

RAPPORTS SCIENTIFIQUES  
ET TECHNIQUES

SCIENCES DE LA MER  
OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

N° 6

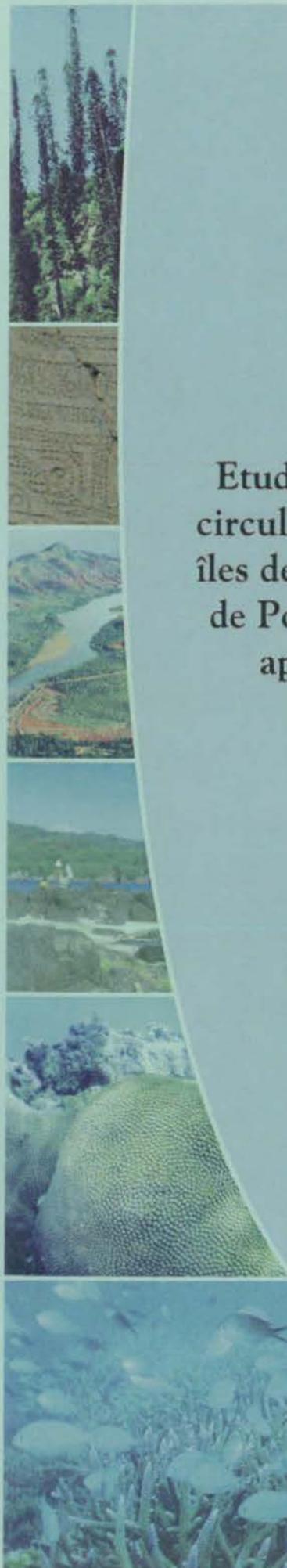
2007

Etude et modélisation de la  
circulation côtière autour des  
îles de Nouvelle-Calédonie et  
de Polynésie Française avec  
application à la pêche

Andres VEGA  
Patrick MARCHESIELLO  
Alexandre GANACHAUD  
Jérôme LEFEVRE  
Elodie MARTINEZ  
Robert LE BORGNE  
Frédéric SOUL



Institut de recherche  
pour le développement



RAPPORTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

SCIENCES DE LA MER

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE

N° 6

2007

Etude et modélisation de la circulation côtière  
autour des îles de Nouvelle-Calédonie et de  
Polynésie Française avec application à la pêche

Andres VEGA  
Patrick MARCHESIELLO  
Alexandre GANACHAUD  
Jérôme LEFEVRE  
Elodie MARTINEZ  
Robert LE BORGNE  
Frédéric SOUL



Institut de recherche  
pour le développement

© IRD, Nouméa, 2007

/Vega, A.  
/Marchesiello, P.  
/Ganachaud, A.  
/Lefèvre, J.  
/Martinez, E.  
/Le Borgne, R.  
/Soul, F.

Etude et modélisation de la circulation côtière autour des îles de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie Française avec application à la pêche.

Nouméa : IRD. Mai 2007. 39 p.  
*Scient. Techn. : Sci. Mer ; Océanogr. Phys ; 6*

CIRCULATION OCEANIQUE ; MODELISATION ; PECHE COTIERE / NOUVELLE CALEDONIE :  
POLYNESIE FRANCAISE

Action soutenue par le Ministère d'Outre Mer  
Rapport du Projet

**ETUDE ET MODELISATION DE LA CIRCULATION COTIERE  
AUTOUR DES ILES DE NOUVELLE-CALEDONIE ET DE  
POLYNESIE FRANCAISE AVEC APPLICATION A LA PECHE**

Vega, A., P. Marchesiello, A. Ganachaud, J. Lefèvre,  
E. Martinez, R. Leborgne et F. Soul.

*MARS 2007  
Nouméa, Nouvelle Calédonie*



***Institut de Recherche pour le Développement (IRD)***  
UR065 (LEGOS), UR103 (Camelia)

Contacts :

<http://www.ird.nc/UR65/ROMS/>

*Andres Vega  
IRD BP A5  
98848 Nouméa, Nlle Calédonie  
andres.vega@noumea.ird.nc*

*Patrick Marchesiello  
IRD BP A5  
98848 Nouméa, Nlle Calédonie  
[Patrick.Marchesiello@noumea.ird.nc](mailto:Patrick.Marchesiello@noumea.ird.nc)*

*Alexandre Ganachaud  
PMEL/NOAA  
7600 Sand Point Way NE  
Seattle, WA98115, USA  
Alexandre.ganachaud@noumea.ird.nc*

Entre 2004 et 2006, le Ministère de l'Outre-mer a soutenu trois 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 et Polynésie Française. 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 ces régions. Deux campagnes hydrographiques ont été réalisées et une expertise de modélisation numérique océanique et atmosphérique de haute résolution a été mise en place, permettant de nombreuses études sur la Nouvelle-Calédonie et la Polynésie française. Quatre publications internationales ont été soumises, 3 rapports ont été publiés et 2 Atlas de circulation ont été réalisés. Plusieurs capteurs, dont un mouillage équipé de 3 courantomètres et nombreux autres instruments, ont été installés. Les résultats ont fait l'objet de communications orales dans de congrès internationaux et ont été utilisés dans le cadre de 2 thèses doctorales. Les projets MOM financés ont servi de base pour l'élaboration de 3 programmes scientifiques qui commencent en 2007 (projet ANR Cyclone et variabilité climatique, projet ZoNéCo Thon et environnement, programme Previmer).

Le présent rapport présente les résultats du projet MOM « *Etude et modélisation de la circulation côtière autour des îles de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie Française avec application à la pêche* » présenté pour l'année 2005.

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

## INTRODUCTION ET CONTEXTE

L'objet principal de cette étude est de décrire et comprendre la circulation autour des îles de Nouvelle-Calédonie et Polynésie Française. Ce projet est structuré autour de la question suivante: comment la circulation océanique et atmosphérique du Pacifique tropical sud interagit-elle avec les îles de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie Française et quelles en sont les conséquences sur la dynamique régionale et la biologie ? Des études récentes tendent à montrer 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. Par exemple la Nouvelle-Calédonie présente des effets de sillage océanique (jets zonaux liés à la règle de l'île - Island Rule, Godfrey (1989) - ; génération de mésoéchelle par ces même jets) et de sillage atmosphérique associé à l'interaction avec les îles..

Les objectifs de ce projet étaient les suivants :

1. Caractériser la circulation autour des îles françaises du Pacifique.
2. Comprendre l'interaction entre la dynamique loin des côtes, la dynamique côtière et la dynamique lagonaire, à l'aide de l'analyse conjointe de différentes données de satellites et des mesures *in situ*.
3. Analyser la variabilité temporelle des variables physiques, biologiques et chimiques associées aux événements d'upwelling. Notamment, nous devons déterminer si les eaux d'upwelling proviennent d'en deçà de la nutricline, et peuvent amener efficacement des sels nutritifs en surface.
4. Évaluer l'impact potentiel de l'upwelling et des champs tourbillonnaires sur la pêche d'espèces pélagiques.
5. Etudier la réponse de différentes espèces biologiques, telles que le phytoplancton (*diatomées* et *trichodesmium*) et les œufs et larves de poisson.
6. Mettre en place un modèle de prévision numérique côtier qui pourra, sur une à deux semaines, prévoir les champs de température et les transports de polluants au sein des ZEE.

Pour l'étude de ces différents processus nous avons développé conjointement un système de modélisation et d'observation à l'échelle régionale.

En Nouvelle Calédonie et Polynésie Française, nous avons 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 de Nouvelle-Calédonie; 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. Nous avons également développé un système de modélisation océanique régional – ROMS – sur les régions de Nouvelle-Calédonie et Polynésie Française.

## LES REGIONS D'ETUDE

### Nouvelle-Calédonie

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. Plusieurs programmes et projets de recherches impliquant l'équipe du LEGOS-Nouméa ont été développés sur la région depuis 2004 : 1) le programme international CLIVAR-SPICE ([www.ird.nc/UR65/SPICE](http://www.ird.nc/UR65/SPICE)); une étude sur le lien entre les cyclones, l'océan et la variabilité climatique dans le Pacifique sud-ouest (projet ANR financé) ; un étude de modélisation des comportements des poissons dans l'environnement océanique (ZoNeCo, projet financé), un projet de développement d'un système d'océanographie opérationnelle avec prévision de l'état océanique (PREVIMER, projet financé) ainsi que deux thèses doctorales sur la dynamique de la circulation océanique dans chaque ZEE (E. Martinez, Polynésie Française, thèse soutenue en avril 2006, et de X. Couvelard, Nouvelle Calédonie, thèse en cours).

Les 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 à partir d'une climatologie 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).

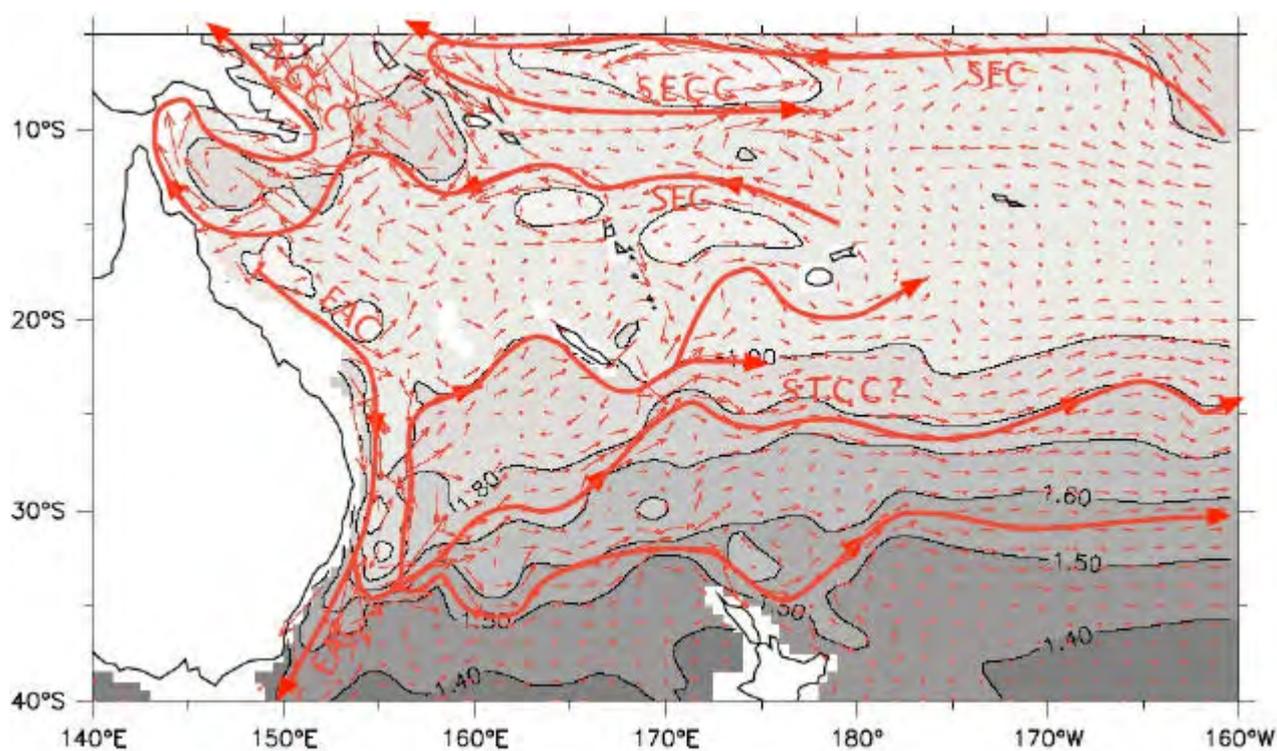


Figure 1 Circulation moyenne de surface estimée à partir des données climatologiques CARS (CSIRO Atlas of Regional Seas). SEC=Courant équatorial Sud, EAC=Courant Est Australien, SECC=Contre courant équatorial Sud, STCC=Contre courant sub-tropical. D'après Kessler (<http://www.pmel.noaa.gov/~kessler/figures.html>).

La 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).

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) sont à leur maximum avec 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 4 et 5 présentent la distribution des températures, salinité, et courants moyens caractéristiques des conditions dans la ZEE (Delcroix et Lenormand, 1997).

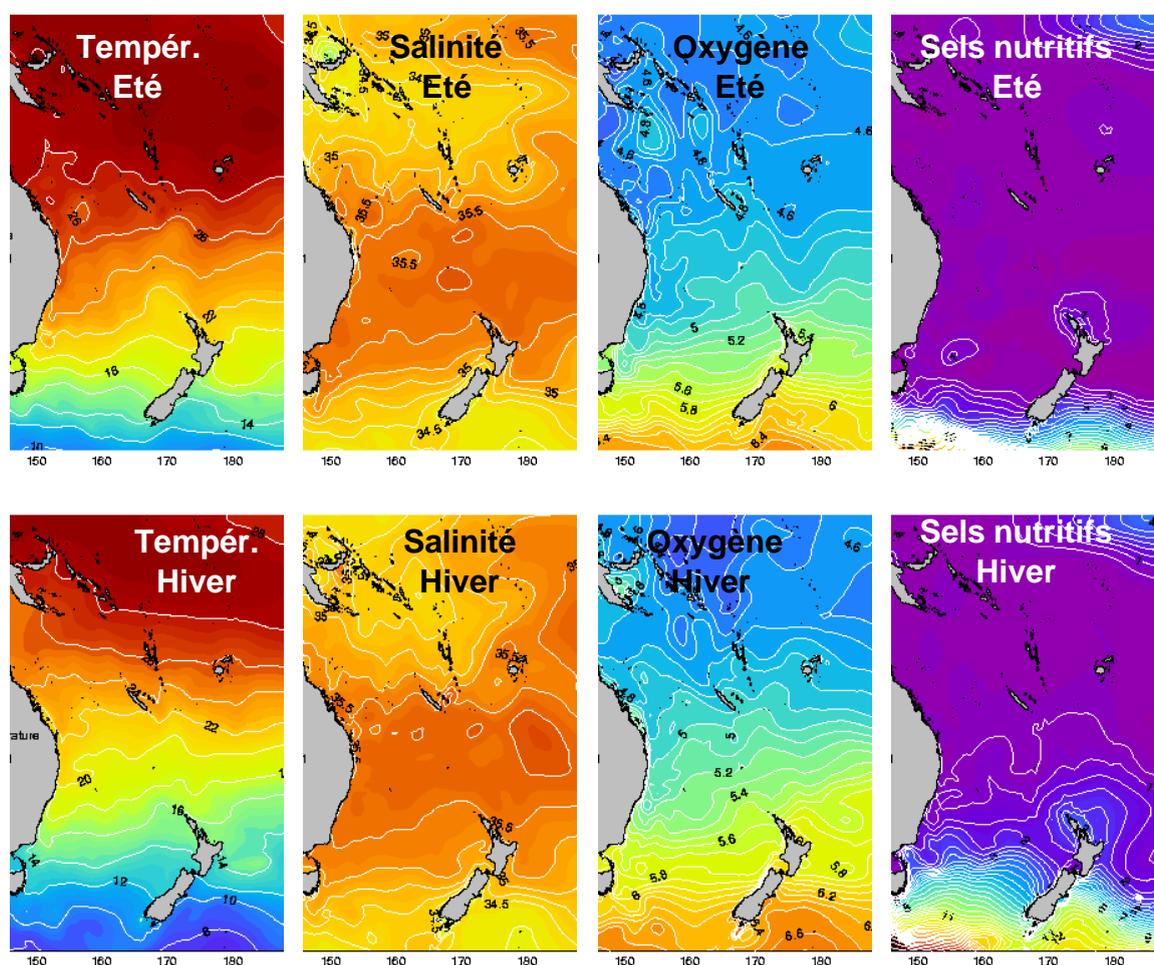


Figure 2 Distributions en surface de température, salinité, oxygène et sels nutritifs en été et hiver austral obtenues à partir de l'atlas climatologique CARS.

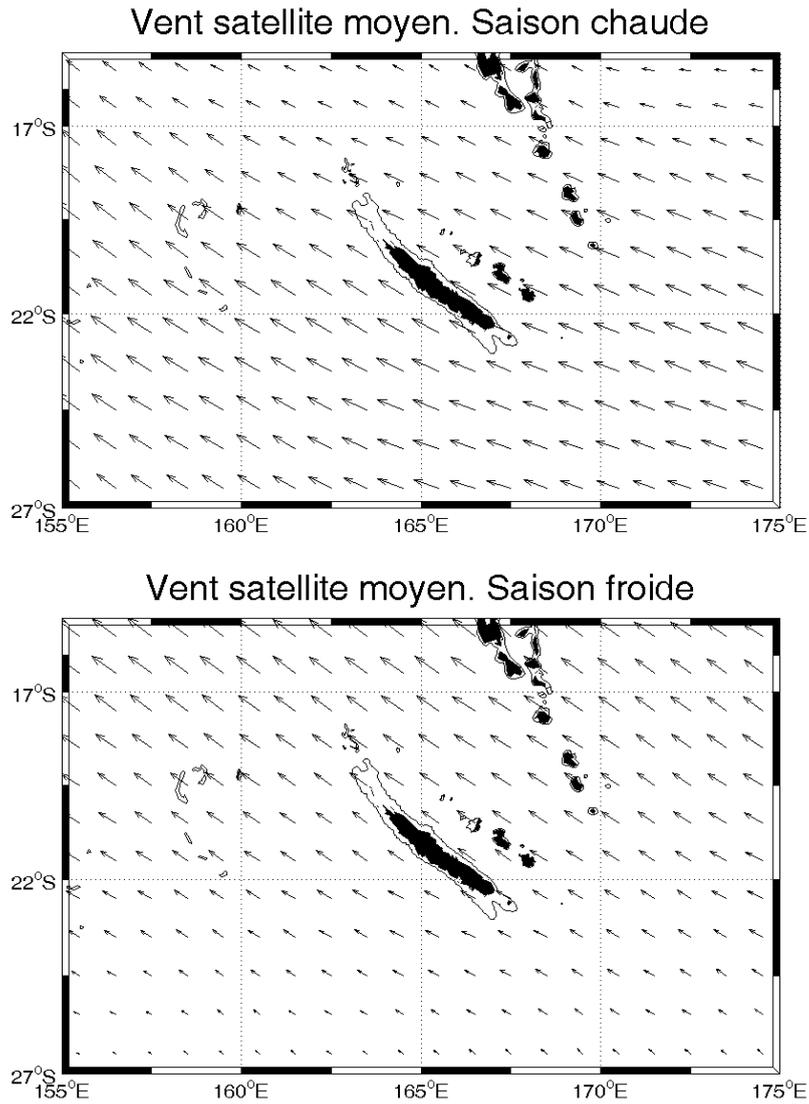


Figure 3 Vent moyen satellite (ERS) autour de la Nouvelle-Calédonie durant les saisons chaude (Janvier à mars) et froide (Juillet à septembre).

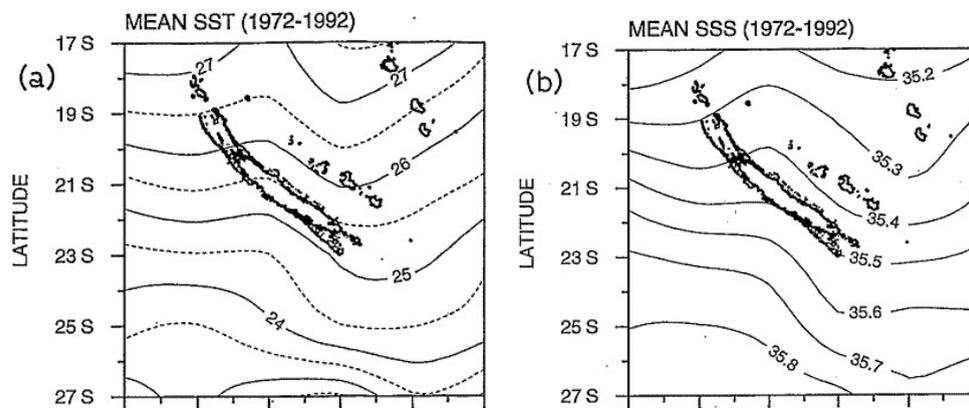


Figure 4 Température (a) et salinité (b) de surface moyenne (1972-1992) estimée à partir de mesures de XBT autour de la Nouvelle-Calédonie (Delcroix et Lenormand, 1997).

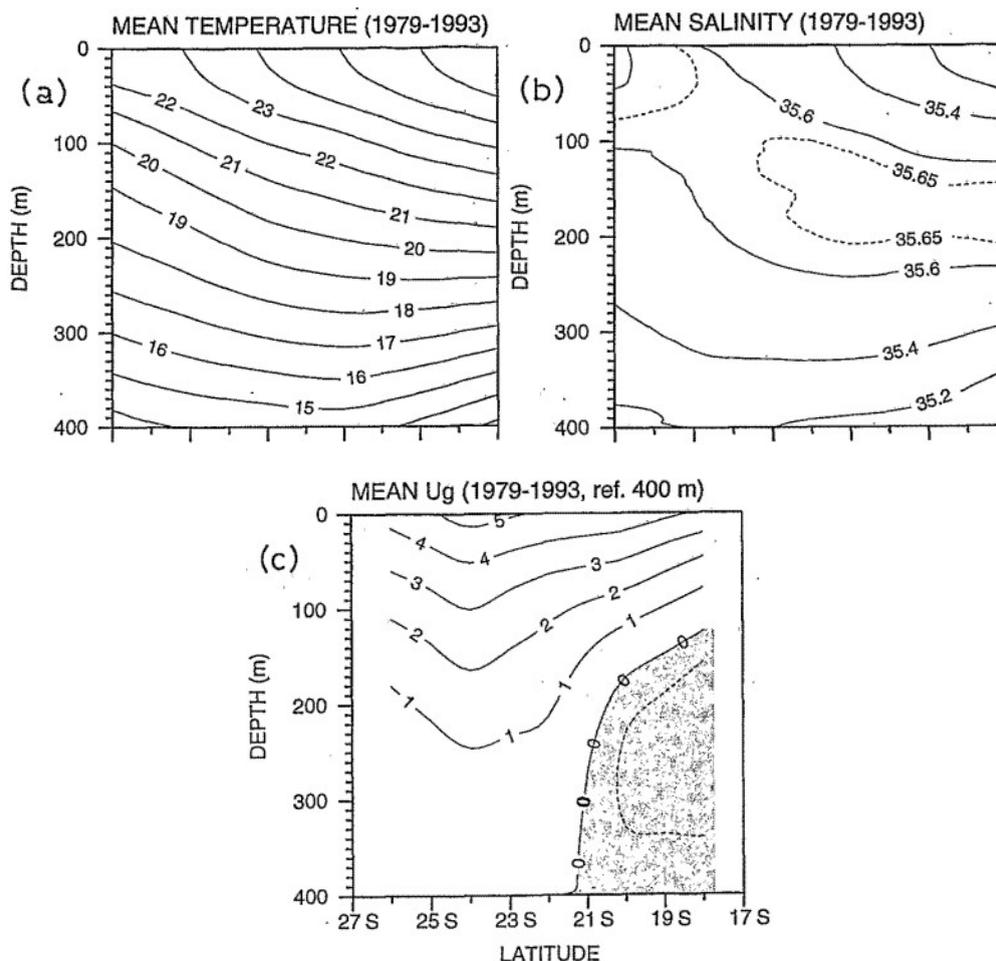


Figure 5 Sections méridiennes (moyenne 160°E à 170°E) de température (a), salinité (b) et courant zonal géostrophique (c) moyens (1979-1993), estimées à partir de mesures de XBT autour de la Nouvelle-Calédonie (Delcroix et Lenormand, 1997).

## Polynésie Française

Dans l'Océan Pacifique Sud, la Polynésie française occupe une place centrale où la Zone Economique Exclusive centrée autour de cinq archipels atteint une superficie de l'ordre de  $5 \cdot 10^6$  km<sup>2</sup>. Cet ensemble d'îles s'étend sur [6°S-30°S] [156°W-130°W]. Ces archipels se trouvent ainsi dans la partie centrale du gyre tropical du Pacifique Sud.

En surface, la ZEE Polynésienne est traversée par le Courant Equatorial Sud (CES) orienté vers le Sud-Ouest avec des vitesses assez élevées de l'ordre de 35 cm/s au niveau de l'archipel des Marquises, et plus faible (5 à 10 cm/s) pour les latitudes plus au sud. Le CES va rejoindre, en bifurquant vers l'est, le Courant du Pacifique Sud (CPS) orienté vers l'est/ sud-est. La localisation de la zone de

convergence entre ces deux courants diffère suivant la saison. En saison chaude (ou saison des pluies) elle se situe au sud de 30°S, tandis qu'elle se positionne entre 26°S et 30°S en saison froide (ou saison sèche). Le phénomène El Niño modifie la circulation en surface en diminuant l'intensité et la structure tourbillonnaire du CES (Martinez et Maammatuaiautapu 2002). La ZEE Polynésienne est marquée de tourbillons de grande échelle de l'ordre de 400-600km dans la partie nord [6-12°S] et des tourbillons d'échelle plus petite au sud (100-300km).

Vers 160°W et 10°S se situe un Contre Courant orienté vers l'est avec des vitesses de l'ordre de 10 cm/s et pouvant atteindre 20 cm/s. Ce Contre Courant visible pendant l'été austral, et particulièrement marqué en période El Niño, est appelé Contre Courant des Marquises (Rancher J. 1992; Rancher J. 1995) et se différencie du Contre Courant Equatorial Sud (Donguy J.R. 1976). Les relevés de courant effectués dans la zone portée par le CES montrent, entre 0 et 500 mètres de profondeur, plusieurs veines de contre courant s'intercalant dans les veines principales des courants équatoriaux portant à l'Ouest. Ces flux, semblent systématiquement présents et centrés sur 10°S, 15°S, 19/23°S. Ces veines de courant ont une épaisseur maximale de 300-400 mètres pour une vitesse moyenne comprise entre 3 et 8 cm/s. De part et d'autre, entre les latitudes 6° et 29°S, le flux général porte à l'ouest avec une vitesse pouvant dépasser 20 cm/s (Rougerie F. 1982; Rancher J. 1992; Rancher J. 1995).

Dans la couche superficielle de mélange (0-200 mètres), on trouve la présence d'une eau type à salinité maximale ( $S=36.3 \pm 0.2$ ), appelée Eau Tropicale Sud (ETS) (Rougerie F. 1985; Rancher J. 1992). Cette eau se forme dans la zone d'aridité des Tuamotu de l'est (entre 140° et 125°W) et sa circulation en subsurface vers l'ouest/nord-ouest l'amène jusqu'en zone équatoriale occidentale, où elle est partiellement incluse dans le flux de retour du sous-courant équatorial (Delcroix et Hénin, 1991)

En subsurface les vitesses sont faibles et dépassent à peine le cm/s à partir de 500 mètres de profondeur. Ce niveau correspond à la partie supérieure de l'Eau Antarctique Intermédiaire (EAI), masse d'eau à salinité faible ( $S= 34.5$ ), de température  $< 6^{\circ}\text{C}$  et d'une épaisseur de 1 à 1.5 km. Ayant plongé à la convergence subantarctique vers 60°Sud, sa progression se fait vers le nord, nord-ouest. L'ETS et l'EAI sont séparés par une thermocline permanente.

Plus en profondeur se trouve l'Eau Profonde, qui entre 2 et 4 km de fond ramène des eaux du Pacifique Nord jusqu'au socle antarctique où elles vont diverger vers la surface.

Enfin l'Eau du Fond est caractérisée dans son long déplacement vers le nord, à partir de la convergence antarctique, par sa basse température (0-2°C) et sa densité maximale (Rancher J. 1992). Sur le plan des processus participant au mélange des eaux, on signalera également que la région d'étude constitue l'un des principaux spots de l'océan mondial où la marée conduit, sous l'effet de la stratification et des monts sous-marins, à un transfert d'énergie depuis le mode barotrope vers le mode barocline (ondes internes) (cf. travaux de Ray, Egbert, Mitchum, C. Le Provost)



Figure 6 Carte de circulation océanique dans l'océan Pacifique et la Polynésie Française.

## **CONFIGURATION DU MODELE NUMERIQUE REGIONAL**

### **Nouvelle-Calédonie**

La stratégie employée repose sur l'emploi du modèle régional ROMS (Regional Oceanic Model System, Shchepetkin and McWilliams 2003, 2005) contraint aux limites de la grille par les données globales. ROMS est un modèle océanique haute résolution à surface libre qui résout les équations hydrodynamiques en configuration hydrostatique et incompressible.

Les schémas numériques d'advection de ROMS est particulièrement adapté à la reproduction des forts gradients liés aux petites échelles océaniques (Shchepetkin and McWilliams, 1998). ROMS est forcé aux frontières par le modèle global Mercator PSY2G correspondant à la période 1993-2005 (Ferry et al., 2005) les vents satellite grande échelle, en adoptant les conditions aux limites de radiation sortante et de 'nudging' vers les conditions extérieures (Marchesiello et al., 2001, 2003) 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) permettant de modéliser les processus de haute résolution, permettant la simulation de l'activité tourbillonnaire, l'upwelling côtier ou encore les jets (forts courants étroits) issus de l'interaction avec les îles.

Les champs issus du modèle Mercator ont été comparés 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). ROMS 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. 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. Les champs de forçage et d'initialisation ont été interpolés sur les grilles ROMS.

## **Polynésie Française**

Le modèle ROMS/AGRIF est appliqué selon une configuration dite "régionale et réaliste" sur un pavé de l'océan Pacifique centré sur la Zone Economique Exclusive de la Polynésie. La simulation est forcée aux frontières et couvre la période 1992-2000 ce qui permet de capturer les deux événements ENSO de 92/93 et 98/99. La grille d'étude englobe la ZEE qui se positionne au sein du gyre anticyclonique tropical Sud. La limite nord du domaine (2°S) coïncide en surface avec l'axe longitudinal de la veine du Courant Equatorial Sud (CES).

La limite sud se situe aux abords de la zone de convergence du CES et du Courant du Pacifique Sud (CPS) (35°S). Les bords ouest et est sont respectivement situés à 155°W et 120°W. Le pas de temps d'intégration du modèle est de 1800 s, soit 48 pas de temps par jour. La bathymétrie employée provient d'une solution à 30" combinant sur les parties terrestres Gtopo30 et sur la partie océanique Etopo2. Un filtre Shapiro est employé pour lisser les accidents topographiques et les pentes abruptes, jusqu'à atteindre une valeur du paramètre de contrôle  $\gamma H/2H$  inférieure ou égale à 0.2. Sans le recours au lissage des pentes, des erreurs de gradients de pression peuvent se manifester et aboutir à des instabilités. Dans ces conditions, la profondeur minimale atteint 400 m. La résolution est insuffisante pour rendre compte de certaines îles, lesquelles apparaissent dans la grille d'étude sous la forme de monts sous-marins. Pour forcer la représentation des îles, un masque est appliqué sur les principales îles de l'archipel.

Les solutions du modèle ECCO (Fukumori et al) sont utilisés pour forcer ROMS aux frontières du domaine, tant en courant qu'en température, salinité et surface libre. Le consortium établi autour du projet ECCO "Estimating the Circulation and Climate of the Ocean" a établi une séries de simulations libres et assimilées basé sur le modèle de circulation générale du Massachusetts Institute of Technology [MITgcm; Marshall et al., 1997]. ECCO-2 utilise un modèle de circulation à relativement haute résolution avec une résolution horizontale de 1° resserré à 1/3° dans les tropiques et 46 niveaux sur la verticale (couches de 10 m dans les 150 m supérieurs). Le modèle est forcé par les produits issus des réanalyses NCEP

(Tensions de vents toutes les 12 heures, flux journaliers à l'interface Air-Océan). En surface, la température et la salinité sont rappelées vers les observations.

ROMS est forcé avec les flux de surface mensuels issus des réanalyses NCEP. La tension du vent hebdomadaire à la surface provient des données satellitaires ERS1 et ERS2. Les produits grillés sont délivrés par le Centre ERS d'Archivage et de Traitement de l'Ifremer ([www.ifremer.fr/CERSAT](http://www.ifremer.fr/CERSAT)).

## RESULTATS

Objectif 1. Caractériser la circulation autour des îles françaises du Pacifique.

Objectif 2. Comprendre l'interaction entre la dynamique loin des côtes, la dynamique côtière et la dynamique lagonnaire.

Les résultats présentés correspondent aux dernières simulations numériques ROMS validées avec les observations existantes. Ces figures résument un Atlas publié et remis au programme ZoNeCo (Vega et al. 2007).

Les résultats obtenus en dehors du lagon fournissent des conditions aux limites pour l'environnement océanique lagonnaire -un paramètre essentiel pour la caractérisation de l'environnement lagonnaire. L'interaction dynamique entre le lagon et l'océan profond fera l'objet d'études futures en collaboration avec l'équipe de Camélia.

### Nouvelle Calédonie

La **température de surface moyenne** présente un gradient Nord-sud très prononcé (Fig. 7). 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** (Vega et al., 2007) 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 (par rapport à 3.5 °C pour le

nord). Il est intéressant de noter le contraste côte Est / côte Ouest. La région d'upwelling (côte Sud-ouest) montre des valeurs faibles de 3 °C du aux brusques refroidissements qui ont lieu en période estivale.

La **salinité de surface moyenne** (Fig. 8) montre un gradient Nord-sud dominant tout comme la température, ainsi qu'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.

Les variations verticales de la température sont représentées par la **profondeur de l'isotherme de 19 °C** (Z19). La **Z19 moyenne** atteint sa profondeur maximale, 200 m, autour de la latitude 20 °S (Fig. 9). 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.

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 (Fig. 10). 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 (**CES**) 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. 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 autour des îles Chesterfield et le long des côtes Est et Ouest de Nouvelle-Calédonie (Fig. 11).

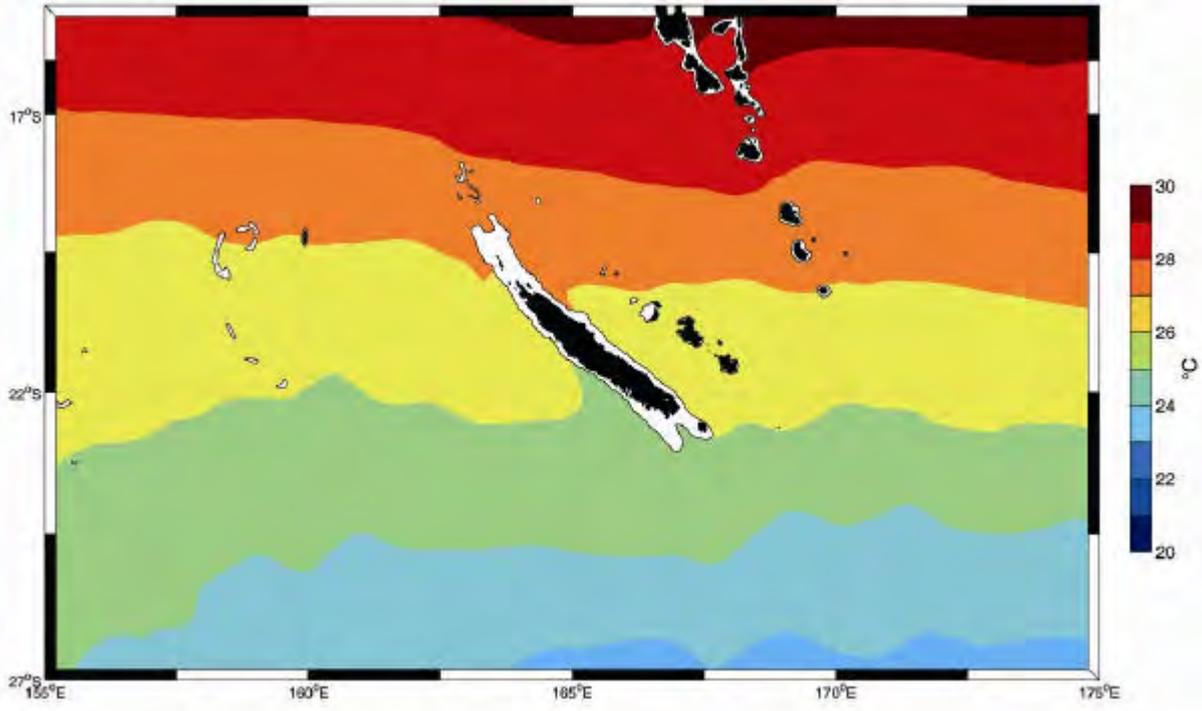


Figure 7 Température de surface moyenne, simulation ROMS.

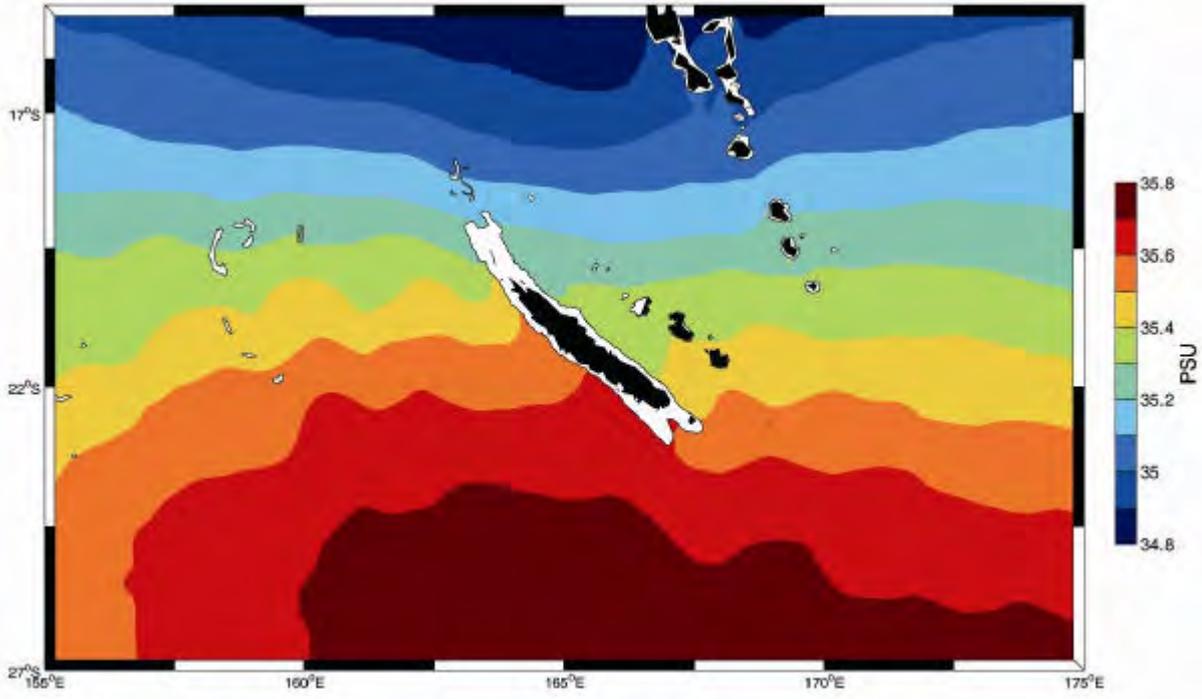


Figure 8 Salinité de surface moyenne, simulation ROMS.



Figure 9 Profondeur moyenne de l'isotherme de 19 °C, simulation ROMS.

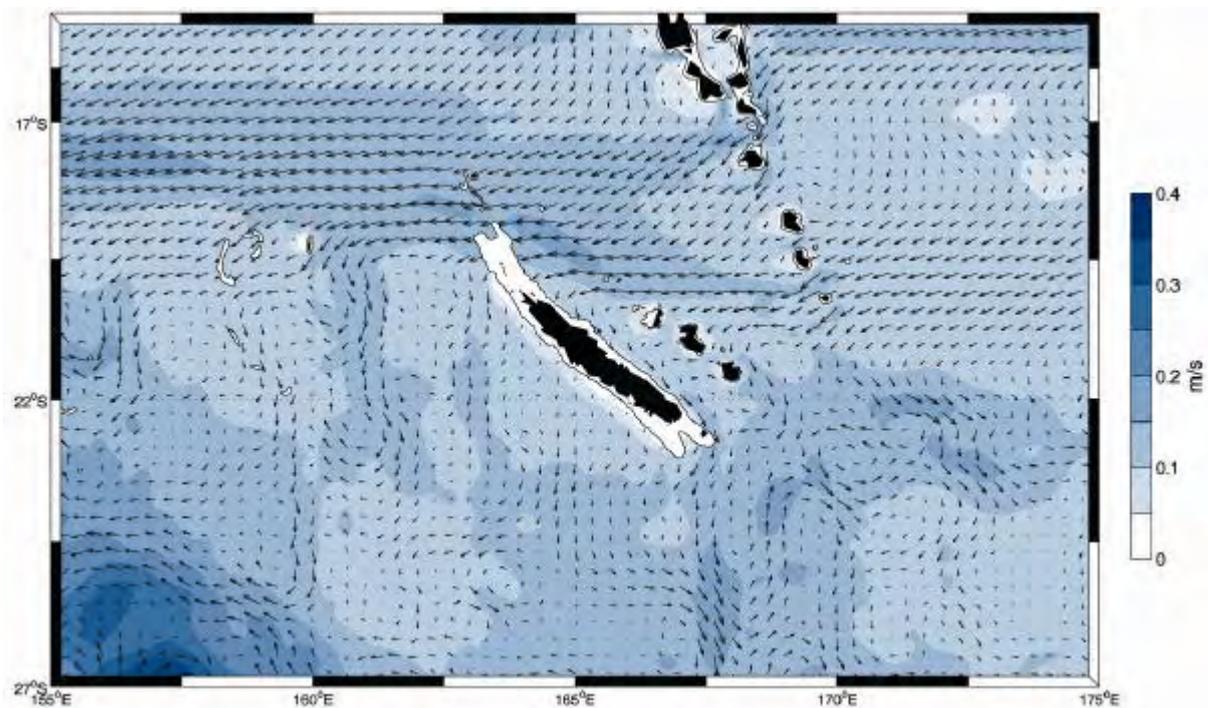


Figure 10 Courants de surface moyens, simulation ROMS.

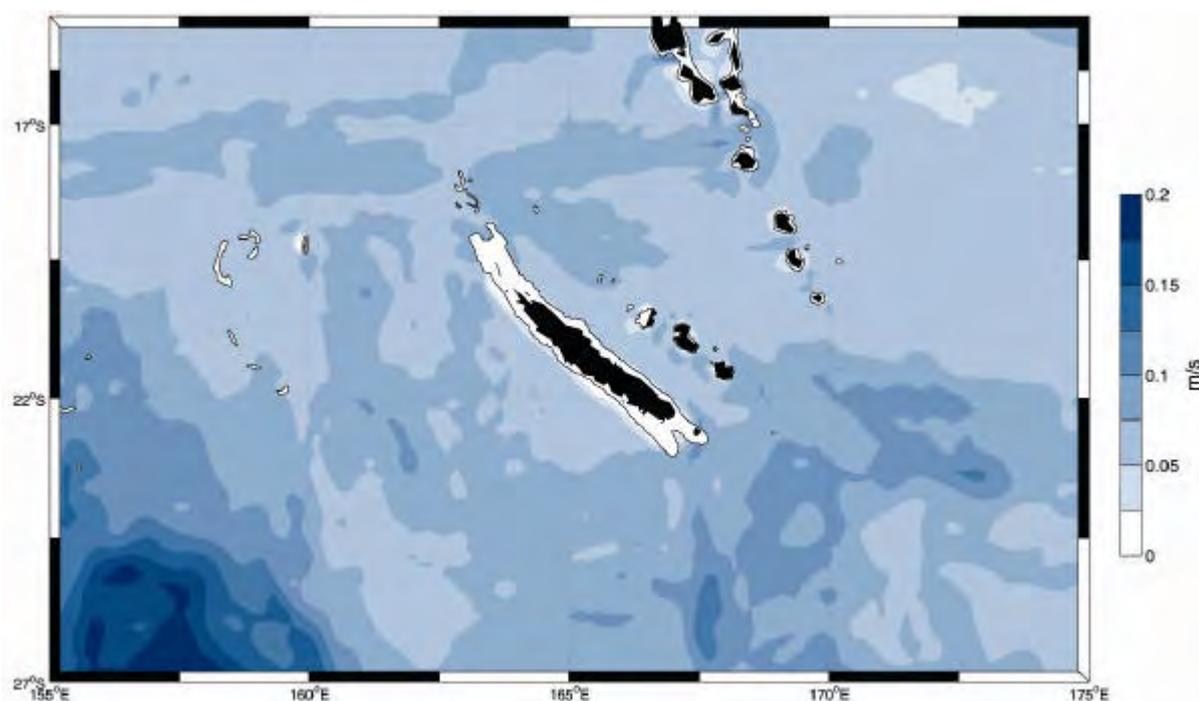


Figure 11 Variabilité turbulente des courants de surface, simulation ROMS.

Les cartes de **haute résolution** autour de la Nouvelle-Calédonie (5 km de résolution) nous permettent de mieux observer l'effet de l'île sur la circulation et la distribution de température et salinité. Ces cartes « zoom » sont des vraies simulations de haute résolution et non pas de simples interpolations des sorties de modèle à l'échelle de la ZEE.

Les **courants moyens** nous donnent un aperçu de la circulation côtière (Fig. 12). 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** montre 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 à cause de l'upwelling (Fig. 13). Les îles **Loyautés** génèrent des zones « d'ombres » provoquant l'apparition d'eaux légèrement plus froides au sud des îles. La signature de 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 (Fig. 14), tout comme le montrent les données (Delcroix et Lenormand, 1996). 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**. Le fort gradient que l'on observe au Sud de **l'île des Pins** apparaît clairement dans toutes les cartes de température et de salinité, et est aussi visible sur les images satellite de température.

Afin de caractériser 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 des filaments d'eau froide qui émergent le long de la côte Sud-ouest (Fig. 15). 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 gouvernée 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 (Fig. 16). 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**, plus régulier. 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.

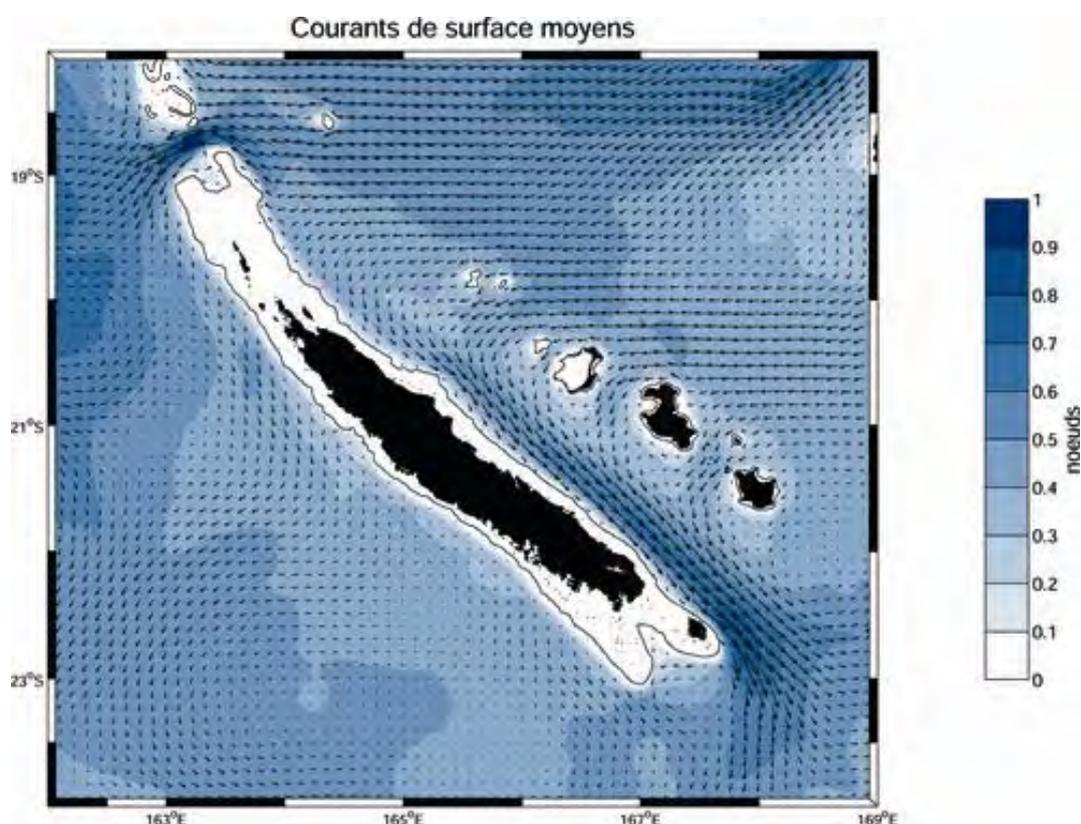


Figure 12 Courants de surface moyens, simulation ROMS.

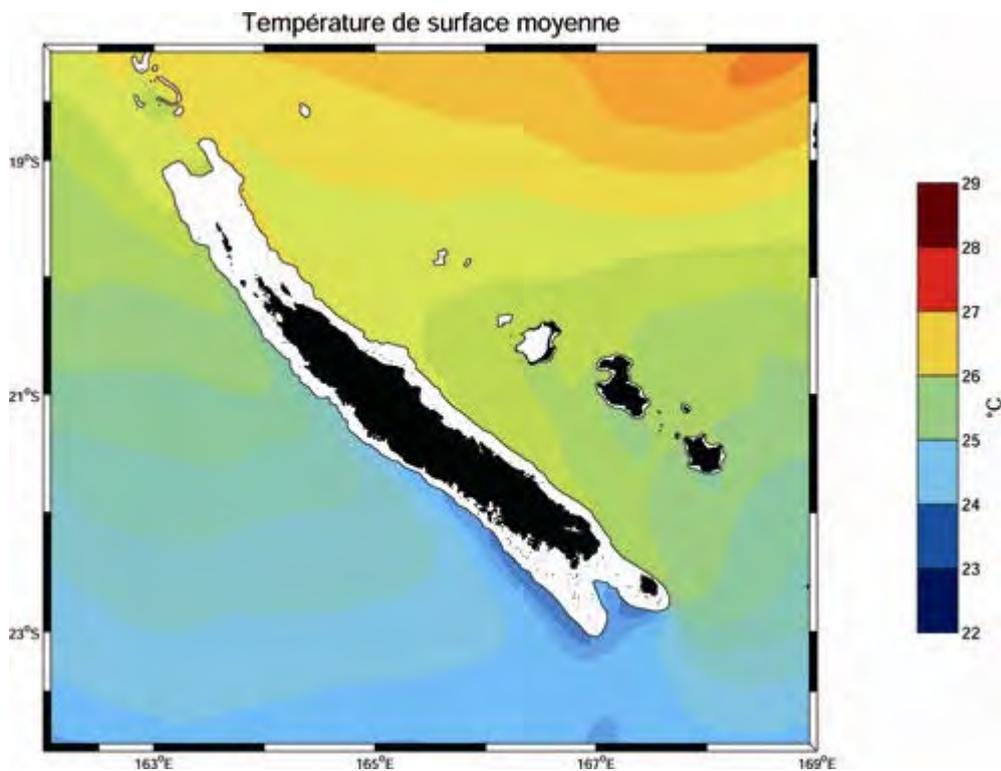


Figure 13 Température de surface moyenne, simulation ROMS.

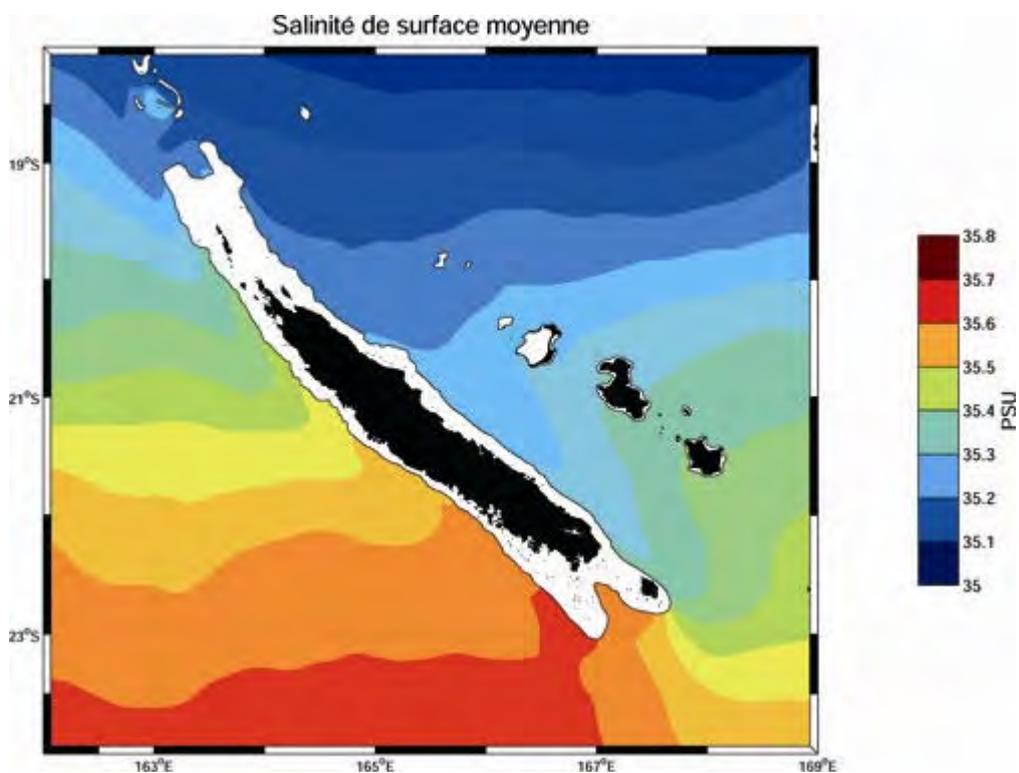


Figure 14 Salinité de surface moyenne, simulation ROMS.

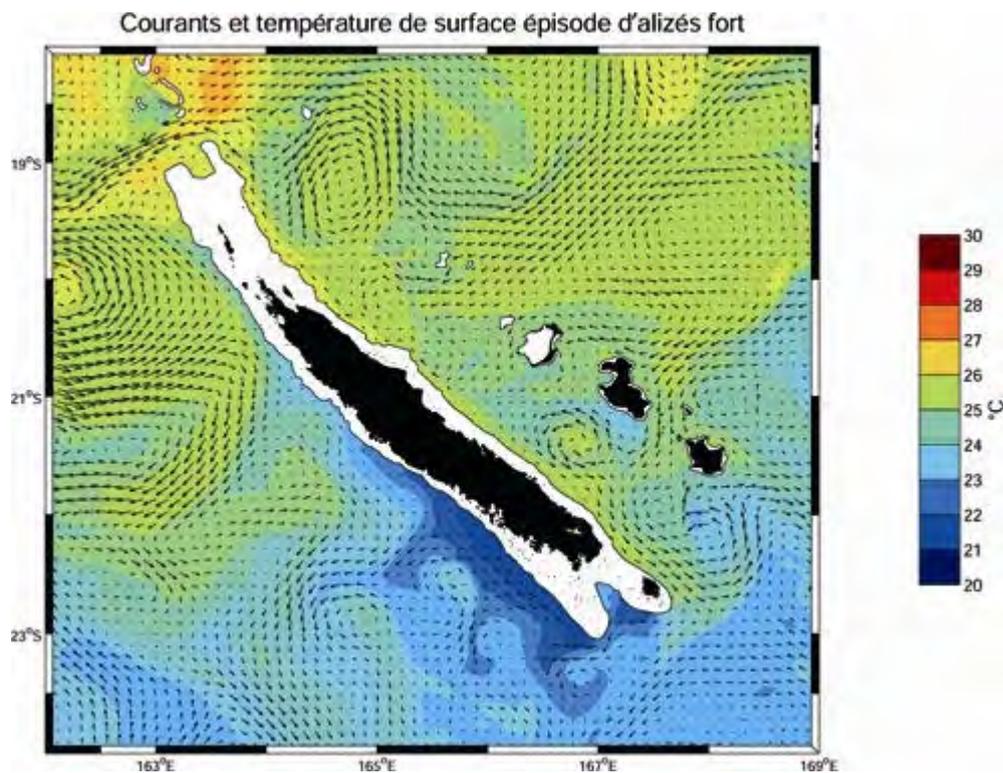


Figure 15. Courants et température de surface lors d'un épisode d'alizé soutenu et fort (9 Novembre 2004), simulation ROMS.

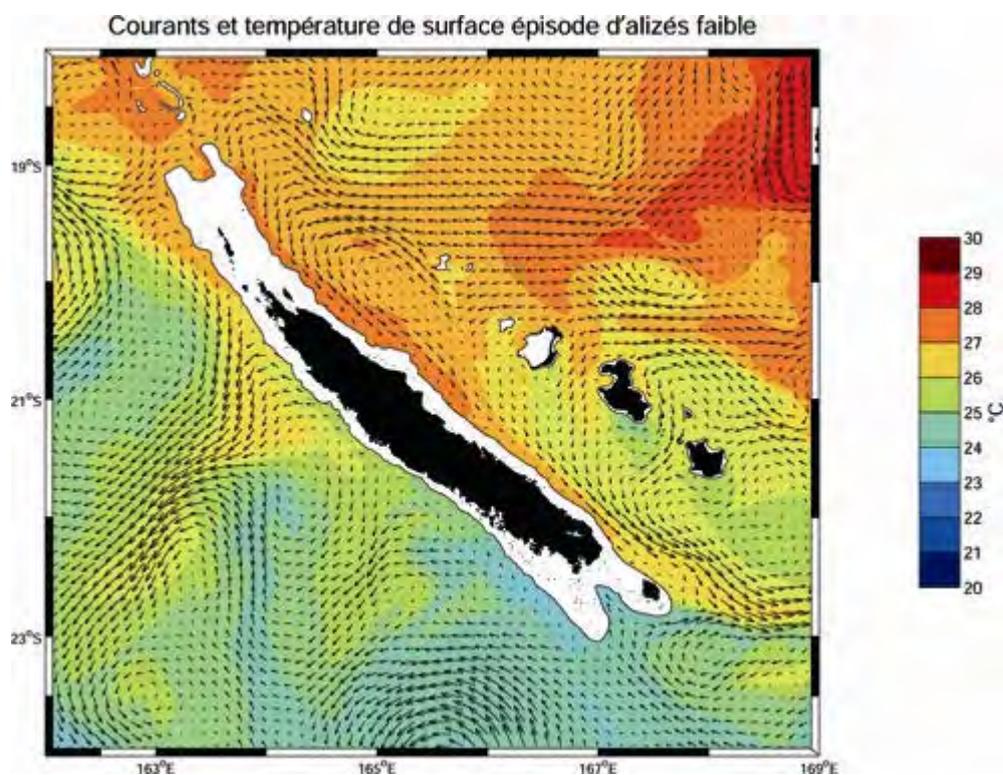


Figure 16. Courants et température de surface sous condition d'alizé faible (31 Décembre 2004), simulation ROMS.

## Polynésie Française

L'étude de la circulation océanique de la ZEE de Polynésie française a été accomplie sous la forme d'une thèse soutenue en avril 2006, afin de combler l'insuffisance des connaissances de cette région qui présente des caractéristiques diverses du point de vue océanographique comme biologique. L'amélioration de ces connaissances, en plus d'un intérêt scientifique certain, est également importante d'un point de vue économique pour une meilleure compréhension des caractères océanographiques régissant le comportement des ressources thonières, et à terme une meilleure gestion des pêches. Considérant le peu de données hydrographiques disponibles dans la ZEE, deux approches différentes ont été abordées: l'utilisation de données satellite, puis celle d'un modèle océanique régional.

Dans un premier temps, les données satellites de vent et d'anomalies de hauteur de mer ont permis de calculer les courants de surface à l'échelle de l'Océan Pacifique Sud et de la Polynésie française. La période couverte portant sur 1993-2001, les variabilités spatiales des courants Polynésiens suivant les saisons et pendant El Nino 1997-1998 et La Nina 1998-1999 ont été établies. La détermination de ces courants ont permis de mener trois applications:

1- Établir les trajectoires de dérive à long terme des débris flottants dans l'Océan Pacifique Sud (Martinez and Maamaatuaiautapu, 2007)

2- Établir les variabilités spatiales des courants Polynésiens suivant les saisons et en période inter annuelle. Utiliser ces résultats pour étudier la possibilité d'invasion des archipels des Tuamotu par une algue brune (*Turbinaria ornata*) suite à la dérive des radeaux d'algues en surface le long des courants (Martinez et al., 2006).

3- Utiliser ces données de courant ainsi que des données satellites complémentaires, telles que la couleur de la mer et la température de surface, pour essayer d'identifier les processus physiques responsables de la très forte activité biologique présente dans l'archipel des Marquises (Martinez and Maamaatua, 2004).

Dans un second temps, afin de caractériser la variabilité océanographique de subsurface en Polynésie, un modèle de circulation océanique régional (ROMS) a été mis en place à l'Université de Polynésie Française. La simulation a été effectuée sur la période 1993-2004. Des analyses statistiques (EOF, analyses temporelles, rms...) ont permis de valider le modèle en comparant les sorties aux données in situ disponibles et aux données satellites. La variabilité spatiale des courants comme de la température a été déterminée selon les saisons et pendant El Nino 1997-1998 et

La Nina 1998-1999 (Martinez et al, 2 articles en préparation). La dernière partie de ces travaux a mis l'accent sur la variabilité spatiale des isothermes de la thermocline et de la profondeur de la couche de mélange. L'objectif était d'évaluer la variabilité de la profondeur des différentes isothermes dans le cadre d'une collaboration avec la cellule des pêches hauturières du service de la pêche du territoire Polynésien. Concernant la couche de mélange, qui est importante de par son impact sur l'activité cyclonique en Polynésie française, les fluctuations des processus dynamiques (advection verticale, advection horizontale due à la géostrophie ou au vent, chaleur locale..) prédominants qui régissent sa variabilité ont été caractérisés (Martinez, 2006).

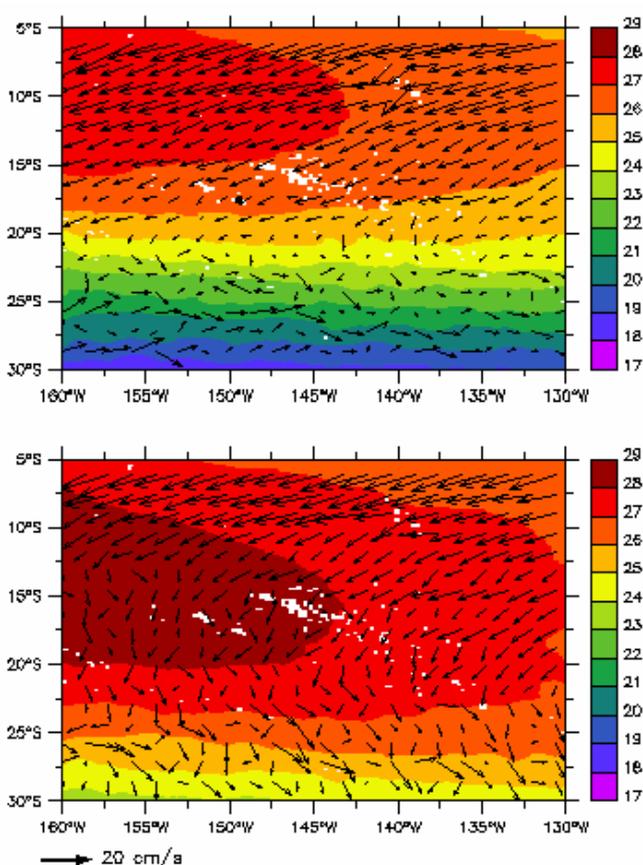


Figure 17: Courants et température de surface en Polynésie française en hiver (haut) et été austral (bas). Les îles sont représentées par un masque blanc.

**Objectif 3. Analyser la variabilité temporelle des variables physiques, biologiques et chimiques associées aux événements d'upwelling en Nouvelle-Calédonie. Notamment, nous devons déterminer si les eaux d'upwelling proviennent d'en deçà de la nutricline, et peuvent amener efficacement des sels nutritifs en surface.**

A cet effet, une série de trois campagnes océanographiques côtières "EMERLIS" a été programmées, et co-financées par le MOM. Les deux premières campagnes ont pu se dérouler, malgré une limitation des mesures sur la première campagne à cause des mauvaises conditions météorologiques; la seconde campagne a permis en outre de poser un mouillage; la dernière campagne a dû être annulée suite à un mouvement social. Le mouillage a toutefois pu être relevé. Ces campagnes sont documentées dans les rapports MOM antérieurs (Vega et al. 2005, 2006).

La campagne EMERLIS 1 s'est déroulée par vent de sud-est bien établi, donc dans des conditions météorologiques favorables au déclenchement de l'upwelling. L'autre campagne, EMERLIS 3, a eu lieu par vent faible ou nul et peut être considérée comme la description d'une situation de référence, sans upwelling. La description de la zone, réalisée au cours des deux campagnes, a été faite à partir de relevés hydrologiques, de profils verticaux de sels nutritifs et de chlorophylle "a" et de prélèvements de zooplancton.

La mise en évidence de l'upwelling calédonien a été faite récemment (Hénin et Cresswell, 2005) à partir des images satellitaires et de données des thermosalinographes immergés à l'extérieur du récif. Manquaient toutefois une description plus approfondie de la structure verticale des paramètres hydrologiques dans la zone et celle des biomasses et de la composition des populations planctoniques susceptibles d'être influencées par l'upwelling. A cet effet, une série de campagnes océanographiques EMERLIS a été programmées, deux seulement ayant vu le jour, les autres, notamment celle prévue en avril 2006, ayant avorté. Sur ces deux campagnes, la première, EMERLIS 1 s'est déroulée par vent de sud-est bien établi, donc dans des conditions météorologiques favorables au déclenchement de l'upwelling. L'autre campagne, EMERLIS 3, a eu lieu par vent faible ou nul et peut être considérée comme la description d'une situation de référence, sans upwelling. La description de la zone, réalisée au cours des deux campagnes, a été faite à partir

de relevés hydrologiques, de profils verticaux de sels nutritifs et de chlorophylle "a" et de prélèvements de zooplancton.

Les événements d'upwelling qui ont lieu en Nouvelle-Calédonie ont des caractéristiques bien particulières. D'un point de vue dynamique, les événements sont aussi intenses que ceux observés dans les principaux centres d'upwelling. En effet, il émerge de volumineuses masses d'eau profonde qui refroidissent de 3 à 5 degrés la surface. Les plumes d'upwelling peuvent dépasser les 50 km de longueur. Cependant la Nouvelle-calédonie se situe dans une région fortement oligotrophe (pauvre en sels nutritifs). L'apport de sels nutritifs lors d'événements d'upwelling est donc mis en cause. Les résultats du modèle ROMS indiquent que les événements d'upwelling intenses font remonter de l'eau de profondeurs inférieures à 100 m.

Les observations obtenues lors des deux campagnes océanographiques EMERLIS nous ont permis de connaître la distribution en profondeur des sels nutritifs et d'autres variables biologiques (Vega et al. 2006 ; Soul 2007-en annexe). Comme on observe sur les [figures 18a, b](#) le maximum de subsurface de nitrate et de nitrite se situe en dessous de 100 m de profondeur pendant une période de vent calme (pas d'upwelling). Les analyses de surface ont montré des concentrations de sels nutritifs et chlorophylle, très faibles. En situation d'upwelling (Campagne EMERLIS-1), le contenu de sels nutritifs des eaux émergentes comparé au système d'upwelling du Chili-Pérou, ceux-ci étant consommés rapidement par le Phytoplancton dont la biomasse augmente considérablement (voir ci-dessous).

A l'issue de la seconde campagne, un mouillage courantométrique a pu être déployé pendant trois mois afin de mesurer la réaction des paramètres physiques aux changements de vent. Les analyses des caractéristiques physiques de ces campagnes sont en cours ([www.ird.nc/UR65/Vega/UpwellingPage](http://www.ird.nc/UR65/Vega/UpwellingPage)).

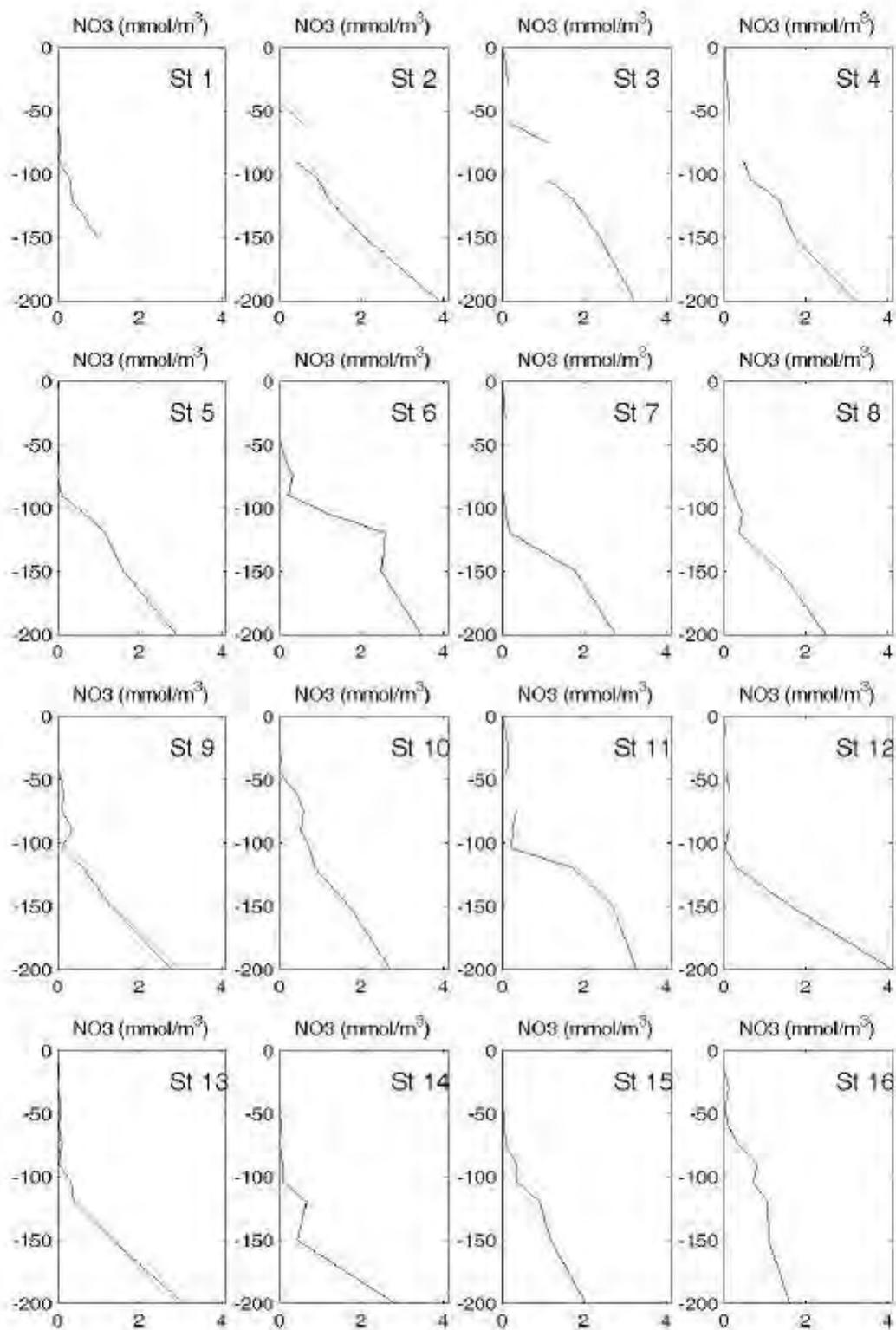


Figure 18a. Profils de nitrate correspondant à la campagne EMERLIS (décembre 2005).

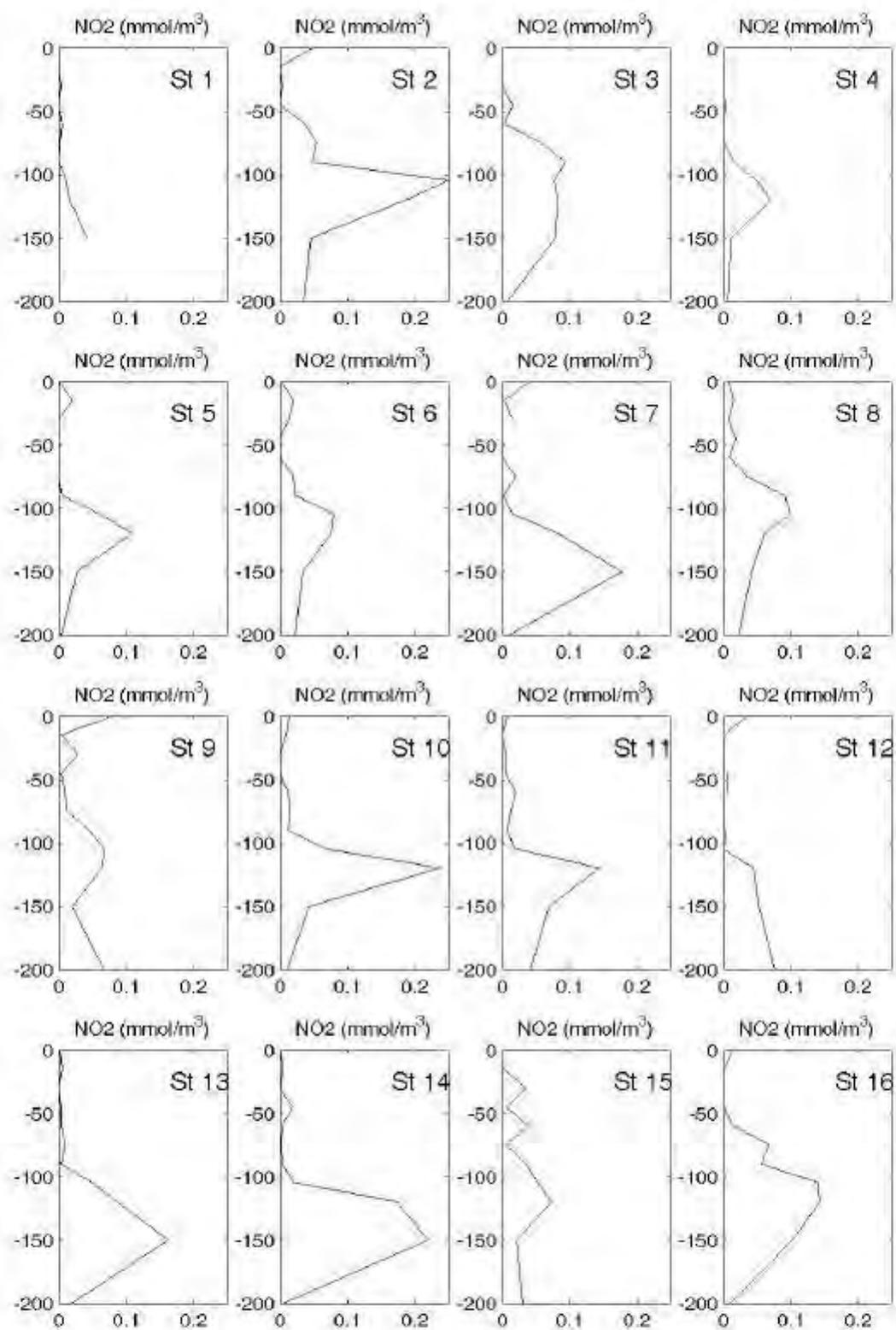


Figure 18b. Profils de nitrite correspondant à la campagne EMERLIS (décembre 2005).

**Objectif 4. Évaluer l'impact potentiel de l'upwelling et des champs tourbillonnaires sur la pêche d'espèces pélagiques en Nouvelle-Calédonie.**

Avec sa superficie de 1 740 000 Km<sup>2</sup> la ZEE représente un fort potentiel en ressources de thonidés. On y trouve plusieurs espèces, caractéristiques des océans tropicaux, dont principalement le thon jaune, le germon et le thon obèse. En 2002, 357 tonnes de thons jaunes et 873 tonnes de thons germons ont été pêchés par les long-liners calédoniens (Etaix-Bonnin, 2003).

L'évaluation de l'impact de l'upwelling et de l'activité tourbillonnaire sur les espèces pélagiques, et plus particulièrement le thon, est une tâche complexe. Les régions sous influence de l'upwelling (côtes sud-ouest et sud) ne montrent pas de concentration localisée de ressources pélagiques car les thons sont des migrateurs qui se déplacent sur de grandes distances. Les estimations acoustiques des ressources réalisées dans le cadre du programme ZoNéCo semblent coïncider avec les régions de forte activité tourbillonnaire (Fig. 19).

Langley (2004) propose un modèle simple qui relie les captures de thons aux paramètres environnementaux de l'océan. Les variables considérées sont la température en surface et à 150 m de profondeur, la concentration en surface de chlorophylle-a, les anomalies du niveau de la mer et le champ de courants. Ce modèle explique 60 % de la variation mensuelle des captures de thons en Nouvelle-Calédonie mais le modèle est fortement limité par la faible résolution spatiale (4° de longitude) et temporelle (mensuelle) des paramètres océanographiques utilisés. Les anomalies du niveau de la mer et les courants sont identifiés comme les paramètres qui ont le plus d'influence dans le modèle appliqué en Nouvelle-Calédonie.

Briand (2006) confirme que les variations des paramètres environnementaux ont un impact majeur sur les captures des différentes espèces. Ces variations sont liées aux changements hydroclimatiques saisonniers, aux effets directs ou indirects des phénomènes ENSO sur la zone, et à l'hétérogénéité spatiale de la niche écologique. Les différentes espèces étudiées ne recherchent pas le même type d'habitat. Leurs réponses aux changements de l'environnement seront donc différentes. A grande échelle, leur présence dans la zone va dépendre en grande partie de la température. Les espèces tempérées tels que le thon germon seront plus abondantes quand les températures sont froides (phénomène El Niño), tandis que les espèces tropicales telles que le thon jaune et le thon obèse seront plus

abondantes en période chaude (phénomène La Niña) (L. Helu, 2004). A plus petite échelle, leur distribution va être déterminée par des structures physiques et biologiques plus petites, tels que le déplacement d'isothermes en surface, la mise en place de fronts thermiques, la profondeur de thermocline, la couleur de l'eau et la présence de proies (Maury, 2001). Là encore, face à ces phénomènes les espèces réagissent différemment en fonction de leur physiologie et de leur adaptation à l'habitat.

Les conditions liées à l'upwelling peuvent être particulièrement favorables pour le développement du plancton et du necton (larves et oeufs) et, si les conditions sont réunies, peuvent mener à une prolifération de proies recherchées par les thons. Les données dynamiques et bio-chimiques collectées et modélisées par cette étude permettront d'établir les bases relationnelles entre les événements d'upwelling et la variabilité de la production primaire, créant ainsi un outil d'application supplémentaire pour l'étude de la distribution des ressources pélagiques proches des côtes de Nouvelle-Calédonie.

La mise à disposition des prévisions de courants et températures de mer pourrait être utiles aux professionnels de la pêche qui, par expérience, sauront en déduire les zones optimales de pêche (voir objectif 6, ci-dessous). Cela aidera à une meilleure gestion de la pêcherie palangrière calédonienne et pourrait également être appliqué d'autres pêcheries.

Suite à l'étude MOM, un nouveau projet sur 2 ans à été financé par ZoNéCo pour l'étude de la distribution des thonidés dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie par le biais de l'élaboration d'un modèle couplée physique-biologie.

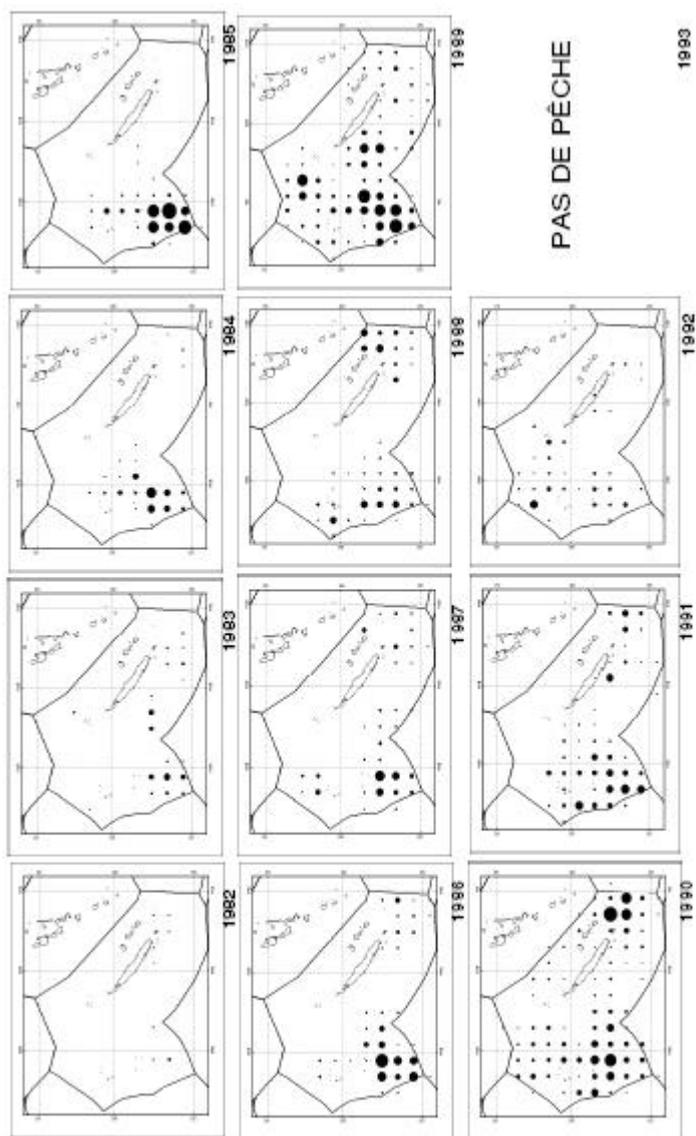


Figure 19. *Distribution inter-annuelle de l'effort de pêche de la flotte japonaise dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie (Briand, 2006)*

**Objectif 5. Etudier la réponse de différentes espèces biologiques, telles que le phytoplancton (*diatomées* et *trichodesmium*) et les œufs et larves de poisson en Nouvelle-Calédonie.**

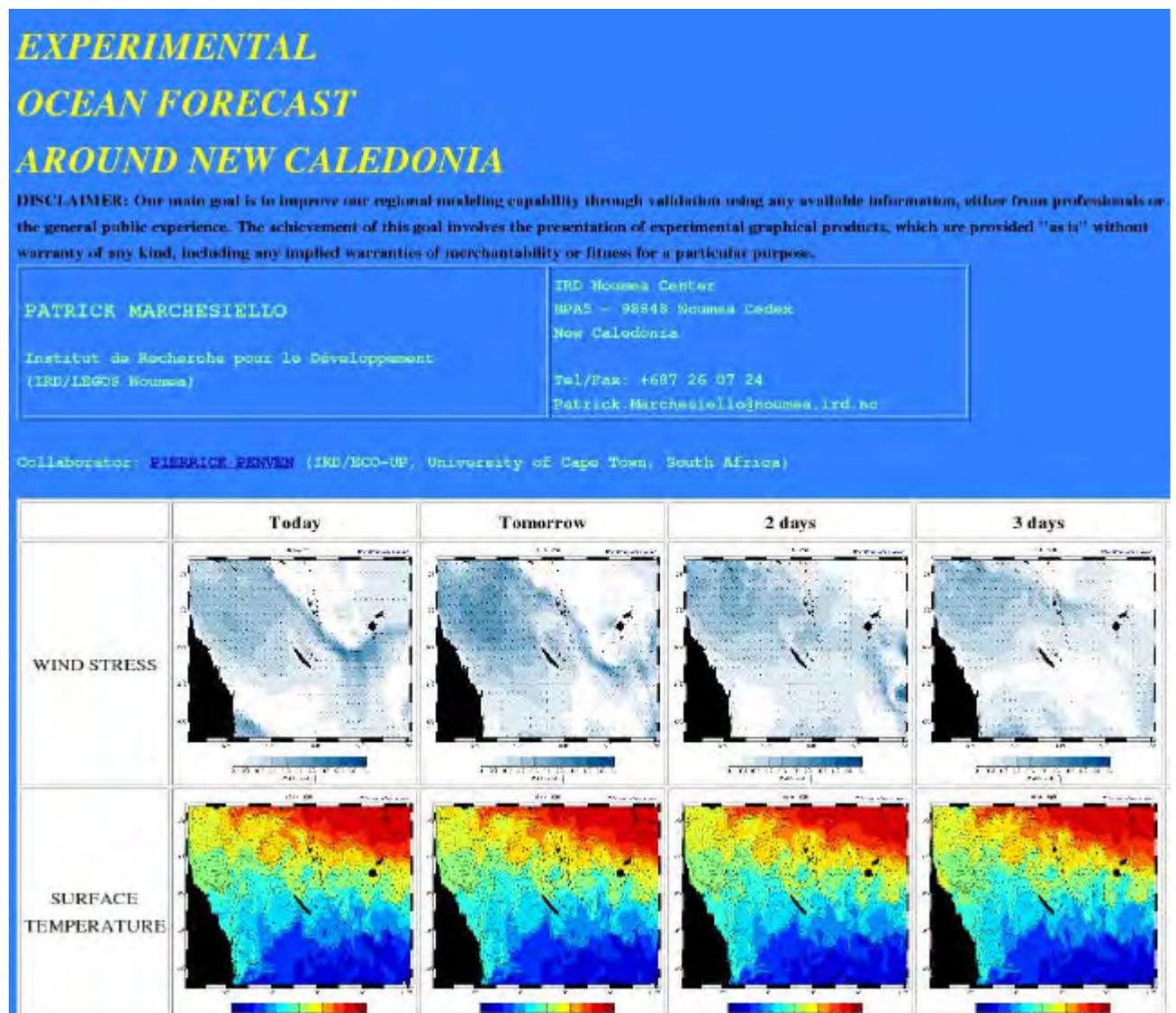
Un rapport exhaustif sur la réponse chimique et biologique a été réalisé récemment, encadré par Dr. Robert Leborgne (IRD-Nouméa). Ce document, présenté en annexe (**Soul, 2006**) est synthétisé ici.

Pour estimer la réponse biologique aux événements d'upwelling côtier observés au large de la côte sud-ouest, deux campagnes océanographiques ont été analysées. La première, EMERLIS 1, a eu lieu en décembre 2004 sous condition d'upwelling fort. Les conditions météorologiques ont limité le nombre de stations. La deuxième, EMERLIS 3, a eu lieu en décembre 2005, avec 16 stations sous condition d'absence d'upwelling.

Une comparaison sur trois stations à la même position a permis de caractériser les paramètres chimiques, physiques ainsi que la composition du zooplancton de la zone d'upwelling près du grand récif. Les données hydrologiques font apparaître des eaux sont plus froides et de salinité des stations plus faible pendant l'upwelling ; les dosages des sels nutritifs montrent un enrichissement en nitrates et phosphates dans la couche d'eau de surface. La quantité de chlorophylle en surface, représentative de la biomasse phytoplanctonique, est largement supérieure pour ces mêmes stations, lors de l'upwelling. Il en est de même des valeurs de chlorophylle intégrées sur 120m. L'enrichissement en sels nutritifs a permis le développement du phytoplancton, qui lui-même a favorisé la croissance du zooplancton. Les profils quant à eux montrent une homogénéité de salinité sur les 250 premiers mètres. Cependant aucune validation statistique de cette comparaison n'est possible car la comparaison se limite à trois stations..

Objectif 6. Mettre en place un modèle de prévision numérique côtier qui pourra, sur une à deux semaines, prévoir les champs de température et les transports de polluants au sein des ZEE.

Un système prévisionnel océanique et atmosphérique de haute résolution pour la Nouvelle-Calédonie a récemment été mis en place sur le site Internet <http://www.ird.nc/UR65/Marchesiello/>. Bien que encore expérimental, le site permet d'accéder à des prévisions sur plusieurs jours. Le site de prévision océanique et atmosphérique deviendra opérationnel dans le cadre du programme PREVIMER 2007.



## 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.
- Briand, K. 2006. Effets des variabilités climatiques saisonnières et interannuelles sur l'habitat et les captures de thons dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie. Rapport ZoNeCo.
- Capet X.J., P. Marchesiello, and J.C. McWilliams, 2004. Upwelling response to coastal wind profiles. *Geophysical Research Letters* 13, L13311
- Chavanne, C., P. Flament, R. Lumpkin, B. Dousset, and A. Bentamy, 2002. Scatterometer observations of wind variations induced by oceanic islands : implications for wind-driven ocean circulation, *Can. J. Remote Sensing*, vol. 28, pp. 466-474.
- Delcroix T. and O. Lenormand, 1997. ENSO signals in the vicinity of New Caledonia, south-western Pacific. *O. Acta*, 20, 481-491,
- E. Martinez, K. Maamaatuaiahutapu (2006), Floating marine debris: gathering after a long drift around the South Pacific Ocean. *Marine of Pollution Bulletin*, soumis.
- E. Martinez, K. Maamaatuaiahutapu (2007), Floating marine debris: gathering after a long drift around the South Pacific Ocean. *Marine of Pollution Bulletin*, soumis.
- Etaix-Bonnin, R. 2003. New Caledonia tuna and billfish fisheries. SCTB Working Paper No. NFA-16. Nouméa, Nouvelle Calédonie. 5 pp.
- Godfrey J.S, 1989. A Sverdrup model of the depth-integrated flow for the world ocean allowing for island circulations, *Geophys. Astrphys. Fluid Dynamics*, 45, 89-112.
- Grandperrin, R., B. Richer de Forges et J.M. Auzende. 1997. Ressources Marines de Nouvelle-Calédonie : Le programme ZoNéCo.
- Hénin C. and G. Cresswell, 2005. Upwelling along the western barrier reef of New Caledonia. *Marine and Freshwater Research* 56(7) 1005–1010
- 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.
- Hughes C.W., Zonal jets in and near the coral sea, seen by satellite altimetry, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 9, 1330, doi:10.1029/2001GL014006, 2002.
- Kessler W., and L. Gourdeau, 2006. Wind-driven zonal jets in the South Pacific Ocean. Accepted in *Geophys. Res. Letters*.
- Helu, S. 2004. An evaluation of recent trends in albacore catches in the domestics longline fisheries operating in the South Pacific Ocean and the evaluation of a proposed alteration of the area strata presently used in stock assessment for albacore. Rapport CPS.

- Langley, A. 2004. An examination of the influence of recent oceanographic conditions on the catch rate of albacore in the main domestic longline fisheries. SCTB17 Working Paper No. SA-4. Nouméa, Nouvelle Calédonie.
- 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.
- Martinez, E. (2006), Circulation des eaux de thermocline dans la Zone Economique Exclusive de Polynésie française à partir des données satellites et in situ, et d'un modèle de circulation océanique régional. These de doctorat, Université de la Polynésie française, Tahiti.
- Martinez, E., K. Maamaatuaiahutapu (2004), Island mass effect in the Marquesas Islands: Time variations, *Geophysical Research Letters*, vol.31,
- Martinez, E., K. Maamaatuaiahutapu, C. Payri, A. Ganachaud (2006), *Turbinaria ornata* invasion in the Tuamotu Archipelago, French Polynesia: ocean drift connectivity. *Coral Reefs*, sous presse.
- Maury, O., Gascuel, D., Marsac, F., Fonteneau, A., and De Rosa, A.L. 2001. Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution to the environment in the Atlantic Ocean. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*, **58**: 458-469.
- Oke, P. R., A. Schiller, D. A. Griffin, and G. B. Brassington. 2006. Ensemble data assimilation for an eddy-resolving ocean model of the Australian region. *Q. J. Roy. Met. Soc.*, in press.
- Oke, P. R., J. S. Allen, R. N. Miller, G. D. Egbert and P. M. Kosro, 2002. Assimilation of surface velocity data into a primitive equation coastal ocean model. *J. of Geophys. Res.*, 107
- Penven P., L. Debreu, P. Marchesiello, and J.C. McWilliams, 2006. Application of the ROMS embedding procedure in the California Current Upwelling System. *Ocean Modelling*, in press.
- Qiu B., and S. Chen, 2004. Seasonal modulations in the eddy field of the south Pacific ocean, *J. Phys. Oceanogr.*, 1515-1527.
- Qu, T. and E. J. Lindstrom, 2002: A climatological interpretation of the circulation in the western South Pacific. *J.Phys.Oceanogr.*, 32, 2492-2508.
- 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.*
- Schiller, P. R. Oke, G. B. Brassington, M. Entel, R. Fiedler, D. A. Griffin, J. Mansbridge, G. A. Meyers, K. Ridgway and N. R. Smith. 2006. Eddy-Resolving Ocean Circulation in the Asian-Australian Region Inferred from an Ocean Reanalysis Effort. Submitted to *J. Geophys. Res.*
- Shchepetkin, A., and J.C. McWilliams. 2004. The Regional Oceanic Modeling System: A split-explicit, free-surface, topography-following-coordinate ocean model. *Ocean Modelling*, 9, 347-404.

- Shchepetkin, A.F., McWilliams, J.C., 1998. Quasi-monotone advection schemes based on explicit locally adaptive dissipation. *Monthly Weather Review* 126, 1541-1580.
- Shchepetkin, A.F., McWilliams, J.C., 2003. A method for computing horizontal pressure-gradient force in an ocean model with a non-aligned vertical coordinate. *Journal of Geophysical Research* 108.
- Shchepetkin, A.F., McWilliams, J.C., 2005. Regional Ocean Model System: a split-explicit ocean model with a free-surface and topography-following vertical coordinate. *Ocean Modelling* 9, 347-404.
- Sokolov, S. and S. Rintoul, 2000: Circulation and water masses of the southwest Pacific: WOCE section P11, Papua New Guinea to Tasmania. *J.Mar.Res.*, 58, 223-268.
- Soul, F. 2006. **Etude qualitative et quantitative des variables planctoniques dans la région Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie en relation avec l'existence possible d'un upwelling. Rapport de fin de stage, INSTM-IRD.**
- Stanton, B., D. Roemmich and M. Kosro, 2001: A shallow zonal jet south of Fiji. *J.Phys.Oceanogr.*, 31(10), 3127-3130.
- Vega, A., P. Marchesiello, A. Ganachaud, 2006. Etude de la dynamique côtière en Nouvelle Calédonie : Mouillage CoDyS. Rapport MOM.
- Vega, A., P. Marchesiello., J. Lefevre, 2006. Atlas hydrodynamique de la ZEE de Nouvelle-Calédonie. Document ZoNéCo.
- 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.