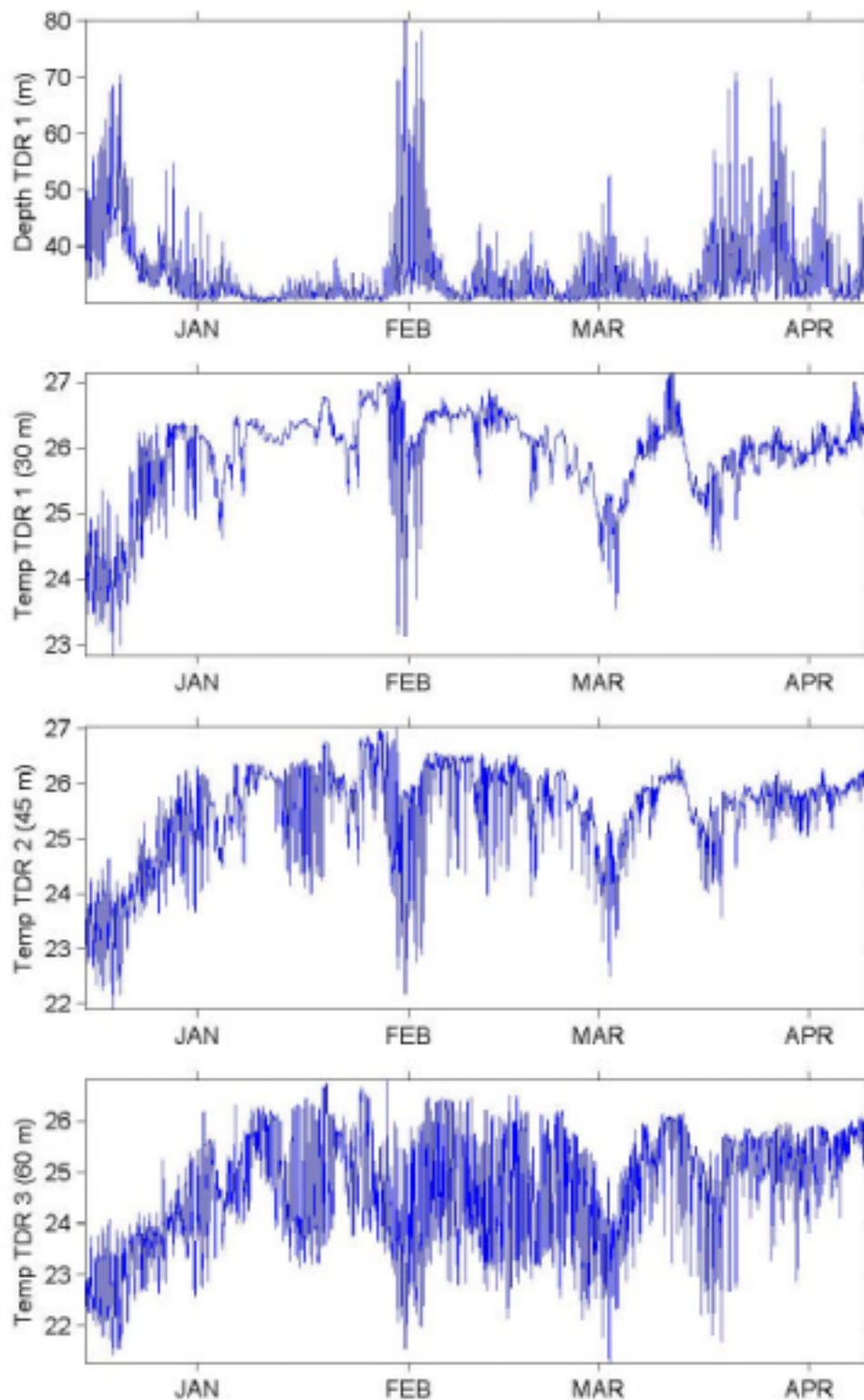


Figure 27. Séries temporelles brutes (non filtrées) de la pression à 30 m et des températures à 30 m, 45 m et 60 m de profondeur. On observe des violentes variations de pression avec des submersions de la ligne qui peuvent atteindre 80 m. Ces submersions, associées à des chutes de température de plusieurs degrés, sont causées par l'intensification des courants de la couche supérieure.

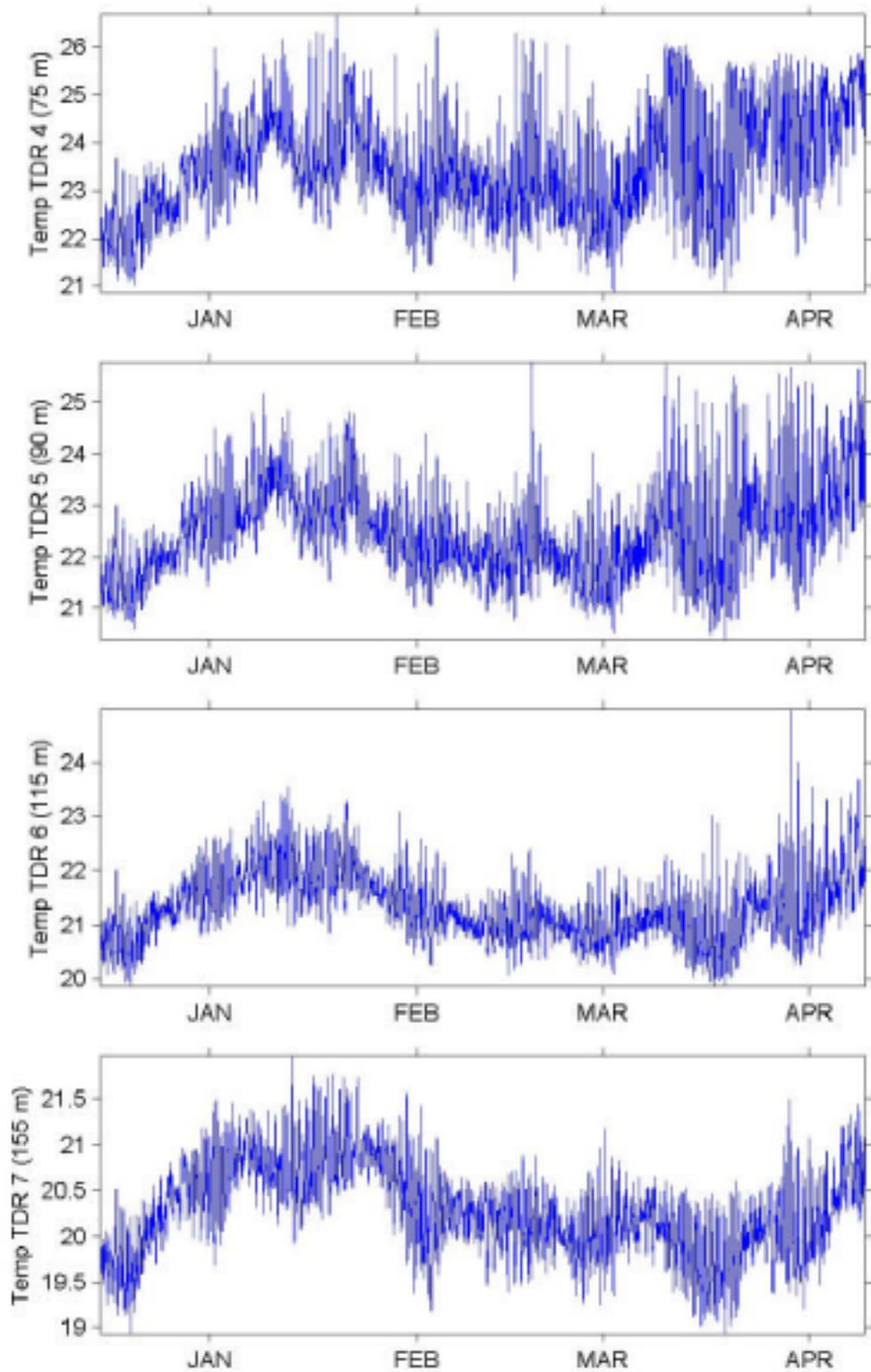


Figure 28. Séries temporelles brutes (non filtrées) des températures à 75 m, 90 m, 115 m et 155 m de profondeur. L'amplitude des variations thermiques diminue avec la profondeur.

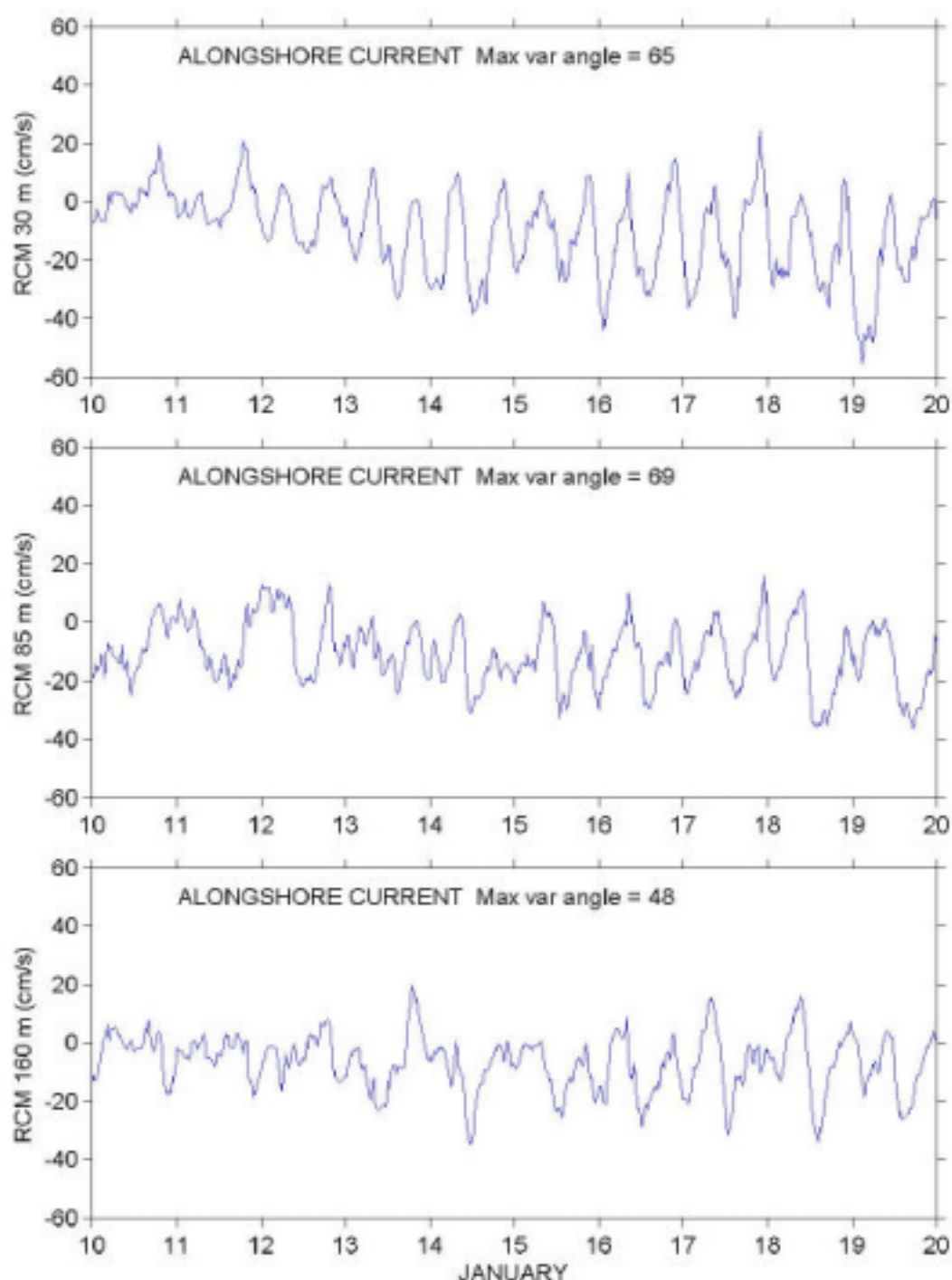


Figure 29. Séries temporelles brutes (non filtrées) des courants parallèles à la ligne de côte à 30 m, 85 m et 160 m de profondeur entre le 10 et le 20 janvier 2006. Ce zoom permet d'observer les fortes variations journalières des courants associées à la marée diurne et semi-diurne. La marée barotrope module les courants sur toute la colonne d'eau et peut induire, sous des conditions météorologiques calmes, à des variations de 0.4 m/s et des changements abrupts de sens.

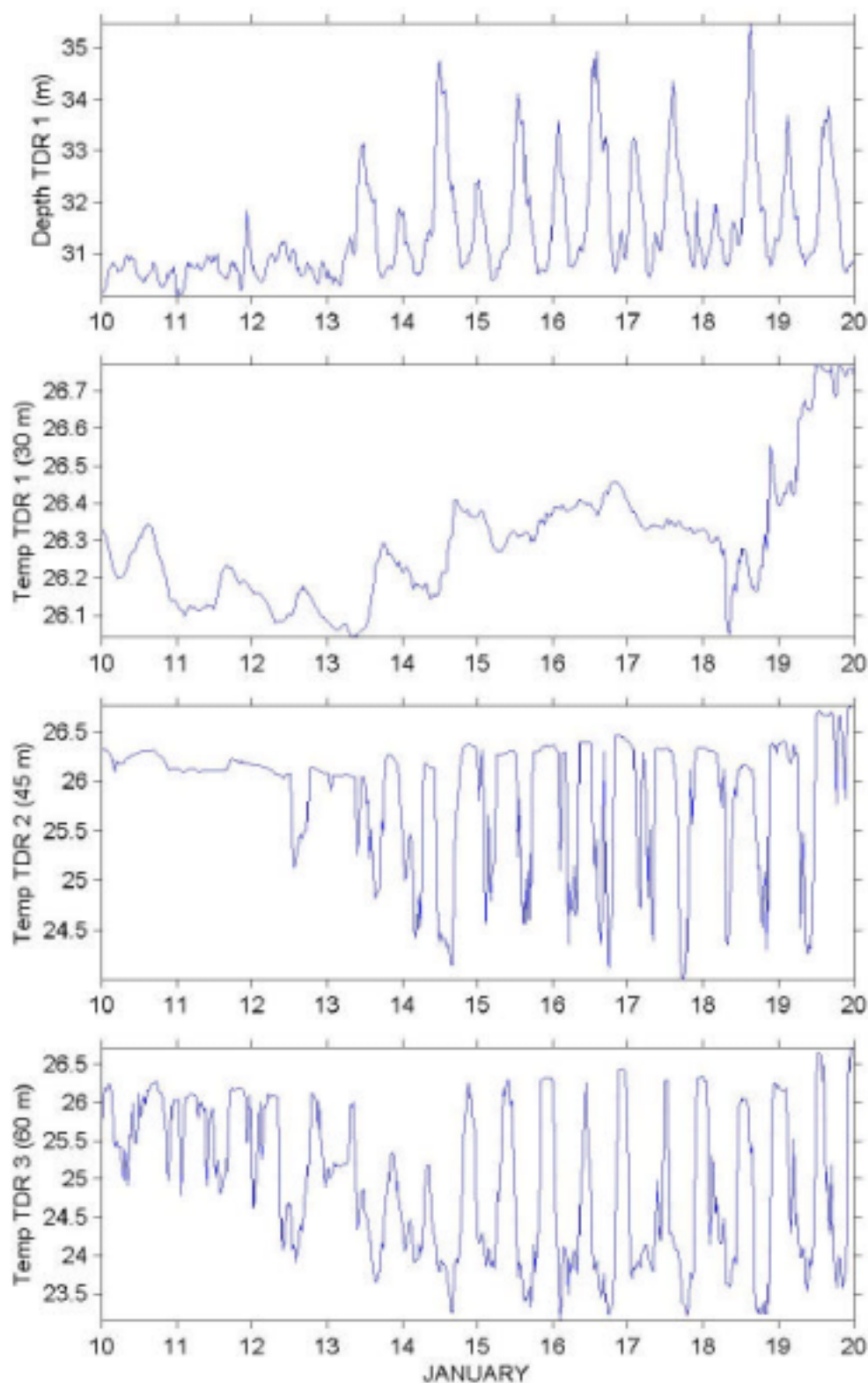


Figure 30. Séries temporelles brutes (non filtrées) de la pression à 30 m et des températures à 30 m, 45 m et 60 m de profondeur entre le 10 et le 20 janvier 2006. Les variations journalières causées par la marée s'observent clairement sur la pression et les températures à 45 m et 60 m. L'influence des marées sur la température à 30 m est minimale, probablement du au fait qu'on se trouve dans la couche de mélange directement influencée par le vent.

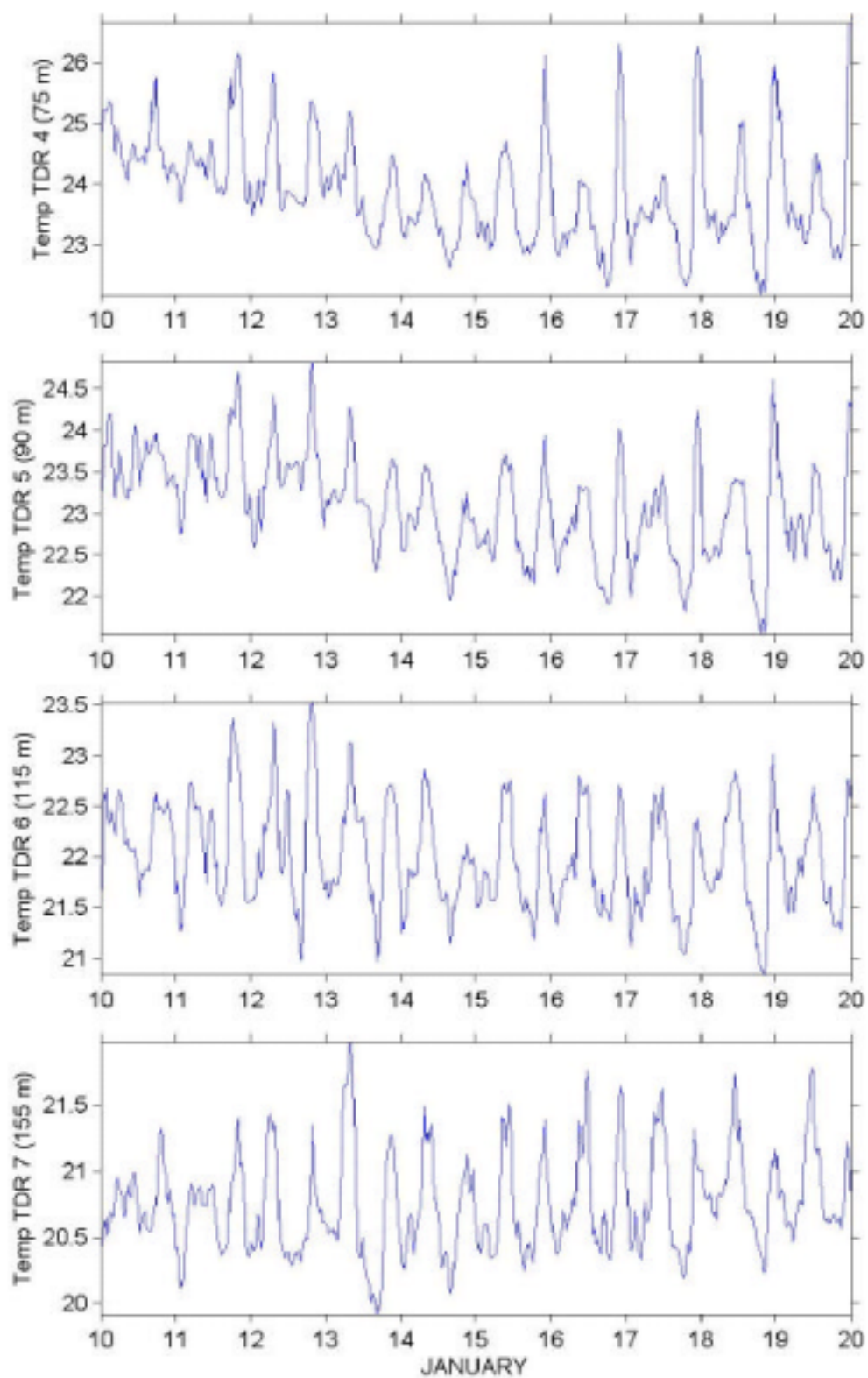


Figure 31. Séries temporelles brutes (non filtrées) des températures à 75 m, 90 m, 115 m et 155 m de profondeur entre le 10 et le 20 janvier 2006.

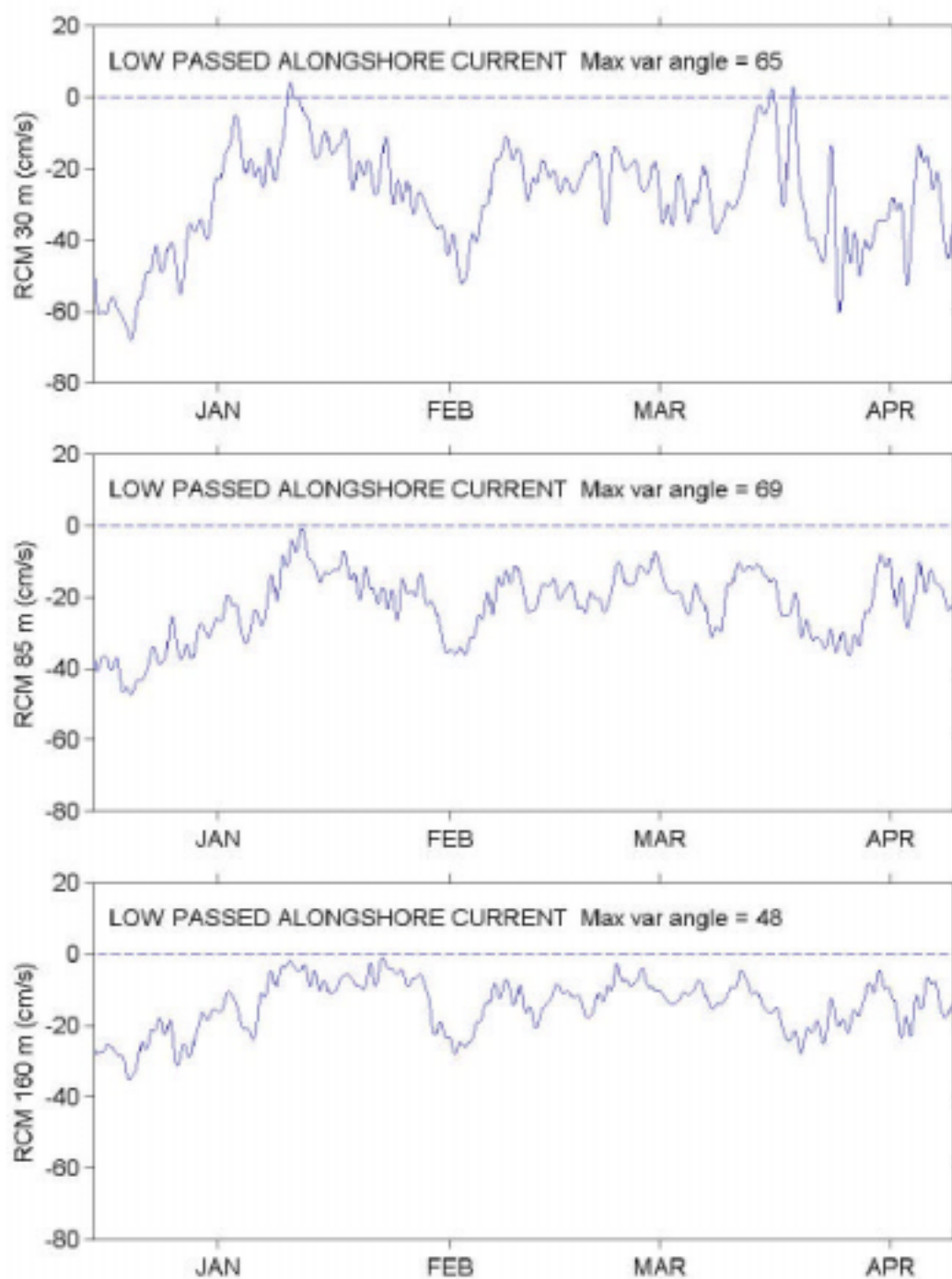


Figure 32. Séries temporelles filtrées low-pass des courants parallèles à la ligne de côte à 30 m, 85 m et 160 m de profondeur. Un filtre symétrique Cosinus-Lanczos a été appliqué afin d'éliminer le signal journalier associé principalement à la marée diurne et semi-diurne et aux brises marines.

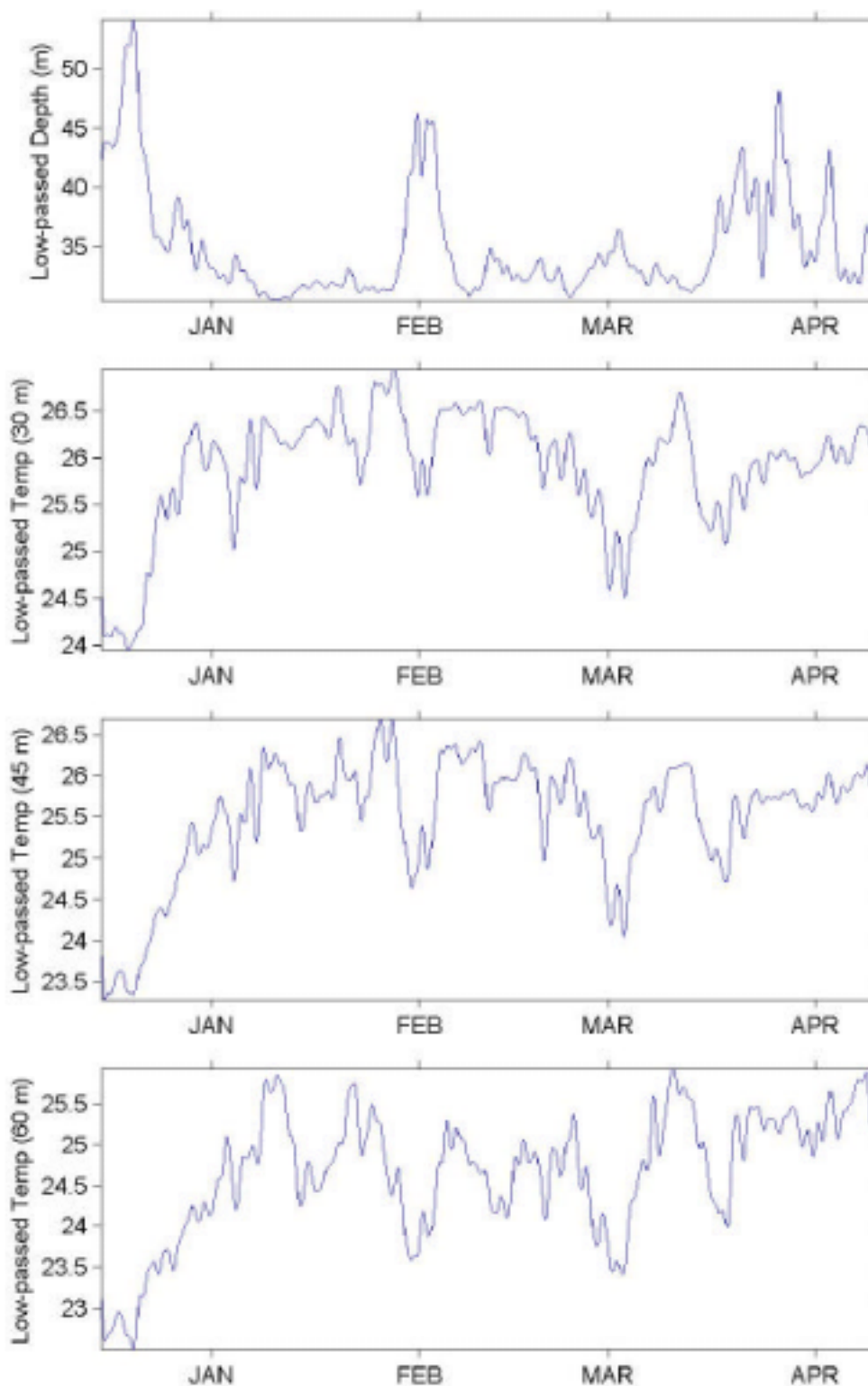


Figure 33. Séries temporelles filtrées low-pass de la pression à 30 m et des températures à 30 m, 45 m et 60 m de profondeur. Un filtre symétrique Cosinus-Lanczos a été appliqué afin d'éliminer le signal journalier associé principalement à la marée diurne et semi-diurne et aux brises marines.

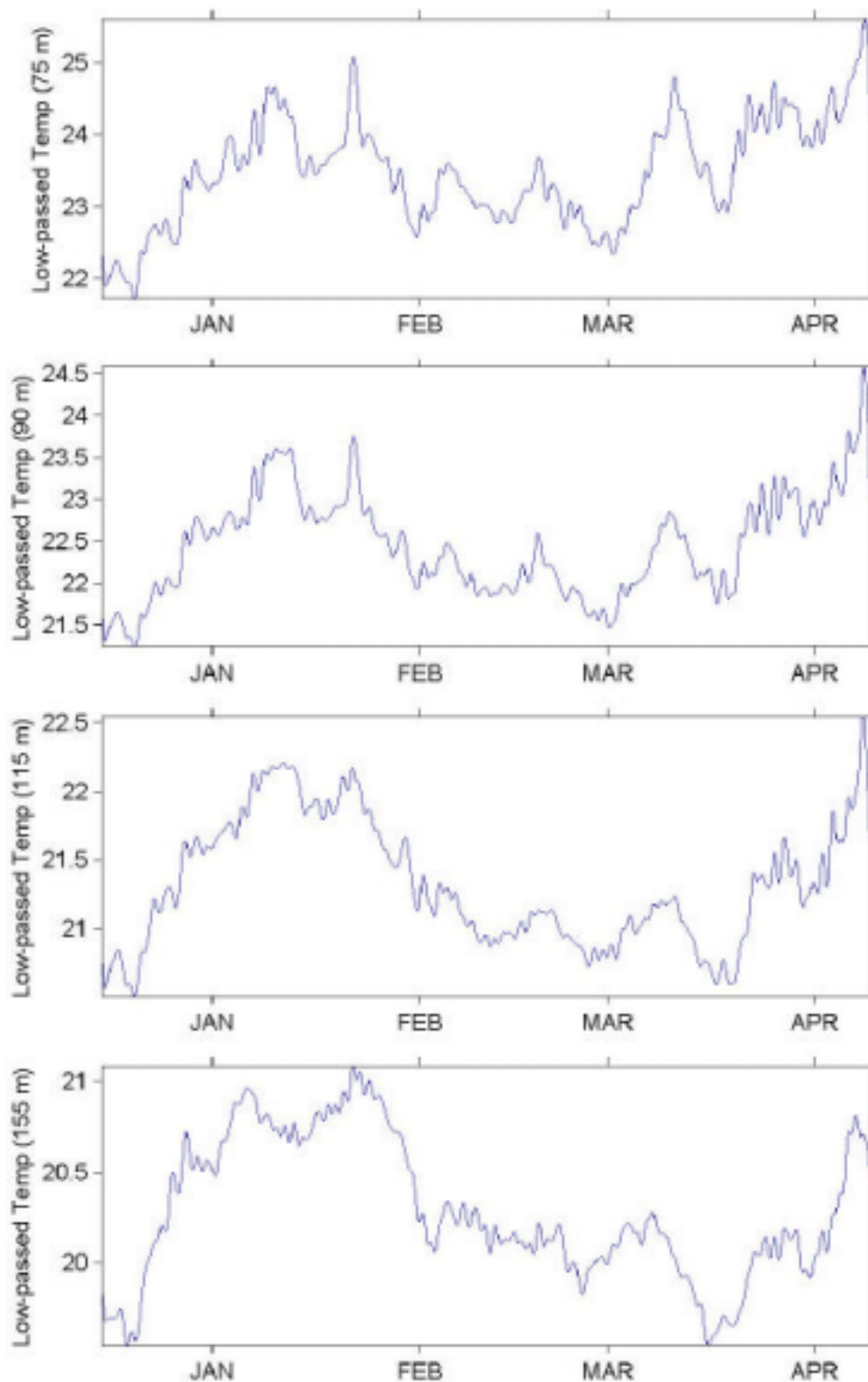


Figure 34. Séries temporelles filtrées low-pass des températures à 75 m, 90 m, 115 m et 155 m de profondeur. Un filtre symétrique Cosinus-Lanczos a été appliqué afin d'éliminer le signal journalier associé principalement à la marée diurne et semi-diurne et aux brises marines.

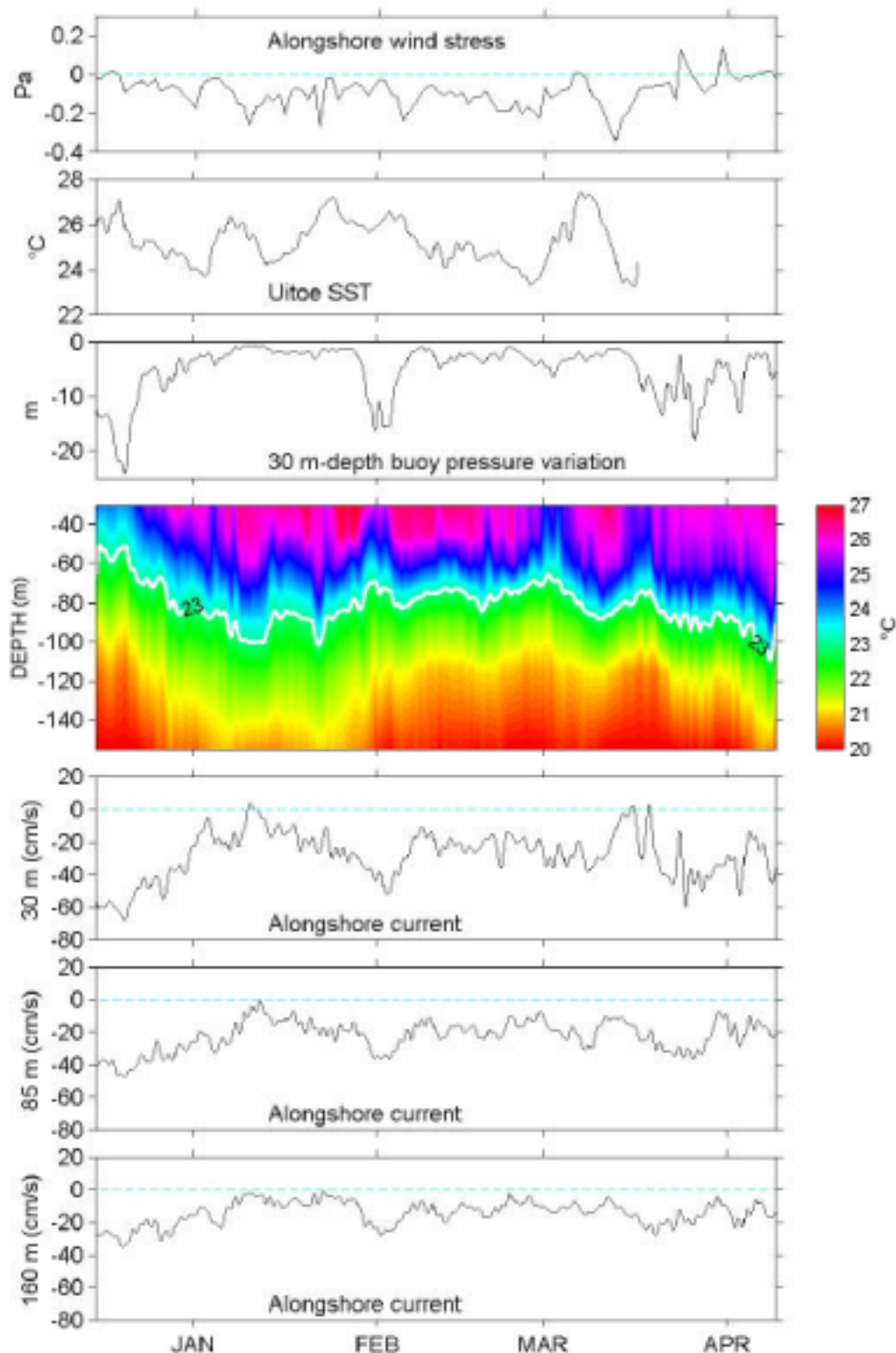


Figure 35. Séries temporelles filtrées Cosinus-Lanczos du stress du vent alongshore, SST observée sur la barrière (Uitoé), pression mouillage, températures mouillage et courants alongshore mouillage à 30 m, 85 m et 160 m.

5. RESULTATS DU MODELE

Configuration du modèle régional

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. 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.

Description des résultats

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 Jet Nord Calédonien (**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'acheminent 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 advectionnés 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.

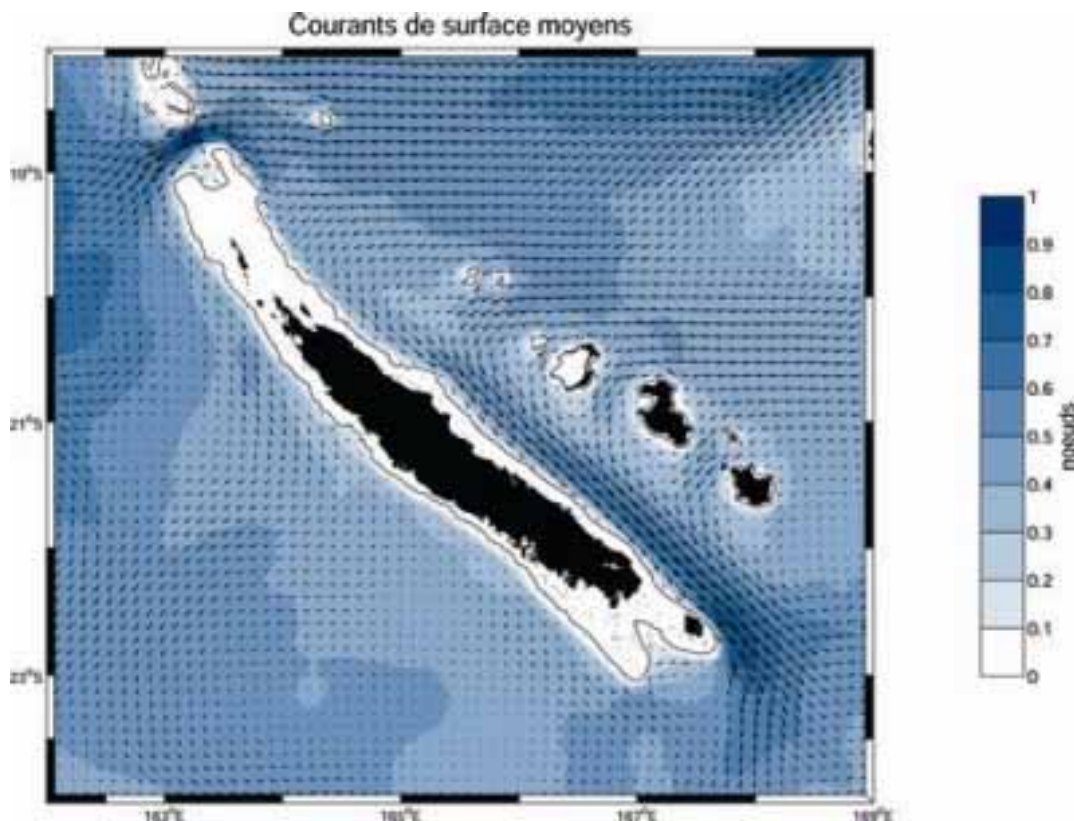


Figure 36. Courants de surface moyens totaux. Période 2000-2004. Résolution 5 km. La direction et l'intensité des courants sont représentées par des vecteurs et des couleurs respectivement.

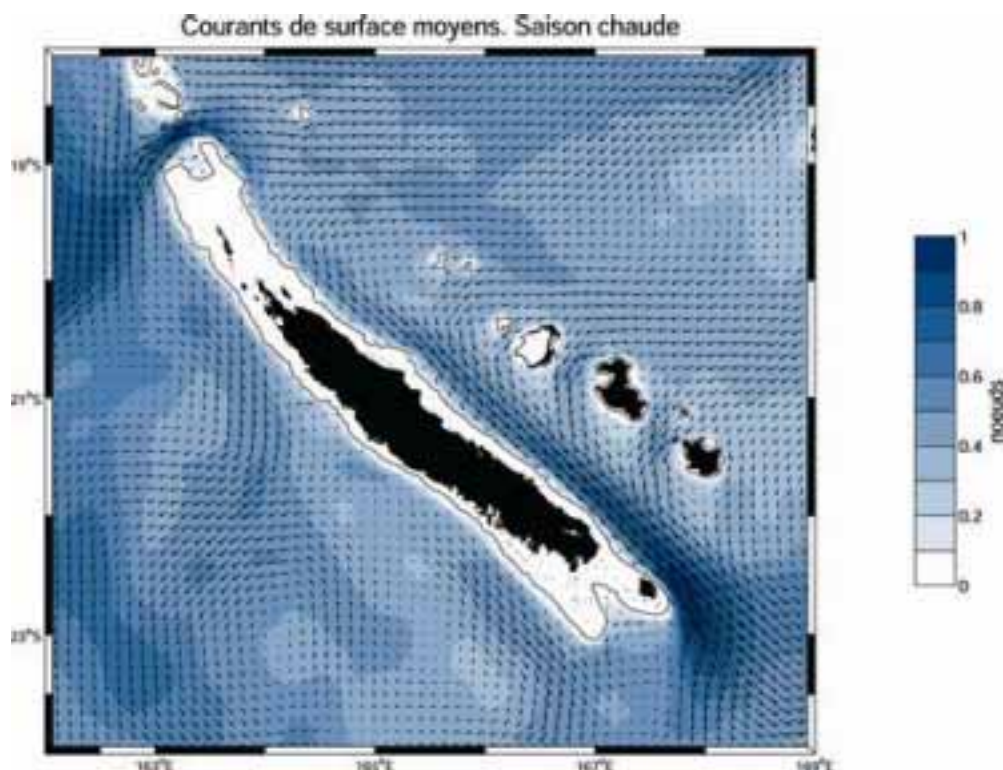


Figure 37. Courants de surface en saison chaude. Moyenne de Janvier à Mars sur la période 2000-2004. Résolution 5 km.

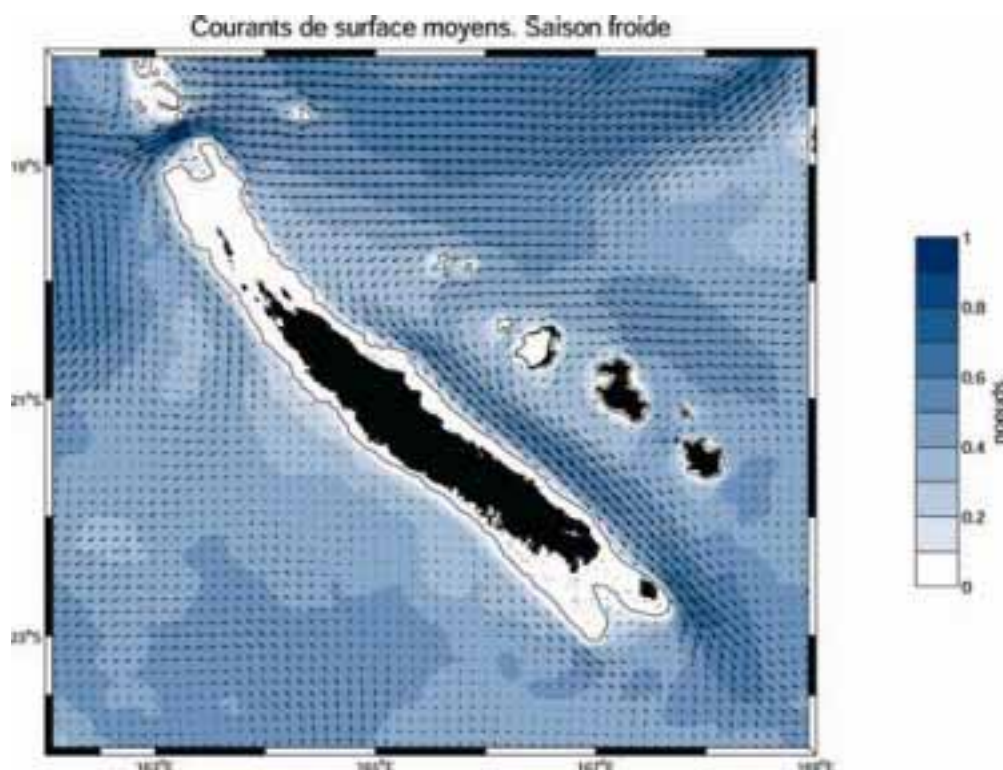


Figure 38. Courants de surface en saison froide. Moyenne de Juillet à Septembre sur la période 2000-2004. Résolution 5 km.

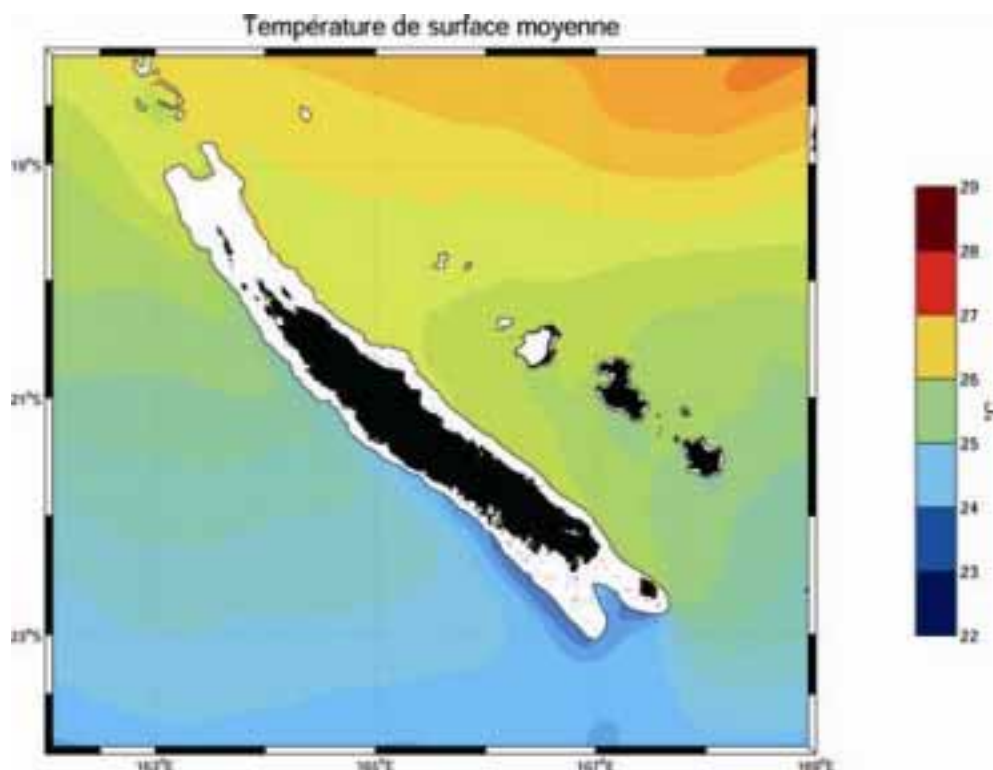


Figure 39. Température de surface moyenne totale. Période 2000-2004. Résolution 5 km.

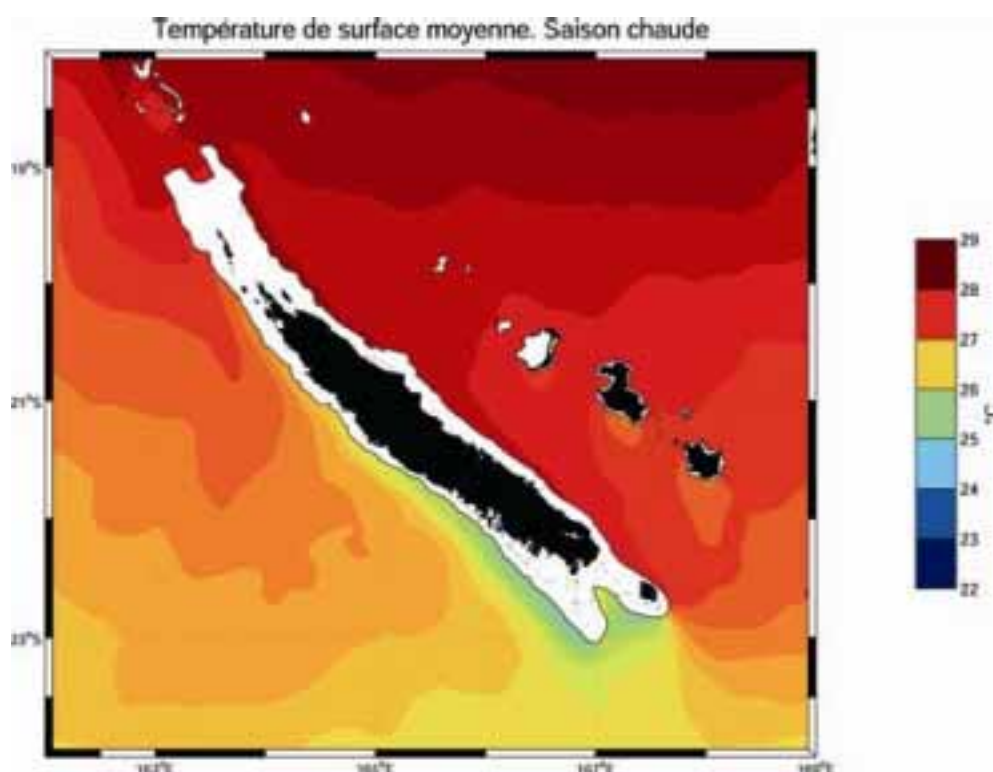


Figure 40. Température de surface en saison chaude. Moyenne de Janvier à Mars sur la période 2000-2004. Résolution 5 km.

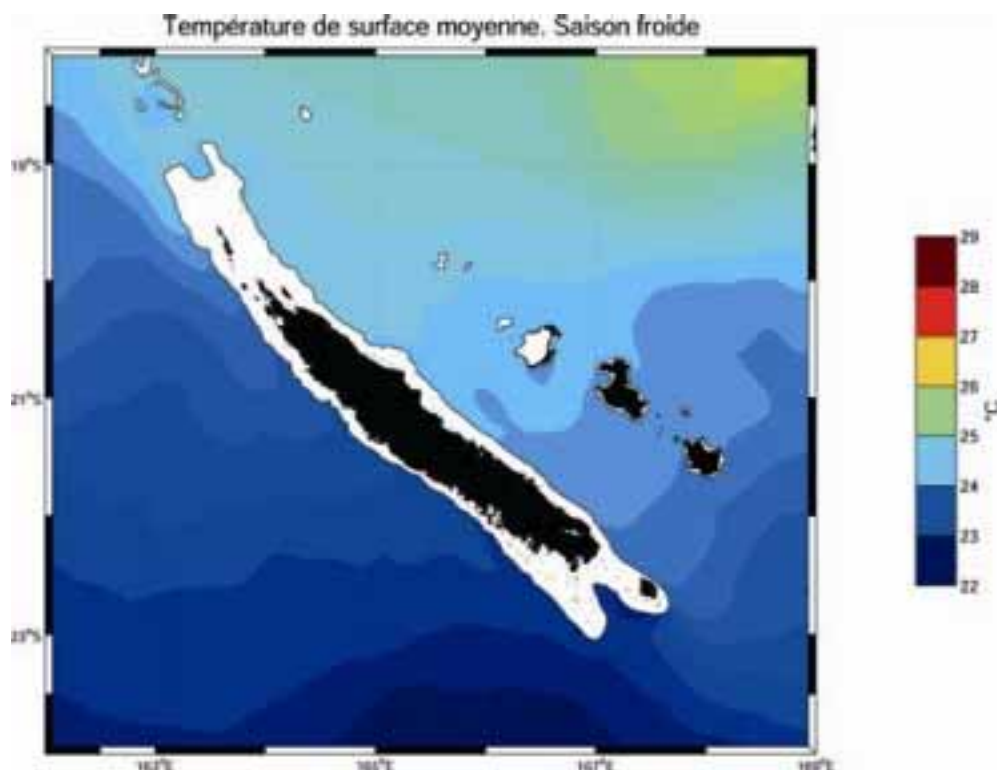


Figure 41. Température de surface en saison froide. Moyenne de Juillet à Septembre sur la période 2000-2004. Résolution 5 km.

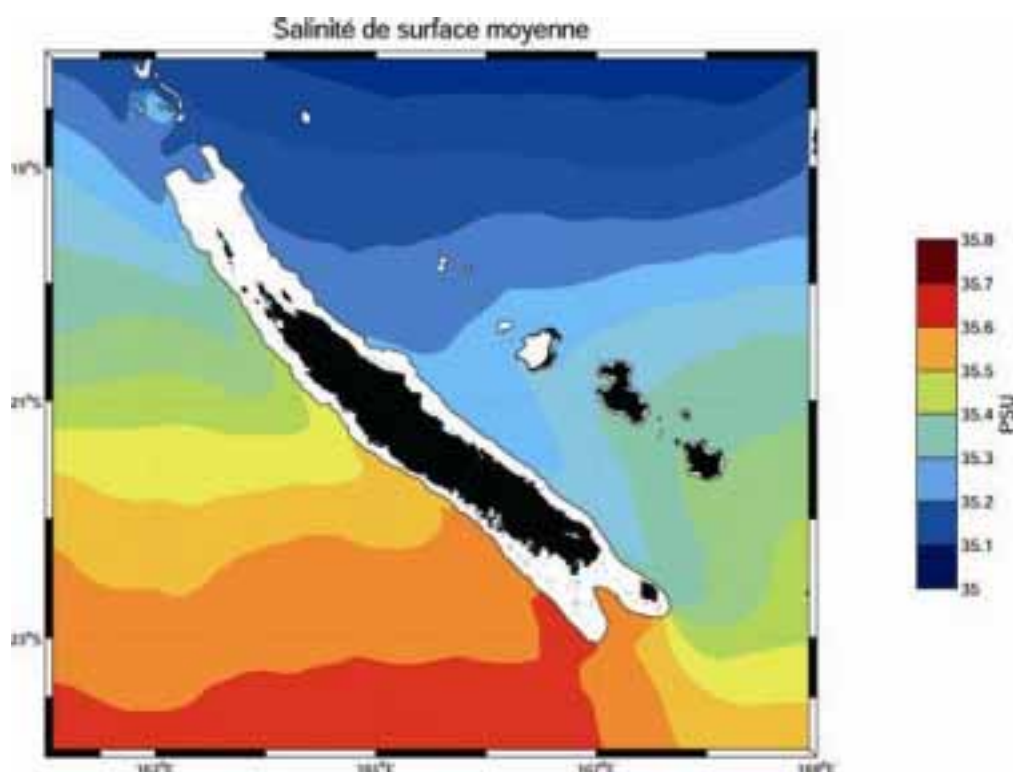


Figure 42. Salinité de surface moyenne totale. Période 2000-2004. Résolution 5 km.

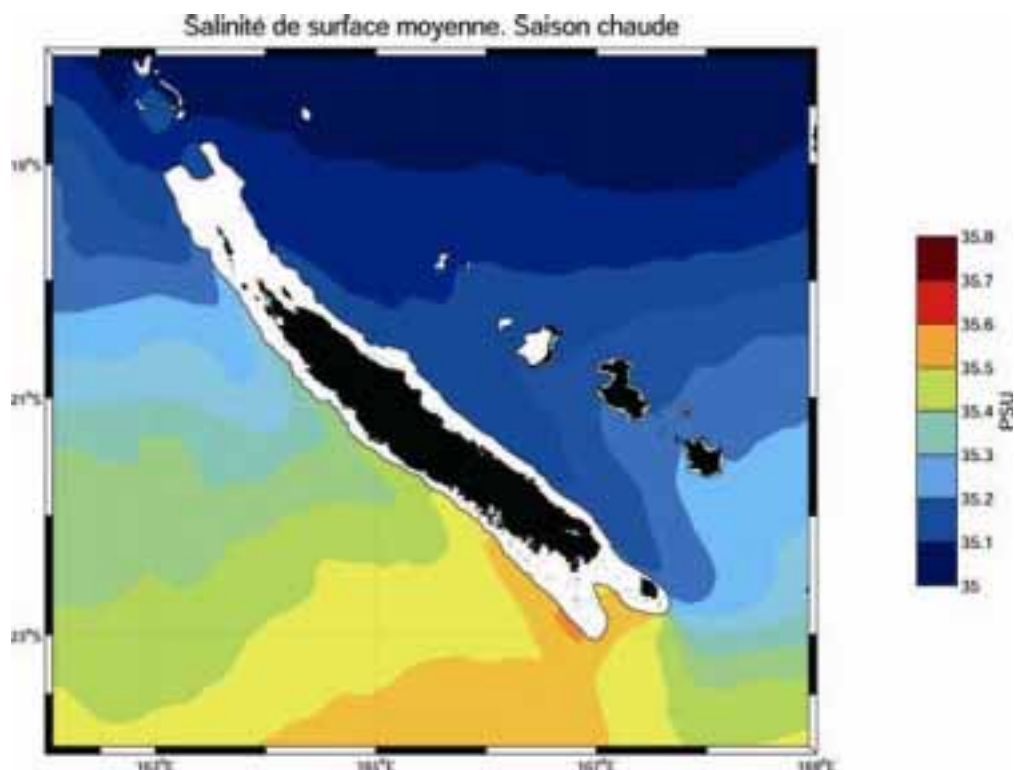


Figure 43. Salinité de surface en saison chaude. Moyenne de Janvier à Mars sur la période 2000-2004. Résolution 5 km.

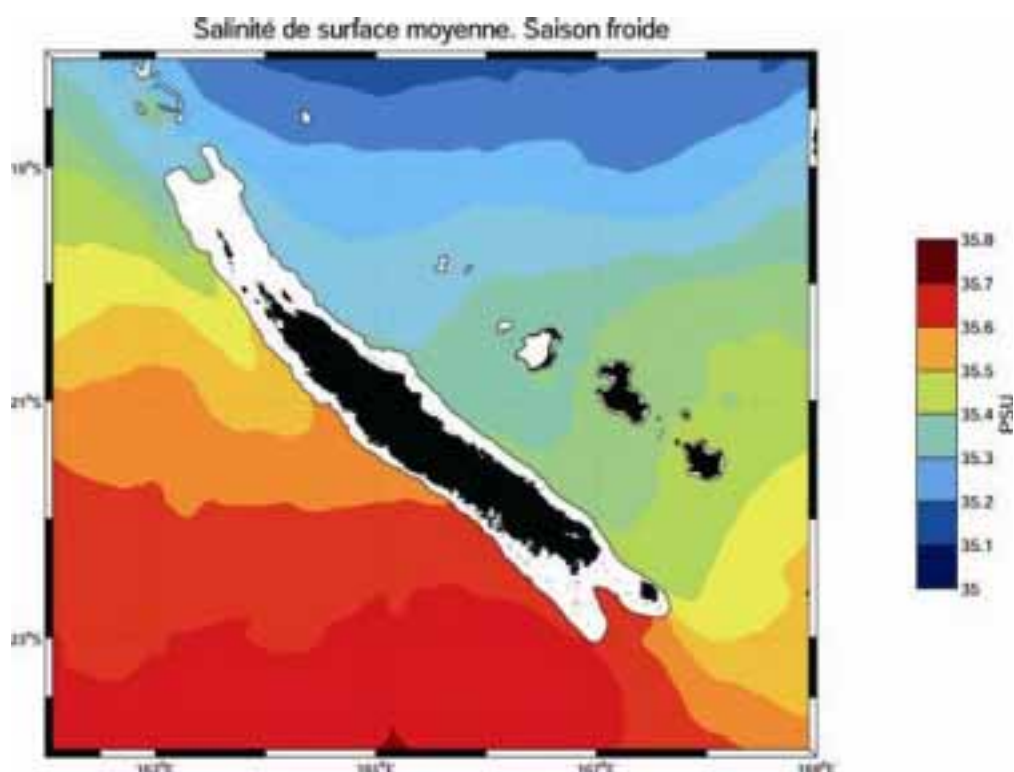


Figure 44. Salinité de surface en saison froide. Moyenne de Juillet à Septembre sur la période 2000-2004. Résolution 5 km.

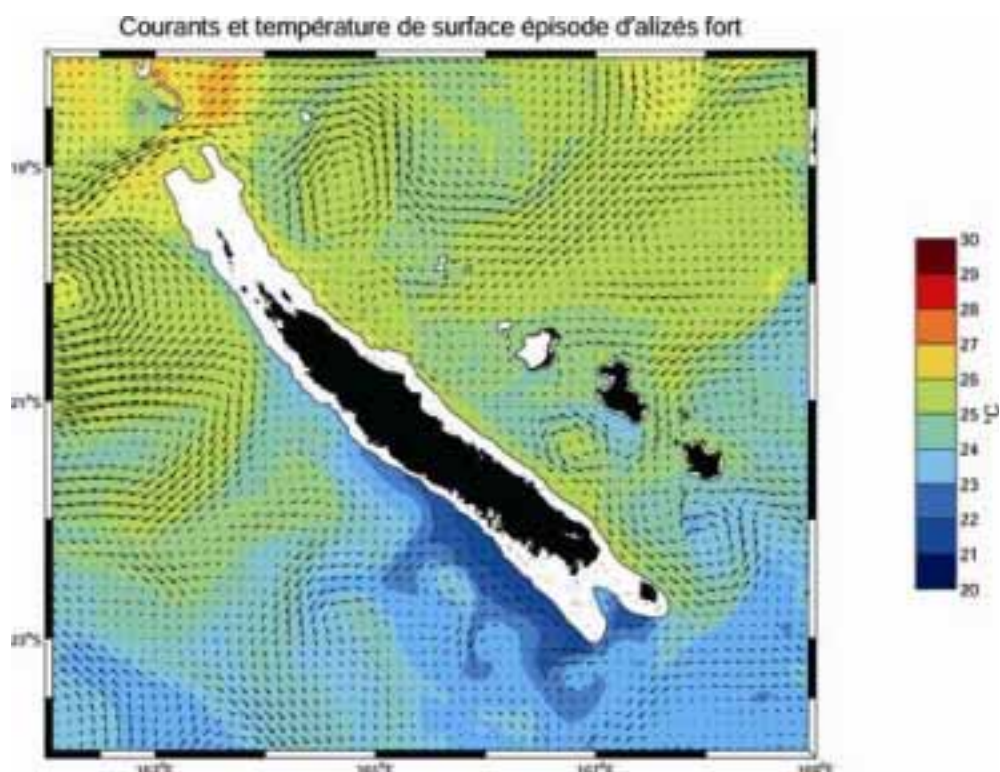


Figure 45. Courants et température de surface lors d'un épisode d'alizé soutenu et fort (9 Novembre 2004).

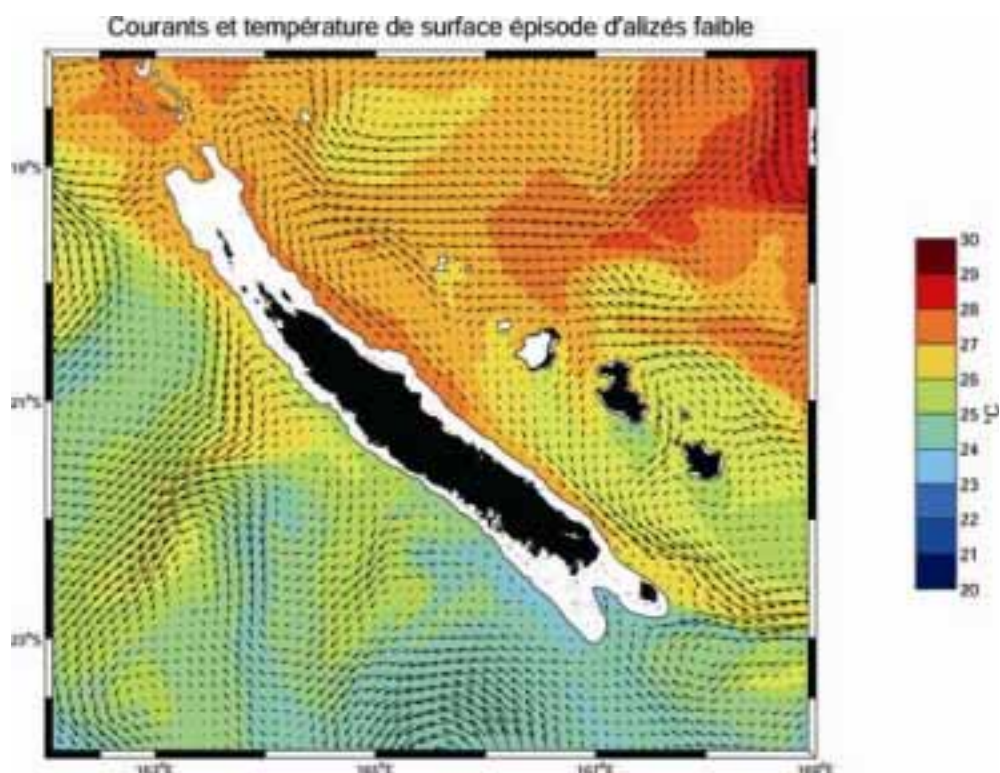


Figure 46. Courants et température de surface sous condition d'alizé faible (31 Décembre 2004).

6. REFERENCES

- 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. Oceanogr.*, 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 environnement 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.